



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE



WINROCK
INTERNATIONAL
GEORGIA



აააი ვერეთლის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია

**მდგრადი ენერჯეტიკა:
გამოწვევები და განვითარების პერსპექტივები**

18 ივნისი, 2015
ქუთაისი, საქართველო

მოხსენებების კრებული

International Scientific Conference

**Sustainable Energy:
Challenges and Development Prospects,**

June 18, 2015
KUTAISI, GEORGIA

PROCEEDINGS



აააი ნაერთლის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი



PETRONAS



საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია

მდგრადი ენერჯეტიკა: გამოწვევები და განვითარების პერსპექტივები

International Scientific Conference

“ Sustainable Energy: Challenges and Development Prospects ”

კონფერენცია ჩატარდა:

BP საქართველოსა და მისი პარტნიორების ნავთობის და გაზის ბიზნესში დაფინანსებული „განახლებადი ენერჯეტიკისა და ენერგოეფექტურობის ახალი პროექტის“ ფარგლებში, რომელსაც ახორციელებს „ენერგოეფექტურობის ცენტრი საქართველო“

და

„დაბალემისიებიანი განვითარების სტრატეგიების შესაძლებლობათა გაძლიერება (EC-LEDS) სუფთა ენერჯის“ პროგრამის ფარგლებში, რომელსაც ახორციელებს „ვინროკ ინტერნეიშენალ ჯორჯია“ აშშ-ის საერთაშორისო განვითარების სააგენტოს (USAID) მხარდაჭერით

The Conference was held:

within the framework of “Renewable Energy and Energy Efficiency New Project” funded by BP Georgia and its oil & gas co-venturers, implemented by Energy Efficiency Center Georgia

and

“Enhancing Capacity for Low Emission Development Strategies (EC-LEDS) Clean Energy Program, implemented by Winrock International Georgia with support from the US Agency for International Development (USAID)

სამეცნიერო კომიტეტი

არაბიძე გ.(პროფესორი, საქართველო), არველაძე რ. (პროფესორი, საქართველო),
ბერიძე ჯ.(პროფესორი, საქართველო), ზივზივაძე ო. (პროფესორი, საქართველო),
კიკვიძე ო. (პროფესორი, საქართველო), კუპატაძე თ. (პროფესორი, საქართველო),
ლომიძე ი. (პროფესორი, საქართველო), მახარაძე გ.(პროფესორი, საქართველო),
ნაჭყებია შ.(პროფესორი, საქართველო), ნეჟადი ჰ. (პროფესორი, აშშ),
სამსონია ნ. (პროფესორი, საქართველო), ჩომახიძე დ. (პროფესორი, საქართველო),
უღრელიძე ნ. (პროფესორი, საქართველო),
ხუნწარია ჯ. (პროფესორი, საქართველო),

SCIENTIFIC COMMITTEE

.Arabidze G. (Professor, Georgia), Arveladze R. (Profesoor, Georgia), Beridze J. (Professor,
Georgia),
Chomakhidze D.(Professor, Georgia), Zivzivadze O. (Professor, Georgia), Kikvidze O.
(Professor, Georgia), Khuntsaria J. (Professor, Georgia), Kupatadze T. (Professor, Georgia),
Lomidze I. (Professor, Georgia),
Makharadze G. (Professor, Georgia), Nachkebia Sh. (Professor, Georgia), Nezhad H.
(Professor, USA).
Samsonia N. (Professor, Georgia), Ugrelidze N. (Professor, Georgia),



საორბანოზაციო კომიტეტი

არაბიძე გ., ღარიბაშვილი ლ., ზივზივაძე ო., გოგიაშვილი ფ., ცხაკაია ქ.,
ზივზივაძე ლ.

ORGANIZING COMMITTEE

Arabidze G., Garibashvili L., Zivzivadze O., Gogiashvili F., Tskhakaia K.,
Zivzivadze L.

ISBN 978-9941-459-60-7

© აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა

სექცია 1. ელექტროენერგეტიკული ტექნოლოგიები

დამახინჯების სიმძლავრის განსაზღვრის მეთოდობა
არასიმეტრიული და არაწრფივი დატვირთვის მქონე სამფაზა
ელექტრულ ქსელებში.

მუსელიანი თ., შარიქაძე დ., გურგენიძე მ.
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხატარბული კვლევითი სამუშაოს საფუძველზე, შემოთავაზებული იქნა სისტემა SCADA-ს სარქივო მონაცემების მიხედვით სამფაზა ქსელის არასინუსოიდური და არაწრფივი დატვირთვის შემთხვევისათვის დამახინჯების სიმძლავრის მნიშვნელობისა და ამ სიმძლავრით გამოწვეული ელექტროენერჯის დანაკარგების განსაზღვრის მეთოდობა. სრული სიმძლავრისა და მისი მდგენელების გაზომვა და გაანგარიშება მარტივი და მოსახერხებელია სისტემა SCADA-ს გამოყენებით, სწორედ დამახინჯების სიმძლავრის განსაზღვრის ამ მარტივ ხერხს გთავაზობთ წინამდებარე სამუშაოში.

როგორც ცნობილია არასიმეტრიულ და არაწრფივ დატვირთვის მიყვავართ ელექტრულ ქსელებში დენებისა და ძაბვების სინუსოიდურობის დიდ დამახინჯებებთან. ამ დროს მნიშვნელოვან საკითხად დგება სამფაზა ქსელში სრული სიმძლავრისა და მისი აქტიური და რეაქტიული მდგენელების სწორი გაზომვის საკითხი. ამიტომ აქტუალური ხდება არასიმეტრიული და არაწრფივი დატვირთვის მქონე სამფაზა ელექტრულ ქსელების პარამეტრების გაზომვის შედეგების უტყუარი შეფასების ამოცანა.

დღეისათვის ქსელში სრული სიმძლავრის განსაზღვრისათვის ფართოდ გამოიყენება ორი მიდგომა. პირველი მიდგომით ქსელის სრული სიმძლავრე განისაზღვრება როგორც ფაზების სრულ სიმძლავრეთა ალგებრული ჯამი:

$$S_1 = \sum S_{\varphi} = \sum U_{\varphi} I_{\varphi} \quad (1)$$

სადაც U ფ, I_ფ- შესაბამისად, ფაზური დენებისა და ძაბვების მოქმედი მნიშვნელობებია.

ასეთი მიდგომით განსაზღვრულ სრულ სიმძლავრეს ქსელის არითმეტიკულ სრულ სიმძლავრეს უწოდებენ.

მეორე მიდგომით სრული სიმძლავრე განისაზღვრება როგორც ქსელის აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრეების გეომეტრიული (ვექტორული) ჯამი:

$$S_2 = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (2)$$

სადაც P და Q -შესაბამისად ქსელის აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრეებია და სამფაზა ქსელში შესაბამისად განისაზღვრებიან ფორმულებით:

$$P = P_a + P_b + P_c = U_a * I_a * \cos\varphi_a + U_b * I_b * \cos\varphi_b + U_c * I_c * \cos\varphi_c$$

$$Q = Q_a + Q_b + Q_c = U_a * I_a * \sin\varphi_a + U_b * I_b * \sin\varphi_b + U_c * I_c * \sin\varphi_c$$

ხელსაწყოთა და გარდამქმნელთა უმრავლესობა, რომლებიც ზომავენ სამფაზა ელექტრული ქსელების პარამეტრებს, ოთხსადენიან ქსელში სრულ სიმძლავრეს განსაზღვრავენ (1) ფორმულით, ხოლო სამსადენიან ქსელში, რადგან ფაზური ძაბვების მოქმედი მნიშვნელობების გაზომვა შეუძლებელია, ზომავენ (2) ფორმუ-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ლით. ასეთი მიდგომა სამართლიანია წრფივი სიმეტრიული დატვირთვის მქონე ელექტრულ ქსელებში, მაშინ:

$$S_1 = S_2$$

ამასთანავე, ზოგად შემთხვევაში:

$$S_1 > S_2$$

სახელდობრ, ძაბვებისა და დენების სინუსოიდურობის დამახინჯების პირობებში, არითმეტიკული და გეომეტრიული სრული სიმძლავრეების ტოლობა დარღვეულია ქსელის სრული სიმძლავრის მესამე მდგენელის - დამახინჯების T სიმძლავრის გამოვლენის გამო. დამახინჯების სიმძლავრე განპირობებულია უმაღლესი რივის ჰარმონიკების გავლენით. ამ შემთხვევაში (2) ფორმულა იღებს სახეს [1]:

$$S_3 = \sqrt{P^2 + Q^2 + T^2} \quad (3)$$

არითმეტიკული და ვექტორული სრული სიმძლავრის განსაზღვრის ტრადიციული მეთოდების ძირითად ხარვეზს წარმოადგენს ის, რომ ქსელის არასინუსოიდური და არაწრფივი დარტვირთვის პირობებში ისინი არ ასახავენ სრული სიმძლავრის მთავარ თვისებას: ელექტრულ ქსელში სიმძლავრის დანაკარგები სრული სიმძლავრის პროპორციულია [2].

არასინუსოიდური და არაწრფივი დატვირთვის პირობებში სრული სიმძლავრის გაზომვისათვის IEEE 1459-2010 სტანდარტი [3]გთავაზობს სამფაზა ქსელის

სრული სიმძლავრის გამოთვლას ე.წ. ეფექტური სრული სიმძლავრის S_{eff} სახით, ფორმულით: $S_{eff} = 3 * S_{eff} * I_{eff}$

სადაც S_{eff} -არის სამფაზა ქსელის ეფექტური ძაბვა და სამსადენიანი ქსელისათვის: იანგარიშება ფორმულით:

$$U_{eff} = \sqrt{\frac{U_{AB}^2 + U_{BC}^2 + U_{CA}^2}{9}}$$

ოთხსადენიანი ქსელისათვის კი - ფორმულით:

$$U_{eff} = \sqrt{\frac{3 * (U_A^2 + U_B^2 + U_C^2) + U_{AB}^2 + U_{BC}^2 + U_{CA}^2}{18}}$$

I_{eff} - არის სამფაზა ქსელის ეფექტური დენი და სამსადენიანი ქსელისათვის იანგარიშება ფორმულით:

$$I_{eff} = \sqrt{\frac{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2}{3}}$$

ოთხსადენიანი ქსელისათვის ფორმულით:

$$I_{eff} = \sqrt{\frac{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2 + I_N^2}{3}}$$

ცხრილი 1-ში წარმოდგენილია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის, კომპიუტერული და სხვა საოფისე ტექნიკით დატვირთული, მე-6 სასწავლო კორპუსის ერთი ბლოკის, 2015 წლის 18 მარტის შედეგების მიხედვით სიმძლავრეთა და სიმძლავრის კოეფიციენტის ამონაწერი ელექტროენერჯის მონიტორინგის სისტემა SCADA -ს არქივიდან.

სისტემა SCADA -ს არქივიდან ამოღებულია მე-2, მე-3, მე-4 და მე-7 სვეტის

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

მონაცემები. მე-2 და მე-3 სვეტის მონაცემების საფუძველზე (2) ფორმულით განსაზღვრული განსაზღვრული იქნა S_{სინ}, ხოლო (3) ფორმულიდან განისაზღვრა დამახინჯების სიმძლავრე:

$$T = \sqrt{S_{\text{სინ}}^2 - P^2 - Q^2}$$

ამ ფორმულის მიხედვით გაანგარიშების შედეგები მოყვანილია მე-6 სვეტში. მე-8 სვეტში მოყვანილი სიმძლავრის კოეფიციენტის მნიშვნელობები განისაზღვრა ფორმულით:

$$\text{Cos } \phi \text{ სინ} = P/S_{\text{სინ}}$$

ცხრილი 1.

#	P კვტ	Q კვარ	სარასრ	S _{სინ}	T, კვა	cosφ _{არასრ}	cosφ _{სინ}
1	2	3	4	5	6	7	8
1	16,90	3,80	22,40	17,32	14,22	0,75	0,98
2	17,80	2,60	23,6	18,00	15,26	0,75	0,99
3	18,60	3,73	23,97	18,97	14,65	0,79	0,98
4	19,60	2,78	25,40	19,79	15,92	0,77	0,99
5	20,04	2,53	26,85	20,10	17,80	0,75	0,99
6	21,02	2,53	26,65	21,15	16,21	0,79	0,99
7	27,67	10,75	40,74	29,68	27,85	0,68	0,93
8	28,90	7,01	41,52	29,73	28,98	0,70	0,97
9	29,60	8,85	43,79	30,9	31,02	0,68	0,96
10	30,60	9,42	44,90	31,06	32,42	0,68	0,98
11	35,13	8,24	54,07	36,08	40,26	0,65	0,97
12	38,24	9,54	54,08	39,41	37,04	0,71	0,97
13	43,14	10,45	62,44	44,39	43,90	0,69	0,97
14	44,70	12,44	64,78	46,40	45,20	0,69	0,96
15	46,67	10,13	65,14	47,75	44,30	0,72	0,98
საშუალო მნიშვნელობა	29,24	6,97	41,37	30,05	28,33	0,706	0,973

როგორც მე-4, მე-5 და მე-6 სვეტებში მოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს, დამახინჯების სიმძლავრეს არც თუ მცირე მნიშვნელობა აქვს, იგი შარას, და შსინ, სრული სიმძლავრეების თანაზომავია.

მე-7 სვეტის მონაცემებიდან ჩანს, რომ არასინუსოიდური დატვირთვის დროს დამახინჯების სიმძლავრე ძალიან ამცირებს ქსელის სიმძლავრის კოეფიციენტს, მოცემულ შემთხვევაში იგი მერყეობს 0,68-0,79-ს ფარგლებში, მიუხედავად იმისა, რომ ძირითადი ჰარმონიკის რეაქტიული სიმძლავრის (მე-2 სვეტი) შესაბამისი სიმძლავრის კოეფიციენტი (მე-8 სვეტი) ძალიან მაღალია და თითქმის 1-ს აღწევს. რადგანაც ელექტრულ ქსელებში დანაკარგები სრული სიმძლავრის პროპორციულია, ამიტომ საკვლევ ობიექტზე დამახინჯების სიმძლავრის არსებობის გამო ელექტროენერჯის დანაკარგები იზრდება

$$\frac{S_{\text{არასინ}} - S_{\text{სინ}}}{S_{\text{სინ}}} \times 100 - \% \text{არ}$$

კონკრეტულ განხილულ ობიექტზე საანგარიშო პერიოდში არასინუსოიდური დატვირთვის რეჟიმში მუშაობის გამო, შესაბამის სინუსოიდურ რეჟიმთან შედარებით დანაკარგები გაზრდილია:

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

$$\frac{S_{\text{თან}} - S_{\text{სიმ}}}{S_{\text{სიმ}}} \times 100 = \frac{41,37 - 30,05}{30,05} \times 100 = 38 \%$$

ამრიგად, ჩატარებული კვლევითი სამუშაოს საფუძველზე შემოთავაზებული იქნა სისტემა SCADA-ს საარქივო მონაცემების მიხედვით სამფაზა ქსელის არასინუსოიდური და არაწრფივი დატვირთვის შემთხვევისათვის დამახინჯების სიმძლავრის მნიშვნელობისა და ამ სიმძლავრით გამოწვეული ელექტროენერჯის დანაკარგების განსაზღვრის მეთოდიკა.

ლიტერატურა

1. Атабеков Г.А..Теоретические основы электротехники.Часть первая. Линейные электрические цепи. -Москва. „Энергия“-1978. стр.420.
- 2.Беленький И.Я., Островерхов В.В., Тимиргалиев Р.А. Измерение полной мощности сети и ее составляющих в трехфазных электрических сетях с несимметричной и нелинейной нагрузкой. -Ж.- Приборы, -№ 8,-2012 г.стр.49-55
- 3.IEEE Std 1459-2010. IEEE Standard Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions.

MEASURING DISTORTION POWER NETWORK IN THREE-PHASE ELECTRIC NETWORKS WITH ASYMMETRIC AND NON-LINEAR LOAD

T.Museliani, D.SariqaZe, M.GurgeniZe

Summary

On the basis of research on the archive data of SCADA, for the case of non-sinusoidal and unbalanced load three-phase proposed method of determining the values distortion power and electric power losses caused by this distortion.

**საჰაერო ელექტრული სადენების მექანიკური
განგარიშება მაქსიმალური დატვირთვის
მიხედვით**

კიკვიძე ო.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

სტატიაში მოცემულია სადენის მექანიკური განგარიშება მაქსიმალური დატვირთვის მიხედვით. მიღებულია მაქსიმალური დატვირთვის გამოსათვლელი ფორმულა სადენის სიმრუდის გათვალისწინებით. ჩაწერილია სადენის ჩაკიდულობის ისრის და მალში სადენის სიგრძის გასანგარიშებელი ფორმულები .

საჰაერო სადენების მექანიკური სიმტკიცის განგარიშებისათვის აუცილებელია ადრული დატვირთვის განსაზღვრა საკუთარი წონის და კლიმატური პირობებით გამოწვეული ძალებისა და დეფორმაციების გათვალისწინებით. ცნობილია, რომ თუ მალეები განლაგებულია ვაკეზე სადენის დაკიდების წერტილებში დატვირთვა σ_A მეტია, ვიდრე დატვირთვა ჩაკიდულობის ისრის ადგილზე σ_0 . თუ ხაზი გადის ზომიერად მთიან ადგილზე და მალეებს აქვს ნორმალური სიგრძე ($l < 500 - 700$ მ) სხვაობა აღნიშნულ დატვირთვებს შორის მცირეა (არ აღემატება 0.3%). როგორც წესი თვლიან, რომ სადენი მთელ სიგრძეზე თანაბრად დატვირთულია $\sigma = \sigma_0$ დატვირთვით.

σ_0 დატვირთვა თანაბრადაა განაწილებული სადენის კვეთში და დაკავშირებულია

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

გამჭიმავ ძალასთან $\sigma_0 = T_0 / F$. სადაც T_0 - გამჭიმავი ძალაა, F - სადენის განივკვეთის ფართობი. ამავე დროს კვეთში აღიძვრება ნორმალური ძაბვა, რომელიც დაკავშირებულია სადენის სიმრუდის ცვლილებასთან. ეს ძაბვა სიმტკიცის თვალსაზრისით მნიშვნელოვანია გაჭიმული ბოჭკოებისათვის. მაქსიმალური ძაბვა კვეთში, გამოწვეული სიმრუდის ცვლილებით განისაზღვრება ფორმულით $\sigma_{\max} = Ed / (2\rho)$, სადაც E - სადენის მასალის დრეკადობის მოდულია, ρ - სადენის სიმრუდის რადიუსია, d - კვეთის დიამეტრია. თუ სიმრუდესთან დაკავშირებული ძაბვა იმავე რიგისაა რაც გამჭიმავი ძალისაგან გამოწვეული ძაბვა, სადენის სიმტკიცეზე გაანგარიშებისას მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული სადენის სიმრუდის ცვლილებით გამოწვეული ძაბვები, რომლებიც განსაკუთრებით საშიშია გაჭიმული ბოჭკოებისათვის. აღნიშნულს ადგილი აქვს მაშინ, როცა:

$$Ed / (2\rho) \approx T_0 / F \quad \text{ან} \quad 1/\rho \approx 2T_0 / (EFd) \quad (1)$$

სადენის სიმრუდე გამოწვეული საკუთარი წონის მოქმედებით გამოითვლება ფორმულით [1]

$$1/\rho = d\alpha / ds = \frac{\gamma F}{T_0(1 + tg^2\alpha)} \quad (2)$$

სადაც α - სადენის მხების დახრის კუთხეა, γ - სადენის საკუთარი კუთრი წონაა.

როგორც ცნობილია, სადენის მასალის რაციონალურ გამოყენებას (მაღლი სადენის სიგრძე მინიმალურია) ადგილი აქვს მაშინ, თუ მაქსიმალური ძაბვა სადენში უდრის დასაშვებს. მაქსიმალური ძაბვის სიდიდე საშიშ წერტილში მე (2) ფორმულის გათვალისწინებით განისაზღვრება ფორმულით:

$$\sigma_{\max} = \sigma_0 + Ed / (2\rho) = \sigma_0 + \frac{E\gamma d}{2\sigma_0(1 + tg^2\alpha)} \quad (3)$$

დასაშვები ძაბვების მეთოდით გაანგარიშებისას, მაქსიმალური ძაბვა არ უნდა აღემატებოდეს საშუალო წლიური დასაშვები ძაბვის სიდიდეს და სიმტკიცის პირობას აქვს სახე:

$$\sigma_0 + \frac{E\gamma d}{2\sigma_0(1 + tg^2\alpha)} \leq [\sigma_s] \quad (4)$$

სადაც $[\sigma_s]$ საშუალო წლიური დასაშვები ძაბვის სიდიდეა.

მე (4) პირობიდან σ_0 ძაბვის განსაზღვრისათვის გვაქვს კვადრატული განტოლება

$$\sigma_0^2 - [\sigma_s]\sigma_0 + \frac{E\gamma d}{2(1 + tg^2\alpha)} = 0 \quad (5)$$

რომლის ამონახსნია:

$$\sigma_{0,1,2} = \frac{[\sigma_s]}{2} \left(1 \pm \sqrt{1 - \frac{2E\gamma d}{(1 + tg^2\alpha)[\sigma_s^2]}} \right) \quad (6)$$

ცხადია, რომ მე (4) უტოლობა დაკმაყოფილდება განტოლების ფესვებს შორის.

ძაბვის მაქსიმალური მნიშვნელობა შეესაბამება მე (6) ფორმულის მარჯვენა მხარეში შეკრების მოქმედებას.

$$\sigma_{0\max} = \frac{[\sigma_s]}{2} \left(1 + \sqrt{1 - \frac{2E\gamma d}{(1 + tg^2\alpha)[\sigma_s^2]}} \right) \quad (7)$$

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

გამჭიმავი ძალის სიდიდე ტოლია $T = F \cdot \sigma_0$.

დახრილობის α კუთხისათვის მე (7) ფორმულით გაიანგარიშება ძაბვის სიდიდე $\sigma_{0\max}$, ხოლო სადენის ჩაკიდულობის ისარი მალში გამოითვლება [1] ნაშრომში მიღებული ფორმულით, რომელშიც σ_0 ძაბვა შეიცვლება $\sigma_{0\max}$ ძაბვით:

$$f = \frac{\sigma_{0\max}}{\gamma} \left(ch \frac{\gamma l}{2\sigma_{0\max}} - 1 \right) \quad (8)$$

ანალოგიური ცვლილებით შესაბამის ფორმულაში გაიანგარიშება სადენის სიგრძე მალში

$$L = \frac{2\sigma_{0\max}}{\gamma} sh \frac{\gamma l}{2\sigma_{0\max}} \quad (9)$$

პრაქტიკაში ხშირად (8) და (9) ფორმულების ნაცვლად გამოიყენება მარტივი მიახლოებითი ფორმულები.

ამდენად, მოცემულია სადენის მექანიკური გაანგარიშება მაქსიმალური ძაბვების მიხედვით, საშუალო ძაბვის ნაცვლად.

ლიტერატურა

1. თვალჭრელიძე ა., ცხაკაია ქ. საჰაერო ელექტრული სადენების მექანიკური ანგარიში. - ქუთაისი: აკ.წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, 2012.- 40 გვ.

MECHANICAL CALCULATION OF AIR ELECTRICITY CABLES FOR THE MAXIMUM STRESS

Kikvidze O.

Akaki Tsereteli State University

Summary

The article deals with mechanical calculation of an electricity cable for the maximum mechanical stress. The formula for calculation of the maximum stress, taking into account curvature of a wire is given. Formulas for calculation of length and sagging of an electricity cable are written down.

რკინიგზის ქვესაღბურების მოღერნიზაცია რეაქტიული ენერგიის ავტომატური ელექტრონული კომპენსატორების გამოყენებით

ხურცილავა გ., კიდურაძე ო.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

„საქართველოს რკინიგზის“ ობიექტზე- ზაპესის ქვესაღბურში ელექტრონული ანალიზატორის და ხმარებით ჩატარებულმა დაკვირვებებმა აჩვენა, რომ საკონტაქტო ქსელში ადგილი აქვს გადაძაბვებს, განსაკუთრებით იმ მომენტებში, როცა ელექტრომატარებელი სწრაფად გამოდის წვეის რეჟიმიდან.

დეაქტიული ენერგიის კომპენსაციის მოწყობილობების და ნერგვითძაბვის რეჟიმები, გადაძაბვები და ძაბვის ვარდნები პრაქტიკულად მოისპობა, რადგანაც სწრაფი ელექტრონული მოწყობილობების დახმარებით და მაღალი ხარისხის თანამედროვე კონდენსატორების გამოყენებით რეაქტიული ენერგიის კომპენსაცია უწყვეტად განხორციელდება.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

რეაქტიული ენერგია ირხევა ქსელსა და დატვირთვას შორის. მისი წარმოშობის მიზეზებია: ელექტრო კვების სისტემაში ტრანსფორმატორების, ძრავების, გრძელი საჰაერო ან საკაბელო ხაზების არსებობა, რაც ხელს უშლის ელექტროენერჯის გადაცემას დატვირთვის წრედებში.

რეაქტიული ენერჯის მოხმარების შეფასება შესაძლებელია ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი პარამეტრის - სიმძლავრის კოეფიციენტის დახმარებით. დატვირთვის - წრედების მიერ მოხმარებული ელექტროენერჯის საშუალო მნიშვნელობა არის აქტიური ენერჯის სახით. რაც უფრო მცირეა სიმძლავრის კოეფიციენტი მით უფრო ნაკლები შესაძლებლობა აქვს ელექტროენერჯის წყაროს (ქვესადგური) გადასცეს მოთხოვნილი ელექტროენერგია მომხმარებელს.

ელექტრომატარებლების კვების სიტემა წარმოადგენს განაწილებულ პარამეტრიან სისტემას და დატვირთვის სწრაფი ცვლილებები იწვევს ძაბვის გაუთვალისწინებელ ვარდნებს და ძაბვის სიდიდის რხევებს გარკვეული დროის განმავლობაში. ამავე მიზეზის გამო ადგილი აქვს სიმძლავრის კოეფიციენტის ცვლილებას დიდ ფარგლებში (ზოგიერთ რეჟიმებში სიმძლავრის კოეფიციენტი მცირდება 0.4 0.6-მდე). სიმძლავრის დაბალი კოეფიციენტი განაპირობებს რეაქტიული ენერჯის რხევას ქსელსა და დატვირთვას შორის, რაც თავის მხრივ იწვევს დამატებით დანაკარგებს შემაერთებელ ხაზებში.

დაკვირვებები აჩვენებს, რომ საკონტაქტო ქსელში ადგილი აქვს გადაძაბვებს, განსაკუთრებით იმ მომენტებში როცა ელექტრომატარებელი სწრაფად გამოდის წვეის რეჟიმიდან.

საკონტაქტო ქსელში ძაბვის სიდიდის ცვლილებაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ასევე სხვა ელექტრომატარებლების საკონტაქტო ქსელში სწრაფი ჩართვა-ამორთვა, რადგანაც ისინი მუშაობენ პარალელურ რეჟიმში (საკონტაქტო ქსელი გაერთიანებულია საფიდერო ავტომატების მეშვეობით). ცხადია იდეალურ შემთხვევაში სიმძლავრის კოეფიციენტი $K=1$ და ელექტროენერჯის წყაროს შეუძლია მთლიანად გადასცეს სასარგებლო სიმძლავრე მომხმარებელს. დატვირთვის წრედი მოიხმარს მით უფრო მეტ დენს რაც უფრო მცირეა სიმძლავრის კოეფიციენტი. მეტი დენის მოთხოვნა კი იწვევს მეტ დანაკარგებს შემაერთებელ ხაზებში და კაბელებში სითბოს სახით. რეაქტიული ენერჯის კომპენსაციით პრაქტიკულად შესაძლებელი ხდება სიმძლავრის კოეფიციენტის მნიშვნელობის ერთთან მიახლოება.

სამუშაოს მიზანია:

- რკინიგზის ქვესადგურებში ენერგოეფექტური ღონისძიებების გატარება;
- რეაქტიული ენერჯის ავტომატური ელექტრონული კომპენსატორების დანერგვა;
- ელ.ენერჯის ხარჯის შემცირება;
- მოძრაობის უსაფრთხოების ამაღლება.

დასახული მიზნების მიღწევა ითვალისწინებს შემდეგი ამოცანების გადაწყვეტას:

- რკინიგზის ქვესადგურების მუშაობის დეტალურ შესწავლას;
- არსებული ნაკლოვანებების გამოვლენას და მათ ანალიზს;
- ენერგოეფექტური ღონისძიებების დამუშავებას, დანერგვას და მონიტორინგს.

რეაქტიული ენერჯის კომპენსაციის საჭიროება შესწავლილი იქნა ს/ს „საქართველოს რკინიგზის“ ობიექტებზე - ზაჰესისა და მოლითის ქვესადგურებში. დაკვირვებები განხორციელდა მოდერნიზირებულ „ეს“ და „ემკ“ ტიპის ელექტრომატარებლებზე. ქართულ მხარესთან ერთად დაკვირვებებში მონაწილეობდნენ უცხოე-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ლი სპეციალისტებიც ჩეხეთიდან. დაკვირვებათა შედეგები მოცემულია გრაფიკების 1-4 სახით.

ექსპერიმენტულმა გამოკვლევებმა ცხადყო, რომ მუდმივი დენის საკონტაქტო ქსელში ადგილი აქვს ძაბვის რყევებს დასაშვები დიაპაზონის ფარგლებს გარეთ. შესწავლილ იქნა წევის ქვესადგურების გამანაწილებელ მოწყობილობებზე მიწოდებული ელექტროენერჯის პარამეტრები. დაკვირვება მიმდინარეობდა კომპანია “ლსპეც“-ის მიერ წარმოებული ელექტრონული ანალიზატორის დახმარებით.

შემოწმებით დადგინდა, რომ გაუთვალისწინებელი ძაბვის ვარდნების და გადაძაბვების გამომწვევ მნიშვნელოვან ფაქტორს წარმოადგენს რეაქტიული ენერჯის არსებობა ელექტრომატარებელთა კვების სისტემაში, რომელიც თავის მხრივ წარმოიშობა შემაერთებული კაბელების ინდუქტივობის, ტრანსფორმატორების, ელექტროძრავების, მძლავრი გამმართველი მოწყობილობების და სხვა არსებობის გამო. რეაქტიული ენერჯის არსებობა მკვეთრად აუარესებს სიმძლავრის კოეფიციენტს $K=P/S$ (P -სასარგებლოდ მოხმარებული სიმძლავრე, ხოლო S -ქსელიდან მოთხოვნილი სრული სიმძლავრე).

სიმძლავრის კოეფიციენტის შემცირება თავის მხრივ აუარესებს კვების წყაროს ეფექტურობას, რაც თავის მხრივ ხელს უწყობს ელექტროტექნიკური მოწყობილობების მუშაობის რესურსის შემცირებას. ძაბვის რყევების გამო კი ხშირია ელექტროტექნიკური მოწყობილობების მწყობრიდან გამოსვლის შემთხვევები.

აღნიშნული ქვესადგურებისათვის განისაზღვრა: აქტიური და რეაქტიული ენერჯის მოხმარება; ძაბვის ცვლილების დიაპაზონი; სიმძლავრის კოეფიციენტი; მაღალსიხშირული დენების ჰარმონიკების შემადგენლობა; დენისა და ძაბვის დამახინჯების კოეფიციენტი და სხვა ენერგეტიკული მაჩვენებლები.

დაკვირვების შედეგებიდან ჩანს, რომ საკმაოდ დიდია რეაქტიული ენერჯის მოხმარება და ზოგიერთ მომენტებში იგი აღწევს 700კვარ-ს (კილოვოლტ ამპერ რეაქტიული), ხოლო აქტიური ენერჯის მოხმარება იცვლება 14 მგვტ-მდე. ხშირია შემთხვევები, როცა ქვესადგური მუშაობს უქმ სვლასთან მიახლოებულ რეჟიმებში.

ნაჩვენებია ასევე ქვესადგურის ძაბვის და დენის ცვლილებები. როგორც დიამებშიდან ჩანს ძაბვა იცვლება 30კვ-დან 39კვ-მდე, ადგილი აქვს ძაბვის სწრაფ ჩავარდნებსაც და ხანმოკლე გადაძაბვებს. ასეთი რეჟიმები არასასურველია ელექტროტექნიკური მოწყობილობებისთვის, განსაკუთრებით კი ელექტრონული კვანძებისათვის რომლებიც გადაძაბვების გამო შეიძლება სწრაფად გამოვიდნენ მწყობრიდან ან დაცვის სისტემის მეშვეობით აკრძალვით მუშაობა გარკვეული დროის განმავლობაში, რაც ფაქტიურად გამოიწვევს ელექტრომატარებლების გაჩერებას არასტანდარტული პარამეტრების ელექტროენერჯის მიწოდების გამო.

ანალოგური ტიპის მახასიათებლები გადაღებული იქნა ქვესადგურ მოლითისთვისაც, სადაც აღინიშნა იგივე ხასიათის პრობლემები.

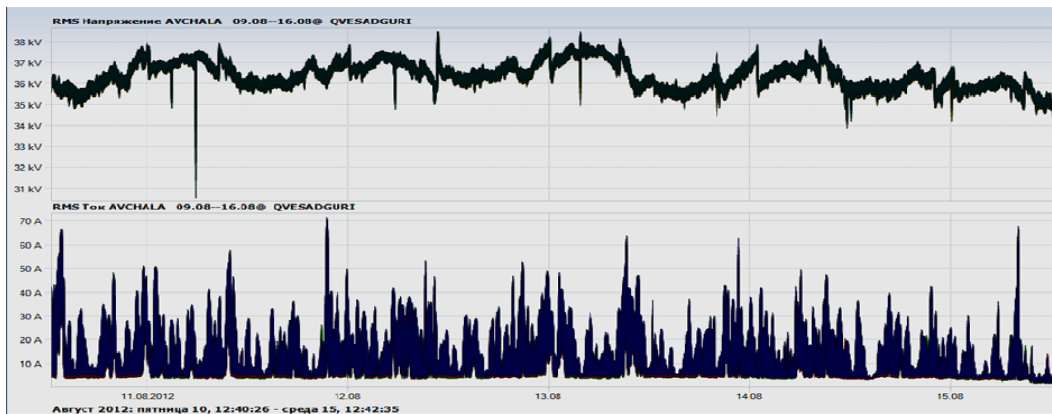
რეაქტიული ენერჯის კომპენსაციის მოწყობილობების დანერგვით აღნიშნული პრობლემა (ძაბვის რყევები, გადაძაბვები და ძაბვის ვარდნები) პრაქტიკულად მოიხსნება, რადგანაც სწრაფი ელექტრონული მოწყობილობების დახმარებით და მაღალი ხარისხის თანამედროვე კონდენსატორების გამოყენებით შესაძლებელია მუდმივად მოხდეს რეაქტიული ენერჯის კომპენსაცია.

რეაქტიული ენერჯის კომპენსაციის პროცესი წარიმართება შემდეგნაირად:

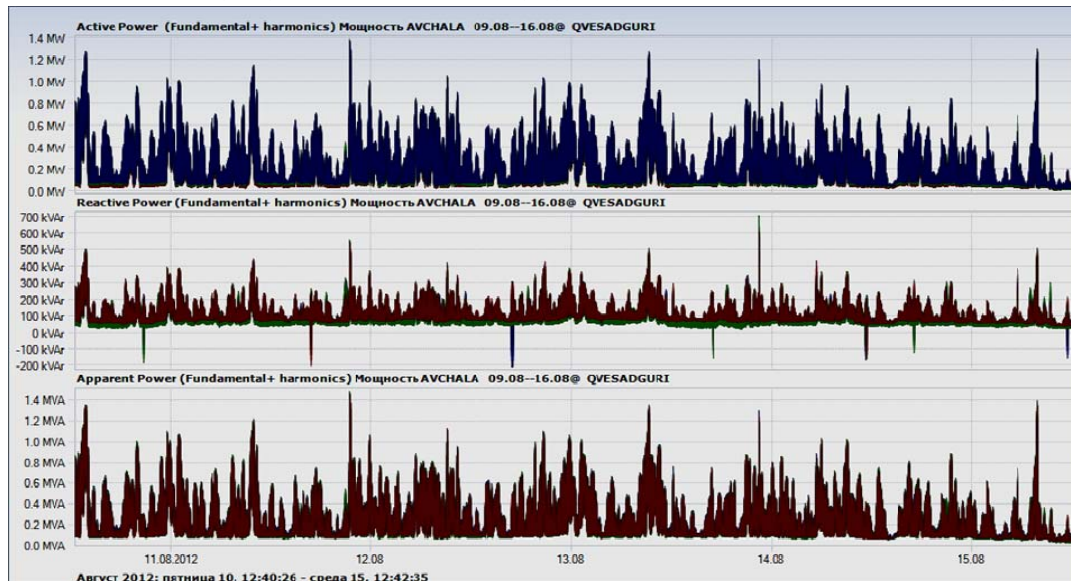
- ელექტრონული ანალიზატორის დახმარებით განისაზღვრება მოხმარებული რეაქტიული ენერჯის სიდიდე, რომელიც ინდუქტიური ხასიათისაა;

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

- ელექტრონული კონტროლერის დახმარებით განისაზღვრება კონდენსატორის ტევადობის სიდიდე, რომელიც ჩაირთვება წრედში ავტომატურად ელექტრონული სწრაფი ჩამრთველების დახმარებით;
- რეაქტიული ენერჯის კომპენსატორის (კონდენსატორების) ჩართვა ამორთვა ცვლადი დენის წრედში იმდენად სწრაფად განხორციელდება (მილიწამები), რომ რომ კომპენსაცია შესრულდება პრაქტიკულად უწყვეტად.
რეაქტიული ენერჯის სწრაფი და ზუსტი კომპენსაცია თავის მხრივ:
- გამორიცხავს გადაძაბვებს და ხელს შეუწყობს ძაბვის სიდიდის შენარჩუნებას და სიმძლავრის სტაბილიზაციას;
- ზრდის ელექტროქსელის დატვირთვისუნარიანობას;
- იცავს ელექტროტექნიკურ მოწყობილობებს დაზიანებისაგან და ამით ამცირებს მომსახურების ხარჯებს;
- განაპირობებს ელექტროენერჯის ეკონომიას (8-12)%-ის ფარგლებში, რადგანაც პრაქტიკულად ნულამდე შემცირდება რეაქტიული ენერჯის მოხმარება.
- თანამედროვე მოდერნიზებული და ელექტრონული მატარებლებს მიაწოდებს სტანდარტული პარამეტრების ელექტროენერჯის და გამორიცხავს გაუთვალისწინებელ გაჩერებებს.

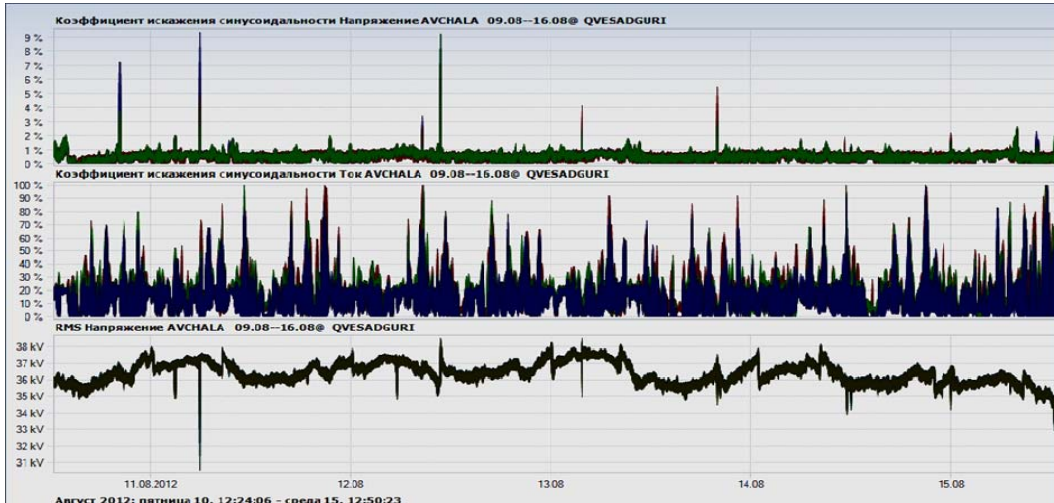


ნახაზი 1 ძაბვის და დენის ეფექტური სიდიდეების ცვლილება (ავტალის ქვესადგური)

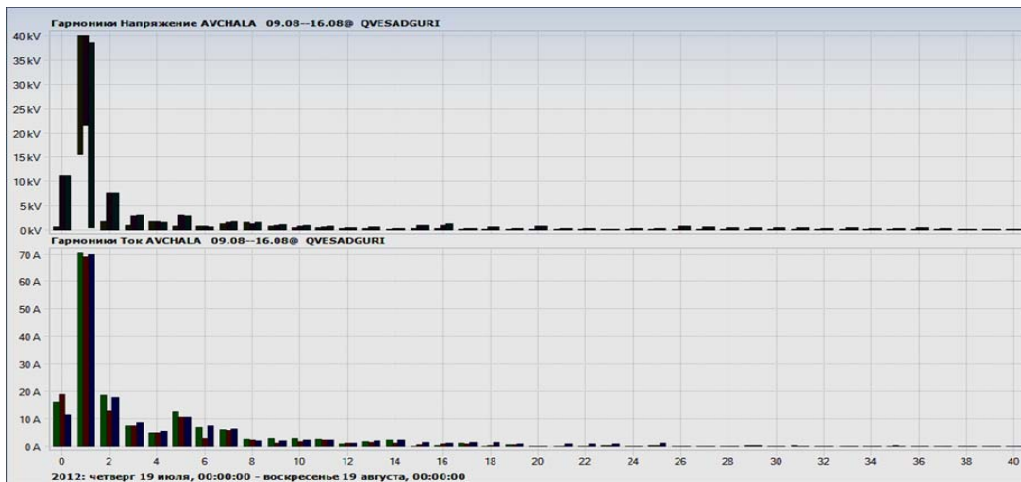


ნახაზი 2 აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრეების მოხმარება (ავტალის ქვესადგური)

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ნახაზი 3 ძაბვის და დენის სინუსოიდულობის დამახინჯების კოეფიციენტი (ავჭალის ქვესადგური)



ნახაზი 4. ძაბვის და დენის მდგენელი ჰარმონიკები (ავჭალის ქვესადგური)

ლიტერატურა:

1. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи Издание девятое переработанное и дополненное. 2012
2. Потапов А.И., Пугачев А.А., Потапов И.А. Контроль, диагностика, обеспечение качестваэлектроэнергии. 2010

**THE GEORGIAN RAILWAY'S SUBSTATION MODERNIZE WITH REACTIVE ENERGY
COMPENSATING DEVICE
G.KHURTSILAVA O. KIGURADZE
Georgian Technical University
Summary**

The frequent changes in the traction network of el. trains make the voltage drop down in the definite period of time. Low co-efficient of power causes reactive energy between load and source, thus it causes loose of energy. The “Georgian Railway” substations: the Moliti and the Zahesi were researched and according to this there were many overvoltages, especially when locomotives are being switched out of the traction. These researches were conducted with “ElspecCommunicator”. To improve this kind of errors it needs installing of reactive energy compensating devices which contains high quality capacitors which will work in continuous regime.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ნახევარგამტარულ აბრეზატაში ელექტრომაგნიტური ტექნოლოგიური პროცესების მათემატიკური და კომპიუტერული მოდელირება

კოსრეიძე გ., ნემსაძე ს., ფრანგიშვილი გ., გაბრაშვილი მ., შუკაკიძე თ.
 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომში განხილულია ნახევარგამტარული სამფაზა მართვადი გამმართველ და ქსელის მიმყოლ ინვერტორულ აგრეგატებში ელექტრომაგნიტური გარდამავალი პროცესების მათემატიკური და კომპიუტერული მოდელირების საკითხები. გამოყენებულია ჩემს მიერ დამუშავებული ცვლადთა კომპლექსური სქემატურ-ოპერატიული გარდაქმნების მოდელირებული მეთოდი. გათვალისწინებული იქნა მთელი წრედის ძირითადი პარამეტრები, რეგულირების, წინსწრების და კომუტაციის კუთხეები. მიღებული იქნა დროში უწყვეტი საძიებელი სიდიდეების ანალიზური გამოსახულებები.

წარმოდგენილია სამფაზა მართვად გამმართველებში და ქსელის მიმყოლ ინვერტორებში ელექტრომაგნიტური პროცესების დინამიკის ანალიზი. ზოგადად მიღებული დაშვებების გათვალისწინებით და ცვლადთა კომპლექსური და სპექტრალურ-ოპერატორული გარდაქმნების გამოყენება საშუალებას იძლევა არაწრფივი ამოცანა დავიყვანოთ წრფივზე და მიღებული იქნას დიფერენციალური განტოლებათა სისტემა ცვლადი კოეფიციენტებით^[1,2-3,4]. ყოველივე ამის შედეგად მარტივდება გარდამავალი პროცესების გაანგარიშება რთულ სისტემაში. გამოვიყენოთ კომპლექსური გარდაქმნები სამფაზა ტრანსფორმატორისა და ვენტილური მოწყობილობის რეზულტირებული კომპლექსური განტოლებების მისაღებად.

საწყისი განტოლებათა სისტემის ამოხსნისას შეიძლება გავითვალისწინოთ კომუტაციური ფუნქციების ჰარმონიკების ნებისმიერი რიცხვი, მაგრამ ჩაწერის მოცულობის შემცირებისათვის შემოვიფარგლოთ მხოლოდ ამ მწკრივების პირველი რიგის ჰარმონიკებით, ე.ი. გაანგარიშება ვაწარმოვოთ გამართული დენის საშუალო მნიშვნელობის მიხედვით. ამ დროს მაღალი ჰარმონიკების უგულვებელყოფის გამო გაანგარიშების ცდომილება უმნიშვნელოა^[5-6].

მიღებული განტოლებების უშუალო ამოხსნა დენებისა და ძაბვების მყისა მნიშვნელობების მიმართ წარმოადგენს შრომატევადს და ვეებერთელას. ამ შემთხვევაში სისტემაში ელექტრომაგნიტური პროცესები ხასიათდებიან პირველადი და მეორადი გრაგნილთა დენების, ძაბვებისა და ნაკადშებმების რეზულტირებული ვექტორებით:

$$\left. \begin{aligned} I^I &= \sum_{k=1}^3 i_k^I e^{j\alpha_k^I}; I^{II} = \sum_{k=1}^3 i_k^{II} e^{j\alpha_k^{II}}; \\ U^{II} &= \sum_{k=1}^3 u_k^{II} e^{j\alpha_k^{II}}; \\ U^I &= \sum_{k=1}^3 u_k^I e^{j\alpha_k^I} = \frac{3}{2} U_m e^{j(\omega t + \varphi_u)}. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

მაშინ მთელი გარდამქმნელი სისტემისათვის მივიღებთ:

$$\frac{3}{2} U_m e^{j(\omega t + \varphi_u)} = R^I I^I + \left(L_g^I + \frac{3}{2} M^{II} \right) \frac{dI^I}{dt} + \frac{3}{2} M^{12} \frac{dI^I}{dt}; \quad (2)$$

$$-U^{II} = R^{II} I^{II} + \left(L_g^{II} + \frac{3}{2} M^{22} \right) \frac{dI^{II}}{dt} + \frac{3}{2} M^{12} \frac{dI^I}{dt} \quad (3)$$

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ამგვარად, სამფაზა ტრანსფორმატორისათვის ცვლადთა გარდაქმნის მეშვეობით ექვსი განტოლების მაგივრად გვაქვს ორი განტოლება დენებისა და ძაბვების რეზულტირებული ვექტორების მიმართ.

სამფაზა ქსელის მიმყოლი ინვერტორებში ელექტრომაგნიტური პროცესების გაანგარიშების მათემატიკური მოდელირება

აღნიშნულ გარდაქმნულ სისტემაში პროცესების მათემატიკური მოდელირებისათვის ვლუბლობთ ცნობილ დაშვებებს.

სამფაზა ქსელის მიმყოლი ინვერტორის გარდაქმნულ სისტემაში ელექტრომაგნიტური გარდამავალი და სტაციონალური პროცესების გაანგარიშების, გამოკვლევისა და ანალიზის მიზნით ვადგენთ სრულ მათემატიკურ მოდელს[7].

განტოლებები არა რთული გარდაქმნების შემდეგ რეზულტირებული კომპლექსური ელექტრული სიდიდეების მიმართ წარმოდგინება შემდეგ სახეში:

$$E_d = 3R_{\sigma p} i_d + 3L_{\sigma p} \frac{di_d}{dt} + U_d; \quad (4)$$

$$\dot{U}^n = R^n I^n + \left(L_s^n + \frac{3}{2} M^{22} \right) \frac{di^n}{dt} + \frac{3}{2} M^{12} \frac{di^c}{dt}; \quad (5)$$

$$-\dot{U}^c = R^c I^c + \left(L_s^c + \frac{3}{2} M^{11} \right) \frac{di^c}{dt} + \frac{3}{2} M^{12} \frac{di^n}{dt} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \dot{U}^c = & \frac{1}{2} \left(\sum_{k=0}^3 R_k^c \right) I^c + \frac{1}{2} \left(\sum_{k=1}^3 R_k^c e^{j2\alpha_k^c} \right) \times \\ & \times I^c + \frac{1}{2} \left(\sum_{k=1}^3 L_k^c \right) \frac{di^c}{dt} + \frac{1}{2} \left(\sum_{k=1}^3 L_k^c e^{j2\alpha_k^c} \right) \times \frac{di^n}{dt}; \quad (7) \end{aligned}$$

$$\dot{U}^c = U_{\alpha} \left(\sum_{k=1}^3 e^{j\alpha_k^c} \right) + \dot{U}_H^c = \dot{U}_H^c; \quad (8)$$

$$U_d = \frac{\sqrt{3}}{\pi} \left[\dot{U}^n e^{-j(\omega^n t - \frac{\pi}{2})} + \dot{U}^c e^{j(\omega^n t - \frac{\pi}{2})} \right]; \quad (9)$$

$$\left. \begin{aligned} i_d = \frac{\sqrt{3}\pi}{9} I^n e^{-j(\omega^n t - \frac{\pi}{2})} \\ \dot{U}_H^c = \sum_{k=1}^3 U_{kH}^c e^{j\alpha_k^c}, \sum_{k=1}^3 e^{j\alpha_k^c} = 0 \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

მიღებული (4)-(10) განტოლებები წარმოადგენენ პერიოდული კოეფიციენტების სრულ დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემას კომპლექსურ ფორმაში.

დენებისა და ძაბვების d და q ღერძების მიმართ მდგენელისათვის ვლუბლობთ. შემდეგ განტოლებათა სისტემას მატრიცულ ფორმაში:

$$\begin{aligned} & \left\| \begin{array}{c} E_d - R_1 i_d \\ 3\omega^n M_1 \sin \omega^n t i_d - R_2 I_q^c \\ \frac{3}{2} U_m^c \cos(\omega^n t + \psi_u^c) + R_2 I_d^c - 3\omega^n M_1 \sin \omega^n t i_d \end{array} \right\| = \\ & = \left\| \begin{array}{ccc} L_1 & 2M_1 \sin \omega^n t & -2M_1 \cos \omega^n t \\ -3M_1 \cos \omega^n t & 0 & L_2 \\ 0 & -L_s & 0 \end{array} \right\| * \left\| \begin{array}{c} \frac{di_d}{dt} \\ \frac{di_q^c}{dt} \\ \frac{di_d^c}{dt} \end{array} \right\| \quad (11) \end{aligned}$$

სამფაზა მართვად გამმართველებში ელექტრომაგნიტური პროცესების გაანგარიშების კომპიუტერული მოდელირება

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

განტოლებების ზოგიერთი მათემატიკური გარდაქმნების საფუძველზე ვღებულობთ ცვლადების d, q მდგენელების მიმართ რეზულტირებული ცვლადების წარმოებულების მიმართ განტოლებათა სისტემას მატრიცულ ფორმაში:

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} \frac{dI_d^j}{dt} \\ \frac{dI_q^j}{dt} \\ \frac{dI_d^c}{dt} \\ \frac{dI_q^c}{dt} \end{pmatrix} &= \frac{1}{\Delta(t)} \times \\ &\times \begin{pmatrix} -R^j a_1(t) R^j b_1(t) - [X_{m,}^Y \sqrt{a_1^2(t) + b_1^2(t)} \cos(\omega t - \alpha_p - \frac{\gamma}{2} + \frac{\arctg b_1(t)}{a_1(t)}) + R^j C_1(t)] \\ -R^j b_2(t) & -R^j a_2(t) C_2(t) \\ -R^j b_3(t) & -R^j C_3(t) d_1 \end{pmatrix} \times \\ &\times \begin{pmatrix} I_d^j \\ I_q^j \\ I_d^c \\ I_q^c \end{pmatrix} + \frac{E_{\text{MF}}}{\Delta(t)} \begin{pmatrix} -C_1(t) \\ C \end{pmatrix} \frac{1}{(L^j)^2} + \frac{3 U_m}{2 \Delta(t)} \times \\ &\times \begin{pmatrix} \sqrt{a_1^2(t) + b_1^2(t)} \cos \left[\omega t + \psi_u + \frac{\arctg b_1(t)}{a_1(t)} \right] \\ \sqrt{a_2^2(t) + b_2^2(t)} \sin \left[\omega t + \psi_u + \frac{\arctg b_2(t)}{a_2(t)} \right] \\ \sqrt{a_3^2(t) + b_3^2(t)} \cos \left[\omega t + \psi_u + \frac{\arctg b_3(t)}{a_3(t)} \right] \\ \sqrt{a_3^2(t) + b_3^2(t)} \sin \left[\omega t + \psi_u + \frac{\arctg b_3(t)}{a_3(t)} \right] \end{pmatrix} \end{aligned} \quad (12)$$

სადაც(12)-ში ექვივალენტური ცვლადი კოეფიციენტებისათვის ვღებულობთ საანგარიშო დროში ცვალებად მნიშვნელობებს.

ამის შედეგად შესაძლებელია ავაგოთ საძიებელი ელექტრული სიდიდეების გარდამავალი პროცესების მოდელის სტრუქტურული სქემა თუ ცალცალკე შევძლებთ ავაგოთ ექვივალენტური ცვლადი პარამეტრების და კოეფიციენტების მოდელის სტრუქტურული სქემები.

სამფაზა ქსელის მიმყოფ ინვერტორებში ელექტრომაგნიტური პროცესების გაანგარიშების კომპიუტერული მოდელირება

(11) განტოლებათა სისტემის ამოხსნა დენების წარმოებულების მიმართ გვაძლევს შემდეგ დიფერენციალურ გამოსახულებებს მატრიცულ ფორმაში:

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} \frac{dI_d}{dt} \\ \frac{dI_q^c}{dt} \\ \frac{dI_q^c}{dt} \end{pmatrix} &= \frac{1}{\Delta(t)} \begin{pmatrix} a_1(t) & a_2(t) & -a_3(t) \\ b_1(t) & -b_2(t) & 0 \\ c_1(t) & c_2(t) & -c_3(t) \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} I_d \\ I_q^c \\ I_q^c \end{pmatrix} + \\ &+ \frac{1}{\Delta(t)} \begin{pmatrix} a_0 a_4(t) \\ 0 & -b_3(t) \\ c_3(t) & e_4(t) \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} E_d \\ U_m^c \end{pmatrix}; \quad \Delta(t) \neq 0. \end{aligned} \quad (13)$$

(13) განტოლებათა სისტემის ინტეგრირება 0-დან ტკ-მდე გვაძლევს შემდეგ

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ინტეგრალურ გამოსახულებებს $I_a(t), I_a^g(t), I_g^g(t)$ დენების მიმართ:

$$I_a(t) = \int_0^t \left[\frac{a_1(t)}{\Delta(t)} I_a(t) + \frac{a_2(t)}{\Delta(t)} I_a^g(t) - \frac{a_3(t)}{\Delta(t)} I_g^g(t) + \frac{a_0(t)}{\Delta(t)} E_a + \frac{a_4(t)}{\Delta(t)} U_{m1}^g \right] dt + I_a(0); \quad (14)$$

$$I_a^g(t) = \int_0^t \left[\frac{b_1(t)}{\Delta(t)} I_a(t) - \frac{b_2(t)}{\Delta(t)} I_a^g(t) - \frac{b_3(t)}{\Delta(t)} U_{m1}^g \right] dt + I_a^g(0); \quad (15)$$

$$I_g^g(t) = \int_0^t \left[\frac{c_1(t)}{\Delta(t)} I_a(t) + \frac{c_2(t)}{\Delta(t)} I_a^g(t) - \frac{c_3(t)}{\Delta(t)} I_g^g(t) + \frac{c_0(t)}{\Delta(t)} E_a + \frac{c_4(t)}{\Delta(t)} U_{m1}^g \right] dt + I_g^g(0). \quad (16)$$

დასკვნა:

1. მართვადი გამმართველიანი სამფაზა გარდამქმნელ სისტემაში ელექტრომაგნიტური გარდამავალი პროცესების სრულყოფილი მათემატიკური მოდელის მისაღებად მიზანშეწონილი და ეფექტურია ერთობლივად გამოყენებული იქნას ცვლადთა კომპლექსური და სპექტრალურ-ოპერატორული გარდაქმნის მეთოდი.
2. ჩატარებულია სამფაზა მართვადი გამმართველის და ქსელის მიმყოლი ინვერტორის დანადგარების პროცესების კომპიუტერული მოდელირება გარდამავალი პროცესების მოდელის სტრუქტურული სქემების აგების საფუძველზე.

ლიტერატურა

1. Лутидзе Ш.И. Основы теории электрических машин с управляемым полупроводниковым коммутатором. М. Энергия. 1968. 303с.
2. Шелесть В.А. Компьютерное моделирование переходных процессов в электротехнических устройствах. Техническая электродинамика. Часть 8. Киев. 2000. 9-14с.
3. Мерабишвили П.Ф., Кохреидзе Г.К. Электромагнитные процессы в трёхфазных управляемых выпрямителях. Электричество М.1986. 8. Энергоатом-издат. 28-33с.
4. Мерабишвили П.Ф., Кохреидзе Г.К. Математическое моделирование электромагнитных процессов в преобразовательной системе с трёхфазным автономным инвертором тока. Электричества. 1990. 3. Энергоатом-издат. 31-37с.
5. Л. О. Чуа; Пен-Мин Лин. Машинный анализ электронных схем (алгоритмы и вычислительные методы). Перевод с английского. Москва «Энергия» 1980. 638 с.
6. И. В. Черных. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, Sim Power Systems и Simulink. Санкт-Петербург. 2008. 285 с.
7. С. Г. Герман-Галкин. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем. MATLAB 6.0 Корона принт, 2001. 320с.

MATHEMATICAL AND COMPUTER MODELING OF ELECTRIC-MAGNETIC TECHNOLOGICAL PROCESSES IN SEMICONDUCTOR ALTERING AGGREGATIONS.

Kokhreidze G., Nemsadze S., Prengishvili G., Gabrashvili M., Shukakidze T.

Georgian Technical University

Summary

In the work one has discussed matters of mathematical and computer modeling of eclectic-magnetic transition processes through the inverter aggregations following the semiconductor three-phase guided tuner and network. One has used the modernized method of complex and spectral-operative alters of variables processed by us. One has foreseen the main parameters of the whole circuit, angles of regulating, advancing and commutation. One has got analytic expressions of values, being scanned continuously in time.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

**ბიომეტრიის გამოყენების პერსპექტივები ენერგეტიკულ
ობიექტებზე**

იმნაიშვილი ლ., ბედინეიშვილი მ., კირკიტაძე ნ.
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

განხილულია ენერგეტიკულ ობიექტზე პერსონალის ფიზიკური დაშვების, ტექნოლოგიური პროცესების მართვის ელექტრონულ სისტემებში და ბიზნეს-პროცესების მართვის ელექტრონულ სისტემებში მომხმარებლის აუტენტიფიცირების პრობლემები. ენერგეტიკული დანიშნულების ინფორმაციულ სისტემებში პერსონალის დაშვებისა და აუტენტიფიცირების საიმედოობის ამაღლების მიზნით პერსონალის იდენტიფიცირებისათვის შემოთავაზებულია ბიომეტრიული ტექნოლოგიების, კერძოდ კი კვაზიმულტიბიომეტრიული მეთოდის გამოყენება. განხილულია კვაზიმულტიბიომეტრიული მეთოდის ენერგეტიკული დანიშნულების ინფორმაციულ სისტემებში გამოყენების კონკრეტული საკითხები.

I. შესავალი

ენერგეტიკის დარგში ინფორმაციული და კომპიუტერული ტექნოლოგიების გამოყენებას, როგორც ტექნოლოგიური პროცესის, ასევე ბიზნეს-პროცესების და ორგანიზაციული მართვის ნაწილში, აქვს ინტენსიური ხასიათი. ასეთი ტენდენციები ენერგეტიკის დარგის ობიექტებისათვის ბადავს ახალ შესაძლებლობებს საიმედოობის, ფუნქციური შესაძლებლობების გაზრდის, პროდუქციის და მომსახურების პროცესის ღირებულების შემცირების და ა.შ. თვალსაზრისით.

ენერგეტიკის დარგის ობიექტები არიან მაღალი საფრთხის შემცველი ობიექტები, ამიტომ მათზე სუბიექტების ფიზიკური დაშვების და კონტროლის საიმედოობას დიდი მნიშვნელობა აქვთ. ამ საქმეს საკმაოდ კარგად ემსახურება თანამედროვე ციფრულ ტექნოლოგიებზე დაყრდნობილი დაშვებისა და კონტროლის სისტემები [1], სადაც სუბიექტის იდენტიფიცირებისათვის შეიძლება გამოყენებული იყოს პლასტიკური ბარათი ან სხვა ტექნიკური საშუალება.

ენერგეტიკის დარგი მოწოდებულია აწარმოოს ელექტროენერჯია და მიაწოდოს მომხმარებელს. შესაბამისად, გვაქვს ელექტროენერჯიის წარმოების, გადაცემის და განაწილების ტექნოლოგიური პროცესები. დღეისათვის სერიოზულ ფაზაშია ელექტროენერჯიის წარმოების, გადაცემის და განაწილების ტექნოლოგიური პროცესის აღჭურვა ციფრული მართვის სისტემებით. ეს უკვე დროის მოთხოვნაა. როგორც წესი, ენერგეტიკული ტექნოლოგიური პროცესების მართვა ხორციელდება შნ სისტემის გამოყენებით [2], რომელიც არის რთული პროგრამულ-აპარატურული კომპლექსი. თავისი არსით SCADA სისტემა გულისხმობს ტექნოლოგიურ პროცესში ადამიანის მონაწილეობას. თავისთავად დგას საკითხი ადამიანი-ოპერატორის დაშვებისა SCADA სისტემასთან, რომელიც დღეს ხორციელდება ოპერატორის „სახელისა“ და „პაროლის“ გამოყენებით, ანუ ოპერატორის იდენტიფიცირება ხდება იმ ინფორმაციით, რომელიც იცის ოპერატორმა და ახსოვს მას.

ენერგეტიკის დარგის ბიზნეს-პროცესების მართვაში ფართო ხასიათი აქვს ინფორმაციული ტექნოლოგიების გამოყენებას, სადაც ასევე სისტემასთან დაშვება ხდება „სახელისა“ და „პაროლის“ გამოყენებით.

ვინაიდან საუბარია მაღალი საფრთხის შემცველ ობიექტებზე და საპასუხისმგებლო ტექნოლოგიურ პროცესებზე, ამიტომ სუბიექტის ობიექტზე და მართვის სისტემასთან ოპერატორის დაშვების ასეთი მექანიზმები გაუმართლებელია, რამდენადაც შესაძლებელია მისი დავიწყება, დაკარგვა ან თუნდაც სხვა პირზე გადაცემა და ა.შ.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

II. ენერგეტიკულ ობიექტებზე ბიომეტრიის გამოყენება

დღეისათვის, პიროვნების იდენტიფიცირების საუკეთესო საშუალებად ითვლება ბიომეტრიული ტექნოლოგიები, რომელიც ეყრდნობა ადამიანის ბიომეტრიული მაჩვენებლის [3] გამოყენებას. რამდენადაც ადამიანის ბიომეტრიული მაჩვენებელი მრავალია, შესაბამისად მრავალია ბიომეტრიული სისტემების არქიტექტურებიც, რომლებიც მუშაობენ სხვადასხვა ბიომეტრიული მაჩვენებლების გამოყენებით. ბიომეტრიული მაჩვენებლების უპირატესობა სადავო არ არის პიროვნების იდენტიფიცირების ისეთ საშუალებებთან მიმართებაში, როგორცაა: პირადობის დამადასტურებელი მოწმობები (იდენტიფიცირება სუბიექტურია და იდენტიფიცირების საიმედოობა დამოკიდებულია შემოწმებელ სუბიექტზე), პლასტიკური ბარათები (იდენტიფიცირების საიმედოობა დიდი არ არის, რამდენადაც შესაძლებელია მისი სხვა პიროვნებაზე გადაცემა, დაკარგვა და ა.შ.), ჟურნალში ფიზიკურად ხელის მოწერა (იდენტიფიცირება სუბიექტური და რთულია).

ცხრილ 1-ში წარმოდგენილია ადამიანის ინფორმაციულ სისტემაში აუტენტიფიცირების ზემოთ მოტანილი საშუალებების შედარებითი ანალიზი.

ცხრილი 1

აუტენტიფიცირების საშუალებები	დადებითი მხარეები	უარყოფითი მხარეები
პაროლი	დინამიურია	დაკარგვა დავიწყება აღრევა სხვაზე გადაცემა მორგება
პლასტიკური ბარათი	საიმედოა	დაკარგვა დავიწყება სხვაზე გადაცემა მორგება
ბიომეტრიული მონაცემი	ერგონომიულია საიმედოა	შეცდომის დაშვების ალბათობაზე დამოკიდებულება მორგება

სისტემაში აუტენტიფიცირებისათვის ბიომეტრიული მონაცემის ერგონომიულობა მდგომარეობს მისი გამოყენების კომფორტულობაში, რამდენადაც ადამიანს სულ „თან ახლავს“, არ შეიძლება დაავიწყდეს, დაკარგოს და ა.შ.

მიუხედავად იმისა, რომ ბიომეტრიული მონაცემის გამოყენებას აუტენტიფიცირებისას აქვს უპირატესობა სხვა საშუალებებთან მიმართებაში, მის ფართო გავრცელებას მაინც ახლავს წინააღმდეგობები, დაკავშირებული: ბიომეტრიული სისტემის შეცდომებთან, მომხმარებელთა მენტალობასთან, კანონმდებლობასთან, მომხმარებელთა აღმსარებლობასთან და ა.შ.

ჩამოთვლილთაგან მთავარია ბიომეტრიული სისტემის შეცდომები. ბიომეტრიული სისტემა, რომელიც მუშაობს ერთი ბიომეტრიული მაჩვენებლის გამოყენებით, უშვებს სამი ტიპის შეცდომას [4]:

- მცდარი უარყოფის დონე – “ვერ ცნობს თავისიანს”, ე.ი. მიიღება გადაწყვეტილება, რომ „უცხოა“, მიუხედავად იმისა, რომ სუბიექტი არის დარეგისტრირებული მომხმარებელი.
- მცდარი დაშვების დონე. “დაშვებული იქნას უცხო”, ე.ი. მიიღება გადაწყვეტილება, რომ “თავისიანია”, მიუხედავად იმისა, რომ სუბიექტი არ არის დარეგისტრირებული მომხმარებელი.
- რეგისტრირების შეუძლებლობის დონე. მიიღება გადაწყვეტილება, რომ სუბიექტი

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

ტი “უცხოა” იმის გამო, რომ ბიომეტრიული სენსორით ტექნიკურად ვერ ხერხდება სუბიექტის ბიომეტრიული მახასიათებლის აღქმა.

ამდენად, ერთ ბიომეტრიულ მანვენებელს არ შეუძლია ყველა მომხმარებლის 100%-იანი გარანტირებული იდენტიფიცირება. ბიომეტრიულ სისტემებში დღეისათვის ძირითადად გამოიყენება დაქტილოსკოპიური ბიომეტრიული მანვენებელი (თითის ანაბეჭდი). მიუხედავად იმისა, რომ დაქტილოსკოპიური მანვენებლის გამოყენებას აქვს რიგი ტექნიკური და ეკონომიკური უპირატესობები, მის გამოყენებას სხვადასხვა დანიშნულების ენერგეტიკულ ობიექტზე შეიძლება ქონდეს რიგი ხარვეზები, რაც დაკავშირებულია მუშაკის მიერ თითის დაზიანებასთან, გაჭუჭყიანებასთან და ა.შ. თუმცა იგივე ბიომეტრიული მანვენებელი წარმატებით შეიძლება იქნას გამოყენებული ოფისებში დასაქმებული მუშაკებისათვის.

ამდენად, ენერგეტიკულ სექტორში დასაქმებული მუშაკები უნდა გავყოთ ორ ძირითად ჯგუფად: ოფისებში დასაქმებულნი და ადმინისტრაციული პერსონალი (1-ლი ჯგუფი) და საინჟინრო-ტექნიკური პერსონალი (მე-2 ჯგუფი), რომელიც ემსახურება ტექნოლოგიურ პროცესს.

იმისათვის, რომ ამაღლდეს ბიომეტრიული მანვენებლით სუბიექტის იდენტიფიცირების საიმედოობა ენერგეტიკულ ობიექტზე, შემოთავაზებულია კვაზიმულტიბიომეტრიული მეთოდის გამოყენება [5]. კვაზიმულტიბიომეტრიული მეთოდი გულისხმობს სუბიექტის იდენტიფიცირებისათვის ორი ან მეტი ბიომეტრიული მანვენებლის გამოყენებას ისე, რომ პიროვნებამ იდენტიფიცირება გაიაროს ერთი ბიომეტრიული მანვენებლით და უარყოფის შემთხვევაში – მეორე ბიომეტრიული მანვენებლით.

ბიომეტრიული ტექნოლოგიების ენერგეტიკულ ობიექტებზე გამოყენებისათვის ბიომეტრიული მანვენებლებების მიმართ ჩამოვაცალიბეთ შემდეგი მოთხოვნები: საიმედოობა, გაყალბებისადმი მდგრადობა, ერგონომიულობა, ბიომეტრიული მანვენებლის სტაბილურობა, მისადებლობა და გარემოს მიმართ სტაბილურობა.

საიმედოობა. ბიომეტრიული სისტემებისადმი დამახასიათებელი სამივე სახის შეცდომა [4] უარყოფითად იჩენს თავს როგორც დაშვების, ასევე მართვის სისტემებში აუტენტიფიცირებისას. ამიტომ, ბიომეტრიული მანვენებლის შერჩევასა და დამწვევტი მნიშვნელობა მივანიჭეთ მის საიმედოობას. კვლევის შედეგად მივიღვართ დასკვნამდე, რომ საიმედოობის თვალსაზრისით ენერგეტიკის დარგის ბიომეტრიულ სისტემებში უპრიანია თვალის ფერადი გარსის, დაქტილოსკოპიური და სახის გეომეტრიის (2 / 3) ბიომეტრიული მანვენებლების გამოყენება.

გაყალბებისადმი მდგრადობა. გამომდინარე იქედან, რომ ენერგეტიკული ობიექტები არიან საპასუხისმგებლო, ამდენად, ბიომეტრიული მანვენებელი გაყალბებისადმი უნდა იყოს მდგრადი.

ერგონომიულობა. სუბიექტის ბიომეტრიული მანვენებლის აღქმა სისტემის მიერ სასურველია ხდებოდეს მომხმარებლის სისტემის ელემენტებთან ფიზიკური კონტაქტის გარეშე. სუბიექტის ურთიერთობა სისტემასთან უნდა იყოს მოსახერხებელი და უნდა ხორციელდებოდეს სუბიექტის მოსამზადებელი ტრენინგის გარეშე.

ბიომეტრიული მანვენებლის სტაბილურობა. ენერგეტიკის დარგის ბიომეტრიული სისტემისათვის მნიშვნელოვანი მომენტია ბიომეტრიული მანვენებლის სტაბილურობა, რამდენადაც სისტემაში აუტენტიფიცირების პროცედურები შეიძლება ტარდებოდეს სუბიექტის საწყისი რეგისტრირებიდან მნიშვნელოვანი დროის გასვლის შემდეგ. ცნობილია, რომ ბიომეტრიული მანვენებელი შეიძლება შეიცვალოს

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

სხვადასხვა მიზეზით: ყოფითი და საწარმოო ტრავმები, დაავადებებით გამოწვეული ცვლილებები, პლასტიკური მანიპულაციებით გამოწვეული ცვლილებები და ა.შ. ტრადიციული დანიშნულების (ფიზიკური დაშვების სისტემები, აუტენტიფიცირების სისტემები, სამუშაო დროის აღრიცხვის სისტემები და ა.შ.) სისტემებში ყოველდღიურად ხდება ადამიანის ბიომეტრიული დაშვება და, შესაბამისად, ფონოვან რეჟიმში სრულებით შესაძლებელია ბიომეტრიული მაჩვენებლის განახლება. პრობლემა შეიძლება შეიქმნას მაშინ, როცა ადამიანი, მაგალითად, ბრუნდება ხანგრძლივი მივლინებიდან, შვებულებიდან და ა.შ.

მისაღებლობა. ბიომეტრიული მაჩვენებელი მისაღები უნდა იყოს ენერგეტიკული სექტორის თანამშრომლისათვის: აღმსარებლობითი თუ სხვა მოტივებით არ უნდა იწვევდეს მასში დისკომფორტს და ა.შ.

გარემოს მიმართ სტაბილურობა. ბიომეტრიული მაჩვენებელი არ უნდა იყოს დამოკიდებული გამოყენების ისეთ გარემო პირობებზე, როგორცაა ტემპერატურა, ტენიანობა, გარე განათება და ა.შ.

ცხრილ 2-ში წარმოდგენილია ჩამოყალიბებული მოთხოვნების საჭიროების ხარისხის დაკმაყოფილების ექსპერტული შეფასებები 10-ბალიანი სისტემით 1-ლი (ღია ფერის უჯრები) და მე-2 (მუქი ფერის უჯრები) ჯგუფის მომხმარებლებისათვის განკუთვნილი ბიომეტრიული სისტემებისათვის და შერჩეული ბიომეტრიული მაჩვენებლების შედარებითი ანალიზი მათ მიმართ წაყენებული მოთხოვნების უზრუნველყოფის თვალსაზრისით. ეს უკანასკნელი აღებულია სამუშაოებიდან [3,6].

ცხრილი 2

	საიმედობა	გაყალიბებისადმი მდგრადობა	დროში სტაბილურობა	ერგონომიულობა	მისაღებლობა	გარემოს მიმართ სტაბილურობა	ღირებულება
მოთხოვნის საჭიროების ხარისხი	10	10	10	8	7	9	5
თვალის ფერადი გარსი	10	10	10	10	9	9	7
	10	8	10	10	9	9	7
დაქტილოსკოპია	10	6	9	9	8	10	10
	7	6	9	9	8	10	10
სახის გეომეტრია 2D	7	4	8	10	10	6	10
	7	4	8	10	10	6	10
სახის გეომეტრია 3D	10	9	10	10	10	8	5
	10	9	10	10	10	8	5

როგორც ცხრილის მონაცემების ანალიზით ირკვევა, ენერგეტიკული ბიზნეს-პროცესების მართვის სისტემებში გამოყენების მიზნით უპირატესობა უნდა მიენიჭოს თვალის ფერადი გარსის და დაქტილოსკოპიურ ბიომეტრიულ მაჩვენებლებს, რამდენადაც მათი შეფასებათა მაჩვენებლები უფრო ახლოსაა მოთხოვნის საჭიროებათა ხარისხებთან. რაც შეეხება სახის გეომეტრიის 3 მაჩვენებელს, ის მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული გარემო განათებაზე, რაც საბოლოო ჯამში გააღწევს ახდენს სუბიექტის იდენტიფიცირების საიმედოობაზე. იგივე მიდგომა უნდა იქნას გამოყენებული ადმინისტრაციული და ოფისების პერსონალის მიმართ შენობაში

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

ფიზიკური დაშვებისას.

ენერგეტიკული ობიექტების მომსახურე პერსონალის შემთხვევაში როგორც ფიზიკური დაშვების სისტემებში, ასევე ტექნოლოგიური პროცესის მართვის სისტემებში აუტენტიფიცირებისას უპირატესობა უნდა მიენიჭოს თვალის ფერადი გარსის და სახის გეომეტრია 3 მანვენებელს. ამ შემთხვევაში დაქტილოსკოპიური ბიომეტრიული მანვენებლის საიმედოობა შედარებით დაბალი იქნება, რამდენადაც ასეთ ობიექტებზე პერსონალს უწევს ფიზიკური მუშაობაც, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს დაქტილოსკოპიური მანვენებლის გაუარესება.

კვაზიმულტიბიომეტრიული მეთოდის გამოყენებისას მნიშვნელობას იძენს ბიომეტრიული მანვენებლების გამოყენების თანმიმდევრობაც პრიორიტეტების მიხედვით. 1–ლი ჯგუფის მომხმარებლებისათვის ბიომეტრიული მანვენებლის თანმიმდევრობას ექნება სახე: დაქტილოსკოპიური თვალის ფერადი გარსი სახის გეომეტრია, ხოლო მე-2 ჯგუფის მომხმარებლებისათვის – თვალის ფერადი გარსი დაქტილოსკოპიური სახის გეომეტრია.

III. დასკვნა

ენერგეტიკის დარგში ბიომეტრიის გამოყენება მოითხოვს მომხმარებელთა ორ ჯგუფად დაყოფას: ოფისებში დასაქმებულნი და ადმინისტრაციული პერსონალი (1–ლი ჯგუფი) და საინჟინრო-ტექნიკური პერსონალი (მე-2 ჯგუფი), რომლებიც უზრუნველყოფენ ტექნოლოგიურ პროცესს. ამასთან, მომხმარებლების ბიომეტრიული იდენტიფიცირების საიმედოობის ამაღლების მიზნით შემოთავაზებულია კვაზიმულტიბიომეტრიული მეთოდის გამოყენება, რომლისთვისაც შერჩეულია სამი ბიომეტრიული მანვენებელი: დაქტილოსკოპია, თვალის ფერადი გარსი და სახის გეომეტრია. კვაზიმულტიბიომეტრიული მეთოდში ბიომეტრიული მანვენებლების გამოყენების თანმიმდევრობა განსაზღვრულია შემდგენაირად: 1–ლი ჯგუფის მომხმარებლებისათვის ბიომეტრიული მანვენებლის თანმიმდევრობას ექნება სახე: დაქტილოსკოპიური → თვალის ფერადი გარსი → სახის გეომეტრია, ხოლო მე-2 ჯგუფის მომხმარებლებისათვის – თვალის ფერადი გარსი → დაქტილოსკოპიური → სახის გეომეტრია.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Ворона В. А., Тихонов В. А. Системы контроля и управления доступом. - М.: Горячая линия-Телеком, 2010. - 272 с.: ил.
2. SCADA Systems. By Schneider Electric Telemetry & Remote SCADA Solutions. March 2012 / White paper.
3. იმნაიშვილი ლ., ბედინეიშვილი მ., ტიტვინიძე ა. ბიომეტრია: მითები და რეალობა. // ბიზნეს-ინჟინერინგი, №1, 2012, გვ. 43-50.
4. Technical Document about FAR, FRR and EER. by SYRIS Technology Corp., 2004.
5. იმნაიშვილი ლ. ბედინეიშვილი მ., კირკიტაძე ნ. მულტიბიომეტრიული მეთოდის გამოყენება პედაგოგთა რეგისტრირების სისტემაში. ჟურნალი „ბიზნეს-ინჟინერინგი“, №2, 2014 წ. გვ. 217–219.
6. Моржаков В., Мальцев А. Современные биометрические методы идентификации // Безопасность. Достоверность. Информация. 2009. № 2, с. 44-48.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

**ჰიდროენერგოსისტემის ოპტიმალური განვითარების
წრფივი მოდელი**

მახარაძე გ., სამსონია ნ., მახარაძე ი.
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სტატიაში განხილულია ელექტროსისტემაში ახალი ელექტროსადგურების ოპტიმალური გაადგილებისა და მათი ოპტიმალური დადგმული სიმძლავრის შერჩევის საკითხი. ნახვეუბია, რომ ქსელში აქტიური სიმძლავრის მინიმიზაციის თვალსაზრისით ახალი ელექტროსადგურების აგება მიზანშეწონილიადატვირთვის იმ კვანძის ახლო რეგიონში, რომელიც ხასიათდება დიდი დადებითი სიდიდის აქტიური სიმძლავრის წილობრივი დანაკარგებით, ან გენერაციის იმ კვანძის ახლო რეგიონში, რომელიც ხასიათდება აბსოლიტურად დიდი უარყოფითი სიდიდის აქტიური სიმძლავრის წილობრივი დანაკარგებით.

ჰიდროენერგოსისტემის განვითარების ოპტიმიზაციის ამოცანა გულისხმობს მომხმარებელთა დატვირთვის ზრდასთან ერთად ახალი ჰესების დადგმული სიმძლავრისა და მათი ელექტროსისტემაში გაადგილების ოპტიმალური ვარიანტის დადგენას.

გენერაციის წყაროებიდან მომხმარებლებამდე ელექტროენერჯის გადაცემასთან დაკავშირებული ჯამური წლიური ხარჯები, ახალი ჰესებისა და ახალი ელექტროგადამცემის ხაზების საექსპლუატაციო ხარჯების გათვალისწინებით, შეიძლება გამოვთვალოთ შემდეგი სახის გამოსახულებით, რომელიც ოპტიმიზაციის ამოცანისთვის მიზნის ფუნქციას წარმოადგენს

$$N = \sum_{i=0}^m [(C_i + C_{0,გად} + C_{i,გად}) \cdot P_i + K_{i,ხაზ}] \Rightarrow \min. \text{ ლარი/სთ} \quad (1)$$

სადაც: $i=0 \div m$ – მოქმედი და პერსპექტიული ელექტროსადგურის ნომერი. ამასთან, $i=1 \div n$ – მოქმედი ელექტროსადგურები და $i = n+1 \div m$ – პერსპექტიული ელექტროსადგურები (ინდექსი „0“ მინიჭებული აქვს მბაბლანსებელ სადგურს);

P_i – განსახილველი i -ური სადგურის დატვირთვა დღეღამის მოცემულ საათზე;

C_i – i -ური სადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის ტარიფი, რომელიც გამოითვლება ამ სადგურის საექსპლუატაციო ხარჯების მიხედვით

$$C_i = \left(\frac{1}{T_{ინგ}} + \beta_{ინგ} + \alpha_{ექს.სადგ} \right) \cdot \frac{K_{0,i,სადგ}}{T_{i,დადგმ}}, \text{ ლარი/სთ}; \quad (2)$$

აქ: $T_{ინგ}$ – ინვესტიციის გამოსყიდვის ვადა, წელი; $\beta_{ინგ}$ – წლიური დანარიცხები ინვესტიციაზე, ფ.ე.; $\alpha_{ექსპლ.სადგ}$ – ელექტროსადგურის წლიური საექსპლუატაციო ხარჯები, ფ.ე.; $K_{0,i,სადგ}$ – i -ური ახლადაგებული ელექტროსადგურის ხვედრითი ღირებულება, ლარი/მგვტ; $C_{0,გად}$ – ელექტროენერჯის გადაცემის ტარიფი საანგარიშო პერიოდის წინა ბაზისურ წელს, ლარი/მგვტსთ; $K_{i,ხაზ}$ – შესაკრები, რომელიც ითვალისწინებს ახლად აგებული i -ური ელექტროსადგურიდან ამ სადგურის P_i სიმძლავრის ელექტროსისტემაში შემოტანისათვის ახლადაგებული i -ური ელექტროგადამცემის ხაზის საექსპლუატაციო ხარჯებს, დაყვანილს წლის ერთ საათზე და გადასაცემი სიმძლავრის ერთ მგვტ-ზე

$$K_{i,ხაზ} = \left(\frac{1}{T_{ინგ}} + \beta_{ინგ} + \alpha_{ხაზ.ექსპ} \right) \cdot \frac{K_{0,i,ხაზ} \cdot \ell_i \cdot \mu}{8760}, \text{ ლარი/მგვტსთ}. \quad (3)$$

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ამ გამოსახულებაში: $\alpha_{\text{ხაზ.ეკვ.}}$ – ელექტროგადაცემის ხაზის საექსპლუატაციო დანარიცხები ამორტიზაციაზე, რემონტსა და მომსახურებაზე, ფ.ე.; $K_{0,i,\text{ხაზ}}$ – ახლადგებულ i -ური ელექტროგადაცემის ხაზის ხვედრითი ღირებულება

$$K_{0,i,\text{ხაზ}} = a + bF = a + b \cdot \frac{P_i \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{i,\text{ნ}} \cdot \delta_{\text{კვ}}}, \text{ ლარი/კმ};$$

აქ: a - ხაზის მშენებლობის ხვედრითი ღირებულების მუდმივი შემდგენი, ლარი/კმ, b - მზა სადენის ხვედრითი ღირებულება, ლარი/კმ.მმ²; μ - ხაზის ხვედრითი ღირებულების შემასწორებელი კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს სადგურის სისტემასთან კავშირის სახეს. კერძოდ:

ა) როცა ახლადგებულ ელექტროსადგური სისტემაში შემოდის ერთჯაჭვა ხაზით - $\mu=1$; ბ) როცა ახლადგებულ ელექტროსადგური სისტემაში შემოდის ორჯაჭვა ხაზით - $\mu=1,5$; გ) როცა ახლადგებულ ელექტროსადგური სისტემაში შემოდის არსებული ქსელის არსებული შტოს/შტოების პარალელური შტოს (ხაზის) აგების გზით - $\mu=0,5$.

უნდა აღინიშნოს, რომ მოხმარება-გენერაციის ზრდასთან დაკავშირებული გადაცემის ქსელის გაფართოებით (გადაცემის ახალი ელემენტის შემოყვანით) გამოწვეული საექსპლუატაციო ხარჯები იზრდება, მაგრამ ასევე იზრდება ქსელით გადაცემული ელექტროენერგიაც. შედეგად, ელექტროენერგიის გადაცემის ტარიფი, როგორც პრაქტიკა გვიჩვენებს, უმნიშვნელოდ იცვლება. აქედან გამომდინარე, ამოცანის გამარტივების მიზნით, იგი შეიძლება მხედველობაში არ მივიღოთ და, შესაბამისად, მიზნის ფუნქცია (გამოსახულება (1)) მიიღებს სახეს

$$N = \sum_{i=0}^m [(C_i + C_{0,\text{გად}}) \cdot P_i + K_{i,\text{ხაზ}}] \Rightarrow \min. \text{ ლარი/სთ} \quad (4)$$

საძიებელი P_i ცვლადების მიმართ N ხარჯების მინიმიზაციის ამოცანის განხილვისას გათვალისწინებული უნდა იქნეს კავშირის განტოლებები და შეზღუდვის უროლობები.

ჩვენს შემთხვევაში კავშირის განტოლების სახით განიხილება სიმძლავრის ბალანსის განტოლება

$$W = \sum_{i=0}^m P_i - P_{\text{სისტ}} - \Delta P = 0 \quad (5)$$

აქ: $P_{\text{სისტ}}$ – ელექტროსისტემის ჯამური დატვირთვა, მგვტ;

ΔP – სიმძლავრის ჯამური დანაკარგები გადაცემის ქსელში, მგვტ.

შეზღუდვის უტოლობათა სახით განიხილება:

- ელექტროსადგურების დასაშვები დატვირთვები

$$P_{i,\text{მინ}} \leq P_i \leq P_{i,\text{მაქს}} \quad (6)$$

- ელექტროგადაცემის ხაზის დასაშვები დატვირთვა

$$P_{i,\text{ხაზ}} \leq P_{i,\text{დასაშვ}} \quad (7)$$

შევადგინოთ ლაგრანჟის განტოლება

$$L = N + \lambda W \Rightarrow \min$$

ანუ გვაქვს

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

$$L = \sum_{i=0}^m (C_i + C_{0,გაღ.}) \cdot P_i + \left(\frac{1}{T_{063}} + \beta_{063} + \alpha_{ბაზ.ექს.} \right) \cdot \frac{\mu \cdot \ell_i}{8760} \left(a + b \cdot \frac{1000 \cdot P_i}{\sqrt{3} \cdot U_{i,6} \cdot \delta_{3d}} \right) +$$

$$+ \lambda \left(\sum_{i=0}^m P_i - P_{\text{სობტ}} - \Delta P \right) \Rightarrow \min.$$

ხარჯების მინიმიზაციის პირობის $\frac{\partial N}{\partial P_i} = 0$ მოთხოვნის თანახმად, შევადგი-

ნოთ $\frac{\partial L}{\partial P_i} = 0$ განტოლება

$$\frac{\partial L}{\partial P_i} = C_i + C_{0,გაღ.} + \left(\frac{1}{T_{063}} + \beta_{063} + \alpha_{ბაზ.ექს.} \right) \cdot \frac{1000 \cdot b \cdot \mu \cdot \ell}{\sqrt{3} \cdot 8760 \cdot U_{i,6} \cdot \delta_{3d}} + \lambda (1 - \sigma_{P_i}) = 0 \quad (8)$$

სადაც: σ_{P_i} - i -ური კვანძის მიმართ ქსელში აქტიური სიმძლავრის დანაკარგების ფარდობითი ნაზრდი.

თუ (8) განტოლებას ჩავეწერთ მახალანსებელი სადგურის მიმართ, რომლისთვისაც $C_i = C_0$, $b=0$ და $\sigma_{P_0} = 0$, მაშინ ლაგრანჟის განუსაზღვრელი მამრავლისთვის მივიღებთ

$$\lambda = -(C_0 + C_{0,გაღ.})$$

და, შესაბამისად, გვაქვს

$$C_i + C_{0,გაღ.} + A_{i,ბაზ.} - (C_0 + C_{0,გაღ.}) \cdot (1 - \sigma_{P_i}) = 0. \quad (9)$$

აქ

$$A_{i,ბაზ.} = \left(\frac{1}{T_{063}} + \beta_{063} + \alpha_{ბაზ.ექს.} \right) \cdot \frac{1000 \cdot b \cdot \mu \cdot \ell}{\sqrt{3} \cdot 8760 \cdot U_{i,6} \cdot \delta_{3d}} \quad (10)$$

ხაზის საექსპლუატაციო ხარჯების პროპორციული სიდიდე, დაყვანილი წლის ერთ საათზე და დატვირთვის ერთ მგვტ სიმძლავრეზე.

(9) გამოსახულებიდან:

ა) მოქმედი ელექტროსადგურებისთვის ($A_{i,ბაზ.}=0$)

$$\sigma_{P_i} = \frac{C_0 - C_i}{C_0 + C_{0,გაღ.}}, \quad i=1 \div n \quad (11,ა)$$

ბ) პერსპექტიული ელექტროსადგურებისთვის

$$\sigma_{P_i} = \frac{C_0 - C_i - A_{i,ბაზ.}}{C_0 + C_{0,გაღ.}}, \quad i=n+1 \div m \quad (11,ბ)$$

ამ გამოსახულებებში C_i დადგენილი უნდა იქნეს (2) გამოსახულების მიხედვით, ხოლო $A_{i,ბაზ.}$ კი - (10) გამოსახულების მიხედვით.

თუ გავითვალისწინებთ, რომ i -ური ქსელის კვანძისთვის აქტიური სიმძლავრის დანაკარგების ფარდობითი ნაზრდის საანგარიშო გამოსახულებას აქვს სახე [1, 2, 3, 4]

$$\sigma_{P_i} = \frac{2}{U_6^2} \sum_{j=1}^{m+y} P_j R_{ij}, \quad (12)$$

მაშინ (11,ა) და (11,ბ) განტოლებები ჩაიწერება შემდეგ სახეში

$$\sum_{j=1}^{m+y} P_j R_{ij} = \frac{U_6^2}{2} \cdot \frac{C_0 - C_i}{C_0 + C_{0,გად.}}, \quad i=1 \div n \quad (12,ა)$$

$$\sum_{j=1}^{m+y} P_j R_{ij} = \frac{U_6^2}{2} \cdot \frac{C_0 - C_i - A_{i,ბაზ.}}{C_0 + C_{0,გად.}}, \quad i=n+1 \div m \quad (12,ბ)$$

სადაც: $j = 1 \div m + y$ – ქსელის კვანძების ნომერი. მათ შორის $m + 1 \div m + y$ დატვირთვის (მომხმარებლების) კვანძის ნომერი; R_{ji} – j -და i კვანძების ურთიერთ წინაღობა.

(12,ა) და (12,ბ) განტოლებათა სისტემა ჩაიწერება ყველა i ელექტროსადგურის მიმართ და, ამასთან P_j გენერაციის კვანძის შემთხვევაში აიღება “+” ნიშნით, ხოლო დატვირთვის კვანძის შემთხვევაში “-“ ნიშნით.

ეს განტოლებები P_j საძიებელი ცვლადების მიმართ წარმოადგენს წრფივ განტოლებათა სისტემას და, შესაბამისად, ენერგოსისტემაში ახალი ელექტროსადგურების ოპტიმალური გაადგილების ზემოთ მოყვანილი მათემატიკური მოდელი (12,ა და 12,ბ) წრფივია.

(12,ა) და (12,ბ) განტოლებათა სისტემიდან, (5) კავშირის განტოლებისა და (6) შეზღუდვის უტოლობათა გათვალისწინებით, განისაზღვრება ელექტრო-სადგურების ოპტიმალური P_i სიმძლავრე, როცა ცნობილია მათ (მოქმედი და ახლადაგებული სადგურების) მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის ტარიფი C_i . ამავე განტოლებათა სისტემიდან, როცა ცნობილია ელექტროსადგურების P_i დატვირთვები, შეგვიძლია განვსაზღვროთ მათი ოპტიმალური ტარიფები:

$$C_i = C_0 - \frac{2(C_0 + C_{0,გად.})}{U_6^2} \sum_{j=1}^{m+y} P_j R_{ji} \quad i=1 \div n \quad (13,ა)$$

$$C_i = C_0 - A_{i,ბაზ.} - \frac{2(C_0 + C_{0,გად.})}{U_6^2} \sum_{j=1}^{m+y} P_j R_{ji} \quad i=n+1 \div m \quad (13,ბ)$$

(12,ბ) გამოსახულებიდან განვსაზღვროთ P_i

$$P_i = \frac{1}{R_{ii}} \left[\frac{U_6^2}{2} \cdot \frac{C_0 - C_i - A_{i,ბაზ.}}{C_0 + C_{0,გად.}} - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{m+y} P_j R_{ij} \right] \quad (14)$$

ეს გამოსახულება გადავწეროთ შემდეგ სახეში

$$P_i = \frac{1}{R_{ii}} \left[\frac{U_6^2}{2} \cdot \frac{C_0 - C_i - A_{i,ბაზ.}}{C_0 + C_{0,გად.}} - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^m P_j R_{ij} - \sum_{j=n+1}^{m+y} P_j R_{ij} \right] \quad (14,ა)$$

ამ გამოსახულების დიდი ფრჩხილების პირველი შესაკრები გვიჩვენებს სადგურის ოპტიმალური დატვირთვის იმ ნაწილს, რომელიც დამოკიდებულია ამ სადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის ტარიფზე. მეორე შესაკრები წარმოადგენს სისტემაში არსებული დანარჩენი (მოქმედი და ახალი) სადგურების სიმძლავრეთა ტოლქმედ მომენტს, ხოლო მესამე შესაკრები წარმოადგენს მომხმარებელთა

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

დატვირთვების ტოლქმედ მომენტს.

ლიტერატურა:

1. მახარაძე. ენერგოსისტემების რეჟიმების მართვა და ოპტიმიზაცია, თბ. "ტექნიკური უნივერსიტეტი", 2005, 288 გვ.
2. Идельчик В. И. Расчеты и оптимизация режимов электрических систем. -М., Энергоатомиздат, 1981. -464 с.
3. ХОлмский В. Т. Расчет и оптимизация режимов электрических сетей и систем. -М., "Высшая школа", 1975, - 280 с.
4. Электрические системы. Электрические расчеты, программирование и оптимизация режимов. Под. ред. В. А.Веникова.М., "Высшая школа", 1973, - 318 с.

Summary

Article describes an optimal placement of the new power stations in the power grid. It is shown, that in a condition of the other same requirements regarding the minimization losses in the network, construction of the new power stations is reasonable in an area close to that loading node, which is characterized by the partial losses of the actual power of a high positive value and also, in an area close to the generation node, which is characterized by the partial losses of the active power of a high negative value.

**ინტელექტუალური ქსელები და ელექტრობადაცემის
მოქნილი სისტემები**

ზივზივაძე ო., ზივზივაძე ლ., გვეტაძე ნ., გოგისვანიძე ვ.
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

სტატიაში განხილულია ინტელექტუალური ქსელების პრაქტიკულ რეალიზაციასთან დაკავშირებული პრობლემები. ნახევრებია მისი არსებობის აუცილებლობა თუკი მსოფლიო ენერგეტიკა განვითარდება ე.წ. ინოვაციურ - რევოლუციური სცენარით. მოცემულია ასეთი ტიპის ქსელების აგების ზოგადი პრინციპები. სტატიაში განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს ელექტრობადაცემის მოქნილი სისტემების FACTS ანალიზს, რომელიც წარმოადგენს ინტელექტუალური ქსელების ერთ-ერთ ყველაზე მთავარ კომპონენტს. მოყვანილია მართვადი ხაზების მაგალითი რომელიც შეიძლება მივაკუთვნოთ ასეთ ტექნოლოგიებს.

მსოფლიო ენერგეტიკა წარმოადგენს მსოფლიო ცივილიზაციის განუყოფელ ნაწილს, რომლის განვითარებაშიც დომინირებული ხდება სოციალურ-ეკონომიკური, გეოპოლიტიკური და კლიმატური პრობლემები. აღნიშნულის გათვალისწინებით, გრძელვადიან პერსპექტივაში, მსოფლიო განვითარების დინამიკა განხილული უნდა იქნეს ერთიან, ენერგო-ეკოლოგიურ-ეკონომიკურ (სამი "ე") მიდგომათა ჩარჩოში.

თანამედროვე მსოფლიოს მზარდი წინააღმდეგობების გადაწყვეტა, ისეთების როგორცაა: დემოგრაფიული, რესურსული, ფინანსური, ტექნოლოგიური და ეკოლოგიური, როგორც წესი ხდება ღრმა კრიზისების გზით, რომლებიც ცვლიან ეკონომიკისა და ენერგეტიკის განვითარების პარადიგმას.

მსოფლიო ენერგეტიკის შემდგომი განვითარების სცენარი დიდად იქნება დამოკიდებული იმაზე თუ როგორი იქნება კრიზისიდან გამოსვლის მიმართულება.

აღნიშნულთან მიმართებაში ექსპერტები საუბრობენ სამი შესაძლო სცენარის: ინერციულ-კატასტროფული, სტაბილიზაციურ-სტაგნაციური და ინოვაციურ-რეკო-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ლუციური სცენარების თაობაზე.

სტატიის მიზანს არ წარმოადგენს აღნიშნული სცენარების დეტალური განხილვა, თუმცა აუცილებლად უნდა აღიშნოს, რომ მსოფლიო ენერგეტიკის განვითარების გზა სწორედ ბოლო, ინოვაციურ - რევოლუციურ სცენარზე გადის.

ამ სცენარის მიხედვით, ენერგეტიკის გავითარების ტენდენციების შეცვლას ინოვაციური განვითარების გზით, უკვე 2020–2030 წლებისათვის უნდა ველოდოთ, როგორც ენერჯის წარმოების ასევე საბოლოო მოხმარების სექტორებში.

იმ უამრავი ტენდენციიდან რომელსაც განვითარების აღნიშნული სცენარი გვთავაზობს, ჩვენი აზრით უმნიშვნელოვანესია სწრაფი ინოვაციური განვითარების ტენდენცია, რომელიც გულისხმობს ე.წ. ინტელექტუალური ან კიდევ როგორც მას ხშირად უწოდებენ გონიერი ელექტროენერგეტიკული ქსელების Smart Grid შექმნას და ასევე ენერჯის შორ მანძილებზე გადაცემის ახალი ტექნოლოგიური სქემების, შემუშავებას [1].

ტერმინი „გონიერი ქსელი“ («Smart Grid») პირველად გამოჩნდა 1998 წელს, დასავლეთში, ერთ-ერთი მეცნიერის სტატიაში. შემდეგ იგი გამოყენებული იყო, როგორც ავტონომიური ქარგენერატორების ელექტრულ ქსელთან დამაკავშირებელი და რეჟიმის პარამეტრების მმართველი კონტროლირების წმინდად სარეკლამო სახელწოდება. დასავლეთში ამ ტერმინის ქვეშ მოიაზრებოდა ელექტროენერჯის მიკროპროცესორული მრიცხველები, რომელთაც შეუძლიათ ინფორმაციის დაგროვება, დამუშავება, შეფასება და გადაცემა სპეციალური არხებით, მათ შორის ინტერნეტით. უკანასკნელ წლებში ტერმინის გამოყენების არეალი გაფართოვდა და იგი მოიცავს ელექტროენერგეტიკის მოწყობილობების მონიტორინგისა და ინფორმაციის დაგროვება-დამუშავების სისტემებს.

ექსპერტთა აზრით[2] „გონიერი ქსელებ“-ში დევს იმაზე დიდი პოტენციალი, რასაც ფლობდა ინტერნეტი ციფრული რევოლუციის დასაწყისში 1996 წელს. კერძოდ, ამერიკული კონსალტინგური ფირმა Cisco-ს პროგნოზით ეს პოტენციალი 100-1000-ჯერ მეტია, ვიდრე ინტერნეტის, ხოლო მათში ჩადებული მომავალი ინვესტიცია 100 მლრდ დოლარი იქნება.

ინტელექტუალური ქსელი წარმოადგენს გამანაწილებელ ქსელს, რომელიც აერთიანებს კონტროლის და მონიტორინგის კომპლექსურ ინსტრუმენტებს, ინფორმაციული ტექნოლოგიებს და კომუნიკაციის საშუალებებს მაღალი ხარისხის და მწარმოებლობის ენერჯის მისაწოდებლად.

მათი მეშვეობით გენერაცია, გადაცემა და განაწილება შესაძლებელია გახდეს „ინტელექტუალური“, აღიჭურვოს ელექტრული ქსელი დიაგნოსტიკის თანამედროვე საშუალებებით, მართვის ელექტრონული სისტემებით, ალგორითმებით და მეცნიერების და ტექნიკის სხვა მრავალი მიღწევებით.

ინტელექტუალური ქსელები ეს არის ტექნიკური საშუალებების კომპლექსი, რომლებიც ავტომატურ რეჟიმში აღმოაჩენს ქსელის შედარებით სუსტ და ავარიულად საშიშ უბანს, ცვლის ქსელის მახასიათებლებს და სქემას ავარიის და დანაკარგების თავიდან ასაცილებლად. ამის გარდა აქვთ თვითდიაგნოსტიკისა და თვითაღდგენის ფუნქცია, შეუძლიათ ჩართონ სენსორული, კომუტაციური და მმართველი ტექნოლოგიები ენერჯის გადაცემა-განაწილების ეფექტურობისათვის.

ინტელექტუალური ქსელის აგება უნდა იქცეს გამანაწილებელი ელექტროქსელური კომპლექსის სტრატეგიულ კურსად, რომელიც გულისხმობს სრულყოფის ოთხ ძირითად სეგმენტს[4], კერძოდ:

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

1. ძალური დანადგარების და ელექტროენერჯის გადაცემისა და განაწილების ტექნოლოგიების სრულყოფას.
2. ტექნოლოგიური პროცესების მართვის სრულყოფას.
3. სპეციალიზირებული საკომუნიკაციო და საინფორმაციო მოწყობილობების ახალი სქემების შემუშავებას.
4. ელექტრომომარების აღრიცხვისა და მართვის ახალი თაობის ავტომატიზირებული სისტემების შექმნას.

როგორც ვხედავთ, საუბარია გრანდიოზულ პროექტზე, რომლის წარმატებულ განხორციელებას ათეულობით წლები დასჭირდება, ამიტომ დღეისათვის რეალურად შეიძლება განხილული იქნას ელექტროენერჯეტიკის განვითარების ამ გრანდიოზული კონცეფციის, რომელსაც Smart Grid ეწოდება, მხოლოდ ცალკეული კომპონენტები. ამასთან ერთად ვიყენებთ ძველ დამკვიდრებულ საყოველთაოდ მიღებულ ტერმინოლოგიას, რომელსაც გააჩნია ერთმნიშვნელოვანი განმარტება.

ელექტროენერჯის გენერაციის სისტემები

დედამიწაზე კლიმატური ცვლილებების პრობლემები და ორგანული სახის საწვავის დეფიციტი იძლევა სტიმულს ელექტროენერჯის ალტერნატიული წყაროების განვითარებისათვის, პირველ რიგში ისეთების, როგორცაა ქარის გენერატორები, მზის ფოტოელექტრული სისტემები, ბიოსაწვავაზე მომუშავე გენერატორები, მოქცევის და ტალღური გენერატორები, რომლებიც მოიხმარენ პლანეტის წიაღის სითბოს და ა.შ. ახალ განვითარებას ჰპოვებს აგრეთვე ჰიდროსააკუმულაციო სადგურები, რომლებიც იძლევიან საშუალებას უკვე გამომუშავებული ელექტროენერჯის უფრო ეფექტურად გამოყენებისათვის. მოსალოდნელია, რომ ასეთი წყაროების რაოდენობა მომავალში შესაძლოა განუხრელად გაიზარდოს და შეურთდნენ საერთო ელექტრულ ქსელს, მის სხვადასხვა წერტილებში. ანუ საგენერაციო სისტემები ელექტრომომარაგების მომავალ სისტემაში იქნება უფრო მეტად განაწილებული, ვიდრე კონცენტრირებული, როგორც ეს არის ამჟამად.

ელექტრული ქსელები

დღეისათვის ელექტრული ქსელების აგება ხდება იერარქიული პრინციპის მიხედვით (გენერატორი, მაგისტრალური ხაზები, შემდეგ გამანაწილებელი ქსელები, საქალაქო ქსელები და ა.შ.)[3].

თანამედროვე ელექტრული ქსელები, უმეტეს შემთხვევაში, შედგება რადიკალური ხაზებისაგან ენერჯის ცალმხრივი ნაკადით. მხოლოდ ზოგიერთ შემთხვევაში ელექტრული ქსელები არიან წრიული. Smart Grid-ს კონცეფციის თანახმად, მომავლის ქსელს უკვე აღარ ექნება იერარქიული სტრუქტურა და მსხვილი მომხმარებლები მასში შერეული იქნებიან როგორც დიდი რაოდენობის შედარებით ნაკლებ სიმძლავრის, ასევე მძლავრი ერთეულ სიმძლავრის მქონე ელექტრულ სადგურებთან, ძაბვის რეგულატორებთან, რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსატორებთან და ა.შ. ასე რომ, ეს იქნება ნამდვილი, საკმაოდ რთული, არასტრუქტურირებული, განშტოებული ქსელი.

საგულისხმოა ისიც, რომ ასეთ ქსელში სიმძლავრის გადადინებები არ იქნება მკაცრად დეტერმინირებული.

ელექტროდანადგარების მონიტორინგის და თვითდიაგნოსტიკის სისტემები

ენერჯოსისტემის კომპონენტების მკვეთრი გართულება, ერთის მხრივ, და პროგრესი თანამედროვე კომპიუტერიზირებულ სისტემებში, მეორეს მხრივ, განაპი-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

რობებენ ელექტროდინამიკის მონიტორინგისა და დიაგნოსტიკური სისტემების ინტენსიური განვითარების აუცილებლობას, რომლებიც იძლევიან ქსელის უმნიშვნელოვანესი კომპონენტების მწყობრიდან გამოსვლის თავიდან არიდების საშუალებას.

ელექტროენერგეტიკულ ობიექტებს შორისკავშირგაბმულობისა და მონაცემთა გადაცემის სისტემები

დღეისათვის კავშირგაბმულობისა და ინფორმაციის გადაცემისათვის სხვადასხვა ობიექტებს შორის გამოიყენებენ კავშირგაბმულობის სხვადასხვა არხებს. მათ შორის; კავშირგაბმულობის დაბალი ძაბვის სადენებით (დაბალსიხშირიანი საკონტროლო კაბელებით, კოაქსიალური, მაღალსიხშირიანი კაბელებით), ოპტიკური კაბელებით, მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემი ხაზებით, მიმართული დაცული რადიოარხით და ა.შ.

უკანასკნელ პერიოდში სულ უფრო ხშირად აგრეთვე გამოიყენება ქსელური ტექნოლოგიებიც Ethernet/Internet. ეს პირველ რიგში უკავშირდება ასეთი ქსელების სიიაფს, ფართედ გავრცელებას და საყოველთაო ხელმისაწვდომობას, კარგად შემუშავებული ტექნოლოგიით და კავშირგაბმულობის პროტოკოლებით, მომავალში უზარაზარი მასივების ინფორმაციის გაცვლას ენერჯისისტემის მრავალრიცხოვანი კომპონენტებიდან, რომლებიც მოფანტულია დიდ ტერიტორიაზე. დღეს უკვე ბაზარზე არსებობს სხვადასხვა სახის ელექტრული გადამწოდები, ტრანსდისერები, გამზომი გარდამქმნელები, რომლებიც უზრუნველყოფილია მათში მოთავსებული იაფი მოდემით, რომელიც თავის მხრივ იძლევა მათი Ethernet/ Intranet ქსელში ჩართვის საშუალებას. რაც შეეხება ოპტიკურ-ბოჭკოვან კავშირგაბმულობას, რომელიც დღესდღეობით გამოიყენება სარეგულ დაცვაში, ითვლება, რომ ის ზედმეტად ძვირია გაფართოებული და საყოველთაო გამოყენებისათვის Smart Grid-ს მომავალ კონცეფციაში

ელექტროენერჯის აღრიცხვის სისტემები

ელექტროენერჯის მიკროპროცესორული მრიცხველები უკვე დიდი ხანია გამოჩნდნენ ბაზარზე Smart Grid-ს კონცეფციასთან ყოველგვარი კავშირის გარეშე. უფრო პირიქით, სუფთა სარეკლამო ტერმინი Smart Grid, რომელიც თავდაპირველად გამოიყენებოდა ასეთი მრიცხველების რეკლამისათვის, გადაიზარდა მომავალი ელექტროენერგეტიკის გარკვეულ გლობალურ კონცეფციაში. მრავალტარიფიანი მიკროპროცესორული მრიცხველები, რომლებსაც შეუძლიათ გაანგარიშებების შესრულება, სხვა ანალოგიურ მრიცხველებთან კავშირის დამყარება, ინფორმაციის შეგროვება და ქსელში გადაცემა პრაქტიკულად უკვე დიდი ხანია გამოიყენება ელექტროენერგეტიკაში.



ნახატი 1. ელექტროენერჯის „გონიერი“ მრიცხველები

უკანასკნელ წლებში ასეთი მრიცხველების გამარტივებული ვარიანტების გა-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

მოყენება დაიწყო ყოველდღიურ ცხოვრებაში, ნახ. 1. ამ დარგში მიღწეული ტექნიკის დონე მთლიანად შეესაბამება Smart Grid-ს კონცეფციას

Smart Grid-ს ფუნქციონირების პრინციპი

ისეთი როული სისტემის საიმედო ფუნქციონირებისათვის, როგორც Smart Grid-ია, ცალკეული მრავალფუნქციური მოდულების რაოდენობა, რომლებიც ამუშავებენ ინფორმაციას, უნდა შემცირდეს მინიმუმამდე (ანუ ადგილი ექნება ფუნქციების ერთეულოვან მოდულებში შემდგომი კონცენტრაციის ტენდენციას). ინფორმაცია Smart Grid-ს მრავალრიცხოვანი კომპონენტებისაგან უნდა მიეწოდებოდეს ქსელის მეშვეობით მძლავრ სერვერებზე, გადამუშავდეს კომპიუტერული ცენტრების მიერ და გადაისროლებოდეს ქსელში, შემსრულებელ ელემენტებზე. ექსპერტთა აზრით Smart Grid-ს ძირითადი ფუნქციონალურობა უზრუნველყოფილი უნდა იყოს პროგრამის დონეზე.

სარელეო დაცვა

Smart Grid-ს ახალ კონცეფციაში სარელეო დაცვა უნდა იყოს შეთავსებული საინფორმაციო-გამზომი სისტემის ფუნქციებთან. ამის მიზეზი არის ის, რომ სარელეო დაცვის მიკროპროცესორული მოწყობილობები აწარმოებენ დენების და ძაბვების გაზომვებს ვექტორულ ფორმაში და ამასთან ერთად ისინი ახორციელებენ ინფორმაციის ჩაწერას და შეგროვებას ავარიული რეჟიმებისა და საკუთარი მოქმედების შესახებ. ეს ინფორმაცია შეიძლება პირდაპირ გამოყენებული იქნას მომავალ საკონტროლო-საინფორმაციო-გამზომ Smart Grid-ს სისტემებში.

ინტელექტუალური ქსელების უმნიშვნელოვანეს კომპონენტს წარმოადგენენ ელექტროგადაცემის ხაზები. როგორც ცნობილია ხაზი წარმოადგენს ელექტრული ქსელის პასიურ ელემენტს. ინტელექტუალური ქსელის პირობებში კი ხაზი უნდა გახდეს მართვადი და მაშასადამე გარდაიქნას ქსელის აქტიურ ელემენტად.

ენერგეტიკოსების ლექსიკონში თანდათან მკვიდრდება ტერმინი „მართვადი ხაზები“, რაც ფაქტობრივად მსგავსია ტერმინისა „მოქნილი ხაზები“ ან კიდევ FACTS (Flexible Alternative Current Transmission Systems-ცვლადი დენის გადაცემის მოქნილი სისტემები). თავის მხრივ FACTS-ი შეიძლება მივიჩნიოთ ინტელექტუალური ქსელების (Smart Grid) ერთ-ერთ ქვესისტემად.

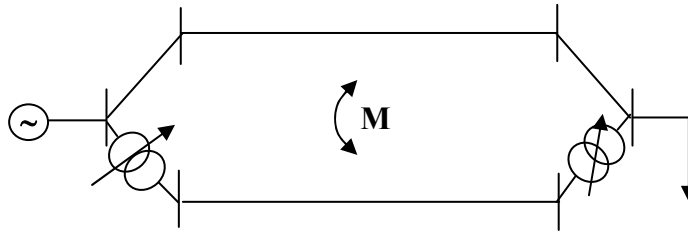
FACTS-ის სიტემის გამოყენება, ექსპერტთა მოსაზრებით, საშუალებას იძლევა 20%-ით გაზზარდოთ ელექტროგადაცემის ხაზის გამტარუნარიანობა, 40%-მდე შევამციროთ აქტიური სიმძლავრის დანაკარგები და უზრუნველყოთ ენერგო სისტემის მდგრადი მუშაობა დისპეჩერის მიერ დადგენილი სისტემის რეჟიმული პარამეტრებით.

არსებობს FACTS-ს მოწყობილობების რამოდენიმე ვარიანტი: სტატიკური სინქრონული კომპენსატორებით, მართვადო რეაქტორებითა და კონდენსატორული ბატარეები, როგორც ტირისტორული, ასევე მექანიკური გადართვით და ა.შ.

დღეისათვის ყველაზე გარვცელებულია რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაციის ხელსაწყოები, რომლებიც ასრულებენ ერთდროულად რამოდენიმე ფუნქციას, რომელთაგან ერთ-ერთი რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაციაა. ქსელში რეაქტიული სიმძლავრის გადადინებების შემცირება საშუალებას იძლევა შემცირებული იქნას აქტიური ენერჯისა და ძაბვის დანაკარგები რითაც ქსელი გაცილებით ეკონომიური ხდება.

მართვადი ხაზების კატეგორიას შეიძლება მივაკუთვნოთ ახალი თაობის, თვითკომპენსირებადი, ეკოლოგიურად მაღალი სისუფთავის მქონე, ელექტროგადა-

ცემის ხაზები[5].



ნახ.2. მართვადი ხაზის პრინციპული სქემა

მართვადი ელექტროგადამცემი ხაზების ქვეშ, ამ კონკრეტულ შემთხვევაში, მოიაზრებენ ჩვეულებრივ ორჯაჭვიან ელექტროგადამცემ ხაზებს, რომელთა ჯაჭვების ერთსახელა ფაზები ერთმანეთის მიმართ მინიმალურად დასაშვებ მანძილზე არიან განთავსებული. ჯაჭვებს შორის ჩართულია ფაზისმომბრუნებელი მოწყობილობა, რომელიც საშუალებას იძლევა ჯაჭვების დაბევებს შორის არსებული ძვრის კუთხე – Θ ვცვალოთ 0 და 180° -ის ფარგლებში. ასეთი კონსტრუქციული მოწყობის წყალობით მართვადი ხაზები გამოირჩევიან ჯაჭვებს შორის გაძლიერებული ელექტრომაგნიტური ზეგავლენით, რაც პირველ რიგში მკვეთრად აისახება ისეთ პარამეტრებზე, როგორცაა ურთიერთინდუქცია M , ურთიერთტევადობა C და ურთიერთგამტარობა G . სწორედ ამ პარამეტრებზე შემოქმედების საშუალებით შესაძლებელი ხდება ხაზის ტალღური თვისებების შეცვლა და შესაბამისად მისი სისტემის პასიური ელემენტიდან, აქტიურ ელემენტად გარდაქმნა ანუ მისი ოპერატიულ მართვას დამორჩილება.

ფაზამომბრუნებელი მოწყობილობა, რომლითაც აღჭურვილი არიან მართვადი ხაზები, გარდა თავისი ძირითადი ფუნქციისა შეიძლება გამოყენებული იქნას ხაზის რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაციის ახალი, არატრადიციული სქემის განსახორციელებლად[6]. კერძოდ, თუკი ჩვეულებრივ, განივი კომპენსაციის დროს, მაშინტეგელი რეაქტორი ირთვება ფაზასა და მიწას შორის, ჩვენ გთავაზობთ საკომპენსაციო დანადგარის ჩართვას მართვადი ხაზის ჯაჭვების ერთსახელა ფაზებს შორის. შემთავაზებული სქემის მოქმედების პრინციპის გასაგებად წარმოვიდგინოთ კონტური, რომელიც შედგება პარალელურად შეერთებული ინდუქტიური და ტევადური ელემენტებისაგან, რომლის ერთ მხარეს მოდებულია ფიქსირებული დაბვა, ხოლო მეორე მხარეს ფაზით ცვლადი დაბვა. თუკი დანადგარის ექვივალენტურ წინააღობას აღვნიშნავთ $Z_{ექვ}$, ხოლო გამტარობას $Y_{ექვ}$ -ით, მაშინ დანადგარის სიმძლავრისათვის გვექნება:

$$\dot{S} = \frac{(\dot{U}_1 - \dot{U}_2)^2}{Z_{eqv.}} = (\dot{U}_1 - \dot{U}_2)^2 \cdot Y_{\text{ადგ.}}$$

იმისდა მიხედვით თუ როგორი ხასიათისაა დანადგარის ექვივალენტურ წინააღობა $Z_{ექვ}$, დანადგარი გასცემს ან მოიხმარს რეაქტიულ სიმძლავრეს.

თუკი აღნიშნულ დანადგარს ჩავრთავთ მართვადი ხაზის ჯაჭვების ერთსახელა ფაზების სადენებს შორის და იმასაც გავითვალისწინებთ, რომ ფაზისმომბრუნებელი დანადგარის საშუალებით შეიძლება დანადგარზე დაბევებს შორის ძვრის კუთხე შეიცვალოს 0-დან 180° -მდე, ძნელი არ იქნება დავრწმუნდეთ იმაში, რომ დანადგარის საშუალებით შეიძლება მოვახდინოთ ხაზის რეაქტიული სიმძლავრის მდორედ კომპენსირება.

ლიტერატურა

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ნახ.1. ელექტრული სისტემის ძირითადი სტრუქტურა (შავი ფერით გამოსახულია – გენერაცია, ლურჯი ფერით – გადაცემა და მწვანე - დისტრიბუცია)

ჩვენს მიერ ექსპერიმენტულად შესწავლილი იქნა 110/35/10 კვ ძალოვანი ტრანსფორმატორის (წითელი ისარი ნახ.1-ზე) აკუსტიკური მახასიათებლები.

ელექტროქსელური ობიექტების პროექტირებისას და ექსპლუატაციისას აუცილებლად უნდა იქნას გათვალისწინებული და მიღებული ზომები ბგერითი წნევის და ბგერის დასაშვები დონეების უზრუნველსაყოფად მოსახლეობისათვის და მომსახურე პერსონალისათვის.

ხმაურის ძირითადი წყაროებია ქვესადგურებში ტრანსფორმატორები, საინტილიაციო დანადგარები, საღტეებისა (коронирование ошиновки) და დანადგარების ელემენტების გვირგვინობა მაღალი ძაბვების ხაზებისაგან ხმაურის ძირითადი წყაროებია მავთულების, იზოლიატორების და არმატურის გვირგვინობა, რომელიც დამოკიდებულია როგორც ელექტრული ველის დაძაბულობაზე მავთულების ზედაპირიდან, ასევე მავთულების ზედაპირის მდგომარეობაზე, ჰაერის სიმკვრივეზე და ამინდის პირობებზე.

სტანდარტის მიხედვით ГОСТ 12.1.036 (СТ СЭВ 2834-80, რომლებიც აღებულია ISO-ს ნორმებიდან) ძალოვანი ტრანსფორმატორების მომსახურეობის მოედანზე -- ბგერის დონე არ უნდა აღემატებოდეს 85 dBA-ს, ხოლო ბგერითი წნევის დონეები (dB) ოქტავურ სიხშირულ დიაპაზონებში უნდა იყოს არა უმეტეს:

ოქტავური ზოლი, ჰც	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
ბგერითი წნევის დასაშვები დონე, (dB)	-	99	92	86	83	80	78	76	74

მუდმივი ხმაურის ნორმირებული პარამეტრია ბგერითი წნევის დონე L, დბ (dB), ოქტავურ ზოლებში საშუალოგეომეტრიული სიხშირეებით 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 ჰც. მიახლოებითი შეფასებისთვის დაშვებულია ბგერითი დონის L_A, დბA გამოყენება, რომელიც იძლევა ადამიანის სმენის ორგანოს ფიზიოლოგიური თავისებურებების კარგ აპროქსიმაციას.

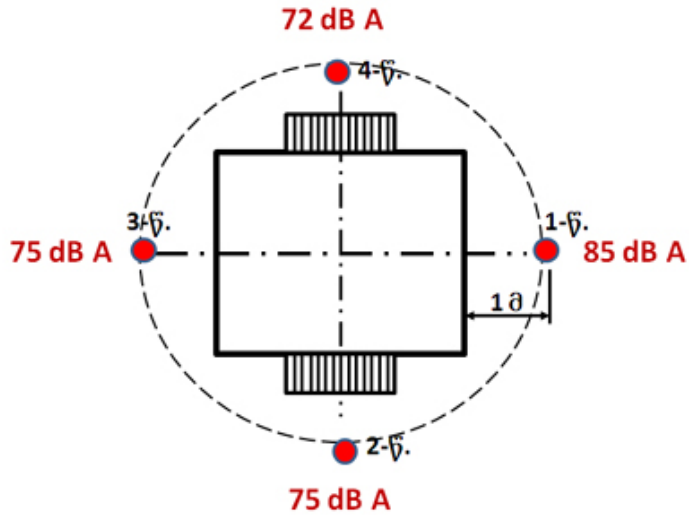
ქვემოთ მე-2 ნახაზზე წარმოდგენილია დამწვევი 110/35/10 კვ ძალოვანი ტრანსფორმატორის გაზომვის წერტილების სქემა და ჩვენს მიერ ჩატარებული ხმაურის გაზომვების შედეგები.

რადგან ტრანსფორმატორის ხმაური შეიძლება ჩაითვალოს მუდმივი ხმაურის წყაროდ დროში და სივრცეში, ამიტომ გაზომილი იქნა ჯამური ბგერის დონეები, დბ A, ერთი მეტრის მანძილზე მიწიდან და ტრანსფორმატორის ზედაპირიდან ირ-

**საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

გველივ ოთხ წერტილში. აგრეთვე გაზომილი და ნაანგარიშები იქნა ბგერითი წნევის დონეები სიხშირეთა ოქტავურ ზოლებში, დბ.

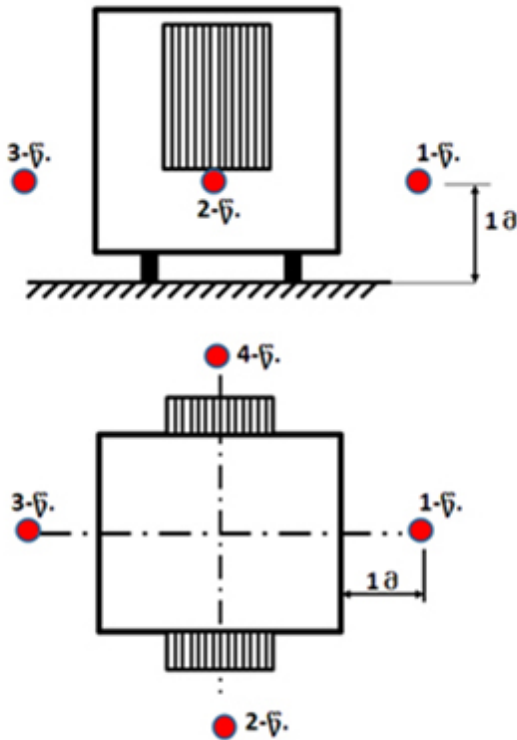
ხმაურის ჯამური დონეები dB A სკალიით

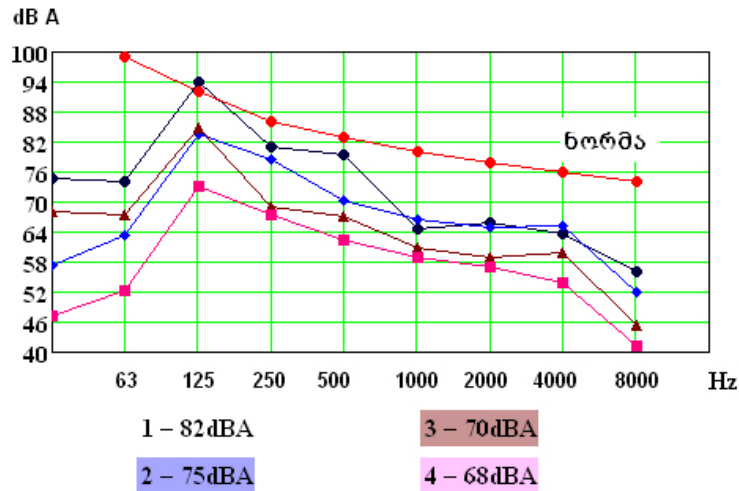


ნახ. 2. ტრანსფორმატორის გაზომვის წერტილები და ბგერის დონეები ამ წერტილებში

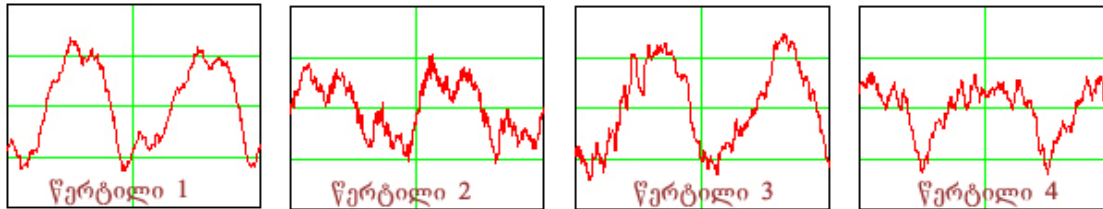
გაზომილი აკუსტიკური სიგნალები ჩაწერილი იქნა კომპიუტერში *.wav ფორმატში ხმაურის მონაკვეთები სახით და შემდეგ დეტალურად იქნა დამუშავებული და გაანალიზებული ეს სიგნალები SpectraLab-სა და MathCad-ის გარემოში.

**110/35/10 კვ-ის ძალოვანი ტრანსფორმატორის
გაზომვის წერტილები**

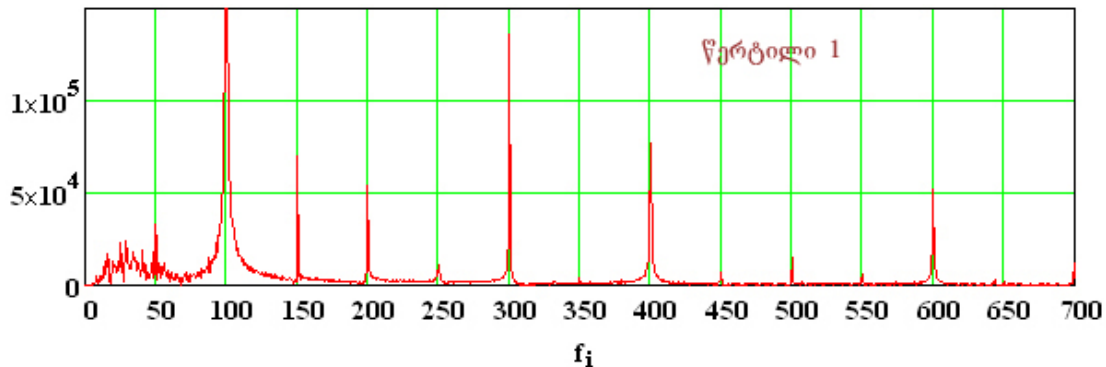




ნახ.3. ბგერითი წნევის გაზომვის შედეგების შედარება ნორმასთან აკუსტიკურ სიგნალებს გაზომვების წერტილებში აქვთ ქვემოთ წარმოდგენილი სახე. შეიმჩნევა სხვაობები მაღალი ნომრების ჰარმონიკებში.



ხოლო სპექტრს (მაგალითად, პირველ წერტილში) აქვს შემდეგი სახე:



ნახ. 4. გაზომილი ხმაურის სიგნალების ფორმები და ტიპური სპექტრი

ტრანსფორმატორებში არ არის მოძრავი ნაწილები, მაგრამ ცვლადი მაგნიტური ველი იწვევს ტრანსფორმატორის გულარის ფორმის შეცვლას, რის შედეგადაც წარმოიშევა ხმაური. გულარის ფორმის შეცვლა გამოწვეულია მაგნიტოსტრიქციით, ეფექტით, რომლის დროსაც რკინის გულარი იცვლის თავის ფორმას დამაგნიტების დროს. ფორმის შეცვლა არის ერთნაირი დამაგნიტების პოლიარობის მიუხედავად, ამიტომ გულარი იცვლის ფორმას კვების ორმაგ სიხშირეზე, რადგან ფორმის შეცვლა იქნება ერთნაირი დამაგნიტების ყოველ მიმართულებებისათვის. პროცესი არის არაწრფივი, და საბოლოო ფორმა აკუსტიკური სიგნალის არის შედარებით რთული ფორმის და აქვს ბევრი მდგენელები. 50 ჰც-ნი კვების დროს მაგნიტოსტრიქციის სიხშირე უდრის 100 ჰც და ჰარმონიკები წარმოიშევიან 1000 ჰც-მდე სიხშირეებზე.

გარდა ამისა, ადგილი აქვს მაგნიტური გულარის ზოგად მექანიკური ვიბრაცი-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

ას, რომელსაც შეაქვს თავისი წვლილი ხმაურის ჯამურ დონეში.

საერთოდ, მცირე ტრანსფორმატორებისათვის ჰაერის გაგრილებით, არახისტად დამაგრებული გულარის ფურცლების ვიბრაციების დროს აგრეთვე წარმოიშობა ხმაური. დიდ ტრანსფორმატორებში ეს ეფექტი არ არის გულარის ფურცლების ფენებს შორის ხახუნის ძალების შედეგად. ასეთი ტრანსფორმატორების ხმაურის ჩამოცილებას ხელს უწყობს აგრეთვე დემფირება ტრანსფორმატორის ჩაშვებისას ზეთის აუზში გაგრილებისათვის. მაგრამ, ამ შემთხვევაში, როდესაც ტრანსფორმატორი ჩაშვებულია ზეთის აუზში, ხმაური გამოისხივება აუზის კედლებისაგან და გულარის რხევებისაგან, რომლებიც გადაეცემა გარე ზედაპირს საყრდენი მოწყობილობის და თხევადი შემავსებლის გავლით. აუზის სისქე და კონსტრუქცია უმნიშვნელო გავლენას ახდენენ ხმაურის გამოსხივებაზე.

დიდი აუზები გამოასხივებენ ხმაურს დაბალ სიხშირეებზე, და ხმაურის სიხშირე, რომელიც დამახასიათებელია ასეთი ტრანსფორმატორებისათვის ელექტრულ გამანაწილებელ სისტემებში, ჩვეულებრივად შეადგენს 100 ჰც-ს. უფრო მცირე ზომის ტრანსფორმატორები წარმოშობენ სუსტ ხმაურს ძირითად სიხშირეებზე, მაგრამ გამოასხივებენ ძლიერ ხმაურს მაღალსიხშირულ მდგენელებზე.

ადამიანის ბგერით დიაპაზონში სამრეწველო სიხშირის (50 ჰც) დენების ელექტრომაგნიტური ველები არიან ძლიერი აკუსტიკური (განსაკუთრებით წვიმის დროს – გვირგვინის ეფექტის დროს) და ელექტრომაგნიტური ტალღების წყაროები.



ნახ.2. ელექტროგადაცემის მავთულების გვირგვინები

წვიმიან ამინდში ელექტროგადაცემის ხაზების ხმაური მატულობს რადგან მავთულები ხდებიან გვირგვინოვანი (ნახ.2). სველი მავთულების დროს წყლის წვეთები ერთიანდებიან და იქცევიან დიდი რაოდენობის გვირგვინოვანი განმუხტვის არეებად, სადაც ყოველი მათგანი არის ხმაურის წყარო.

მაღალი ძაბვის გადაცემის ხაზის ხმაური მავთულების ქვეშ ჩვენს შემთხვევაში იყო 62 dBA. წვიმის დროს ხმაური მატულობს.

ცალკე ინტერესს წარმოადგენს ხმაურის წარმოშობა ელექტროგადაცემის მავთულების გვირგვინებისაგან, რომლებიც ჩვენს ექსპერიმენტებში არ იქნა გაზომილი.

ლიტერატურა

1. N.P.Norton – “Fundamentals of noise and vibration analysis for engineers” – Cambridge University Press, 1999, p. 620
2. Исаков В.М., Федорович М.А. «Виброшумозащита в электромашиностроении». Л.: Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1986. – 208 с.
3. “Digital Sound Level Meter” –RadioShack, Owner’s Manual. Tandy Corporation.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

EXPERIMENTAL STUDY OF ACOUSTIC CHARACTERISTICS OF THE POWER TRANSFORMER IN A HIGH VOLTAGE SUBSTATION

Kopaliani N., Zivzivadze O., Dzadzamia D.

akaki Tsereteli State University

Summary

In article acoustic characteristics of the power transformer on substations of a high voltage are experimentally investigated. In particular, on a platform of service of the transformer are established – the level of a sound, dBA, and levels of sound pressure, dB, in standard octave ranges of frequencies. The received results are compared to levels of the international standards. Also, generally, process of noise generation of transformers, forms of acoustic signals and spectral structure is analyzed.

მძლავრი ჰიდროგენერატორების როტორის ფორმისა და ელექტრომაგნიტური მდგომარეობის გამოვლენა და შესწავლა ახალი ტიპის ინტეგრირებადი სენსორებით

გუგულაშვილი ლ., აზმაიფარაშვილი ზ., მეცხვარიშვილი ი.
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

განხილულია მძლავრი გენერატორების საიმედოობის ამაღლებისა და მათი საექსპლუატაციო რესურსების ზრდის საკითხები და ნაჩვენებია რომ, ეს დამოკიდებულია ჰიდროაგრეგატის ვიბრაციულ მდგომარეობაზე. ჰიდროგენერატორების ვიბრაციული მდგომარეობის შესწავლისათვის დღეს გამოყენებული მოწყობილობები ვერ უზრუნველყოფენ როტორის ფორმის ფიქსირებას და მოკლედ შერთული ხვიების აღმოჩენას. წარმოდგენილია როტორის ფორმის ელექტრომაგნიტური გადამწოდის ახალი პრინციპული სქემა, რომელიც ადვილად შეიძლება ჩართული იქნას გენერატორების კომპიუტერული მონიტორინგის ქსელში.

მძლავრი ჰიდროგენერატორების საიმედოობის ამაღლება, საექსპლუატაციო რესურსების ზრდა, ჰიდროგენერატორის მოცდენა და კაპიტალურ რემონტებზე ხარჯების შემცირება დიდადაა დამოკიდებული ჰიდროაგრეგატის ვიბრაციულ მდგომარეობაზე.

ჰიდროგენერატორის ვიბრაციული მდგომარეობის შესწავლა გულისხმობს ჰიდროაგრეგატის ვიბრაციის მიზეზების გამოვლენას და აუცილებლობის შემთხვევაში, ვიბრაციის აღმოფხვრას ბალანსირების გზით.

ჰიდროგენერატორის ვიბრაციის გამომწვევი ძირითადი მიზეზებია:

1. ჰიდროგენერატორის მბრუნავი ნაწილების **მექანიკური** გაუწონასწორობლობით გამოწვეული **დაუბალანსებლობა**;
2. ჰიდროტურბინაში მიმდინარე პროცესებით (ტურბინის მიმართოვანი აპარატის არათანაბარი გაღება, უცხო სხეულის მოხვედრა ტურბინის სპირალური კამერის ნიჟარაში, ტურბინის მუშა თვლის ასიმეტრიული განლაგება ტურბინის კამერაში და სხვ.) გამოწვეული **ჰიდროდინამიკური დაუბალანსებლობა**;
3. გენერატორის სტატორის მიმართ როტორისასიმეტრიული

მდებარეობით, როტორის არასწორი მაგნიტური და მექანიკური ფორმით; გენერატორის სტატორის ელიფსური ფორმით; გენერატორის როტორის კონსტრუქციის ან სხვადასხვა კვანძისა და ნაწილის ე.წ. სუნთქვა-გადაადგილებით; გენერატორის როტორის პოლუსის გრაგნილებში გაჩენილი მოკლედ შერთული ხვიების გავლენით გამოწვეული **ელექტრომაგნიტური დაუბალანსებლობა**.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ჰიდროგენერატორის ვიბრაციული მდგომარეობის გამოსავლენად და შესასწავლად მსოფლიოში არსებობს სხვადასხვა ტიპის გადასატანი დასტაციონარულივიბროსაზომი კომპლექსები და ხელსაწყოები. ეს საზომი კომპლექსები და ხელსაწყოები ძირითადად გამოიყენება ვიბრაციის ამპლიტუდის, ვიბრაციის სისწირული სპექტრის, ვიბრაციის ფაზის, ვიბრაციის სიჩქარისა და აჩქარების, ღერძის ცემის ფიქსირებისათვის, ვიბრაციის სპექტრული ანალიზისათვის, მაგრამ მათ არ შესწევთ უნარი გამოავლინონ და დაარეგისტრირონ ჰიდროგენერატორის ელექტრომაგნიტური უბალანსებლობის ძირითადი გამომწვევი მიზეზი, კერძოდ, გენერატორის როტორის ფორმის ფიქსირება და როტორის პოლუსის გრაგნილის კოჭაში გარდამავალი, არადამყარებული, მოკლედ შერთული ხეიების აღმოჩენა.

ასეთი მოკლედ შერთული ხეიებისგამოვლენა ძალიან რთულია, რადგან გაჩერებულ ჰიდროგენერატორში ეს ხეიათაშორისი იზოლაციაში იქმნება აღდგეს და ვერავითარი ლაბორატორიული გამოკვლევით ვერ მოხერხდეს მისი აღმოჩენა; ხოლო აგრეგატის ბრუნვით, ცენტრიდანული ძალების ამოქმედებით ხდება როტორის პოლუსის გრაგნილის ხეიათაშორისი მოკლედ შერთვის გამოვლენა.

როტორის პოლუსის ხეიათაშორისი მოკლედ შერთვა გამოიწვევს ჰიდროგენერატორის მაგნიტური ველის ასიმეტრიას, ხოლო ჰიდროგენერატორის როტორის მაგნიტური ველის ასიმეტრია, თავის მხრივ იწვევს დამატებითი დატვირთვების გაჩენას ჰიდროგენერატორის მიმმართველ საკისრებზე და, შესაბამისად, ჰიდროაგრეგატის ზედა და ქვედა ჯვარედებზე – ვიბრაციის გაზრდას.

დღეისათვის საქართველოში არსებობს მეთოდიკა, რომელიც საშუალებას იძლევა აღმოვაჩინოთ როტორის პოლუსის გრაგნილის კოჭებში მოკლედ შერთული ხეიები და დავაფიქსიროთ როტორის ფორმა [1, – 4].

ამ მეთოდის მუშაობის პრინციპი დაფუძნებულია გენერატორის როტორსა და სტატორს შორის საჰაერო ღრეხოში გატარებულ ხეიაში როტორის ბრუნვით ელექტრომამოძრავებელი ძალის აღძვრის პროცესზე. ხეიაში აღძრული ელექტრომამოძრავებელი ძალისა და გენერატორის როტორის N1 პოლუსის გასწვრივ დამაგრებული ღერძის ბრუნვის აღმნიშვნელის დაფიქსირება ხდება სხივური გაღვანომეტრით შუქსხივური ოსცილოგრაფის სპეციალურ შუქმგრძობიარე ფოტოქადალდზე.

წარმოდგენილი მეთოდიკის ნაკლია:

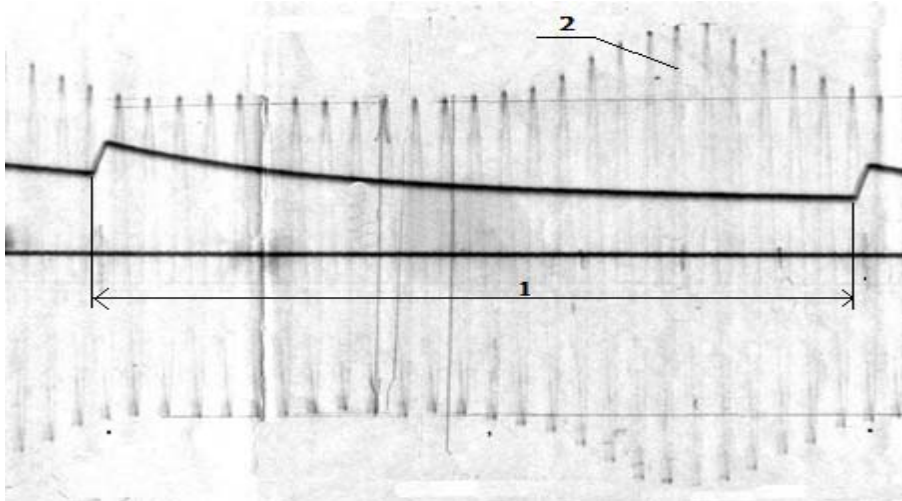
1. ჰიდროგენერატორის სტატორზე ე.წ. საზომი ხეიის დაყენება-დამაგრების სირთულე;
2. ჰიდროგენერატორის როტორის პოლუსში მოკლედ შერთული ხეიის(1 – 2 ცალი) აღმოჩენა რთულია და პრაქტიკულად, თითქმის შეუძლებელი;
3. ჰიდროგენერატორის როტორის პოლუსის გამჭექი სოლების მოშვების შემთხვევაში შეუძლებელია პოლუსის სივრცული სუნთქვა-გადაადგილების აღმოჩენა.

ჩვენ მიერ დამუშავებული, დამზადებული და გამოყენებულია ე.წ. როტორის ფორმის ელექტრომაგნიტური გადამწოდი. იგი წარმოადგენს არამაგნიტური მასალისაგან დამზადებული ღეროს წვერზე დამაგრებულ ინტეგრირებად სენსორს ისეთი გათვლით და გაბარიტებით, რომ შესაძლებელი იყოს სტატორის ზურგის მხრიდან მისი თავისუფლად შეყვანა და ჩამაგრება ჰიდროგენერატორის სტატორის აქტიური რკინის სავენტილაციო არხში. გადამწოდის ღეროს წვერზე დამაგრებული სენსორი მცირე ზომისაა და თავსდება როტორსა და სტატორს შორის საჰაერო ღრეხოში არაუმეტეს 3მმ სიღრმეზე.

აღწერილი როტორის ფორმის ელექტრომაგნიტური სენსორის, სხვადასხვა

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

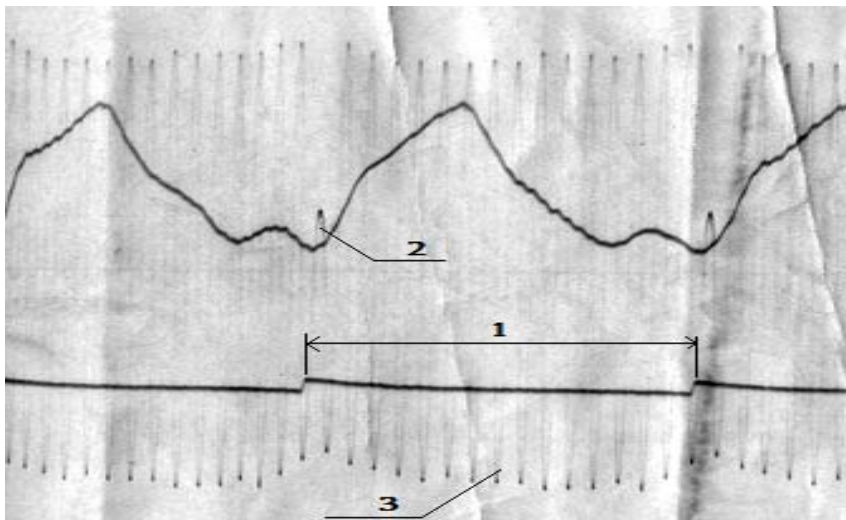
ენერგობიექტებზე გამოყენებით, ჰიდროგენერატორების ვიბრაციული მდგომარეობის კვლევისა და ვიბრაციის მიზეზების გამოვლენის პროცესში მიღებული და დაფიქსირებულია შემდეგი შედეგები: კერძოდ, 1-ლ ნახ-ზე მოყვანილია ელიფსური ფორმის როტორი, ანუ როტორის ფორმის ცვლილება, როგორც როტორის მანების და როტორის ფერსოს სოლების მოშვებით გამოწვეული შედეგი.



ნახ. 1. დეფორმირებული ელიფსური ფორმის როტორი.

1 – როტორის ერთი ბრუნა. 2 – ელიფსური ფორმის როტორი.

მე-2 ნახ-ზე წარმოდგენილია დიაგრამა როტორის N2 პოლუსში მოკლედ შერთული ხეიბების ფიქსირებით.

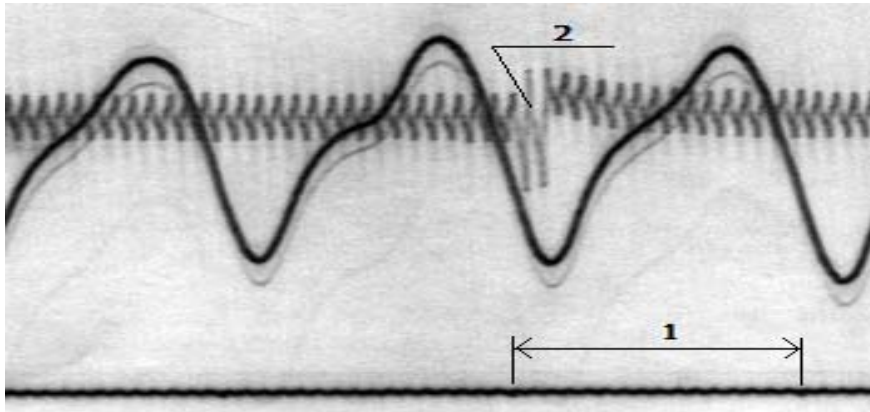


ნახ.2. როტორის ფორმა მოკლედ შერთული პოლუსის ფიქსირებით.

1 – როტორის ერთი ბრუნა, 2 – მოკლედ შერთვა N2 პოლუსში. 3 – როტორის ფორმა.

მე-3 ნახ-ზე წარმოდგენილია დიაგრამა, რომელზედაც დაფიქსირებულია გენერატორის როტორის სივრცული შეშფოთება-შეხტომები, გამოწვეული გენერატორის მიმმართველი საკისრების მწვობრიდან გამოსვლის გამო.

თუ ასეთი ტიპის როტორის ფორმის ელექტრომაგნიტურ გადამწოდებს განვალაგებთ ერთ ვერტიკალურ სიბრტყეში, გენერატორის სტატორის აქტიური რკინის ზედა და ქვედა პაკეტების სავენტიაციო არხებში გამოვავლენთ როტორის პოლუსების მდებარეობის ცვლილება-გადაადგილებას სივრცეში.



ნახ.3. გენერატორის როტორის შეშფოთება.
1-როტორის ერთი ბრუნი, 2- როტორის შეშფოთება.

ამრიგად, პრაქტიკული და მნიშვნელოვანი იქნება განხორციელდეს მძლავრი ჰიდროგენერატორების მუშაობის უწყვეტ რეჟიმში გენერატორის როტორის ფორმისა და გენერატორის პოლუსის გრაგნილებში მოკლედ შერთული ხვეების აღმოჩენის კომპიუტერული მონიტორინგი. აღნიშნულ საკითხებზე ამჟამად მიმდინარეობს მუშაობა.

ლიტერატურა

1. Элькин Ю.М. Контроль вибрации мощных гидрогенераторов. «Энергия», 1979-350
2. Справочник по ремонту и модернизации гидрогенераторов. «Энергоатомиздат», 1987-240
3. Эксплуатация гидроэлектростанций. «Энергия», 1977-300
4. Смирнов А.М, Усталов В.А. Испытание и наладка гидроэнергетического оборудования гидроэлектростанций. «Энергия», 1980-230

INVESTIGATION AND DETECTION OF POWERFUL HYDRO GENERATORS ROTOR SHAPE AND ELECTROMAGNETIC STATE BY NEW INTEGRATING SENSORS

L. Gugulashvili, Z. Azmayparashvili, I. Metskhvarishvili

Georgian Technical University

Summary

In this paper are discussions the problems connection with enhanced trustworthiness and operating life of powerful hydro generators and was find that it depends on their vibration state. Now in use equipments for investigation vibration condition of generators is not able distinguish rotor shapes and definition search the shortly closed coils. We present the new electromagnetic sensor for detection of a form of a rotor, which can be easily included in a network of computer monitoring of the generator.

ელექტრული ძალის განტოლებების გაიშვიათებული მატრიცები

ბაძგარაძე ა.გ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

მეცნიერებასა და ტექნიკის სხვადასხვა დარგში ხშირად გვიწევს ისეთი ამოცანების ამოხსნა, რომლებიც აღიწერება წრფივ განტოლებათა სისტემით. ასეთი სისტემების ამოხსნა, როცა მათი რაოდენობა დიდია, გარკვეულ სირთულეებთან არის დაკავშირებული. ამიტომ საჭიროა ისე შევადგინოთ განტოლებები, რომ მისი კოეფიციენტებისგან

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

შედგენილი მატრიცა შეიცავდეს რაც შეიძლება მეტ ნულებს, ეს განაპირობებს ამოხსნის ეფექტურობას. სტატიაში განსაზღვრულია სიდიდე, რომელიც განსაზღვრავს ქსელების განტოლებების მატრიცაში ნულების რაოდენობას სისტემის შედგენის გარეშე. მოცემულია გაიშვიათების კოეფიციენტის გამოსათვლელი ფორმულები კვანზური კოეფიციენტების მატრიცისათვის და კონტურული კოეფიციენტების მატრიცისათვის.

წრფივი ელექტრული ქსელების გაანგარიშება მოითხოვს, პირველ რიგში, განტოლებათა სისტემის შედგენას, ხოლო, მეორე მხრივ, ამ სისტემის კოეფიციენტების მატრიცაზე გარკვეული გარკვეული ოპერაციების ჩატარებას. არსებობს ელექტრული ქსელების განტოლებების შედგენის რამდენიმე ხერხი. მათგან ერთი ემყარება კვანძების პოტენციალებსა და შტოებს შორის კავშირის დამყარებას, ხოლო მეორე – შტოებში ნაკადებსა და კონტურებში ნაკადებს შორის კავშირს. ამ დროს მიღებული განტოლებები განსხვავდება ერთმანეთისგან და ცხადია, განსხვავდებიან ნულოვანი ელემენტების რაოდენობითაც. აქედან გამომდინარე, ამოხსნის მეთოდის შერჩევა და შესაბამისი მატრიცის სუსტადშევსებადობა დამოკიდებულია განტოლებების შედგენის მეთოდებზე.

ამ სტატიაში საუბარი იქნება იმ მახასიათებლებზე, რომლებიც განსაზღვრავს მატრიცის გაიშვიათების ხარისხს.

ფიზიკური ამოცანების უმრავლესობა ხასიათდება იმით, რომ მასში შემავალი ყველა ცვლადი არ არიან ერთმანეთთან უშუალო დამოკიდებული ერთმანეთზე. მაგალითად, ელექტრულ ქსელში თითოეულ კვანძთან შეიძლება მიდიოდეს ერთი ან რამდენიმე შტო. აქედან გამომდინარე, კოეფიციენტების მატრიცა შეიცავს დიდი რაოდენობის ნულებს. ასეთ მატრიცას ეწოდება გაიშვიათებული, ანუ სუსტადშევსებული. გაიშვიათების (სუსტადშევსების) კოეფიციენტი ეწოდება მატრიცაში ნულოვანი ელემენტების რაოდენობის შეფარდებას ელემენტთა აერთო რაოდენობასთან და აღინიშნება K ასოთი.

განვიხილოთ საკვანძო კოეფიციენტების მატრიცა. დამოუკიდებელი კვანძების რაოდენობა აღვნიშნოთ n -ით, ხოლო შტოების რაოდენობა, რომლებიც დამოუკიდებელ კვანძებს აერთებენ არის b' . მაშინ არანულოვანი ელემენტების რაოდენობა იქნება $(n + 2b')$. მატრიცაში ელემენტების საერთო რაოდენობაა n^2 . აქედან გამომდინარე, გაიშვიათების კოეფიციენტი არის

$$K = \frac{n^2 - (n + 2b')}{n^2} = 1 - \frac{n + 2b'}{n^2}$$

მაგალითად, განვიხილოთ ქსელი, რომელშიც არის 1000 კვანძი და 1500 შტო. გაიშვიათების კოეფიციენტი იქნება

$$K = 1 - \frac{1000 + 2 \times 1500}{1000^2} = 0,996$$

ქსელების უმრავლესობაში შტოების რაოდენობა პროპორციულია კვანძების რაოდენობისა. მაგალითად, ელექტრულ ქსელებში შტოების რაოდენობის შეფარდება კვანძების რაოდენობასთან დაახლოებით 1,5 –ის ტოლია. აქედან გამომდინარე, არანულოვანი ელემენტების რაოდენობა იზრდება წრფივად. თუ $b' = \alpha n$, სადაც α პროპორციულობის კოეფიციენტი, მაშინ

$$K = 1 - \frac{1 + 2\alpha}{n}$$

ცხადია, კვანძების ზრდასთან ერთად გაიშვიათების კოეფიციენტი მიისწრაფის

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

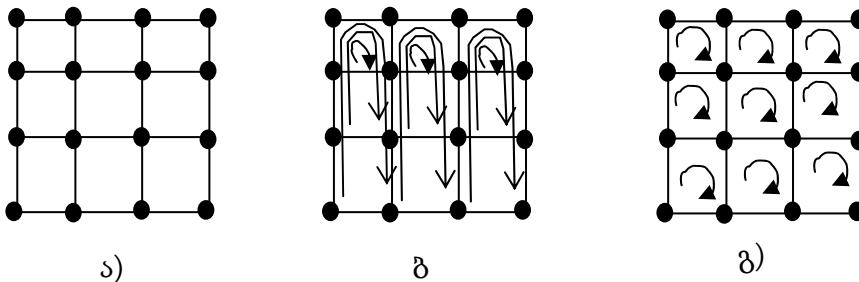
ერთისაკენ. საკვანძო კოეფიციენტების მატრიცის მნიშვნელოვანი თვისებაა, რომ ნებისმიერი ქსელისთვის გაიშვიათების კოეფიციენტი დამოკიდებულია მხოლოდ ქსელის გრაფზე. ანუ, კვანძებისა და შტოების რაოდენობაზე.

განვსაზღვროთ გაიშვიათების კოეფიციენტი როცა განტოლებები ჩაწერილია კონტურული დინებების საშუალებით. ე.ი. გვაქვს კონტურული კოეფიციენტების მატრიცა. ასეთ მატრიცაში არანულოვანი კოეფიციენტების რაოდენობა ტოლია $b - n + 2p$.

სადაც b - შტოების რაოდენობაა, n - დამოუკიდებელი შტოების რიცხვი, ე.ი. კვანძების რაოდენობა საბაზო კვანძების გარეშე, ხოლო p იმ შტოების რაოდენობა, რომლებიც წვდიან ორ კონტურში. მატრიცის ელემენტების რაოდენობა ტოლია $[(b - n)]^2$. აქედან გამომდინარე, კონტურული კოეფიციენტების მატრიცისთვის გაიშვიათების კოეფიციენტი უდრის

$$K = \frac{(b - n)^2 - (b - n + 2p)}{(b - n)^2} = 1 - \frac{b - n + 2p}{(b - n)^2}$$

გაიშვიათების კოეფიციენტი დამოკიდებულია კონტურის არჩევაზე. განვიხილოთ ქსელი (ნახ.1), სადაც კონტურის არცევის ორი სხვადასხვა ხერხია მოცემული. დავუშვათ, რომ საბაზო კვანძი არის ერთი. მაშინ პირველ შემთხვევაში (ნახ.1ა) $n = 15$, $b = 24$, $p = 27$. არანულოვანი ელემენტების საერთო რიცხვი არის 63, შესაბამისად, $K = 0.222$ ხოლო მეორე შემთხვევაში $n = 15$, $b = 24$, $p = 12$. Sesabamisad, $K = 0.593$.



ნახ.1

მოყვანილი მაგალითები აჩვენებს, რომ გაიშვიათება არსებითადაა დამოკიდებული კონტურების არჩევის წესზე. დიდი ქსელების კვლევის დროს მნიშვნელოვანია არანულოვანი ელემენტების რაოდენობა დავიყვანოთ მინიმუმამდე. მაგრამ, გარდა მარტივი სქემებისა, ძნელია ისეთი მეთოდების შემუშავება, რომლებიც საშუალებას მოგვცემს დავადგინოთ იმ კონტურების შემადგენლობა, რომელიც მიგვიყვანს მეტი რაოდენობის ნულოვან ელემენტებთან. თუ ნახ.1-ზე ნახვენები ქსელისათვის გამოვიყენებთ საკვანძო განტოლებებს, მაშინ არანულოვანი ელემენტების რაოდენობა იქნება 59, ხოლო გაიშვიათების კოეფიციენტი 0,693. თუ კონტურებს დაკვირვებით ავარჩევთ, მაშინ არანულოვანი კოეფიციენტების რაოდენობა კონტურული კოეფიციენტების მატრიცაში იქნება უფრო მცირე. ხოლო თუ არჩევანი არასწორად იქნება გაკეთებული, მაშინ ეს სიდიდეები უფრო მეტი შეიძლება აღმოჩნდნენ. გარდა ამისა, მართალია კვანძური განტოლებების რაოდენობა მეტია, ვიდრე კონტურულის, გაიშვიათების კოეფიციენტი ნაკლებია. ეს კოეფიციენტი განსაზღვრავს განტოლებათა სისტემის ეფექტურობას.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ლიტერატურა:

1. Harary F.: Graphs Theory. Adison-Wesley, 1969. 245p.
2. Balabanian N. & Bicart T, Electrical network theory. John Wiley, 1969. 324 p.

THE FILLINGWEAK MATRIX OF ELECTRICAL CHAINS

Badzgaradze A. G.

Akaki Tsereteli state University

Summary

In many areas of science and equipment often it is necessary will solve the problems mathematically described in the form of systems of the linear equations with poorly filled matrix. The decision of these systems is connected with defined difficulties. therefore will conveniently make system of the equations so that the corresponding matrixes contained as much as possible zero. in this article is stated the method of definition of degree poorly to fullness the matrixes of electric equations.

ელექტრონების უსადენოდ გადაცემა და მისი მარეალიზებული მოწყობილობები

აზმაიფარაშვილი ზ., ფოლადაშვილი მ., მესხიძე ნ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომი მიეკუთვნება ენერგეტიკის სფეროს და მოიცავს ელექტროენერჯის უსადენოდ გადაცემის საკითხებს. განხილულია არსებული მოწყობილობების მოკლე ანალიზი და შემოთავაზებულია ავტორების მიერ ახლად შექმნილი ელექტროენერჯის უსადენოდ გადაცემის სისტემის მარეალიზებული მოწყობილობა, დასაბუთებულია შემოთავაზებული მოწყობილობის უპირატესობანი არსებულ სისტემებთან შედარებით. ელექტროენერჯის გადაცემის ახალი პრინციპი შეიძლება გამოყენებულ იქნას სხვადასხვა სახის ელექტრონული მოწყობილობების უსადენოდ კვებისათვის, მოძრავი ობიექტებისათვის ელექტროენერჯის უსადენოდ მიწოდებისათვის, აკუმულატორების უკონტაქტო დამუხტვისათვის, ნათურების უსადენოდ განათებისათვის და სხვა. ამ მიმართულებით განხორციელებული პროექტები შეიტანენ სიახლეს თანამედროვე ენერგეტიკაში, რაც დიდი ეკონომიკური ეფექტის მომტანი იქნება.

1. პრობლემის აქტუალურობა

ცნობილია ელექტროენერჯის გადაცემის ხერხი ერთი გამტარის გამოყენებით, რომლის ავტორია ნ.ტესლა(1900წ). ამ ხერხის მიხედვით[1] ელექტროსადგურიდან გამომუშავებული ენერჯია მიეწოდება ნაპერწკლურ განმმუხტველს, რომელიც მიმდევრობით არის ჩართული ტესლას ტრანსფორმატორის პირველად გრავნილთან. ტრანსფორმატორის მეორადი გრავნილის ერთ-ერთი ბოლო დამიწებულია – მიერთებულია დედამიწასთან, ხოლო მეორე ბოლო მიერთებულია დატვირთვასთან. დატვირთვა შესრულებულია სფერული ან ტოროიდალური ფორმისკონდენსატორის სახით, რომელიც მოთავსებულია იზოლირებულ სადგამზე. ნაპერწკლოვან განმმუხტველზე მაღალი ძაბვის მიწოდების შედეგად, ტესლას ტრანსფორმატორის მეორად გრავნილში გამომუშავდება მაღალი ამპლიტუდის მქონე სინუსოიდალური რხევები, რომელიც იწვევსკონდენსატორზე ძაბვის წარმოშობას. აღწერილი ხერხისა და მოწყობილობის ნაკლს წარმოადგენს ნაპერწკლოვანი განმმუხტავის არსებობა, რომელიც თამაშობს მაღალსიხშირული გენერატორის როლს, რაც განაპირობებს ერთი ფიქსირებულისიხშირის გამომუშავებას დამისი სიდიდე არ არის დამოკიდებული დატვირთვაზე, ანუ რსებულ მოწყობილობაში, სიხშირის ცვლილების

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

მექანიზმი არ არის გათვალისწინებული, რაც ზღუდავს მის ფუნქციონალურ შესაძლებლობებს და შესაბამისად იზღუდება მისი გამოყენების სფერო.

ცნობილია მასაჩუსეტის ტექნოლოგიურ ინსტიტუტში შექმნილი მოწყობილობა [2](ა.შ.შ. პატენტი WO 2007/008646 A2 რომელიც შეიცავს ორ სპილენძის კოჭას (ანტენას), რომელთაგან ერთი შეერთებულია კვების წყაროსთან, ხოლო მეორე დაყენებულია ელექტროენერჯის გადასაცემ მოწყობილობაზე.

მოწყობილობას საფუძვლად უდევს ელექტრომაგნიტური ინდუქციის რეზონანსული პრინციპი. იმისათვის, რომ ერთმა კოჭამ შეძლოს ელექტროენერჯია გადასცეს მეორეს და შესაბამისად ხელსაწყოს, აუცილებელია, რომ ისინი მომართული იყვნენ ერთ რეზონანსულ სიხშირეზე, ანუ კვების წყაროსთან მიერთებული კოჭა, მის ირგვლივ ჰქმნის ელექტრომაგნიტურ ველს, რომლის ზონაშიც ხდება იგივე სიხშირეზე მომართული მეორე კოჭა. ამის შედეგად ისინი იღებენ შესაძლებლობას ცვალონ ენერჯია გარკვეულ მანძილზე.

არსებული მოწყობილობის ნაკლია ის რომ მისი საშუალებით ვერ ხდება ენერჯის გადაცემა დიდ მანძილზე და ამავე დროს ელექტრომაგნიტური ველით გადაცემული ენერჯის მიკროტალღოვანი სიხშირული დიაპაზონი მავნებელია ადამიანის ორგანიზმისათვის.

შემოთავაზებული ნაშრომის[3] მიზანია გაუმჯობესებული პარამეტრების მქონე მოწყობილობის შექმნა, რომელიც მოგვცემს ელექტროენერჯის უსაღენოდ გადაცემის საშუალებას იმ ადგილებში სადაც სადენებით ელექტროენერჯის გადაცემა შეზღუდულია ან საერთოდ შეუძლებელია. ამ ხელსაწყოს მუშაობის შექმნის პრინციპი შეიძლება იქნას გამოყენებული სხვადასხვა სახის ელექტრონული მოწყობილობების უსაღენოდ კვებისათვის, მოძრავი ობიექტებისათვის ელექტროენერჯის უსაღენოდ მიწოდებისათვის, აკუმულატორების უკონტაქტო დამუხტვისათვის, ნათურების უსაღენოდ განათებისათვის და სხვა.

2. კვლევის ობიექტი და ამოცანები

კვლევის ობიექტია ენერჯის ელექტრომაგნიტური ველით გადაცემის გაცილებით დაბალი ფიქსირებული სიხშირე, ენერჯის გადაცემის მანძილის გაზრდა და დანაკარგების შემცირება.

შემოთავაზებული მოწყობილობის (რაზედაც გაცემულია საქართველოს პატენტი გამოგონებაზე) მოქმედების პრინციპი ემყარება ელექტრომაგნიტური რეზონანსის მოვლენას სადაც, რეზონანსის დამყარების პროცესის მართვა ხდება მიკროპროცესორული მმართველი ბლოკის საშუალებით, რაც განაპირობებს ვეებერთელა ენერჯის მიღების კონტროლირებად პროცესს. რეზონატორში მიმდინარე ფიზიკური პროცესების ჭეშმარიტება დაყრდნობილია მრავალი კვლევის და ექსპერიმენტის საფუძველზე. მიკროპროცესორული მმართველი ბლოკის საშუალებით ხორციელდება გენერირებული ენერჯის ზუსტი მართვა. მაღალი სიზუსტით იმართება სიხშირე, სიმძლავრე, სტატიკური ველი და მანძილი, რომელზეც უნდა გადაეცეს ელექტროენერჯია. შემოთავაზებულ მოწყობილობის რხევით სისტემაში შესაძლებელია სექციების რაოდენობის, შესაბამისად იმპულსთა რიცხვი უფრო მოიმატებს, რის საფუძველზეც ელექტრომაგნიტური რეზონანსული ენერჯია გაიზრდება, რაც ხელს შეუწყობს უფრო დიდ მანძილზე ელექტროენერჯის გადაცემას. ელექტროენერჯის გადაცემის დროს ჩვენ შეგვიძლია მიკროპროცესორის საშუალებით ვარეგულიროთ ჩვენთვის მისაღები სიხშირე. სიხშირის მართვა იძლევა მოწყობილობის შესაძლებლობების გაფართოებას.

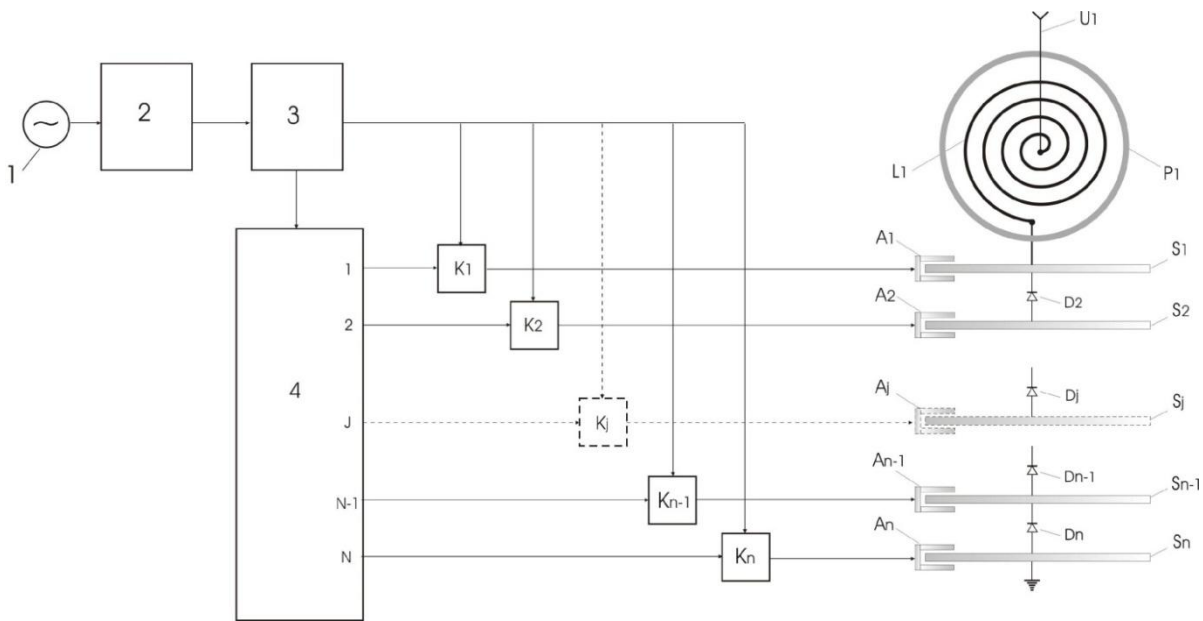
შემოთავაზებულ მოწყობილობაში ენერჯის გადაცემის დისტანციის გაფარ-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

თოება განპირობებულია გამოსხივებული ელექტრომაგნიტური ველის ენერჯიის სიდიდის პირდაპირპროპორციული დამოკიდებულებით რხევითი სისტემის სექციების რაოდენობაზე, რაც ტექნიკურად შესაძლებელია და მისი რეალიზაცია არ წარმოადგენს კონსტრუქციულ სიძნელეს. ხოლო ელექტრომაგნიტური ველის გადამტანი დაბალსიხშირული სიგნალის მიღებას განაპირობებს მიკროპროცესორულ მმართველ ბლოკში ჩაწერილი მართვის სპეციპიკური ალგორითმი და მის გამოსასვლელზე გამომუშავებული სიგნალების მიერ გასაღებების მკაფიო მართვა.

3. მუშაობის პრინციპის აღწერა

მოწყობილობის სტრუქტურული სქემა მოცემულია ნახ.1-ზე.



ნახ. 1

მისი მუშაობის პრინციპი მდგომარეობს შემდეგში: ელექტროენერჯია ცვლადი დენის წყაროდან 1, მიეწოდება გამმართველს 2, რომელიც ცვლად დენს გარდაქმნის მუდმივ დენად და დადებითი (პულსირებული) ძაბვა მიეწოდება სტაბილური კვების წყაროს 3. სტაბილური კვების წყარო არასტაბილურ (პულსირებულ) ძაბვას გარდაქმნის სტაბილურ მუდმივ ძაბვაში და მისი პირველი გამოსასვლელიდან ძაბვა მიეწოდება მიკროპროცესორულ მმართველ ბლოკს 4. გარდა ამისა სტაბილური ძაბვის წყაროს მეორე გამოსასვლელზე გამომუშავებული გარკვეული სიდიდის სტაბილური მკვებავი ძაბვა მიეწოდება K_1, K_2, \dots, K_n გასაღებებს, რაც აუცილებელია გასაღებების ნორმალური ფუნქციონირებისათვის. მიკროპროცესორულ მმართველ ბლოკში 4 ჩაწერილია რეზონანსული პროცესის ადაპტიური მართვის ალგორითმი, რომლის მიხედვითაც მიკროპროცესორული მმართველი ბლოკის N რაოდენობის გამოსასვლელზე გარკვეული კოდის სახით. გამომუშავდება ციფრული სიგნალი გამოსასვლელზე ფორმირებული მაღალი დონის ციფრულ სიგნალი - ლოგიკური "1" ადებს შესაბამის გასაღებს, ხოლო დაბალი დონის სიგნალს (ლოგიკური "0") შესაბამისი გასაღები გადაჰყავს ჩაკეტილ მდგომარეობაში. ეს სიგნალები მიეწოდება შესაბამისად K_1, K_2, \dots, K_n გასაღებების მმართველ შესასვლელებს და ანხორციელებენ მათ ჩაკეტვა-გაღებას. ამ გასაღებების ინფორმაციულ შესასვლელებს კვების ბლოკიდან მიეწოდება მკვებავი ძაბვა, რაც განაპირობებს გასა-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

დებების A_1, A_2, \dots, A_n გამოსასვლელზე მიერთებული II-ს მაგვარ ფორმის მეტალის ამღვანებ ელემენტებზე პოტენციალის იმპულსურ მიწოდებას. იმპულსების მიწოდება იწვევს აღნიშნული ელემენტების A_1, A_2, \dots, A_n თანმიმდევრულ აღვანებას, რომლებიც თავის მხრივ მოქმედებენ შესაბამის მუხტის გადამტან S_1, S_2, \dots, S_n ფირფიტებზე, რაზედაც ხდება მიწოდებული იმპულსების II-ს მაგვარი ფორმის ლითონის ამღვანები ელემენტების ქვედა და ზედა მხრიდან განმუხტვა, ელექტრული ველის ენერგია ნაწილდება S_1, S_2, \dots, S_n ფირფიტების ქვედა და ზედა ზედაპირებზე და მიწოდება ფირფიტის ცენტრში განთავსებულ D_2, D_3, \dots, D_n დიოდებს. აღნიშნული ფირფიტების ცენტრში ჩადგმული დიოდების საშუალებით ხდება მუხტის გადატანა ანოდთან კათოდისაკენ, რის შედეგადაც ხდება ქვედა და ზედა ფირფიტების პოტენციალების შეჯამება და მიწოდება მის ზემოთ განლაგებულ ფირფიტების სექციებს. ამგვარად, ხდება ქვედა სექციიდან ზედა სექციებისაკენ პოტენციალთა აჯამება, რაც იწვევს ბოლო ზედა სექციაში მუხტის დაგროვებას და დაგროვილი ენერგია მიწოდება რეზონატორს 1.

ამგვარად, ხდება სინუსოიდალური სიგნალის პარამეტრების, კერძოდ ამპლიტუდის თანმიმდევრული ფორმირება და რეზონატორში აღიქრება ცვლადი მაგნიტური ველი. ეს პროცესი ხორციელდება მიკროპროცესორული მმართველი ბლოკის მიერ გამომუშავებული სიგნალების სინქრონულად, ანუ გამომუშავებული ციფრული სიგნალის ყოველ ფაზაში ხდება რეზონანსული სიგნალის ამპლიტუდის სწრაფი გაზრდა არაწრფივი კანონით. გასაღებების საიმედო მუშაობის რეჟიმის მიღწევის თვალსაზრისით, ყოველი ფაზის დასრულებისას (ციფრული სიგნალის ფრონტების ფორმირებისას) გამომუშავდება t_1 ხანგრძლივობის მქონე დროითი ინტერვალი (გასაღებების გაღება-ჩაკეტვის სასრული დროის არსებობის გამო), რომლის განმავლობაში ხდება K_1, K_2, \dots, K_n გასაღებების მდგომარეობის ცვლილება. ამ ინტერვალის დასრულებისას გასაღებების კომუტაციის პროცესი გადადის ერთი ფაზიდან მეორე ფაზაში, გროვდება ფაზების n რაოდენობა, რასაც თან სდევს რეზონატორში არსებული მაგნიტური ენერგიის თანმიმდევრული ზედაპირული ზრდა და ხდება ამ ენერგიის გამოსხივება U_1 ანტენის საშუალებით. ამასთან, P_1 კვარცის კილიტის საშუალები თრეზონატორში დაგროვილი ენერგია რამდენადმე ძლიერდება და გამოსასხივებული ენერგია კიდევ უფრო იზრდება. გამომუშავებული მაგნიტური ველის ენერგია როდესაც მიაღწევს კრიტიკულ მნიშვნელობას, ანუ დაგროვდება ფაზების m რაოდენობა, მიკროპროცესორული მმართველი მოწყობილობა გამომუშავებს t_2 ხანგრძლივობის შესაბამის დაყოვნებას და ხდება ყველა K_1, K_2, \dots, K_n გასაღებების ჩაკეტვა. რასაც თან სდევს რეზონანსის ფორმირების პროცესის შეწყვეტა, ხდება სინუსოიდალური რხევებისა მპლიტუდის მკვეთრი შემცირება და რეზონანსული სიგნალის გამომუშავების პროცესი უბრუნდება თავდაპირველ მდგომარეობას. ამ მომენტიდან მართვის ციკლი მეორდება და თავიდან იწყება რეზონანსის პროცესის ჩამოყალიბება.

4. კვლევის შედეგები და მათი მნიშვნელობა კვლევის სამეცნიერო მიმართულებებისათვის

ელექტროენერგიის უსაღებოდ გადაცემის მოწყობილობა, რომელიც შეიცავს ცვლადი დენის წყაროს და გადამცემ რეზონატორს, არსებული მოწყობილობებისაგან განსხვავდება იმით, რომ დამატებით შეიცავს გამმართველს, დაკავშირებულს სტაბილურ კვების წყაროსთან რომლის ერთი გამოსასვლელი მიერთებულია მიკროპროცესორულ მმართველ ბლოკთან, რომელიც რაოდენობის ციფრული გამოსას-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

ვლელებით მიერთებულია შესაბამისად K_1, K_2, \dots, K_n გასაღებების მმართველ შესასვლელებთან, ხოლო სტაბილურ კვების წყაროს მეორე გამოსასვლელი მიერთებულია თვითოეული გასაღების შესაბამის ინფორმაციულ შესასვლელებთან, K_1, K_2, \dots, K_n , გასაღებების თვითოეული გამოსასვლელი შესაბამისად მიერთებულია ლითონის ცალკეულ II-მაგვარი ფორმის ამღვზნებ A_1, A_2, \dots, A_n ელემენტებთან, თვითოეული ამღვზნები ელემენტის ღრეწოში ელექტრული კონტაქტის გარეშე განთავსებული S ფართის მქონე ლითონის ბრტყელი ფირფიტა შჯ, რომელსაც გააჩნია მაგალითად დისკოსებური ფორმა (ან სწორი მრავალკუთხედის ფორმა) და იგივე მასალისაგანაა დამზადებული რომლისგანაც II-მაგვარი ფორმის A_j ამღვზნები, S_j ფირფიტა დაამღვზნები ელემენტი A_j ქმნის C_j სექციას, რომლებიც ერთმანეთის პარალელურად და თანადერძულად განლაგებულნი არიან ვერტიკალურად ქვევდანზევით, რომელთა ცენტრები ელექტრულად დაკავშირებულია D_j დიოდების საშუალებით, ამასთან ყველაზე ქვედა სექციის შნ ფირფიტის ქვედა ზედაპირი დამიწებულია, ხოლო ყველაზე ზევით განლაგებული სექციის შესაბამისი S_1 ფირფიტის ზედა ზედაპირთან მიერთებულია კვარცის P_1 კილიტაში მოთავსებული L_1 რეზონატორის ერთ-ერთი ბოლო, ხოლო მეორე ბოლო მიერთებულია ანტენასთან U_1 . როგორც ცნობილია, „ჰილიპს“-ის სტანდარტის მიხედვით მაღალი სისშირე რომელიც აღემატება 400 კჰც. მავნებელია ცოცხალი ორგანიზმებისათვის. შემოთავაზებულ მოწყობილობის მიერ გამოიშვავებული სისშირის მნიშვნელობა არ აღემატება 250 კჰც. რაც უვნებელია ცოცხალი ორგანიზმებისათვის ხოლო ენერჯის გადაცემის დისტანცია შეადგენს 3-4 მეტრს. ამ შემთხვევისათვის ენერჯის გადაცემის მარჯი ქმედების კოეფიციენტი შეადგენს 60%-67%, ხოლო წყაროდან მოხმარებული სიმძლავრე - 200 ვტ. ამგვარი თვისებები მოწყობილობას აძლევს უპირატესობას არსებულ ტექნოლოგიებთან შედარებით, რაც შეიძლება ჩაითვალოს სიახლედ და მოწინავე ადგილი დაიკავოს მსოფლიო ტექნოლოგიებში.

შემოთავაზებულ პრინციპზე აგებული მოწყობილობები-სისტემების დანერგვა შესაძლებელია საყოფაცხოვრებო დანიშნულების ხელსაწყო-მოწყობილობებში როგორებიცაა: მართვის დისტანციური პულტები ავტონომიური კვების წყაროს გარეშე (ელექტრო ბატარიებისა და აკუმულატორების შეცვლა უსადენოდ გადაცემილების სისტემით), უსადენო „მაუსის“ შექმნა კომპიუტერებისათვის, მობილური ტელეფონების უსადენოდ დამუხტვა განსაზღვრულ დისტანციაზე. გარდა ამისა ელექტრომობილების უსადენოდ დამუხტვის გლობალური სისტემის შექმნა მოძრავი ელექტრომობილების ენერჯის შევსებისათვის, მფრინავი ობიექტებისა და რობოტებისათვის ელექტროენერჯის მიწოდება და სხვა.

ჩამოთვლილი თემატიკა განაპირობებს ახალი ინოვაციური პროექტების შექმნას მთელი ქვეყნის მასშტაბით (და მის ფარგლებს გარეთაც). ყოველივე ეს არის სიახლე და ამ მიმართულებით განხორციელებული პროექტები დიდი ეკონომიური ეფექტის მომტანი იქნება როგორც ენერჯეტიკის სფეროში, ასევე სხვა დარგებში.

ლიტერატურა

1. <https://charliuss.wordpress.com/>
2. Joannopoulos, John, D. Karalis Arsteidis, Solajacic Marin. ა.შ.შ. პატენტი WO 2007/008646 A2 WIRELESS NON-RADIATIVE ENERGY TRANSFER
3. ზ. აზმაიფარაშვილი. მ. ფოლადაშვილი. ნ. მესხიძე ელექტროენერჯის უსადენოდ გადაცემის მოწყობილობა//საქპატენტი (2012. 06. 01) № GE P2014 6089 B, 8 გვ.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

Summary

Paper is intended for the field of power engineering and includes the issues of wireless electric-power transmission. It reviews brief analysis of existing devices and authors offer realizing equipment for newly-created wireless electric-power transmission. It grounds peculiarities of offered devices in comparison with existing systems. New principles of power transmission may be used in wireless feeding of different kind of power devices, for wireless power supply to movable objects, for noncontact charge of accumulators, lightning of bulbs without wires and etc. Projects carried out in this section will make a novelty in modern power engineering, which will bring a great economic efficiency.

ორთქლიანი დანადგარების მოკლე დახასიათება და მათი ეფექტურობის ძირითადი მაჩვენებლები

მჭედლიძე ქ., ფანცხავა ე.
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ბინარული ტიპის ქვაბ-უტილიზატორიანი თბოფიკაციური ორთქლიანი დანადგარები გამოირჩევა ელექტროენერჯის მაქსიმალური გამოყენებით თბური მოხმარების ბაზაზე და ყველაზე პერსპექტიულია თევზებისათვის. დადგენილია, რომ ქვაბ-უტილიზატორიანი ორთქლიანი თევზის ენერგოეფექტურობა ძირითადად დამოკიდებულია გამოყენებული ატდ-ის მქ კოეფიციენტზე და თბოფიკაციური ორთქლის ტურბინის ენერგოეფექტურობის მაჩვენებლებზე. ატდ-თევზში, ელექტროენერჯის კუთრი გამოყენება თბური მოხმარების ბაზაზე ყველაზე მაღალია და 2,0...2,3 – ს აღწევს. შესაბამისად ყველაზე მეტია სათბობის ფარდობითი ეკონომია ენერგოსისტემაში (35...47%). ეს მაჩვენებელი არსებითად არის დამოკიდებული ჩასანაცვლებელი რაიონული საქვების და კონდენსაციური ელექტროსადგურის მქ კოეფიციენტზე.

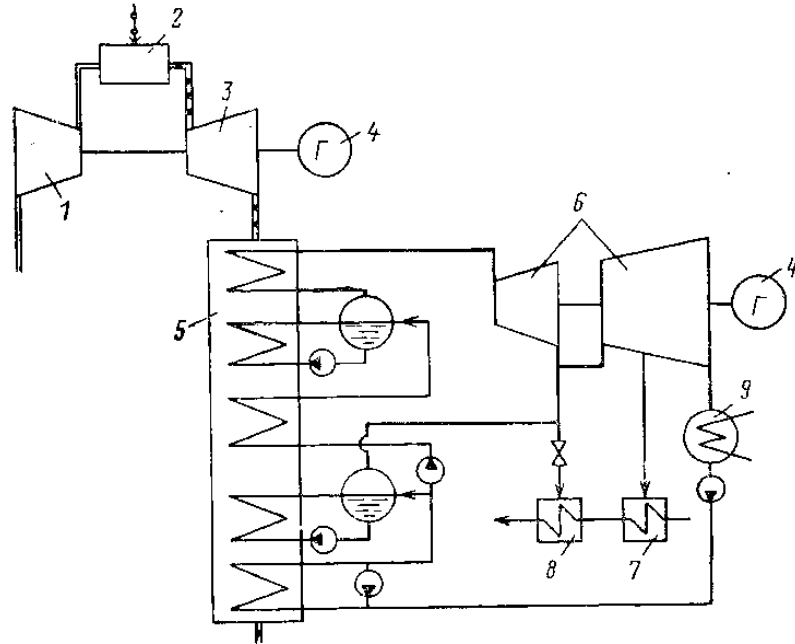
თბოენერგეტიკული დანადგარების რაციონალური განვითარების მთავარ მიმართულებას წარმოადგენს კომბინირებული ციკლების დამუშავება და გამოყენება. ასეთი ციკლების შექმნის მიზანია დანადგარების თბური ეკონომიურობის გაზრდა და საჭირო კაპიტალდაბანდებების შემცირება.

როგორც კონდენსაციური, ისე თბოფიკაციური ელექტროსადგურების თერმოდინამიკური სრულყოფის შემდგომი მნიშვნელოვანი მიმართულებაა ორთქლიანი ციკლზე გადასვლა.

ბოლო დროს დიდი ყურადღება ექცევა ოატდ-ს სქემას ქვაბ-უტილიზატორით (ოატდ-ქუტ-თი), სადაც ორთქლის გენერაციისათვის გამოიყენება მხოლოდ წარმავალი აირების სითბოს უტილიზაცია. კონდენსაციურ დანადგართან შედარებით ოატდ-ქუტ-თი შეიძლება იყოს უფრო მაღალეფექტური, ვიდრე სხვა ტიპის ოატდ, ამასთან ეკონომიურობის ამაღლება მიიღწევა ბაზისური რეჟიმის დროს, ხოლო სამანევრო რეჟიმების დროს საჭირო იქნება ბლოკში 3-4 ატდ-ს ჩართვა, რომელიც გამოირთვება დატვირთვის შემცირებისას, რომ არ მოხდეს მქ კოეფიციენტის დაუშვებელი შემცირება. თბოფიკაციური ოატდ-სათვის ქუტ-ით თანაბარეკონომიურობა სხვადასხვა ოატდ-ში მიიღწევა ატდ-ს წინ აირის შედარებით დაბალი ტემპერატურისას (დაახლოებით $1000^{\circ}C$), რაც იმის შედეგია, რომ იზრდება ელექტროენერჯის კუთრი გამოყენება თბურ მოხმარებაზე. გარდა ამისა, ასეთი დანადგარები უკეთესია ყველა ტიპის ოატდ-სთან შედარებით, რაც გამოიხატება იმაში, რომ მქ კოეფიციენტი ნაკლებადაა დამოკიდებული სიმძლავრის შემცირებაზე, რადგან სათბობის ენერჯის 50-60% ნომინალურ რეჟიმში გამოიყენება თბური დატვირთვების დასაფარავად.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

პრინციპში თბოფიკაციური ოატდ-თვის ქუტ-ით შეიძლება შევიმუშაოთ სხვადასხვა სქემები, მაგრამ შესრულებულმა ანალიზმა დაადასტურა [1], რომ ყველაზე მიზანშეწონილია ისეთი ოატდ-ს შექმნა ორთქლის ორსაფეხურიანი წნევით, როცა თბოფიკაციის პირობითი კოეფიციენტი $\alpha_{ტრ} = 1$ (მთელი თბური დატვირთვა იფარება ქუტ-დან და ტურბინის ართმევიდან) თბოფიკაციურ თეცში საკვები წყლის დამატებითი შეთბობა განხორციელება ხდება ტურბოდანადგარის შემდეგ პიკურ ქსელის შემთბობებში დაბალი წნევის ორთქლით. ასეთი თეცის სქემა მოცემულია ნახ. 1-ზე.



ნახ. 1. ქვაბ-უტილიზატორიანი თბოფიკაციური ოატდ-ის პრინციპული სქემა
1-კომპრესორი; 2-წვის კამერა; 3-აირის ტურბინა; 4-ელექტროგენერატორი; 5-ქვაბ-უტილიზატორი (ორწნევიანი); 6-ორთქლის ტურბინა; 7-8-ქსელის შემთბობები; 9- კონდენსატორი; —
ჰაერი;
● —● სათბობი; ●●● წვის პროდუქტები; — — ორთქლი; — — წყალი;

აღნიშნული მიდგომის ძირითად თავისებურებას ოატდ-ს მოწყობილობის არჩევისას წარმოადგენს ის, რომ ამ დროს გვეძლევა საშუალება ატდ-ის სიმძლავრის შემცირებისას, როცა გარემოს ტემპერატურა იზრდება, მისი კომპენსაცია მოვახდინოთ ორთქლის ტურბინის სიმძლავრის ზრდით.

ორთქლაირულ ციკლზე გადასვლა ორთქლძალოვანთან შედარებით უზრუნველყოფს ეკონომიურობის მკვეთრ ზრდას. ის თავის გამოხატულებას პოულობს ორი ძირითადი მაჩვენებლის ერთობლივ გავლენაში, რომელიც ახასიათებს ენერგომომარაგების კომბინირებულ სქემას, ესენია: ელექტრული ენერჯის კუთრი გამომუშავება თბურ მოხმარებაზე და სათბობის კუთრი ხარჯი ელექტროენერჯის გამომუშავებაზე.

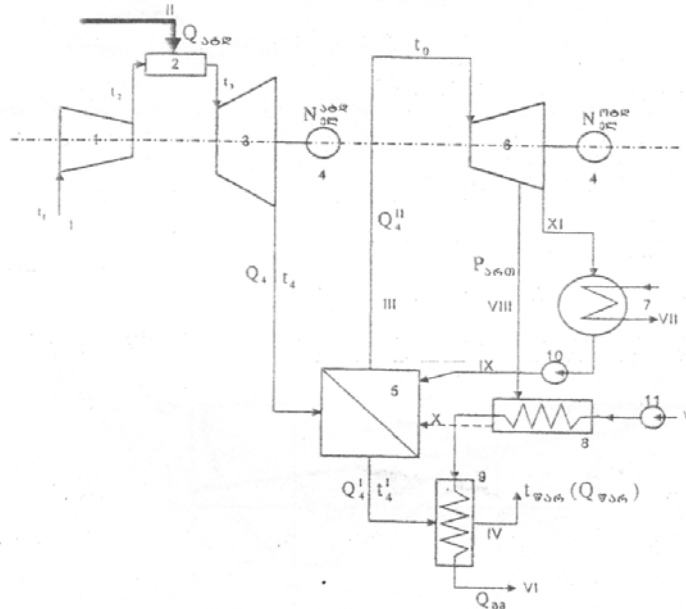
გარდა ციკლის თერმოდინამიკური ეფექტურობის გაზრდისა, ორთქლაირიან დანადგარზე გადასვლა უზრუნველყოფს თეცში დანადგარის კუთრი კაპიტალდაბანდების მნიშვნელოვან შემცირებას დადგმული ელექტრული სიმძლავრის ერთეულზე.

ბინარული ტიპის ქვაბ-უტილიზატორიანი თბოფიკაციური ორთქლაირული დანადგარები გამოირჩევა ელექტროენერჯის მაქსიმალური გამომუშავებით თბური

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

მოსმარების ბაზაზე და ყველა პერსპექტიულია თეციებისათვის [2,3].

ნახ. 2-ზე მოყვანილია ასეთი ტიპის დანაგარებით აღჭურვილი თეცის პრინციპული თბური სქემა [3], სადაც გამოყენებულია უმარტივესი ტიპის აირტურბინული დანადგარი (ატდ), KO ტიპის (T ან II) ერთრეგულირებად ართმევიანი თბოფიკაციური ორთქლის ტურბინა, რომელსაც არა აქვს ორთქლის რეგენერაციული ართმეები.



ნახ. 2. ქვაბ-უტილიზატორიანი აოტდ-თეცის პრინციპული თბური სქემა

1-ატდ-ს ჰაერის კომპრესორი; 2- წვის კამერა; 3- აირტურბინა; 4- ელექტროგენერატორი; 5- ქვაბ-უტილიზატორი; 6- ორთქლის ტურბინა; 7- კონდენსატორი; 8- ორთქლწყლიანი ქსელის შემთბობი; 9- აირწყლიანი ქსელის შემთბობი; 10- კონდენსატის ტუმბო; 11- ქსელის წყლის ტუმბო; I- ჰაერის შეწოვა კომპრესორში; II- სათბობის მიწოდება წვის კამერაში; III- ორთქლი ქვაბ-უტილიზატორიდან; IV- წარმავალი აირები ატმოსფეროში; V- დაბრუნებული ქსელის წყალი; VI- პირდაპირი ქსელის წყალი; VII- საცირკულაციო წყალი; VIII- ორთქლის რეგულირებადი ართმევა; IX-კონდენსატი; X- ართმეული ორთქლის დრენაჟი; XI- ნამუშევარი ორთქლი.

ატდ-ის წარმავალი აირების სითბოს უტილიზაცია ხდება თანმიმდევრულად ჯერ ქვაბ-უტილიზატორში 5 ორთქლის ტურბინისათვის 6 დაბალი ან საშუალო წნევის ორთქლის მისაღებად, შემდეგ კი აირწყლიან შემთბობში 9. ამის შედეგად წარმავალი აირების ტემპერატურა მცირდება 450...550°C-დან (ატდ-ის გამოსასვლელზე) 100...150°C-მდე (ატმოსფეროში გატყორცნისას). გათბობა-ცხელწყალმომარაგების სისტემაში მისაწოდებელი ქსელის წყალი შეთბება ჯერ ორთქლწყლიან შემთბობში (ბოილერში) 8 ორთქლის ტურბინიდან ართმეული ორთქლით, შემდეგ კი აირწყლიან შემთბობში 9 ატდ-ის წარმავალი აირებით.

წარმოდგენილი ტიპის ორთქლაირული თეცის ენერგოეფექტურობის თერმოდინამიკური ანალიზის საფუძველზე, განსაზღვრულია [4] ასეთი თეცის თბური ეკონომიურობის ძირითადი მაჩვენებლები:

$$a) \eta_{\text{ატდ}}^{\text{სრ}} = \eta_{\text{ატდ}} \left[1 + \beta_{\text{გმ}} \left(\frac{1}{\eta_{\text{ატდ}}} - \frac{1}{\eta_{\text{გმ}}} - q_{\text{წარ}} \right) + \bar{N}_{\text{ს}}^{\text{მლ}} \left(1 + \bar{N}_{\text{ს}}^{\text{მლ}} / \omega_{\text{ატდ}} \right) \right]; \quad (1)$$

ბ) თეცის კერძო მქ კოეფიციენტი „ბრუტო“ ელექტროენერგიის გამომუშავებაზე

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

$$\eta_{\text{აოტდ}}^{\text{შლ}} = \left(1 + \bar{N}_{\text{შლ}}^{\text{ოტდ}}\right) / \left[\left(1 - \eta_{\text{აოტდ}}^{\text{სრ}}\right) / \eta_{\text{აოტდ}} + 1 + \bar{N}_{\text{შლ}}^{\text{ოტდ}}\right], \quad (2)$$

გ) თეცში ელექტროენერჯის კუთრი გამომუშავება თბური მოხმარების ბაზაზე

$$\omega_{\text{აოტდ}} = \left(1 + \bar{N}_{\text{შლ}}^{\text{ოტდ}} \cdot \bar{N}_{\text{ო}}^{\text{შლ}}\right) / \left[\left(\eta_{\text{აოტდ}}^{\text{სრ}} / \eta_{\text{აოტდ}} - \left(1 + \bar{N}_{\text{შლ}}^{\text{ოტდ}}\right)\right)\right]; \quad (3)$$

დ) პირიბითი სათბობის კუთრი ხარჯი ელექტროენერჯის გამომუშავებაზე, კვ.ს/(კვტ.სთ)

$$b_{\text{აოტდ}}^{\text{შლ}} = 0,123 \left\{1 + \left(1 - \eta_{\text{აოტდ}}^{\text{სრ}}\right) / \left[\eta_{\text{აოტდ}} \left(1 + \bar{N}_{\text{შლ}}^{\text{ოტდ}}\right)\right]\right\}; \quad (4)$$

ე) თეცში ელექტროენერჯის გამომუშავებაზე დახარჯული სათბობის წილი

$$\beta_{\text{აოტდ}}^{\text{შლ}} = \left(1 - \eta_{\text{აოტდ}}^{\text{სრ}}\right) + \eta_{\text{აოტდ}} \left(1 + \bar{N}_{\text{შლ}}^{\text{ოტდ}}\right); \quad (5)$$

ვ) ენერგოსისტემაში ორთქლაირული თეცის ფუნქციონირებით განპირობებული სათბობის ფარდობითი ეკონომია – ენერგოწარმოების განცალკევებულ მეთოდთან შედარებით (ელექტროენერჯია კონდენსაციურ ელექტროსადგურში, სითბო – რაიონულ საქვებში):

$$\bar{B}_{\text{გმ}} = 1 - 1 / \left[\eta_{\text{აოტდ}} \left(1 / \eta_{\text{კვს}} - 1 / \eta_{\text{საქ}}\right) \left(1 + \bar{N}_{\text{შლ}}^{\text{ოტდ}}\right) + \eta_{\text{აოტდ}}^{\text{სრ}} / \eta_{\text{საქ}}\right]; \quad (6)$$

$\eta_{\text{გმ}}$ - ატდ-ის და ოტდ-ის ელექტრომექანიკური მქ კოეფიციენცია ($\eta_{\text{გმ}} \cong 0,97$); $\eta_{\text{აოტდ}}$, $\eta_{\text{კვს}}$, $\eta_{\text{საქ}}$ შესაბამისად აირტურბინული დანადგარის, კონდენსაციური ელექტროსადგურის და რაიონული საქვების მქ კოეფიციენტები;

$\omega_{\text{ოტდ}}$ - ორთქლტურბინულ დანადგარში ელექტროენერჯის კუთრი გამომუშავება თბური მოხმარების ბაზაზე [5]; $\beta_{\text{გმ}}$ - ატდ-ის წარმავალი აირების სითბოს წილი, რომელიც

მიეწოდება აირწყლიან შემთბობს; $\bar{N}_{\text{შლ}}^{\text{ოტდ}}$ - ორთქლაირულ თეცში შემავალი ორთქლტურბინული და აირტურბინული დანადგარების ელექტრულ სიმძლავრეთა ფარდობა [4]; $\bar{N}_{\text{ო}}^{\text{შლ}}$ ორთქლის ტურბინაში თბოფიკაციური ნაკადით გამომუშავებული ფარდობითი ელექტრული სიმძლავრე; $q_{\text{წარ}}$ ატდ-ის წარმავალი აირებით სითბოს კუთრი დანაკარგი – ატდ-ის 1 კვტ სიმძლავრეზე გაანგარიშებით [6].

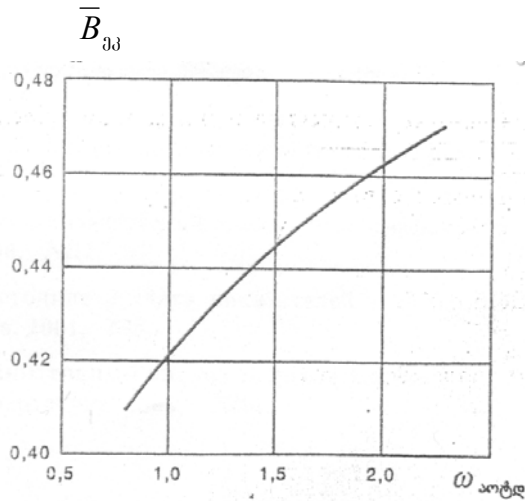
ზემოთ მოყვანილი ფორმულების და [68]-ში დამუშავებული მეთოდის გამოყენებით აგებულია გრაფიკები, რომლებიც ასახავენ განხილული ტიპის ორთქლაირული თეცის ენერგოეფექტურობის ძირითადი მაჩვენებლების დამოკიდებულებას მახასიათებელ პარამეტრებზე.

$\beta_{\text{გმ}}$ - კოეფიციენტი შეიძლება იცვლებოდეს დიაპაზონში 0-დან 1-მდე, როცა $\beta_{\text{გმ}} = 0$, მაშინ ატდ-ის წარმავალი აირების სითბო მთლიანად გამოიყენება ქვანახშირის რეაქტორში ორთქლის მისაღებად. ამ შემთხვევაში ოტდ-ის ელექტრული სიმძლავრე მაქსიმალურია. შესაბამისად ელექტროენერჯის კუთრი გამომუშავება $\omega_{\text{ოტდ}}$ ძალიან მაღალი გამოდის $\omega_{\text{ოტდ}} = 2,0...2,3$, სათბობის ფარდობითი ეკონომიაც

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

მაქსიმალურია: $\bar{B}_{\text{კვ}}=0,47$. როდესაც, $\beta_{\text{კვ}}=1$, მაშინ ატდ-ის წარმატალი აირების სიბო გამოიყენება მხოლოდ ქსელის წყლის შესატობად, აირწყლიან შემთობში, ორთქლი ქვაბ-უტილიზატორში არ გამომუშავდება, ამიტომ ორთქლის ტურბინა სქემიდან გამოირიცხება და აოტდ აირტურბინულ თეცად გარდაიქმდება [6]. ამ შემთხვევაში ელექტრული სიმძლავრის გენერირება წარმოებს მხოლოდ აირტურბინულ დანადგარში, შესაბამისად პარამეტრიც ω გამოდის მინიმალური - $\omega \approx 0,8$, სათობის ფარდობითი ეკონომიაც რამდენადმე შემცირებულია: $\bar{B}_{\text{კვ}}=0,41$.

ამრიგად, $\beta_{\text{კვ}}$ პარამეტრის გადიდებისას იზრდება აოტდ-თეცის როგორც სრული, ასევე კერძო (ელექტროენერჯის გამომუშავებაზე) მქ კოეფიციენტი, თუმცა უკანასკნელი უფრო ნაკლები ინტენსიურობით, ვიდრე $\eta_{\text{აოტდ}}^{\text{სრ}}$.



ნახ. 3. დამოკიდებულება $\bar{B}_{\text{კვ}} = f(\omega_{\text{აოტდ}})$ აოტდ-თეცისათვის, როცა $\eta_{\text{კვ}} = 0,37$,

$$\eta_{\text{საქ}} = 0,8, \eta_{\text{აბდ}} = 0,4, \omega_{\text{ოტდ}} = 0,6, \Delta t_{\text{წარ}} = 100^{\circ}\text{C}$$

ნახ. 3-ზე ნაჩვენებია სათობის ფარდობითი $\bar{B}_{\text{კვ}}$ ეკონომიის დამოკიდებულება $\omega_{\text{აოტდ}}$ პარამეტრზე. ამ ფუნქციას მკვეთრად ზრდადი ხასიათი აქვს. ეს მრუდი ადასტურებს, რომ ელექტროენერჯის კუთრი

გამომუშავება თბური მოხმარების ბაზაზე არსებითად განსაზღვრავს სათობის იმ ეკონომიას, რომელიც მიიღწევა ენერგოსისტემაში ორთქლიაირული თეცის ფუნქციონირებისას – თბოელექტრომომარაგების განცალკევებულ მეთოდთან შედარებით.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Хрилев Л.С. Теплофикационные системы. М.: Энергоатомиздат. 1988, 272 с.
2. Цанев С.В., Буров В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций. М.:изд-во МЭИ. 2002, 584 с.
3. Боровков В.М., Демидов О.Н., Казаров С.А. и др. Тепловые схемы ТЭС и АЭС. СПб.: Энергоатомиздат. 1995, 392 с.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

4. ჩიტაშვილი გ., ჯიშკარიანი თ. ქვაბ-უტილიზატორიანი ორთლაირუ-
5. ლი თბოელექტროცენტრალების ენერგოეფექტურობის თერმოდინამი-
6. კური ანალიზი თბილისი// ენერგია (საინჟინერო კრებული). 2004, გვ. 99-107.
7. Сазанов Б.В., Ситас В.И. Теплоэнергетические системы промышленных предприятий. М.: Энергоатомиздат. 1990, 304 с.
8. Читашвили Г.П. К. методике расчета показателей энергоэффективности газотурбинных ТЭЦ // Теплоэнергетика. 2001, №8. с. 60-64.

SHORT DESCRIPTION OF STEAM-AIR DEVICES AND MAIN INDICATORS OF THEIR EFFICIENCY

Mtchedlidge K., Pantskhava H.

Georgian Technical University

Summary

Binary steamer-utilizer heating gas-vapor plants are distinguished by maximal generation of electricity on the basis of thermal consumption and are the most perspective for heat and power plants. It has been established that power efficiency of steamer-utilized gas-vapor heat and power plant is mainly depended on the efficiency factor of gas-turbine plant and the showings of heating gas-vapor turbine power efficiency. Specific generation of electricity if gas-turbine installation heat and power plant is the highest on the basis of thermal consumption and reaches to 2,0...2,3. Accordingly, relative savings of fuel is the most of all in energy system (35...47%). The present index is significantly depended to the efficiency factor of the sectional boiler house to be replaced and condense power plant.

**შუქდიოდური სანათების კვების ნახევარგამტარული
წყაროები**

ქათამაძე ი.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

მოკლე ანოტაცია: სტატიის შინაარსი ეხება ენერგოდაზოგვის ღონისძიებებს და ეკოლოგიურ პრობლემებს, აგრეთვე, შუქდიოდური სანათების გამოყენების უპირატესობებს და პოპულარიზაციას, თანამედროვე მართვის ნახევარგამტარული კვების წყაროების მიმოხილვას, დრაივერების მნიშვნელოვან როლს შუქდიოდების საიმედო მუშაობისთვის.

ელექტრული ენერჯის დაზოგვა - ბუნებრივი რესურსების შენახვის მნიშვნელოვანი ამოცანაა. დღეისათვის ენერგოდაზოგვის ღონისძიებების გატარება განათების სისტემაში აქტუალურია. მთელ მსოფლიოში განათების სისტემაში ენერგოდამზოგ ტექნოლოგიებზე გადასვლა ელექტრული ენერჯის ეკონომიისა და ეკოლოგიის თვალსაზრისით დიდ ინტერესს იწვევს. იზრდება მოთხოვნა შუქდიოდური სანათებზე და მათი გამოყენება განათებაში სულ უფრო პოპულარული ხდება. მაგალითად, ელექტროენერჯის ეკონომიისა და ატმოსფეროში ნახშირმჟავა გაზის გამონაბოლქვის შემცირების მიზნით, 2009 წლის 1 სექტემბრის 2005/32/ დირექტივის შესაბამისად, ევროკავშირში ძალაში შევიდა ვარვარა ნათურების წარმოების ეტაპობრივი აკრძალვა. შემდგომში მოსალოდნელია შეიზღუდოს სხვა არაეფექტური ნათურების წარმოებაც. ზოგიერთი მათგანი შეიცავს ადამიანის ჯანმრთელობისთვის მეტად საშიშ ნივთიერებებს (მაგ. ვერცხლისწყალი და მისი შენაერთები).

შუქდიოდური სანათი წარმოადგენს ნახევარგამტარულ ხელსაწყოს ელექტრულ-ხერცელური გადასასვლელით, რომელიც ქმნის ოპტიკურ გამოსხივებას მასში დენის გავლის დროს. შუქდიოდური სანათები ფართოდ გამოიყენება პროექტო-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

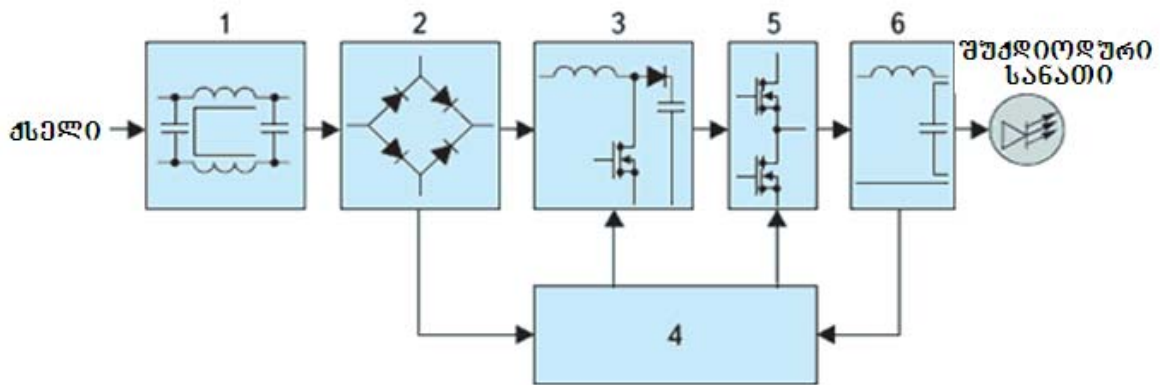
რებში, შექდიოდურ ლენტებში, დეკორატიულ შექტეკნიკაში და კომპაქტურ სანათ ხელსაწყოებში. შექდიოდური სანათი ხელსაწყოები იყოფა ქუჩისა და ინტერიერის ხელსაწყოებად. ამჟამად მათ იყენებენ შენობების, ქუჩების, საწარმოო და საოფისე შენობების, სარეკლამო კონსტრუქციების, ფანტანების, გვირაბებისა და ხიდების, სახლის ინტერიერისა და ავეჯის, ავტომობილების გასანათებლად.

შექდიოდური სანათების უპირატესობებია: მაღალი მარგი ქმედების კოეფიციენტი; მცირე ზომები; მუშაობის დიდი ხანგრძლივობის ვადა; მაღალი მექანიკურ სიმტკიცე და ვიბრომედევობა; მაღალი ელექტრო და ხანძარსაწინააღმდეგო უსაფრთხოება; დაბალი ტემპერატურის მიმართ არამგრძობიარობა; შექფილტრების გამოყენების გარეშე სხვადასხვა სპექტრალური მახასიათებლების მიღების შესაძლებლობა; უმნიშვნელო ულტრაიისფერი და ინფრაწითელი გამოსხივება; უმნიშვნელო სითბოს გამოყოფა; მომწამლავი მდგენელების არქონა, რაც გამორიცხავს ექსპლუატაციისას მოწამვლის საშიშროებას.

შეიძლება აღინიშნოს მისი ძირითადი უარყოფითი თვისებებიც: მაღალი ფასი; ვარვარა ნათურებთან შედარების მნიშვნელოვნად დაბალი კვების ძაბვა, ამიტომ შექდიოდებს აერთებენ მიმდევრობით ან გამოიყენებენ ძაბვის გარდამქმნელებს; დაბალი ზღვრული ტემპერატურა; მძლავრი გამანათებელი შექდიოდები გაცივებისთვის მოითხოვენ გარე რადიატორს.

სანათი დანადგარების დადებითი მაჩვენებლების უზრუნველსაყოფად არსებითი მნიშვნელობა აქვს სხვადასხვა საინჟინრო მეთოდებისა და ხერხების გამოყენებას, მაგალითად, ბუნებრივი განათებულობის დონის მიხედვით ხელსაწყოების ჩართვა-გამორთვა. ეს მოსახერხებელია ქუჩის განათების მართვის ინტელექტუალური სისტემის გამოყენებით.

კონსტრუქციულად შექდიოდური სანათი შედგება ორი ბლოკისგან - სინათლის გამოსხივებული ნაწილი და კვების ნახევარგამტარული წყარო (ნახ.1).



ნახ.1. კვების ნახევარგამტარული წყაროს სტრუქტურული სქემა. 1. მაღალსიხშირული დაბრკოლებების ჩამსშობი ფილტრი, 2. გამმართველი, 3. ელექტრული ქსელიდან მოხმარებული დენის ფორმის კორექტორი, 4. მმართველი კასკადი, 5. სიმძლავრის გამაძლიერებელი, 6. გამოსასვლელი კასკადი.

შექდიოდების საიმედო მუშაობისთვის დიდი მნიშვნელობა აქვს კვების წყაროს სწორად შერჩევას. კვების ნახევარგამტარული წყარო განკუთვნილია შექდიოდების მართვისათვის. ზოგადად კვების წყარო წარმოადგენს ცალკე ფუნქციონალურ ბლოკს, რომელსაც აქვს შესასვლელი და გამოსასვლელი პარამეტრები (ნახ.2).

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

ანსხვავებენ კვების წყაროს ორი ძირითად ტიპს, ესენია: დრაივერი და კვების ბლოკი ტრანსფორმატორით.

დრაივერი - იგივე კვების ბლოკია. მისი დანიშნულებაა მიმდევრობით შეერთებული შექლიოდების კვება. უზრუნველყოფს სტაბილურ დენს გამოსასვლელზე. განაპირობებს შექლიოდების საიმედო და ხანგრძლივ მუშაობას. ძირითადად გამოიყენება სხვადასხვა სანათ საშუალებებში. სხვაგვარად მას დენის წყაროსაც უწოდებენ.

კვების ბლოკი ტრანსფორმატორით - ყოველთვის იძლევა ერთი და იგივე სიდიდის ძაბვას დატვირთვის მიუხედავად და განკუთვნილია პარალელურად შეერთებული შექლიოდების კვებისთვის. მას ძაბვის წყაროს უწოდებენ. განათების სისტემაში დრაივერის ფართო გამოყენება განაპირობა მისმა უპირატესობამ კვების ბლოკთან შედარებით:

დრაივერით კვების დროს შექლიოდები იღებენ მთელ მის სიმძლავრეს და ამის გამო გამოსხივებული სინათლე უფრო მკვეთრია. ვიდრე იგივე სიმძლავრის კვების ბლოკის შემთხვევაში, სადაც სიმძლავრის ნაწილი იხარჯება სქემაში ჩართულ დენის შემზღვეველ რეზისტორებზე და ტრანსფორმატორზე. დრაივერით კვებისას შექლიოდები უსაფრთხოდ იკვებება დენის კრიტიკული მნიშვნელობის დროსაც.

დრაივერით კვებისას შექლიოდების მუშაობის ხანგრძლივობა გაცილებით მეტია, ვინაიდან დენის მნიშვნელობა არ აჭარბებს ნორმით გათვალისწინებულს.

დრაივერის ნაკლად შეიძლება ჩაითვალოს დენის და სიმძლავრის განსაზღვრული მნიშვნელობა, აქედან გამომდინარე საჭიროა მკაცრად შევარჩიოთ შესაბამისი შექლიოდების რაოდენობა განსაზღვრული სიმძლავრით. არსებობს უნივერსალური დრაივერები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ნებისმიერი რაოდენობის შექლიოდების მუშაობას მოცემულ დენზე, თუ მათი ჯამური სიმძლავრე არ აღემატება დრაივერის სიმძლავრეს. მაგრამ ისინი ნაკლებად ეფექტურია. ამ უპირატესობების გამო დრაივერებმა ფართო გამოყენება ჰპოვეს განათების სისტემებში.

~ ~ ~

ამჟამად დრაივერების ელექტროტექნიკური შესაძლებლობები მნიშვნელოვ-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

ნად აღემატება ჩვეულებრივ გამშვებ-მარეგულირებელი აპარატურის შესაძლებლობებს. დრაივერს აქვს უნარი ძაბვის მნიშვნელოვანი რხევების დროს 70-150%-ის ფარგლებში (150-330ვ) შუქდიოდების წყობაზე შეინარჩუნოს ძაბვისა და დენის მოთხოვნილი პარამეტრები. ამ დროს ძაბვის გადახრა 220ვ-დან არავითარ გავლენას არ ახდენს დრაივერისა და შუქდიოდების მუშაობის ხანგრძლივობაზე. მაშასადამე შუქდიოდური სანათების რეკონსტრუქციისა და დაპროექტების დროს შესაძლებელია გვერდი ავუაროთ ელექტროდანადგარების მოწყობის წესებში ნაჩვენებ ძაბვის გადახრის დასაშვებ ზღვარს (5% ნ). ეს ნიშნავს, რომ ქუჩის განათების ქსელის დაპროექტების დროს იხსნება მთავარი შემზღვეველი ფაქტორი - შემოწმება ძაბვის ვარდნის მიხედვით.

სხვადასხვა ფორმის კვების ნახევარგამტარული ბლოკების ელექტრული პარამეტრები პრაქტიკულად ერთნაირია: მ.კ.კ.- 86-94%; სიმძლავრის კოეფიციენტი-როგორც წესი 0,95 და უმრავლეს შემთხვევაში დამოკიდებულია გამოყენებულ ტევადურ ელემენტებზე; ქსელური კვების ნახევარგამტარული ბლოკები ნორმალურად მუშაობენ 80-360ვ ძაბვის დიაპაზონში და პრაქტიკულად ყველას შეუძლია მუშაობა მუდმივი ძაბვის ქსელებიდან 170-340 ვ ფარგლებში; მოხმარებულ დენში ჰარმონიკების შემცველობა შვეულებრივ არ აღემატება 15%-ს.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, შეგვიძლია გავაკეთოდ შემდეგი ძირითადი დასკვნები:

ენერგოეფექტურობა განათების სფეროში გულისხმობს სწორ და ხარისხიან განათებას. ელექტრონიკის უახლესი მიღწევების დანერგვა სანათ მოწყობილობებში მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს სანათების შუქტექნიკურ მონაცემებს. თანამედროვე მიკროსქემების გამოჩენა შუქდიოდურ კვების წყაროებში საგრძნობლად ამცირებს ექსპლუატაციის დანახარჯებს, ზრდის შუქდიოდური სანათების მუშაობის ხანგრძლივობას, ზოგავს ენერგორესურსებს და აუმჯობესებს ეკოლოგიურ მხარეს. შედეგად, სწორი განათების ღონისძიებების გატარება საშუალებას იძლევა, მნიშვნელოვნად შემცირდეს ელექტროენერჯის მოხმარება.

ლიტერატურა

1. Гольцова М. Драйверы Светодиодов : От мобильных телефонов до уличных светильников, Выпуск №8/2011
2. aled.ru/led-drivers.html

SEMICONDUCTIVE LED LAMP POWER SOURCES

Katamadze Irma

Akaki Tsereteli State University

Summary

Improvement of energy efficiency and environmental conditions is a problem of the whole world. Introduction of energy-saving technologies in the lighting systems is given great prominence. This is an irreversible process and develops continuously. The use of high-tech power semiconductive sources in the lighting facilities improves the quality of lighting and fosters energy conservation.

ბალური ტრანზისტორები- IGBT, მათი

აბეზულება და მუშაობის თავისებურებები

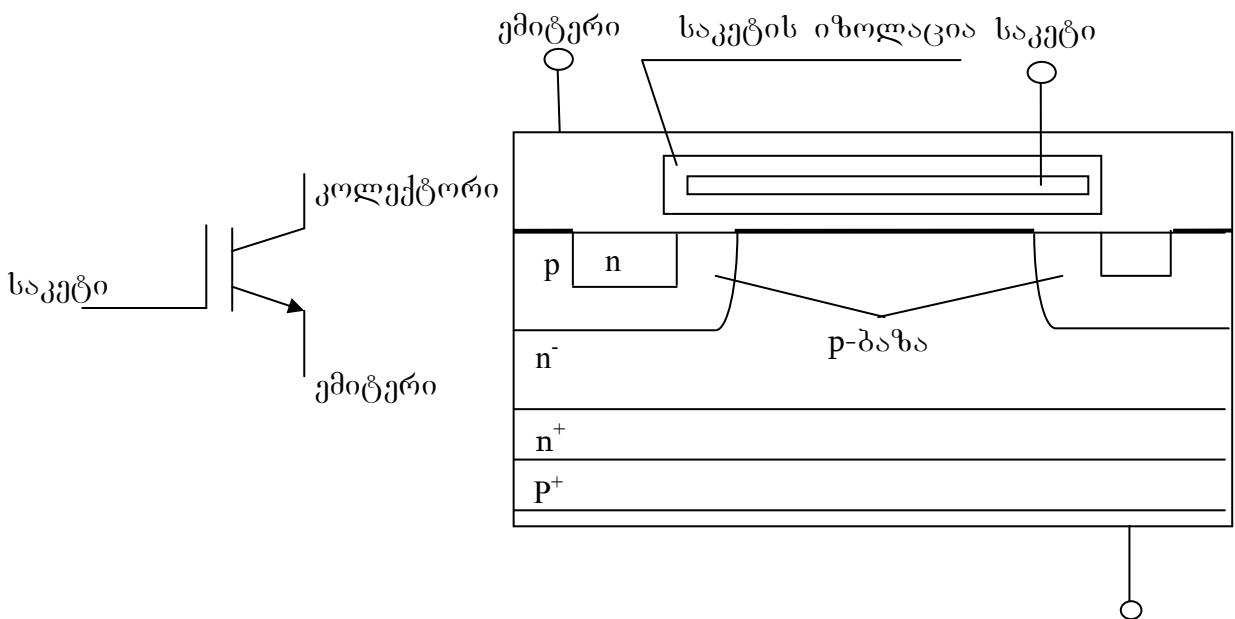
ქათამაძე ი.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

მოკლე ანოტაცია: სტატიის შინაარსი ეხება თანამედროვე ძალური ელექტრონიკის განვითარების საკითხებს. სტატიაში განხილულია იზოლირებულ საკეტიანი ბიპოლარული ტრანზისტორის სტრუქტურა, განვითარების სხვადასხვა საფეხურზე მისი პარამეტრები და ვოლტ-ამპერული მახასიათებლები, აგრეთვე განხილულია I თ -ს დადებითი და უარყოფითი მხარეები.

თანამედროვე ძალური ელექტრონიკის პროგრესი პირდაპირ დაკავშირებულია ძალური ნახევარგამტარული გასაღებების ტექნიკურ სრულყოფასთან. გასული საუკუნის 80-იანი წლებიდან მსოფლიოს წამყვანმა ფირმებმა და კომპანიებმა ((Motorola, [general Electric](#), Mitsubichi და სხვა) სერიოზული სამუშაოები ჩაატარეს ამ სახის ხელსაწყოების დასამზადებლად. მათ შორის, გამოყენების მიხედვით, ერთერთი გამორჩეულია ბიპოლარული ტრანზისტორი იზოლირებული საკეტით - IGBT. ეს ხელსაწყო წარმოადგენს ღდნ (ლითონ-დიელექტრიკ-ნახევარგამტარის) და ბიპოლარული ტრანზისტორების სტრუქტურათა პლანარულ კომბინაციას.

ხელსაწყო საბაზო უჯრედი მიიღება ღდნ-ის შესასვლელი და ბიპოლარული ტრანზისტორის გამოსასვლელი სტრუქტურათა შერწყმის შედეგად და შესაბამისად მასში გაერთიანებულია ორივე ტრანზისტორის დადებითი თვისებები.



ა)

ბ)

ნახ.1-ა) IGBT -ს პირობითი აღნიშვნა; ბ) საბაზო უჯრედის სტრუქტურა.

IGBT - სრულიად მართვადი ნახევარგამტარული ხელსაწყოა, რომლის საფუძველს წარმოადგენს სამფენოვანი სტრუქტურა (ნახ.1-ბ). მისი შემავალი მახასიათებელი ველით მართული ტრანზისტორის მსგავსია, ხოლო გამოსასვლელი მახასიათებელი კი ბიპოლარული ტრანზისტორის. IGBT -ს ჩართვის პროცესი შეიძლება შემდგენაირად წარმოვიდგინოთ:

I ეტაპი - საკეტსა და სათავეს შორის დადებითი ძაბვის მიწოდებისას გაიღება ველით მართული ტრანზისტორი;

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

II ეტაპი - n სფეროდან p-ში მუხტების მოძრაობის შედეგად იღება ბიპოლარული ტრანზისტორი და გაივლის დენი ემიტერიდან კოლექტორისკენ.

IGBT -ს თვისობრივი დახასიათების მიზნით მოვახდინოთ ბიპოლარული და ველთ მართული ტრანზისტორების შეფასება:

ბიპოლარული ტრანზისტორის ძირითადი უარყოფითი თვისებებია:

- ჩართვისას საჭირო ბაზის დენის დიდი მნიშვნელობები;
- მართვის დენის მოხსნის შემდეგ კოლექტორის დენი მყისიერად არ მცირდება, რის გამოც კოლექტორის წრედში წარმოიქმნება წინაღობა. რაც იწვევს ტრანზისტორის გახურებას;
- ბიპოლარული ტრანზისტორის პარამეტრები მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული ტემპერატურაზე;
- კოლექტორ-ემიტერის წრედში გაჯერების დაბვა განსაზღვრავს მინიმალურ მუშა დაბვას.

ველით მართულ ტრანზისტორში გაუმჯობესებულია მთელი რიგი პარამეტრები:

- იმართება დაბვით და არა დენით, როგორც ეს ხდება ბიპოლარულ ტრანზისტორში;
- მისი პარამეტრები არ არის მნიშვნელოვნად დამოკიდებული ტემპერატურაზე;
- მუშა დაბვას არ აქვს ქვედა ზღვარი;
- გააჩნია არხის მცირე წინაღობა (ომის მეათედზე ნაკლები);
- მუშაობა შეუძლია დენების დიდ დიაპაზონში (მილიამპერიდან რამოდენიმე ასობით ამპერამდე);
- მას აქვს გადართვის დიდი სისწირე (ასობით კპც და მეტი);
- აქვს მაღალი მუშა დაბვა სხვადასხვა დატვირთვაზე.

IGBT ხასიათდება აღნიშნული ტრანზისტორების საუკეთესო თვისებებით:

- დიდი შესასვლელი წინაღობა, მართვისთვის მცირე მოთხოვნილი სიმძლავრე;
- ღია მდგომარეობაში ნარჩენი დაბვის დაბალი მნიშვნელობა;
- მისი მართვა ხდება დაბვით;
- მუშა დენის და დაბვის დიდი დიაპაზონი;
- მუშა სისწირის დიდი დიაპაზონი;
- დიდი დენებისა და დაბვების დროს მცირე დანაკარგები;
- გადართვების დროს სწრაფქმედებით მნიშვნელოვნად აღემატება ბიპოლარულს, მაგრამ ჩამორჩება ველით მართულ ტრანზისტორებს.

IGBT -ს ძირითადი პარამეტრებია:

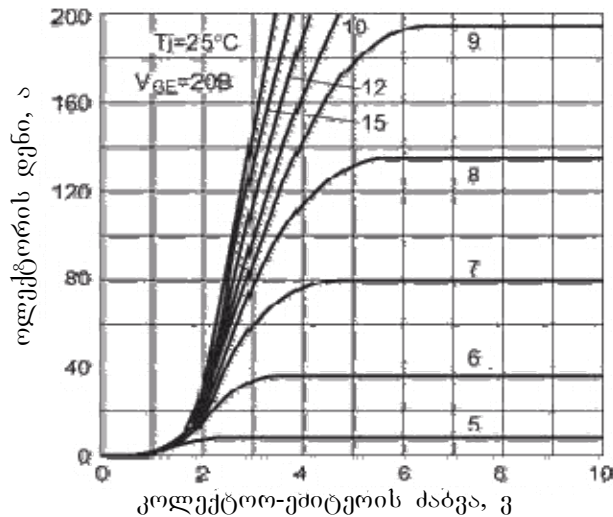
- ტრანზისტორის ჩართვის და გამორთვის ხანგრძლივობა, მკწმ. (უმეტესად $0.5 \div 1.0$ მკწმ);
- საკეტი-ემიტერის, კოლექტორ-ემიტერის და საკეტი-კოლექტორის ტევადობები, ნფ;
- ტრანზისტორის საკეტის მუხტი, ნკლ;
- ტრანზისტორის კრისტალის გახურების მაქსიმალური დასაშვები ტემპერატურა, °C;
- ფანტის მაქსიმალური სიმძლავრე, ვტ;
- გაჯერების დაბვა, ანუ დაბვა ტრანზისტორის კოლექტორ-ემიტერის გამომყვანებზე;
- კოლექტორის ზღვრული დასაშვები იმპულსური დენი 25°C ტემპერატურაზე, ა;

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

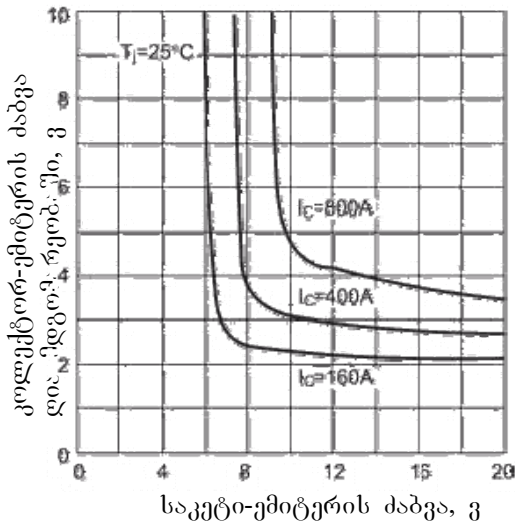
- კოლექტორის ზღვრული დასაშვები მუდმივი დენი 25°C ტემპერატურის დროს, ა;
- ძაბვის ზრდის ზღვრული სიჩქარე, რომელიც არ გამოიწვევს ტრანზისტორის თვითნებურ გაღებას, dv/dt ;
- გადასასვლელი-კორპუსის თბური წინაღობა, $^{\circ}\text{C} / \text{ვტ}$;
- ჩართვის, გამორთვის და გადართვის ენერგიები, მგჯ.

IGBT -მ უკვე თავისი განვითარების რვა საფეხური გაიარა. ტექნოლოგიაში მსოფლიო ლიდერმა კომპანიამ IR (International Rectifier) წარმოადგინა IGBT ახალი მე-8 თაობა, რომელიც უზრუნველყოფს მაღალმწარმოებლობას და ენერჯის ეკონომიას. მას აქვს საუკეთესო პარამეტრები: ემიტერ-კოლექტორის გაჯერების მაღალი ძაბვა, რომელიც ამცირებს ფანტვის სიმძლავრეს; მინიმალური dv/dt - ძაბვის ზრდის ზღვრული სიჩქარე, რაც იწვევს ელექტრომაგნიტური შეფერხებების შემცირებას, იკლებს გადაძაბვის შესაძლებლობა, იზრდება საიმედოობა; თანამედროვე თხელი ფირფიტების ტექნოლოგია აუმჯობესებს თბურ წინაღობას და უზრუნველყოფს გადასასვლელის მაქსიმალურ ტემპერატურას 175°C .

ტრანზისტორის ტიპური მახასიათებლები წარმოდგენილია ნახ.2 და ნახ.3 -ზე.



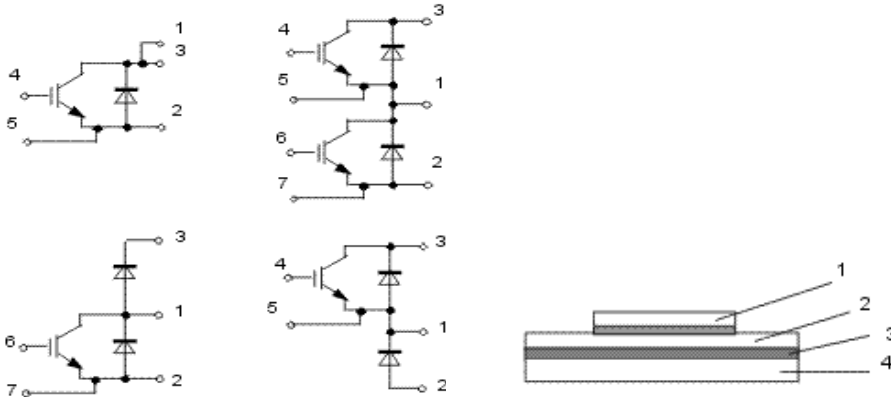
ნახ.2. IGBT -ს გამოსასვლელი ვოლტ-ამპერული მახასიათებელთა ოჯახი.



ნახ.3 კოლექტორ-ემიტერის გაჯერების ძაბვის დამოკიდებულება საკეტი-ემიტერის ძაბვასთან. დღესდღეობით ბიპოლარულ ტრანზისტორებს იზოლირებული საკეტი უშ-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ვებენ მოდულების სახით, უმეტესად სწორკუთხა კორპუსში ცალმხრივი მოჭერით და გაგრილებით (ნახ.4). აგრეთვე არსებობს ტაბლეტური კონსტრუქცია ორმხრივი გაგრილებით.



ნახ.4 ა) IGBT- მოდულის სქემები; ბ) მოდულის ტიპური კონსტრუქცია სწორკუთხა კორპუსში: 1-კრისტალი; 2- კერამიკის ფენა; 3- მიჩილუმი ფენა; 4- ქვედა სითბოგამომყოფი ფუძე.

თანამედროვე IGBT - მოდულებმა ფართო გამოყენება ჰპოვეს არამართვადი და მართვადი გამმართველების შექმნაში, ავტონომიურ ინვერტორებში საშუალო სიმძლავრის მუდმივი და ცვლადი დენის ძრავების კვებისათვის, ინდუსტრიული გახურების გარდამქმნელებში, შედულების აპარატებში, უწყვეტი კვების წყაროებში, საყოფაცხოვრებო და სტუდიურ ტექნიკაში.

დღესდღეობით ძალური ელექტრონიკის თანამედროვე ხელსაწყოებს შორის IGBT-ს უკავია დომინანტის მდგომარეობა ერთეული კილოვატიდან ერთეულ მეგავატ სიმძლავრეებისთვის. ბაზრის მოთხოვნის შესაბამისად ხორციელდება მისი შემდგომი განვითარება და პარამეტრების გაუმჯობესება:

- მაკომუტირებელი დენებისა და ძაბვების დიაპაზონის გაზრდა (ერთეული კილოამპერი, 5-7კვ) ;
- სწრაფმოქმედების გაზრდა;
- გადაძაბვის და ავარიული შემთხვევების დროს გაზრდილი მდგრადობა;
- პირდაპირი ძაბვის ვარდნის შემცირება;
- ტირისტორებთან მიახლოებული ახალი სტრუქტურების დამუშავება;
- „ინტელექტუალური“ გაგრილებით (რომლებიც აგებულია დიაგნოსტიკის და დაცვის ფუნქციებით) და მათ საფუძველზე აგებული მოდულების განვითარება;
- ახალი მაღალსაიმედო კორპუსების შექმნა AISIC-ს (Aluminum Silicon Carbide) და მოჭერი კონსტრუქციის გამოყენებით;
- სიხშირის გაზრდა და SIC-ს დანაკარგების შემცირება სწრაფადმდგენ უკუდიოდებზე;
- პირდაპირი წყლის გაცივების გამოყენება, გარდა იმ შემთხვევისა, როდესაც გამოყენებულია გამაცივებელი, ასეთი ტრანზისტორები გამოიყენება სარეცხ მანქანებში და ინვერტორულ კონდენციონერებში.

ამრიგად ჩატარებული მიმოხილვის საფუძველზე ნათლად ჩანს IGBT -ს უპირატესობა სხვა ტრანზისტორებთან შედარებით და ბაზრის მოთხოვნის შესაბამისად მისი პარამეტრების გაუმჯობესების შესაძლებლობა.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. К.Д. Рогачев. Силовые биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT);

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

2. გ. ღებუაძე. ძალური ელექტრონიკის საფუძვლები „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი-2009.
3. Дьяконов В.П., Ремнев А.М., Смердов В.Ю. Энциклопедия устройств на полевых транзисторах. Москва: Солон-Р, 2002, 512 с.

IGBT MODE TRANSISTORS, THE CONSTRUCTION AND OPERATING PECULIARITIES

katamadze I.

Akaki Tsereteli State University

Summary

The analysis carried out clearly shows that the progress in power electronics directly depends on technical improvement of power semiconductor switches. An example of this is a modern power IGBT. Its widespread use leads to the decrease of electromagnetic noises, the possibility of extra voltage reduces, and reliability goes up, and it ensures high-efficiency and energy conservation.

ЗАИЛЕНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩА ВАРЦИХСКОЙ ГЭС

Д. В. Носелидзе, Б. Бандзеладзе, Ш.А. Момцемлидзе, Д.З. Каладзе
Государственной университет Акакия Церетели

Рассматриваются темпы намыва водохранилища за период начала эксплуатации (1976-2014 гг). За этот период водохранилище намыло наносами в количестве 13,2 млн. м³, что составляет 90.4 % от полного объема (14.6.млн. м³). Промывы водохранилища через промывные галереи не дали ощутимых результатов. Рекомендуется очистку водохранилища осуществлять мощными землесосными установками.

რიონი - одна из крупнейших рек Закавказья. В древности была известна под названием Фазис. большая река.



Рис. 1 Отрезок верхнего течения реки Риони

Река в Грузии. Протяжённость — 327 км, площадь бассейна 13400 км². Начинается на склонах Большого Кавказа; ниже города Кутаиси течёт по Колхидской низменности. Впадает в Чёрное море у города Поты. Средний расход воды 405 м³/с. сред. расход наносов 214 кг/с[1,2,3] Сплавная от города Они. Используется для орошения. Рионский каскад ГЭС (Ладжанурская ГЭС, Гуматская ГЭС-1 и ГЭС-2, Рионская ГЭС, Варцихские ГЭС). Судходна от города Самтредия

Среднегодовой расход р. Риони возле с. Глола 27,3 м³/сек воды, возле Кутаиси 134

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

მ³/сек воды, у Сакочакидзе - 406 м³/сек воды. Максимальный расход возле с. Глола 345 м³/сек воды, возле Кутаиси - 1440 м³/сек воды, у Сакочакидзе - 3640 м³/сек воды. Минимальный расход возле с. Глола - 16 м³/сек воды, возле Кутаиси - 22,0 м³/сек воды, у Сакочакидзе – 34,0 м³/сек воды.

Водоток р. Риони согласно сезонам года: весной водоток - 38,8%, летом – 28,5%, осенью – 18,4 %, зимой- 14,3%.

Распределение водотока согласно компонентам подпитки таково: подземные воды – 34,7 %, дождь – 32,5%, снег -28,2 %, ледниковые воды – 4,6%. Риони за год сбрасывает в Черное море 12,9 куб.м. воды и твердых наносов в большом количестве.

Среднегодовое количество взвешенных наносов от истока к дельте возле села Геби составляет 96 тыс.т, у Хидикари -2,2 млн.т, возле села Намохвани – 4,9 млн.т, у Сакочакидзе – 6,9 млн.т.

На р. Риони бывают береговой лёд, снежура, шуга, ледоход в верхнем и среднем течении, в особенности в суровую зиму, в общем, образуется ледяной покров.



Рис. 2 Гуматская ГЭС -1

Вода р. Риони средней солоноватости (150-300 мг/л и согласно ионному составу причисляется к гидрокарбонатному классу.

Русло р. Риони наполняется наносными материалами в изрядном количестве, которые во время наводнения сплавляются по нижнему течению реки и впоследствии достигают до Черного моря.

На рис. 1 представлен отрезок верхнего течения р. Риони

На рис.2 представлена плотина ГуматиГЭС при наводнении, когда на плотину слева стекает замутненная вода, а справа вода из турбин.

Отработанная вода из ГуматиГЭС – I по деривационному каналу подается ГуматиГЭС – II, затем вода сливается в водохранилище Рионской ГЭС, откуда по деривационному каналу РионГЭС подается турбинам РионГЭС. Из турбин вода деривационным каналом – в р. Квирила, затем в обход города Кутаиси в Варцихское водохранилище.

На рис. 3 представлен отрезок реки Риони между ГуматиГЭС и ВарцихГЭС. В реку сбрасывается санитарный расход.



Рис.3 Река Риони ниже Рионской ГЭС и выше Варцихских ГЭС

Варцихское водохранилище находится на реке Риони, между впадением его правого притока Губисцкали и РионГЭС.

В состав сооружения гидроузла входят: головной гидроузел и четыре однотипные электростанции, Варцихские ГЭС I, II, III, IV, расположенные на деривационном канале.

Интегральная кривая заиления Варцихского водохранилища

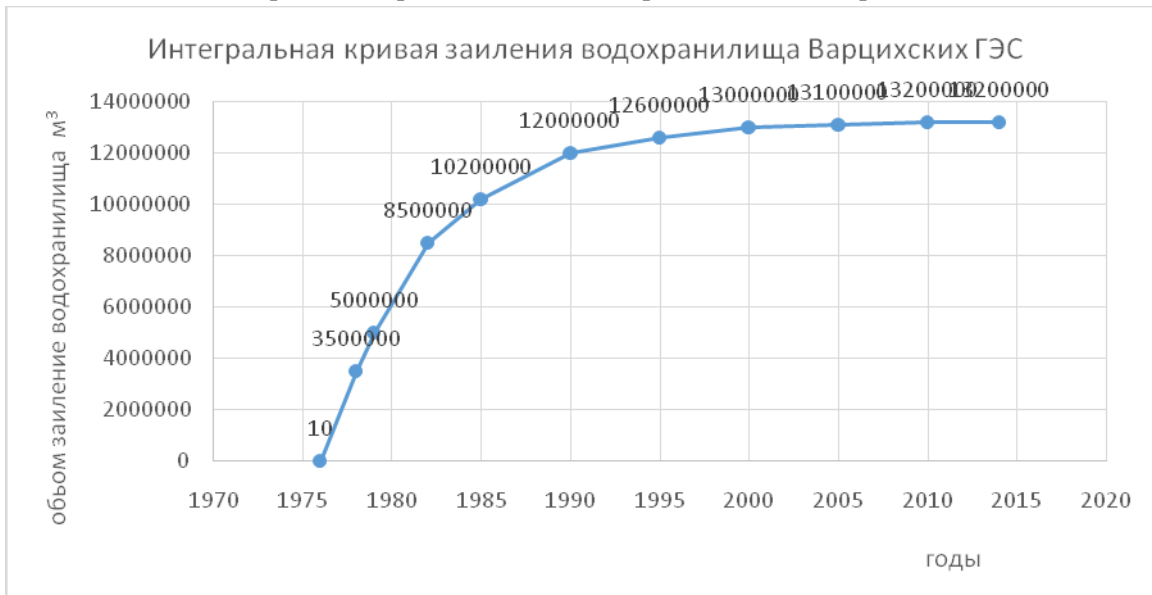


Рис. 4 Интегральная кривая заиления Варцихского водохранилища по годам

Годы пуска в эксплуатацию: ГЭС I- 1976 г., ГЭС II- 1978 г., ГЭС III- 1980 г., ГЭС IV- 1988 г.

Расчетный напор каждой ГЭС составляет 15 м. Общая мощность комплекса 184МВт, а среднегодовая выработка 1,0 млрд. кВт ч.

Головной узел ВарцихГЭС находится вблизи впадения притоков Квирила и Ханисцкали в р. Риони. Служит для обеспечения забора расчётного расхода 350 м³/сек воды в деривацию, а в нижнем бьефе обеспечивает переброску 0,5% максимального расхода 3640 м³/сек воды.

В верхнем бьефе нормальный подпорный уровень составляет 87,0 м, а форсированный подпорный уровень - 87,6 м.

Головной узел состоит из отверстия шириной 20м, оснащенного разборными

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

четырьмя сегментными затворами, земляной плотины высотой 10 м, стыкующей с левым берегом реки, правобережной земляной дамбы, водоприемниками с промывными галереями, находящимися справа от разборной плотины.

Деривация представляет собой канал трапеционного сечения общей длиной 27,2 кв.м., силовые узлы идентичны друг с другом как по составу, так и по энергетическим характеристикам. В состав сооружений входят здание ГЭС открытого типа, совмещенное с эксплуатационной водосливной частью, которая в свою очередь соединяет сооружения верхнего и нижнего бьефа. На каждой ГЭС установлены по два агрегата суммарной мощностью 46 МВт. Расход ГЭС составляет 350 м³/сек воды, выработка – 250 млн.кВт ч.

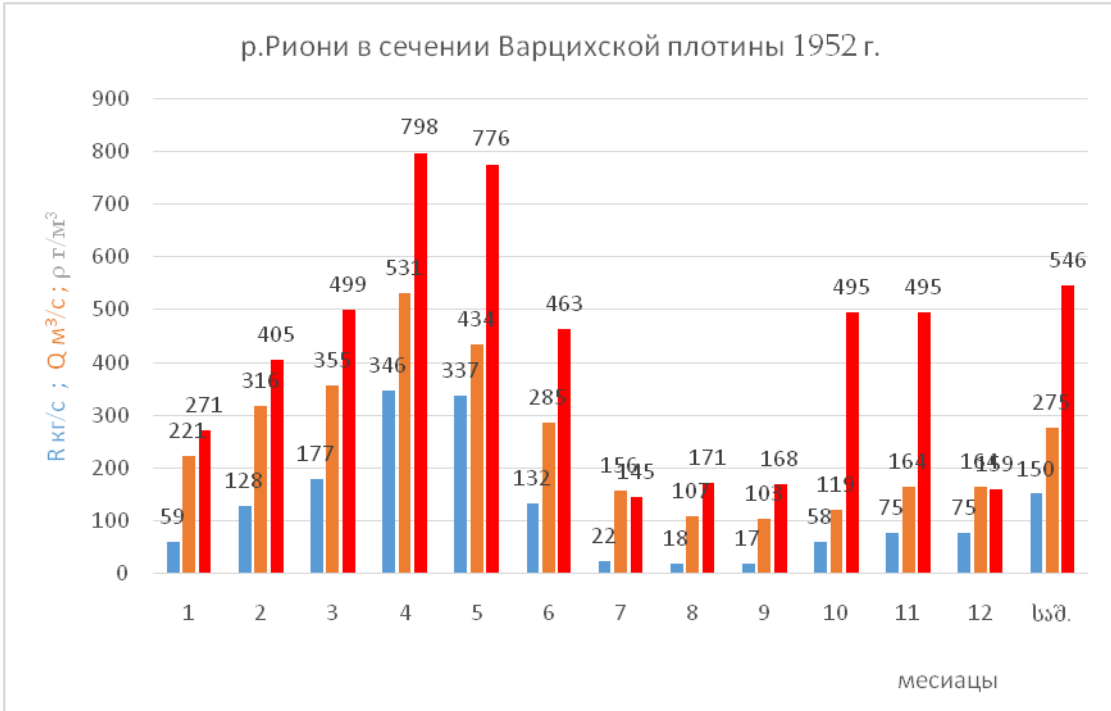


Рис. 5 Расход взвешенных наносов, расход, замутнение воды плотины Варцих ГЭС – р. Риони

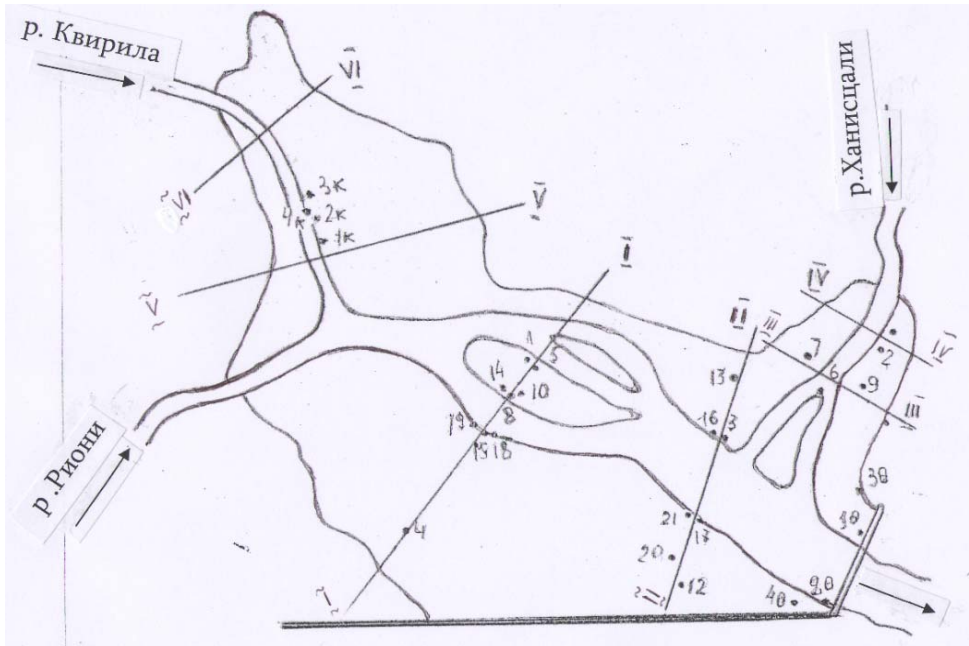


Рис. 6 План Варцихского водохранилища.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

Промывы Варцихского водохранилища, переданного в эксплуатацию в 1976 году, берут исток с 1980 года. Наиболее эффективным оказался осуществленный в августе 1982 года. К тому времени промыв расходом воды колебался в пределах 170-240 м³/сек воды, замутнение - 5-56 г/л. В конечном итоге в течение двух суток произошёл промыв свыше 1,0 млн. м³/сек. воды.

На рис.4 представлена интегральная кривая заилиenia Варцихского водохранилища со дня пуска в эксплуатацию по настоящее время.

На рис.5 представлена р. Риони в сечении Варцихской плотины:

Q* расход воды м³/сек, R- расход взвешенных частиц кг/сек., р- помутнение г/ м³

По данным 1952 г. на рис.6 представлен план Варцихского водохранилища.

На рис.7 представлен продольный срез Варцихского водохранилища, водохранилище практически заилено.

На рис.8 представлен поперечный срез Варцихского водохранилища.

Обработка уровня 87,02-86,6 м происходит в том случае, если расход в водохранилище ниже 350 м³/сек. воды и необходимо увеличение мощности. 350 м³/сек. воды рабочий расход ГЭС. Оба агрегата работают с максимальной нагрузкой. При одноразовой обработке уровня возможно увеличение мощности на 10 мегаватт в течение одного часа.

Множество проблем на плотине создают плавучие наносы, при их скоплении перед створкой до 1-метровой глубины необходимо удаление наноса.

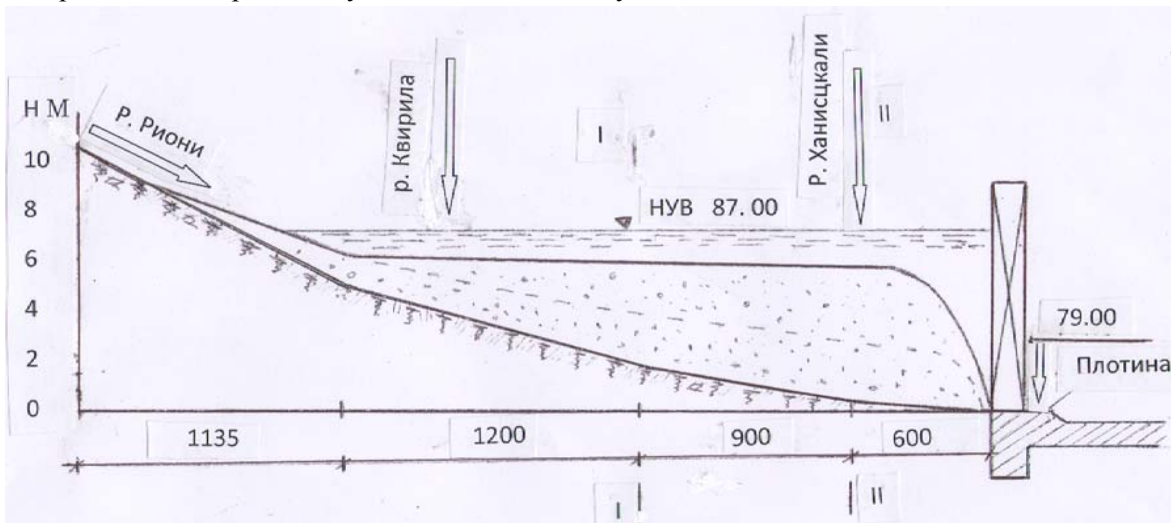


Рис.7. Продольный срез Варцихского водохранилища

Рядом с водохранилищем размещен отстойник. Для промывки отстойника устроены 5 моек. Как только намыв достигает предельного уровня деривационного канала, происходит промыв отстойника. На плотине возможен прогон расхода 3640 м³/сек. воды. 1 апреля 1982 года был зафиксирован расход 4300 м³/сек. воды. В том случае уровень воды у плотины во всех открытых отверстиях достиг отметки 98.0 м. Изобилие устойчивых наносов создает в водохранилище дополнительные трудности. Если не удалось своевременный промыв отстойника, нанос проникает в водоприемник канала, повреждает охлаждающую систему, радиаторы холодильников забиваются наносом и становится необходимым их промыв изменением направления воды. В таком случае происходит отключение ГЭС.

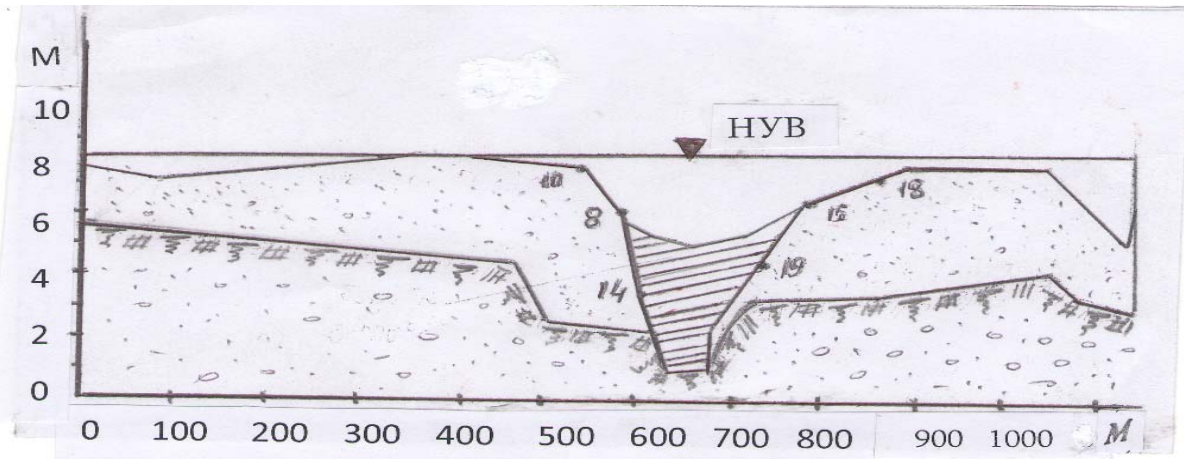


Рис.8. Поперечный срез Варцихского водохранилища

Катастрофическим уровнем для плотины считается - 87,6 м. Дополнительный рост уровня обуславливает затопление территории винного завода и хозяйства. Промывы водохранилища посредством промывных галерей не дали ощутимых результатов. Рекомендуется очистка водохранилища мощными землесосными установками.

Литература

1. Виноградова Н. Н., О точности прогноза занления водохранилища. //гидротехническое строительство. 1966. № 9.
2. Гвелесиани Л. Г. и Шмальцель Н. П. Горные водохранилища гидроэлектростанций. // Известия ТНИСГЭИ. 1964. т. 15.
3. Гвелесиани Л. Г. и Шмальцель Н. П. Опыт эксплуатации Ладжанурской ГЭС, //гидротехническое строительство.1966. т.10.

SILTING OF VARCIXE HYDRO-ELECTRIC POWER STATION RESERVOIR AND THE METHODS OF COMBATIONG

J. V. Noselidze, B. Bandzeladze, Sh, A. Momtsemlidze, D. Z. Kaladze
Akaki Tsereteli State University

Summary

Silting rates of reservoir have been examining since exploitation years period (1976- 2014). During this period, the reservoir was silted by hard sediment material, quantities 14.6 млн. m³. which amounts to 90.4 % of full scale, 13.2 млн. m³ of prognoses. Cleaning the reservoir from the washer Galleries hasn't caused significant results. It's recommended to clean the reservoir from sediment with special powerful land suction machines.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

**სექცია 2. ენერგოეფექტურობა და ბანახლებადი
ენერგიის წყაროები**

**ქ. ქუთაისის მდგრადი ენერგეტიკული განვითარების
სამოქმედო გეგმა**

არაბიძე გ., ფხალაძე ი.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომში განხილული სამოქმედო გეგმის მთავარი მიზანია ქუთაისში ენერჯის მოხმარების შედეგად მიღებული CO₂-ის ემისიის შემცირება და ამასთან, ემისიის შთანთქმის ბუნებრივი წყაროების გაზრდა და განვითარება. სამოქმედო გეგმაში განხილულია სათბურის გაზების ემისიების სამი ძირითადი სექტორი – ტრანსპორტის, შენობების და ინფრასტრუქტურის. გეგმა მომზადდა 2014 წელს და მოიცავს 2020 წლამდე დარჩენილ 6 წელიწადს. სამოქმედო გეგმაში, ყველა სექტორისათვის, განხილულია ემისიების შემცირების სტრატეგია მხოლოდ ორი პერიოდით: მოკლევადიანი (2014-2017) და გრძელვადიანი (2018-2020). მოკლევადიან პერიოდში დაგეგმილი ღონისძიებები კონკრეტულია და დეტალურია, ხოლო გრძელვადიან პერიოდში დაგეგმილი ღონისძიებები უფრო სტრატეგიული თვალსაზრისითაა განხილული და საჭიროებენ დამატებით კვლევას, დაგეგმვას და ტექნიკურ-ეკონომიკურ დასაბუთებას.

2010 წლის ოქტომბერში საქართველოში გაიმართა მერების შეთანხმებისადმი მიძღვნილი კონფერენცია, სადაც ხაზი გაესვა ქალაქების, როგორც კომპლექსური სისტემების, მნიშვნელობას სათბურის გაზების ემისიების შემცირებაში. ევროკავშირის მიერ განსაზღვრული ენერგოეფექტურობის განხორციელების პრიორიტეტების ფარგლებში ქალაქებისათვის ენერგეტიკის მდგრადი განვითარების სამოქმედო გეგმის შემუშავებისა და განხორციელების საქმეში მთავარ წარმმართველ ძალად განისაზღვრა ქალაქი.

2011 წელს მერების შეთანხმების ხელმოწერით ქ. ქუთაისის მუნიციპალიტეტი შეუერთდა ამ ინიციატივას, რომელიც მიზნად ისახავს 2020 წლამდე სათბურის გაზების ემისიების მინიმუმ 20%-ით შემცირებას – მიზანი, რომელიც მიღწეულ უნდა იქნას ქალაქის სოციალურ და ეკონომიკურ განვითარებასთან ერთად.

აღნიშნული მიზნის მისაღწევად შეიმუშავებული იქნა ენერგეტიკის მდგრადი განვითარების გეგმა, რომელიც მოიცავს: სათბურის გაზების საბაზისო ემისიის ინვენტარიზაციას ტრანსპორტის, შენობების, გარე განათების, ნარჩენების და გამწვანების სექტორში; ამ სექტორებისთვის სათბურის გაზების გაფრქვევის საბაზისო, ე.წ. ტრადიციული გზით საქმიანობის (BAU) სცენარის მომზადებას; ამ სექტორებში 2020 წლამდე პერიოდისთვის სათბურის გაზების ემისიების შემარბილებელი ღონისძიებების განსაზღვრას და მათი ეფექტის შეფასებას; მონიტორინგის გეგმას; ადგილობრივი პოტენციალის შექმნისა და ცნობიერების ამაღლების სტრატეგიას.

ქუთაისის ეკონომიკური განვითარების ტემპი, მოსახლეობის ზრდის ტრენდი და ერთ სულ მოსახლეზე მშპ-ს ზრდა საფუძვლად დაედო 2020 წლამდე პერიოდის ტრადიციული გზით განვითარების სცენარს და კონკრეტული ღონისძიებების დაგეგმვას ქალაქში ენერჯის მოხმარებისა და CO₂-ის ემისიის შემცირების მიზნით. ამ გეგმაში გათვალისწინებულ ღონისძიებათა შესრულება 2020 წლისთვის უზრუნველყოფს ქუთაისისთვის განხილულ სექტორებში CO₂-ის ემისიების მინი-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

მუმ 22.9%-ით შემცირებას 2020 წლის საბაზისო ემისიასთან (BAU) შედარებით.

ზოგადად ენერგეტიკის მდგრადი განვითარების სამოქმედო გეგმის მთავარი მიზანი ქუთაისში ენერჯის მოხმარების შედეგად მიღებული CO₂-ის ემისიის შემცირებაა. ამასთან ერთად მოხდება ემისიის შთანთქმის ბუნებრივი წყაროების გაზრდა და განვითარება, როგორცაა ქალაქში არსებული პარკები, მწვანე ფართობები.

ამ ეტაპზე ქუთაისის ენერგეტიკის მდგრადი განვითარების სამოქმედო გეგმა განიხილავს სათბურის გაზების ემისიების სამ ძირითად სექტორს – ტრანსპორტს, შენობებს და ინფრასტრუქტურას (ნაგავსაყრელები, გარე განათება, მწვანე ზონები). ქ.ქუთაისის ენერგეტიკის მდგრადი განვითარების გეგმა მომზადდა 2014 წელს და მოიცავს 2020 წლამდე დარჩენილ 6 წელიწადს. ამიტომ სამოქმედო გეგმაში განხილული ყველა სექტორისათვის ემისიების შემცირების სტრატეგია მხოლოდ ორი პერიოდით განისაზღვრა: მოკლევადიანი (2014-2017) და გრძელვადიანი (2018-2020). მოკლევადიან პერიოდში დაგეგმილი ღონისძიებები კონკრეტულია და დეტალურია, ხოლო გრძელვადიან პერიოდში დაგეგმილი ღონისძიებები უფრო სტრატეგიული თვალსაზრისითაა განხილული და საჭიროებენ დამატებით კვლევას, დაგეგმვას და ტექნიკურ-ეკონომიკურ დასაბუთებას. ასეთი მიდგომა სრულ შესაბამისობაშია ენერგეტიკის მდგრადი განვითარების გეგმის შემუშავების სახელმძღვანელო მეთოდოლოგიასთან.

2012 საბაზისო წლის ემისიის ინვენტარიზაციასა და 2020 წლამდე პერიოდისთვის CO₂ ემისიის ზრდის მაჩვენებლებზე დაყრდნობით ქ. ქუთაისის ენერგეტიკის მდგრადი განვითარების გეგმის ფარგლებში განხილული ყველა სექტორისთვის შემუშავდა სექტორული სტრატეგია და გამოიკვეთა ძირითადი მიმართულებები:

ტრანსპორტის სექტორი

საზოგადოებრივი ტრანსპორტის განვითარების მოკლე ვადიან სტრატეგიაში განიხილება შემდეგი ღონისძიებები: საზოგადოებრივი ტრანსპორტის მომსახურების გაუმჯობესება, რაც მოიცავს; ადგილობრივი რეგულარული საქალაქო სამგზავრო გადაყვანების მარშრუტების ოპტიმალური სატრანსპორტო სქემების შედგენას; საქალაქო ტრანსპორტში მგზავრობის ღირებულების გადახდის თანამედროვე სისტემების დანერგვას; ქალაქ ქუთაისში საქალაქო ტრანსპორტის მართვის ავტომატიზირებული სისტემის შექმნას; ქალაქ ქუთაისში საქალაქო ტრანსპორტის განხრებებზე ელექტრული საინფორმაციო ტექნიკური მოწყობილობების დანერგვასა და მათი ფუნქციონირების პროგრამულ უზრუნველყოფას; საზოგადოებრივი ტრანსპორტის პოპულარიზაციის კამპანიისა და ქცევის ცვლილების პროგრამების გატარებას. გარდა ამისა, მოკლე-ვადიან სტრატეგიაში დაგეგმილია; სატრანსპორტო ავტოპარკების განახლება; მუნიციპალური ტრანსპორტის საწარმოს შექმნა, სადაც პირველ ეტაპზე ავტოპარკი აღჭურვილი იქნება 70-80 ახალი ბოგდანის ტიპის 20-30 კაციანი სამგზავრო სატრანსპორტო ავტობუსებით, რომლებიც აღჭურვილი იქნება GPRS სისტემით;

საზოგადოებრივი ტრანსპორტის გრძელვადიან სტრატეგიაში განიხილება შემდეგი ღონისძიებები: შექმნილი მუნიციპალური ტრანსპორტის ავტოპარკის ნაწილის გადაყვანა ბიოდიზელზე, რომელიც დამზადდება რესტორნებსა და სასტუმროებში მოგროვებული ნახმარი სამზარეულო ზეთებისაგან; სწრაფი საზოგადოებრივი ტრანსპორტით მომსახურების უზრუნველყოფა, რაც მოიცავს: ქალაქ ქუთაის-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

ში ნიკეას ქუჩის დასაწყისიდან შემოვლით გზამდე (ბანი) 5.5 კმ-იანი გზის მონაკვეთზე (ცალმხრივი) ტრამვაის სისტემის მოწყობას; ცენტრალურ მარშრუტებზე ჩქაროსნული ავტობუსების სისტემის შექმნას (Bus Rapid Transit -BRT), რომელიც უზრუნველყოფს ავტობუსებით სწრაფ და უსაფრთხო გადაადგილებას:

კერძო ტრანსპორტის განვითარების მოკლევადიან სტრატეგიაში განიხილება შემდეგი ღონისძიებები: საგზაო ინფრასტრუქტურის მშენებლობა-რეაბილიტაცია და მოვლა-შენახვა, რაც გულისხმობს შემდეგ აქტივობებს; ქალაქში არსებული რეაბილიტირებული ცენტრალური გზების მუდმივ მოვლასა და მათი მდგომარეობის შენარჩუნებას. ასევე ახალი/მეორე ხარისხოვანი გზებისა და შიდაკვარტალური მისასვლელი გზების რეაბილიტაციას; საგზაო მოძრაობის ორგანიზებისა და უსაფრთხოების თვალსაზრისით ახალი შექნიშვნების დამონტაჟებას; ქუთაისის შემოვლითი გზის მშენებლობა და მთლიანი ერთიანი სისტემის მორგება ამ გზასთან;

კერძო ტრანსპორტის განვითარების გრძელვადიან სტრატეგიაში განიხილება შემდეგი ღონისძიებები: ფეხით სასიარულო და საველოსიპედო მარშრუტების განვითარება ადამიანების ქცევის შეცვლის (behavior change) პროგრამებთან ერთად; პარკირების სწორი პოლიტიკის შემუშავება და გატარება, რომლის ფარგლებშიც დაწესდება პარკირების გადასახადი და შეიზღუდება პარკირების ადგილები ქალაქის ცენტრალურ უბნებში; ტექნიკური დათვალიერებისა და საწვავის ხარისხის სტანდარტების შემუშავების ხელშეწყობა.

შენობების სექტორი

ქ.ქუთაისში მუნიციპალური და რეზიდენტული შენობებიდან სათბურის გაზების ემისიის შემცირების მოკლევადიანი სტრატეგია გულისხმობს ენერგორესურსების მოხმარების შემცირებას ისეთი ღონისძიებებით, როგორცაა ენერგოეფექტურ ნათურებზე გადასვლა, შენობების სახურავების, სადარბაზოებისა და საერთო სარგებლობაში არსებული ფართობების თბოიზოლაციის გაუმჯობესება, სახურავების შეკეთება და კარ-ფანჯრების დაგმანვა ან გამოცვლა, რაც ზოგადად საკმაოდ დიდ სითბურ ენერჯიას და ამავე დროს ეკონომიკური კუთხით შედარებით ხელმისაწვდომი ღონისძიებაა. ენერგოეფექტურ ნათურებზე გადასვლა ითვალისწინებს ქვეყანაში გავრცელებული ვარვარა ნათურების შეცვლას თანამედროვე ფლუორესცენტული ნათურებით, რომლებიც თავისი ეკონომიურობით/ენერგოდაზოგვითა და ხანგრძლივი მუშაობის უნარით პოზიტიურად გამოირჩევიან სხვა ტიპის ნათურებისაგან. ბუნებრივია, რომ აღნიშნული ღონისძიებების გატარებას წინ უნდა უძღოდეს საინფორმაციო კამპანიები და შესაბამისი ტრენინგები მოსახლეობის ცნობიერების ამაღლების მიზნით.

ნახშირორქანის ემისიის შემცირების ძალზე პერსპექტიული გზა ენერჯის განახლებადი წყაროების გამოყენებაა. როგორც ცნობილია, შენობებში ენერგორესურსების ძირითადი ნაწილი გათბობასა და ცხელი წყლით მომარაგებას ხმარდება. ამიტომ, ბიომასისა და მზის ენერჯის, როგორც ენერჯის განახლებადი წყაროების, გამოყენება შენობების გათბობის და ცხელწყალმომარაგების სისტემებში მნიშვნელოვნად შეამცირებს ბუნებრივი აირის რაოდენობას და შესაბამისად - ნახშირორქანის ემისიასაც. ამ ღონისძიებების რეალიზება, თუნდაც, კერძო სახლების 16%-ში, ნახშირორქანის ემისიას მთელი ქალაქის მასშტაბით 20 %-ით შემცირებს.

აქედან გამომდინარე, ქ.ქუთაისში სათბურის გაზების შემცირების გრძელვადიანი სტრატეგია შეიძლება გულისხმობდეს ნარჩენი ბიომასის ბრიკეტების წარ-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

მოებას და მის გამოყენებას ადგილობრივი გათბობის სისტემებში და მზის კოლექტორების დამონტაჟებას მუნიციპალურ და რეზიდენტულ შენობებში. აღნიშნული ღონისძიებებით მოხდება არა მარტო ცხელი წყლით მომარაგება, არამედ, გათბობაც და შედეგად არატრადიციული განახლებადი ენერგეტიკის დანერგვის ხელშეწყობა თბომომარაგების სექტორში.

ქუთაისში ენერგეტიკის მდგრადი განვითარების მოკლე და გრძელვადიანი სტრატეგიის ფარგლებში განიხილება შემდეგი ღონისძიებების განხორციელება:

2014-2017წწ.

1. განათების სისტემის ვარვარა ნათურების ფლუორესცენტული ნათურებით ჩანაცვლება;
2. შენობის სახურავების თბოიზოლაცია ბაგა-ბაღებში;
3. საცხოვრებელი კორპუსების საერთო ფართობებში ფლუორესცენტული ნათურების დაყენება;
4. საცხოვრებელ კორპუსებში საერთო ფართობებისა და სადარბაზოების დათბუნება;
5. სახურავების თბოიზოლაცია კერძო სახლებში;
6. ენერგოეფექტური და იაფი სახლი ლტოლვილებისათვის (საპილოტე პროექტი);
7. „ლატაკი ოჯახის“ სტატუსის მქონე 41 ოჯახისათვის სახლების გადახურვისა და თბოიზოლაციის პროგრამა.

2018-2020წწ

- მზის კოლექტორების დაყენება ცხელწყალმომარაგების მიზნით კერძო სახლებში /ინვესტორი/;
- ხე-ტყის ბიომასისგან დამზადებული პალეტებისა და ბრიკეტების გამოყენება მუნიციპალურ და კერძო შენობებში (საპილოტო პროექტები);
- მზის ენერჯის კოლექტორების გამოყენება ბაგა-ბაღებში;

მუნიციპალური ინფრასტრუქტურის სექტორი

მუნიციპალური ინფრასტრუქტურის განვითარების სტრატეგია მოიცავს სამ ქვესექტორს და მიზნად ისახავს მუნიციპალური ნაგავსაყრელიდან მეთანის (CH₄) ჩაჭერას და დაწვას (გრძელვადიანი), ენერგოეფექტურობის გაზრდას გარეგანათების სექტორში (ეტაპობრივად სრული პერიოდის განმავლობაში) და ქალაქში მწვანე ზონების გაფართოებას. გამწვანების ღონისძიებები მოიცავს: ქალაქის სახვადასხვა რეკრიაციულ ზონებში ნარგავების გაშენებას, გზის გასწვრივ ბორდიურების გამწვანებას (მოკლევადიანი) და ბოტანიკურ ბაღში ტყე-პარკის გაშენებას (გრძელვადიანი).

ენერგეტიკის მდგრადი განვითარების სამოქმედო გეგმის შემაჯამებელი სურათი:

ქუთაისის ენერგეტიკის მდგრადი განვითარების გეგმის შემუშავების მეთოდოლოგია არ გულისხმობს ფიქსირებული საბაზისო წლის გამოყენებას, რომელიც ქალაქის განვითარების პროცესისათვის ძალიან დიდ რისკებს შეიცავს და თითქმის შეუსრულებელს ხდის ქალაქების მიერ აღებულ ვალდებულებებს. მეთოდი, რომელიც გამოყენებულია, ითვალისწინებს ქვეყნის და განხილული ქალაქის განვითარების პერსპექტივას და ემისიების (ენერგიაშემცველებზე მოთხოვნილების ზრდის შედეგად) აუცილებელ ზრდას 2020 წლისათვის. ს ზრდა განიხილება, როგორც ტრადიციული გზით განვითარების (BAU) სცენარი, რომლის მიმართაც ხდება ემისიების შემცირება სხვადასხვა ღონისძიებებისა და საპროექტო წინადადებუ-

**საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

ბის განხორციელების შედეგად.

ცხრილებში მოყვანილია ინვენტარიზაციის ჯამური შედეგები 2012 და 2020 წლებისთვის და ენერგეტიკის მდგრადი განვითარების გეგმაში გათვალისწინებული ღონისძიებების მიერ დაზოგილი ემისიების შეფასება.

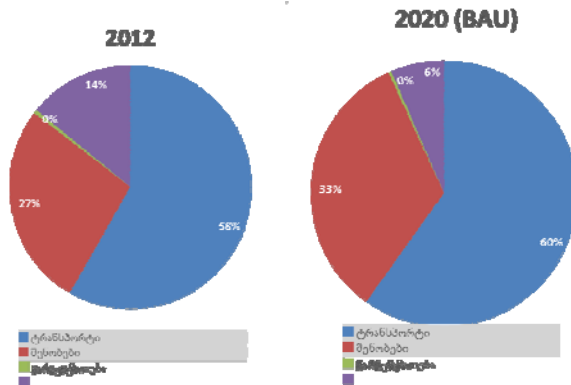
სექტორი	2012	2020 (BAU)
ტრანსპორტი	152252	262069
შენობები	70606	145693
გარეგანათება	1280	1604
ნარჩენები	36960	28350
სულ	261098	437717

ნახ.1. სათბური გაზების ემისიები (ტონაCO₂ეკვ.)

სექტორი	დაზოგვა (ტონაCO ₂ ეკვ.)
ტრანსპორტი	43548
შენობები	30300
გარეგანათება	911
ნარჩენები	25192
გამწვანება	178
სულ	100128

ნახ.2 ემისიების დაზოგვა მდგრადი განვითარების გეგმის მიხედვით სხვადასხვა სექტორში.

ნახ. 3-ზე მოცემულია ემისიების გადანაწილება სექტორების მიხედვით, საბაზისო (2012 წ) და ბიზნესის ტრადიციული გზით (BAU) განვითარების სცენარის (2020 წ) შესაბამისად.



ნახ.3. ემისიების გადანაწილება სექტორების მიხედვით

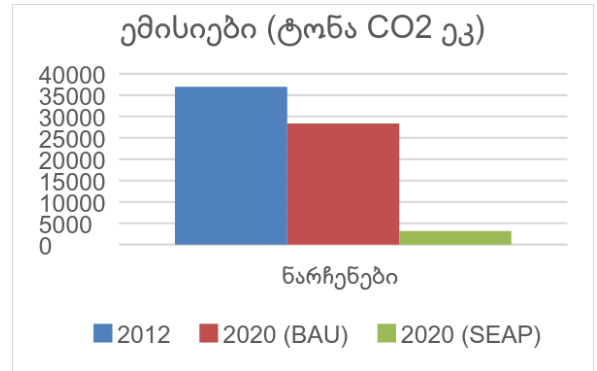
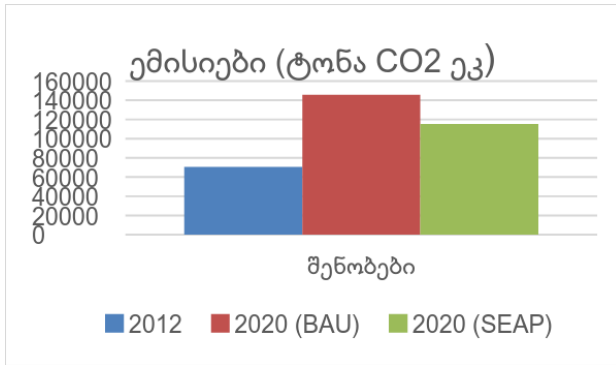


ნახ.4. ემისიების ზრდა ტრანსპორტის სექტორში ნახ.5. ემისიების ზრდა განათების სექტორში

ნახ.4-7-ზე მოცემულია ემისიების ზრდის პროცესი, ტრანსპორტის, გარე განათების, ნარჩენების სექტორში და შენობებში, BAU და ენერგეტიკის მდგრადი

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

განვითარების გეგმის (SEAP) სცენარების მიხედვით.



ნახ.6. ემისიების ზრდა შენობებში

ნახ.7. ემისიების ზრდა ნარჩენების სექტორში

ლიტერატურა:

1. HOW TO DEVELOP A SUSTAINABLE ENERGY ACTION PLAN (SEAP) IN THE EASTERN PARTNERSHIP AND CENTRAL ASIAN CITIES" – GUIDEBOOK, European Commission Joint Research Centre, Institute for Energy and Transport, Luxembourg: Publications Office of the European Union © European Union, 2013
2. U.M. Doering, G. Janssens-Maenhout, J.A. van Aardenne, V. Pagliari (2010), CIRCE report D.3.3.1, Climate Change and Impact Research in the Mediterranean Environment: Scenarios of Future Climate Change IES report 62957.
3. A. Pozzer, P. Zimmermann, U.M. Doering, J. van Aardenne, H. Tost, F. Dentener, G. Janssens-Maenhout, and J. Lelieveld, Effects of business-as-usual anthropogenic emissions on air quality, Atmos. Chem. Phys. Discuss., 12, 8617-8676, 2012, doi:10.5194/acpd-12-8617-2012.
4. "Sustainable Energy Action Plan of Kutaisi" (SEAP) - Winrock International/ Sustainable Development Center Remissia; Tbilisi; 2014

KUTAISI CITY SUSTAINABLE ENERGY ACTION PLAN (SEAP)

G.O. Arabidze, I. E. Pkhaladze
 Georgian Technical University

Summary

This thesis addresses the main goal of the Action Plan – reduction of CO₂ emissions in Kutaisi as a result of energy consumption. Action Plan identifies the main sectors of GHG emissions – Transport, Buildings and Infrastructure. Action Plan defines emissions reduction strategy for all three sectors for short term (2014-2017) and long term (2018-2020) periods.

Short-term Action Plan for transport sector includes: road infrastructure construction-rehabilitation; elaboration of optimal transport schemes; creation of transport management automatic system, renovation of transport fleets and etc. As for long term strategy the following actions are considered to be implemented: municipal transport partial shift on biodiesel, creation of express bus system on central routes, development of walking and cycling routes, elaboration and implementation of proper parking policy.

Short term strategy aiming at reduction of GHG emissions from municipal and residential buildings includes energy resources consumption reduction with such measures like: switching to energy efficient bulbs, improving thermal insulation of the buildings roofs, entrances and common spaces areas, repairing roofs, replacement or weatherizing old windows and doors. Long term strategy identifies production of briquettes from biomass waste for use in local heating systems as well as installation of solar collectors.

Municipal infrastructure development strategy covers three sub-sectors and aims at methane (CH₄) capture and combustion (long term) from municipal landfill, energy efficiency increase in outdoor lighting sector and expansion of the city green zones.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

**მზის ენერჯის გამომყვანების შესაძლებლობები მცირე სიმ-
კლავრის საყოფაცხოვრებო და კომუნალურ დანადგარებში**

არაბიძე გ.ო. არაბიძე ნ.თ
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომში განმარტებულია „მდგრადი განვითარების“ არსი. დახასიათებულია მდგრადი განვითარების და გარემოსდაცვითი საკითხების ხელშეწყობი გზები. განხილულია დანადგარები და სისტემები, რომლებიც მუშაობენ ხელოვნურად შექმნილი სითბოს აკუმულიატორის, მზის მარილიანი ავზის საშუალებით. აღწერილია ჰელიოსაშრობის, ჰელიოლუმენის, ჰელიობანოს, ჰელიობიოგაზის, ჰელიოწყალსაქანის მუშაობის პრინციპი. დასაბუთებულია, რომ აღნიშნული დანადგარები და სისტემები არიან მრავალფუნქციური და შეუძლიათ გადაწყვიტონ კონკრეტული ამოცანები ზაფხულის პერიოდში. ეს დანადგარები და სისტემები უზრუნველყოფენ ეფექტიან ენერგოდაზოგვას და ორგანული სათბობის მნიშვნელოვან ეკონომიას. საქართველოს კლიმატური პირობებიდან გამომდინარე აღნიშნული მიღწევადია შემოღობასა და ზამთრის დასაწყისშიც.

ცნობილია, რომ „მდგრადი განვითარება“ განმარტებულია, როგორც: „განვითარება, რომელიც პასუხობს დღევანდელი საჭიროებებს მომავალი თაობების მიერ საკუთარი საჭიროებების დაკმაყოფილების უნარის რისკის ქვეშ დაყენების გარეშე“ [1].

გაერთიანებული ერების ეკონომიკის დეპარტამენტისა და მსოფლიო ენერჯეტიკის საბჭოს ერთობლივი კვლევის ფარგლებში შექმნილ მსოფლიო ენერჯეტიკის შეფასების ანგარიშში ამგვარი ურთიერთკავშირის ორი მნიშვნელოვანი მახასიათებელია გამოყოფილი:

პირველი მახასიათებელია ენერჯია, როგორც დოვლათი - საკმარისი ენერჯეტიკული მომსახურება ადამიანის საბაზისო მოთხოვნილებათა დაკმაყოფილებისათვის, აგრეთვე საზოგადოებრივი კეთილდღეობისა და ეკონომიკის განვითარებისათვის. მეორე მახასიათებელია ის გარემოება, რომ ენერჯიის წარმოება და გამოყენება არ უნდა უქმნიდეს საფრთხეს ამჟამინდელი და მომავალი თაობების ცხოვრების ხარისხს და არ უნდა აჭარბებდეს ეკოსისტემათა მაქსიმალურ დატვირთვას. [2]

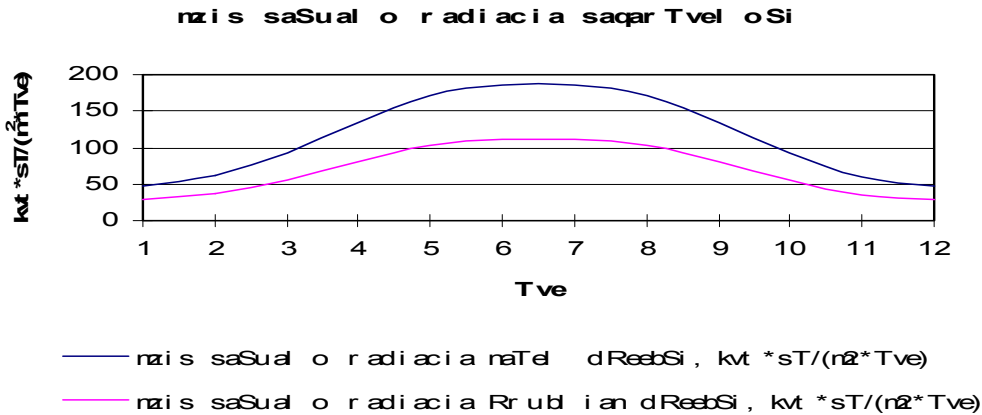
ენერჯიის გამოყენების იმგვარი გზებიდან, რომლებიც მხარს უბამს მდგრად განვითარებასა და ხელს უწყობს გარემოსდაცვითი საკითხების დაცვას მნიშვნელოვანის სამი არჩევანი:

- ❖ ენერჯიის მოხმარების კუთხით, ენერგოეფექტურობის მეტი გამოყენება, შენობებში, ელექტრომოწყობილებებში, ავტომობილებისა და სამრეწველო პროცესებში;
- ❖ განახლებადი ენერჯო წყაროების უპირატესი გამოყენება;
- ❖ ახალი ენერჯოტექნოლოგიების განვითარების პროცესის დაჩქარება.

ენერჯიის განახლებადი რესურსების გამოყენება მიმდინარე ეტაპზე წარმოადგენს აქტუალურ ამოცანას, როგორც ენერჯეტიკული მრეწველობის, ისე საყოფაცხოვრებო სექტორისთვის. “განახლებადი ენერჯეტიკული ტექნოლოგიები” ფართოდ ინერჯება ადამიანის საქმიანობის მრავალ სფეროში. ხშირად ასეთ ტექნოლოგიებს არატრადიციულსაც უწოდებენ, თუმცა მათი უმეტესობა ემყარება სწორედ იმ რამდენიმე ტრადიციულ და გამოყენების უძველესი ისტორიის მქონე ენერჯიის წყაროს – მზის ენერჯიას. მზის ენერჯიის გამოყენება საყოფაცხოვრებო მიზნებისთვის განსაკუთრებით აქტუალური და ეფექტურია მრავალ ქვეყანაში. საქართველო მდებარეობს საკმაოდ მაღალი ინსოლაციის ზონაში (1200-1400 კვტ*სთ/(მ2*წ)), რაც

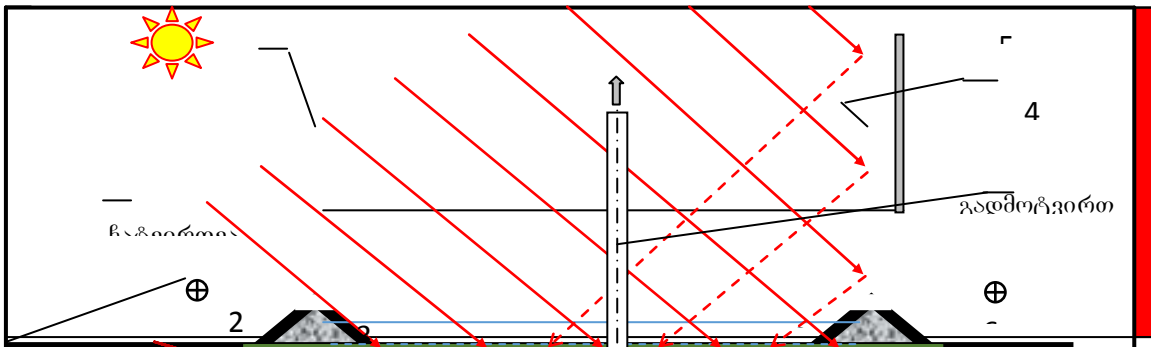
საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ქმნის ქვეყანაში მზის ენერჯის მაღალი ეფექტურობით გამოყენების პირობებს [3].



საქართველოში მზიანი დღეების რაოდენობისა და ხარნგრძლივობიდან გამომდინარე, შესაძლებელია მცირე ენერგეტიკული დანადგარებისა და სისტემების გამოყენება, რომლებიც იმუშავენ მზის ენერჯის ბაზაზე. აღნიშნული დანადგარები სეზონურად შეიძლება იქცნენ ლოკალური ეკოლოგიური და ენერგეტიკული უსაფრთხოების გარანტად და ზაფხულის პერიოდში საყოფაცხოვრებო ობიექტები მოამარაგონ მექანიკური და ელექტრული ენერჯით, სითბოთი და სიცივით. განვიხილოთ ზოგიერთი მათგანი.

ჰელიოსაშრობი წარმოადგენს მოწყობილობას, რომლის კორპუსი თბება, ხელვრად შექმნილი სითბოს აკუმულიატორის, მზის მარილიანი ავზის საშუალებით.



ნახ.1. ჰელიოსაშრობი: 1-მზის გამოსხივება, 2- მზის მარილიანი ავზი, 3-სითბოს კოლექტორის კორპუსი (8-10)ც. 4-გამწოვი მილი, 5-მზის გამოსხივების კონცენტრატორი, 6-ტრანსპორტიორი(ურიკა) 7- გასაშრობი მასალა, 8-გრუნტი.

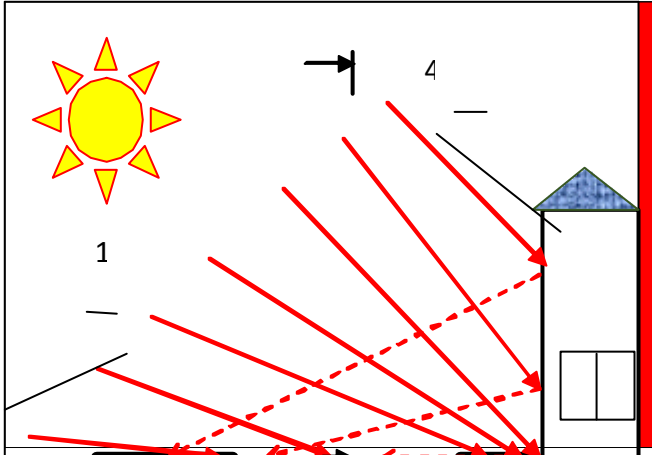
ჰელიოსაშრობის თბური კოლექტორის კორპუსი 3 და მისი შიგა სივრცე მუდმივადაა გაცხელებული 90-95 °C, კონცენტრატორიდან 5 არეკლილი მზის სხივებით. სითბო აკუმულირდება მზის მარილიან ავზში 2. ნაკეთობის შრობის პროცესი მიმდინარეობს შემდეგნაირად. გასაშრობ მასალას ათავსებენ პერფორირებულ ლენტურ ტრანსპორტიორზე 6 ჩატვირთვის ზონაში, რომელიც გადაადგილდება თბური კოლექტორის 3 კორპუსის შიგა სივრცეში გადმოტვირთვის ზონის მიმართულებით. ნაკეთობის გაცხელება მიმდინარეობს მისი მოძრაობის დროს, კოლექტორის 3 კორპუსის შიგა სივრცეში ქვედა ნაწილის შედარებით მაღალ ტემპერატურაზე გაცხელებული მზის მარილიანი აბაზანიდან.

ჰელიოსაშრობი, შეიძლება გამოყენებულ იქნას სასოფლო-სამეურნეო ნედლეუ-

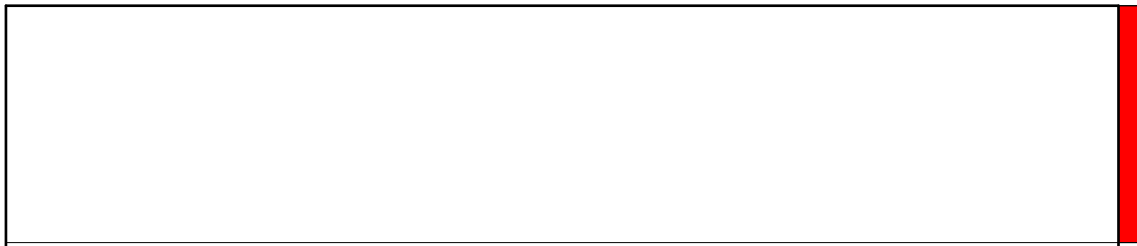
საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ლის თერმოდამუშავებისათვის (თესლი, ხილი, ბოსტნეული, სოკო, სამკურნალო ბალახები, თივა და სხვა) ახალშეღებილი ზედაპირებისათვის (მანქანა, ხელსაწყო მექანიზმი), ბრიკეტების და პელიტების გასაშრობად და სხვა დანიშნულებითაც.

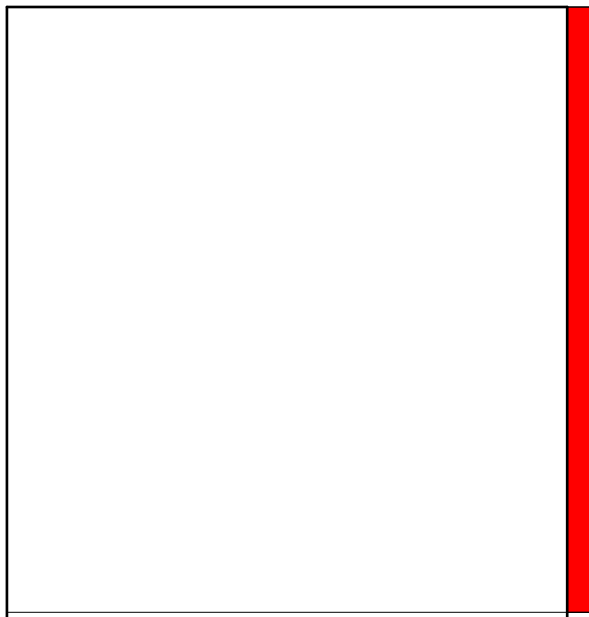
ჰელიოლუმელი - წარმოადგენს მოწყობილობას, რომლის კორპუსი თბება მზის მარილიანი ავზის საშუალებით. იგი შეიძლება იყოს საზაფხულო კაფეს საჭმლის მოსამზადებელი მოწყობილობის ნაწილი.



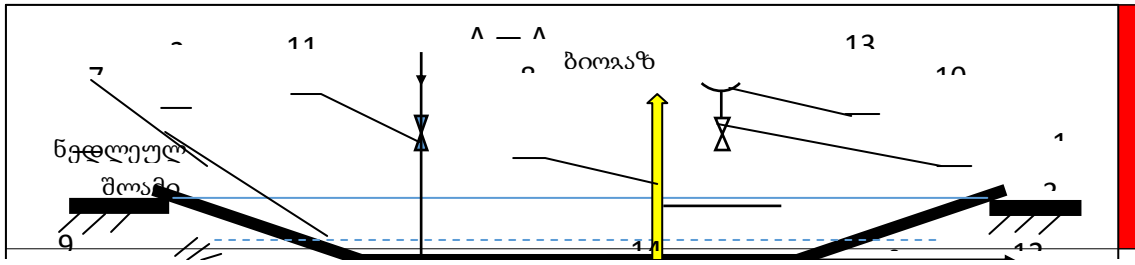
ნახ.2. ჰელიოლუმელი:
 1. მზის გამოსხივება;
 2. მზის მარილიანი ავზი;
 3. ლუმელის კორპუსი;
 4. შენობის ამრეკლავი;
 5.საჭმლის მოსამზადებელი ჭურჭელი.



ნახ.3. ჰელიოლუმელი. 1- მზის მარილიანი ავზი; 2- ლუმელის კორპუსი; 3-სახარში; 4-მარმიტი; 4-მიწოდების მაგიდა; 5-მაგიდა; 6-სასადილო დარბაზი.

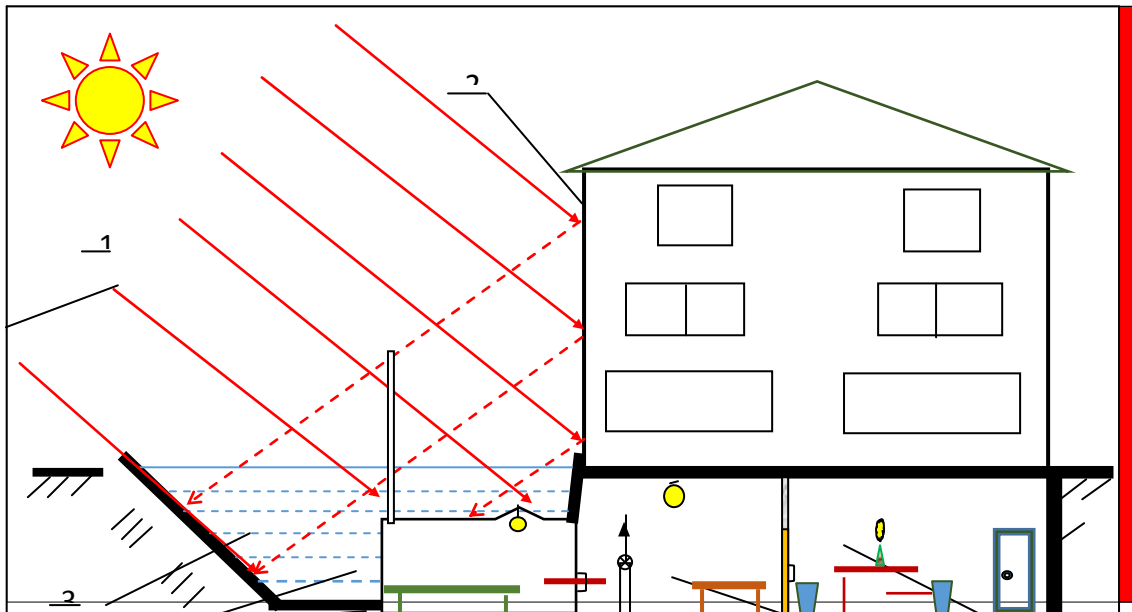


მარილიან ავზში 2 ხდება მზის სხივების 1 პირდაპირი და ამრეკლი ზედაპირიდან 4 მიღებული სითბოს აკუმულირება და ავზის ქვედში ტემპერატურის შენარჩუნება. როგორც მოცემული სქემიდან ჩანს, ლუმელში 3, მისი კედლების მაღალი თბოგამტარობის პირობებში, შესაძლებელია 85-95 °C ტემპერატურის შენარჩუნება და სხვადასხვა სახის საჭმელის მომზა **ჰელიობიოგაზის დანადგარი** – დანადგარი, რომლის ბიორექტორის კორპუსი თბება მზის მარილიანი ავზის მეშვეობით.



ნახ.4. ჰელიომეტანტექნიკი: 1-მეთანტექ-რეაქტორი; 2-მზის მარილიანი ავზი; 3- სითბური კოლექტორის კორპუსი; 4- მზის გამოსხივება; 5- მზის გამოსხივების კონცენტრატორი; 6-გრუნტი; 7-რეაქტორში ნედლეულის მისაწოდებელი მილი; 8-რეაქტორიდან ბიოგაზის გამოსასვლელი მილი; 9-რეაქტორიდან ნარჩენების გამოსატანი მილი; 10,11,12-ვენტილები; 13-ატმოსფეროდან ჰაერის შემკრები; 14-სითბური კოლექტორის კორპუსსა(3) და მეთანტექ-რეაქტორის კორპუსს შორის არსებული დაცილება.

ჰელიობანო - მოწყობილობა, სადაც ორთქლის მიღება და გაცხელება ხდება ხელოვნურად შექმნილი სითბოს აკუმულატორის ბუნებრივი ფენის მზის მარილიანი ავზის ხარჯზე.

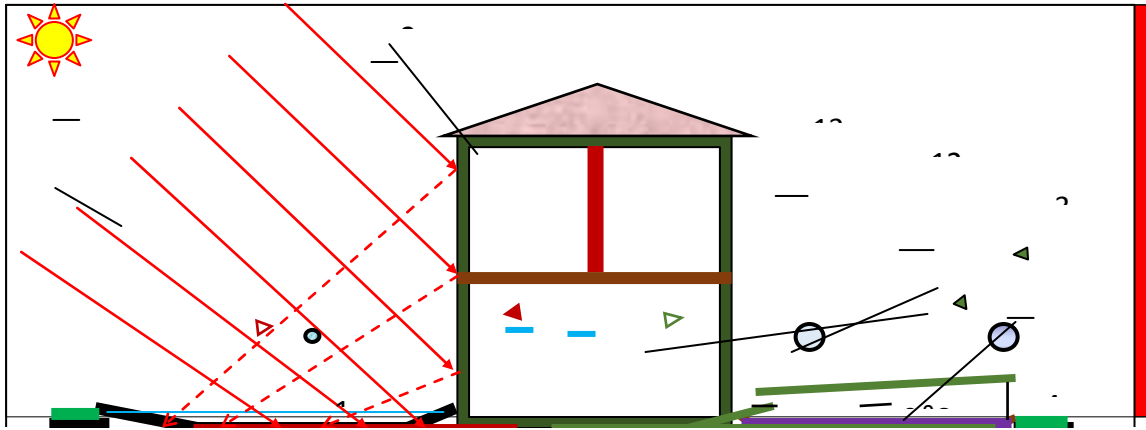


ნახ.5 ჰელიობანო: 1- მზის გამოსხივება; 2- კონცენტრატორი; 3- მზის მარილიანი ავზი; 4- საორთქლე; 5-საბანაო განყოფილება; 6- მოსასვენებელი ოთახი.

ჰელიოწყალსაქანი სადგური - რომელიც მუშაობს ხელოვნურად შექმნილი სითბო-სიცივის აკუმულიატორების (ერთის მხრივ, მზის მარილიანი, ხოლო, მეორეს მხრის ყინულით/ცივი წყლით სავსე ავზები) შორის ტემპერატურულ სხვაობით.

განხილული მასალა გვიჩვენებს, რომ დანადგარები და სისტემები, რომლებიც მუშაობენ ხელოვნურად შექმნილი სითბოს აკუმულიატორის, მზის მარილიანი ავზის საშუალებით არიან მრავალფუნქციური და შეუძლიათ გადაწყვიტონ კონკრეტული ამოცანები ზაფხულის პერიოდში. ეს დანადგარები და სისტემები უზრუნველყოფენ ეფექტიან ენერგოდაზოგვას და ორგანული სათბობის მნივნილოვან ეკონომიას. საქართველოს კლიმატური პირობებიდან გამომდინარე აღნიშნული მიღწევადია შემოდგომასა და ზამთრის დასაწყისშიც.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ნახ.ნ. ჰელიოწყალსაქანი სადგური: 1-მზის გამოსხივება; 2-კონცენტრატორი; 3-თბური იზოლაცია; 4-ყინული/ცივი წყლით საკსე ავზი; 5,8-თბური გრავიტაციული მილი (თერმოსიფონი); 6-ჰაერის შემკრები; 7-სტირლინგის ძრავა ტუმბოსთან ერთად; 9-მზის მარილიანი ავზი; 10-წყალსადენი; 11-გრუნტი; 12- თბური გრავიტაციული მილის გაგრილებული ნაწილი, რომელიც განლაგებულია ჰაერზე; 13-თბური გრავიტაციული მილის გაგრილებული ნაწილი, რომელიც განლაგებულია ყინულის/ცივი წყლის ავზში.

მცირე ენერგეტიკას, რომელსაც ხელოვნურად შექმნილი სითბოს აკუმულიატორის, მზის მარილიანი ავზებთან ერთად, შეუძლია იმუშავოს მზის ენერგიაზე მომუშავე სხვა დანადგარებთან (მზის ბრტყელი კოლექტორები, მზის ელექტროსადგურები, ფოტოგარდამქნელები და სხვ.) და ქარის ენერჯის მნიშვნელოვანი გამოყენებით, ხელეწიფება საქართველოს ნებისმიერ რეგიონში მცირე დასახლების ენერგოუზრუნველყოფა.

ლიტერატურა

1. World Commission on Environment and Development, *Our Common Future*. OUP, Melbourne 1987, 8.
2. United Nations Development Programme, United Nations Department of Economic and Social Affairs and World Energy Council, *World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability*, United Nations, New York, 2000 pp. 31.
3. T. Mikiashvili, T. Jishkariani, G. Aabidze, O. Kiguradze, B. Chkhaidze, R. Kandelaki. POTENTIAL OF USING SOLAR ENERGY FOR HOT WATER SUPPLY OF GEORGIAN POPULATION. DIAGRAMS AND CLASSIFICATION OF CONTEMPORARY HELIO SYSTEMS Energyonline #2(3), 2010.
4. Осадчий Г.Б. Солнечная энергия, её производные и технологии их использования (Введение в энергетику ВИЭ). Омск: ИПК Макшеевой Е.А., 2010. 572b с.

OPPORTUNITIES OF USING SONAR ENERGY IN SMALL CAPACITY HOUSEHOLD AND INDUSTRIAL DEVICES

Arabidze G. O. Arabidze N. T.

Georgian Technical University

Summary

The work explains the term sustainable development. It describes the options that would support sustainable development and help resolve environmental issues. It discusses the devices and systems that operate on artificial heat accumulator solar salt tank. It describes the operation principle of helio drier, helio oven, helio bath, helio biogas and helio water pump. It is confirmed that these devices and systems are multifunctional and can solve specific issues during the summer season. These devices and systems result in considerable increase of energy efficiency and fossil fuel consumption reduction. Georgian climatic conditions would allow usage of these technologies in autumn as well as beginning of winter.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

**შენობის სხვენის სახურავის საინჟინერო
თბური გაანგარიშების მეთოდика**

კიღურაძე ო.*, ქეთელაური გ.*, ბარამიძე ს.**

* საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

** შპს „სითბო“

შენობის სხვენის სახურავი არის არაერთგვაროვანი სისტემა, რომელიც წარმოადგენს სხვადასხვა სამშენებლო მასალების კომპოზიციას. სხვენის სახურავიდან სითბოს ხვედრითი დანაკარგები შენობის სხვა შემომზღული კონსტრუქციებთან შედარებით მაღალია.

ნაშრომში დამუშავებულია არაერთგვაროვან სისტემაში სითბოს გადაცემის ინჟინრული თბური გაანგარიშების მეთოდика. გამოყენებულია ელემენტარული რეგულარული უჯრედის იზოთერმული და ადიაბატური მკვეთი სიბრტყეებით დაყოფის მათემატიკური მიდგომა. ჩატარებულია საცხოვრისად გამოსაყენებელი სხვენის სახურავის ვარიანტული თბური გათვლები და დაგენილია კონკრეტული პირობებისათვის თბური იზოლაციის სახე და საჭირო სისქე.

შენობის სხვენის სახურავი, როგორც არაერთგვაროვანი სისტემა, წარმოადგენს სხვადასხვა სამშენებლო მასალების კომპოზიციას და გამოყენებულია: გარე სახურავის ფენა (თუნუქი, კრამიტი, ტოლი და სხვა); ხის კონსტრუქცია; ჰაერის ფენა (უძრავი ან ვეტილირებადი); წყალგაუმტარი აფსკი; ორთქლგაუმტარი აფსკი; თაბაშირ-მუყაო და სხვა. გავრცელებულია კომპონენტების შეთანწყობის სხვადასხვა ვარიანტი, განსხვავებული გეომეტრიული პარამეტრებით. ამასთან მდგენელი კომპონენტების თბოფიზიკური თვისებები ერთმანეთისაგან შეიძლება მკვეთრად განსხვავებული იყოს. ასეთ არაერთგვაროვან სისტემაში სითბოს გადაცემის პროცესი რთული მექანიზმით ხორციელდება და მისი ინჟინრული თბური გაანგარიშების მეთოდის დამუშავება აქტუალურ ამოცანას წარმოადგენს.

ხშირია შენობების სხვენის რეკონსტრუქცია მისი საცხოვრისად გამოყენების მიზნით. საცხოვრისში ნორმალური მიკროკლიმატის შესაქმნელად აუცილებელია სახურავის დაგეგმარება ენერგოეფექტური ღონისძიებების გათვალისწინებით.

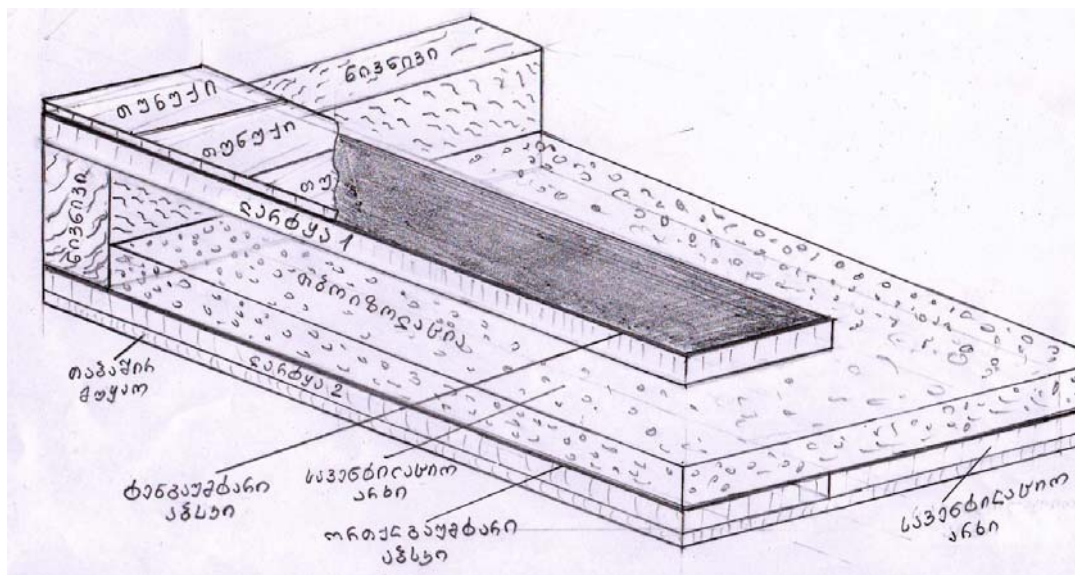
სხვენის სახურავიდან სითბოს ხვედრითი დანაკარგები შენობის სხვა შემომზღული კონსტრუქციებიდან დანაკარგებთან შედარებით მაღალია. ასევე ზაფხულში რთულდება პირობები სახურავის (განსაკუთრებით თუნუქის) მაღალ ტემპერატურამდე (70°C) შესაძლო გაცხელების გამო. ამასთან ერთად სხვენის სახურავი ხმაურის გამომწვევი ძლიერი წყაროა (სეტყვა, წვიმა). აღნიშნული უარყოფითი ფაქტორების მინიმუმამდე შემცირება განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია, როცა სხვენში საცხოვრისის სასარგებლო მოცულობის გადიდების მოტივით, გადახურვა არ სრულდება.

არსებობს მრავალი კვლევა, რომელიც ეძღვნება მყარ, თხევად და აირად სისტემებში და მათ კომპოზიციებში თბოცვლის შესწავლას. ნაშრომში განხილულია სხვენის სახურავის სისტემა, რომელიც შედგება ერთმანეთთან მექანიკურად დაკავშირებული ცალკეული ერთგვაროვანი კომპონენტებისაგან. შესაძლებელია მათი სხვადასხვა კომბინატორიკა, რაც გარკვეულ სტრუქტურას იძლევა, რომელშიც ხორციელდება რთული თბოცვლის პროცესი. დამუშავებულია სხვენის სახურავის მოდელი, რომელიც მოიცავს ისეთ კომპონენტებს, რაც უზრუნველყოფს გარემოში სითბოს დანაკარგების და სათავსში ხმაურის შემცირებას, ამასთან გათვალისწინებულია გამოყენებული თბოიზოლაციის, გარემო ატმოსფერული ნალექის და სა-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

თავისი ჰაერში ორთქლის მაღალი პარციალური წნევის გამო, დასველებისაგან დაცვა. დასმული ამოცანის რაოდენობრივი გადაწყვეტისათვის აუცილებელია სახურავის გავლით თბოგადაცემის კოეფიციენტის გაანგარიშება და ვარიანტული თბური გათვლებისათვის ინჟინრული მეთოდის დამუშავება[1-6].

სხვენის სახურავის შერჩეული სისტემა, წარმოადგენს სხვადასხვა საჭირო კომპონენტების ერთობლიობით შედგენილ კონსტრუქციას. მისი სტრუქტურა ხასიათდება დიდ მანძილზეშორი წესრიგით (განმეორადობით). ასეთ შემთხვევაში შეიძლება გამოვყოთ ელემენტარული უჯრედი, რომლის გეომეტრული და ფიზიკური თვისება იგივე იქნება, რაც მთლიანად სახურავისათვის შესაბამისი თვისებები. სხვენის სახურავის ელემენტარული უჯრედის მაგალითი ნაჩვენებია ნახ.1. ელემენტარული უჯრედის ეფექტური თერმული წინააღობის (ან გამტარობის) დასადგენად შეიძლება გამოყენებული იყოს სხვადასხვა მათემატიკური მიდგომა. ნაშრომში სხვენის სახურავის ელემენტარული უჯრედის ეფექტური თბოგამტარობის კოეფიციენტის დასადგენად გამოყენებულია რელეის კვთების მეთოდი. ელემენტარული უჯრედის მიმდევრობით გამეორება იძლევა სახურავის მთლიან სტრუქტურას და ამდენად ელემენტარული უჯრედი წარმოადგენს რეგულარულ უჯრედს [2, 6].



ნახაზი 5. სხვენის გადახურვის რეგულარული უჯრედი

განვიხილოთ თბური ნაკადის მოძრაობა ამ სისტემის გავლით და განვსაზღვროთ მისი ეფექტური თბოგამტარობის კოეფიციენტი. ზამთარში თბური ნაკადი მიმართული იქნება საცხოვრისის ჰაერიდან გარემო ჰაერისაკენ (ზაფხულში პირიქით).დავყოთ ელემენტარული უჯრედი უსასრულოდ თხელი დამატებითი ზედაპირებით: ვერტიკალური- ადიაბატური სიბრტყეებით და ჰორიზონტალური- იზოთერმული სიბრტყეებით. ელემენტარული უჯრედი (ნახ.1) ჰორიზონტალური სიბრტყეებით კვეთის შემთხვევაში მოიცავს რვა შედგენილ ფენას: თუნუქი; ტენგაუმტარი აფსკი; ლარტყა 1 და ჰაერის ფენა; ნივნივის ნაწილი და ჰაერის ფენა; ნივნივის ნაწილი და თბოიზოლაციის ფენა; ორთქლგაუმტარი აფსკი; ლარტყა 2 და ჰაერის ფენა; თაბაშირ-მუყაო.ელემენტარულ უჯრედში გავლილი თბური ნაკადის მნიშვნელობა დამოკიდებული იქნებასხვენის სახურავისშიგა და გარე ზედაპირების თერმულ წინააღობების დაცალკეული ფენის წინააღობების მნიშვნელობებზე.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

მკვეთი სიბრტყეები ისეა გატარებული, რომ თითოეული ფენა დაყოფილია ოთხ მახასიათებელ ფართობად ($f_{1..4}$). ცალკეული ელემენტის თერმული წინაღობა (r) იანგარიშება გამოსახულებით $r_i = h_i / \lambda_i \text{ } ^\circ\text{Cm}^2/\text{ვტ}$, სადაც h_i და λ_i არის ელემენტის სისქე (სიმაღლე) და თბოგამტარობის კოეფიციენტი შესაბამისად. ელემენტის დაყვანილი თერმული წინაღობა თბური ნაკადის მართობული სიბრტყის ფართობის ერთეულზე გამოითვლება $R = r_i / f_i \text{ } ^\circ\text{C}/\text{ვტ}$.

ელემენტარული უჯრედის ფენაში არსებული ოთხი ელემენტის თერმული წინაღობების შებრუნებული სიდიდეების ჯამი (ელექტრული ანალოგიის მიხედვით) წარმოადგენს კონკრეტული ფენის თერმული წინაღობის შებრუნებულ სიდიდეს (ელემენტების პარალელური შეერთება), ხოლო ცალკეული ფენის თერმული წინაღობების ჯამი (მიმდევრობითი შეერთება) იძლევა ელემენტარული უჯრედის ჯამურ თერმულ წინაღობის მნიშვნელობას R . ელემენტარული უჯრედის ადიაბატური სიბრტყეებით კვეთის შემთხვევაში მიიღება ცალკეული ელემენტის (8-8 ასეთი ელემენტი) ოთხი პარალელური შტო, რაც იძლევა ადიაბატური დაყოფის შემთხვევაში ჯამური თერმული წინაღობის მნიშვნელობას - $R_{\text{ად}}$. ელემენტარული უჯრედის იზოთერმული და ადიაბატური სიბრტყეებით დაყოფის წესით მიღებული თერმული წინაღობების საშუალო მნიშვნელობა გაიანგარიშება: $R = (R_{\text{ად}} + 2R_{\text{იზ}}) / 3$

მეორეს მხრივ, ელემენტარული უჯრედის ეფექტური თერმული წინაღობა შეიძლება გამოვსახოთ ეფექტური თბოგამტარობის კოეფიციენტით ($R_{\text{ეფ}}$), მაშინ, $R_{\text{ეფ}} = H / (\lambda_{\text{ეფ}} F_{\text{სრ}})$, სადაც H და $F_{\text{სრ}}$ არის ელემენტარული უჯრედის საერთო სიმაღლე (სისქე) და თბური ნაკადის მართობული მიმართულებით ფართობი. $R_{\text{ეფ}} = R$ ტოლობიდან განისაზღვრება ელემენტარული უჯრედის ეფექტური თბოგამტარობის კოეფიციენტის მნიშვნელობა, რომელიც მახასიათებელი იქნება სხვენის სახურავისათვის. კედლის ჯამურ თერმულ წინაღობასთან ერთად შიგა და გარე ჰაერზე თბოგაცემის თერმული წინაღობების გათვალისწინებით შეიძლება საცხოვრისის შიგა ჰაერიდან გარემო ჰაერზე სხვენის სახურავის გავლით თბოგაცემის კოეფიციენტის და გარემოში ხვედრითი თბური დანაკარგების განსაზღვრა.

შენობის სხვენის სახურავის კონსტრუქციის ელემენტების თბური ბალანსების საფუძველზე დამუშავებულია სახურავიდან თბური დანაკარგების ინჟინრული გაანგარიშების მეთოდის ექსპლანატორული პროგრამული უზრუნველყოფით. გაანგარიშება ტარდება შემდეგი ალგორითმით: 1. სახურავის ძირითადი ელემენტების და თბოსაიზოლაციო მასალის შერჩევა; 2. ცალკეული ელემენტების შეთანწყობის დამუშავება, საიზოლაციო მასალის დატენიანებისაგან (გარე და საცხოვრისის შიგა ტენი) დაცვის გათვალისწინებით (სპეციალური ტენგაუმტარი და ორთქლგაუმტარი აფსკების გამოყენება); 3. კონსტრუქციის სიმტკიცეიდან გამომდინარე ცალკეული ელემენტების გეომეტრული ზომების და ასევე საჭირო თბოფიზიკური მონაცემების დადგენა; 4. კლიმატური ზონის შესაბამისი სახურავის მოთხოვნილი თბური წინაღობის ნორმის დადგენა; 5. ვარიანტული გათვლების საფუძველზე კონკრეტული თბოსაიზოლაციო მასალის საჭირო სისქის დადგენა, რომელიც დააკმაყოფილებს თბური დაცვის პირობას პუნქტი - 4; 6. საჭიროების შემთხვევაში ვარიანტული გამოთვლების ჩატარება სხვადასხვა თბოსაიზოლაციო მასალის გამოყენებით (ოპტიმიზაციის ამოცანა); 7. ტექნიკურ-ეკონომიკური გაანგარიშება კონსტრუქციული

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

გადაწყვეტის ოპტიმალური ვარიანტის დადგენა.

შენობის სხეულის სახურავის ინჟინრული თბური გაანგარიშების დამუშავებული მეთოდის გამოყენებით ჩატარებულია სანიმუშო გაანგარიშება ნახ. 1 -ზე მოყვანილი ელემენტარული რეგულარული უჯრედის მაგალითზე, რომლის ფართობია 0,564მ²(თბური ნაკადის მართობულად). საცხოვრისის შიგა და გარე ჰაერის ტემპერატურების მნიშვნელობებია 20°C და -8°C შესაბამისად. თბოგაცემის კოეფიციენტები შიგა ჰაერიდან შიგა კედელზე არის 8,7 ვტ/(მ² K), ხოლო გარე ზედაპირიდან გარემო ჰაერზე 23ვტ/(მ² K) შესაბამისად.

ჰაერის ელემენტარული უჯრედის ფარგლებში კომპონენტების გომეტრული და თბური მონაცემები მოყვანილია ცხრილში 1.

ცხრილი 1

№	ელემენტის დასახელება	სიმაღლე (სისქე), მმ	სიგანე, მმ	სიგრძე, მმ	ინტერვალი, მმ	თბოგამტარობის კოეფიციენტი, ვტ/მ ² /K
1	თუნუქი	0,7	600	940	-	58
2	ტენგაუმტარი აფსკი	1	600	940	-	0,17
3	ლარტყა1	30	200	940	400	0,14
4	ნიენივა	160	90	600	850	0,14
5	ჰაერის ფენა	110	600	850	-	თერმ.წინაღობა 0.15(მK)/3ტ
6	თბოიზოლაცია	50	600	850	-	0,035
7	ორთქლგაუმტარი აფსკი	1	600	940	-	0,17
8	ლარტყა2	25	200	940	-	0,14
9	თაბამირ-მუყაო	10	600	940	-	0,19

მაგალითისათვის, მოცემული კლიმატური ზონისათვის (ქ.თბილისი) თუ მოთხოვნილია შენობის სახურავისათვის ეფექტური თერმული წინაღობის მნიშვნელობა -2 მ²C/ვტ, ვარიანტული გათვლებით მისი უზრუნველყოფა შესაძლებელი იქნება 50 მმ სისქის თბოიზოლაციის გამოყენებით, რომლის თბოგამტარობის კოეფიციენტი 0,035 ვტ/მ²/K. ასეთ პირობებში ელემენტარული უჯრედის იზოთერმული სიბრტყეებით დაყოფის შემთხვევაში თბოგადაცემის ჯამური თერმული წინააღობამ შეადგინა 3,42 K/ვტ (1,929მ²C/ვტ), ხოლო ადიაბატური დაყოფის დროს 3,76 K/ვტ (2,121მ²C/ვტ). უჯრედის კომბინირებული დაყოფის შემთხვევაში შესაბამისად მიღებულია მნიშვნელობა 3,53 K/ვტ (1,99მ²C/ვტ).

შენობის სხეულის სახურავის ეფექტური თბოგადაცემის კოეფიციენტი ტოლია 0,5ვტ/მ²C , ხოლო გარემოში სითბოს ხვედრითი დანაკარგები შეადგენს 14,05 ვტ/მ².

ლიტერატურა

- 1 კილურაძე ო. „ტექნიკური მასალების თბოფიზიკური თვისებების გამოკვლევა 80-673 K ტემპერატურულ ინტერვალში“// სადოქტორო დისერტაცია, 1995წ. თბილისი
- 2 Дульнев Г. Н. Коэффициент переноса в неоднородных средах. Ленинград. 1979
- 3 Дульнев Г. Н. Зарычяк Ю. П. Теплопроводность смесей и композиционных материалов. Ленинград 1974
- 4 Шкловский Б. И. Эфрос А.Л. Теория протекания и проводимость сильно неоднородных сред. УРН, 1975, т. 117

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

- 5 Чудновский А. Ф. Теплофизические характеристика дисперсных материалов М. физматгиз, 1962
- 6 Lord Rayleigh S. R. S. On the influence of obstacles arranged in rectangular order upon the properties of a medium. // Philosophical magazine and Journal of science, 1892, vol. 34, p. 481.

**ENGINEERING CALCULATION METHOD OF HEAT
TRANSFER FOR ATTIC ROOF.**

Summary

The attic roof of building is heterogeneous system, which presents composition of different construction materials. Portion of heat losses from the roof of building is high than comparatively from other fencing constructions of buildings.

In the report was developed heat transfer engineering calculation method for heterogeneous systems. Is utilized: sharply flatness isothermal and adiabatic mathematical dividing approach of elementary regular cell. In the report are conducted of variant of thermal calculations for roof of attic, are determined type of the thermal insulation and required thickness for the specific conditions.

**მდულარე სითხის მიერ ხურების ზედაპირზე რეაქტიული
ძალის წარმოქმნის წინასწარი მოდელირების შედეგები**

მაჭავარიანი ე. ს., ქსოვრელი ნ. თ., ჯიხვაძე მ. ჯ.
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

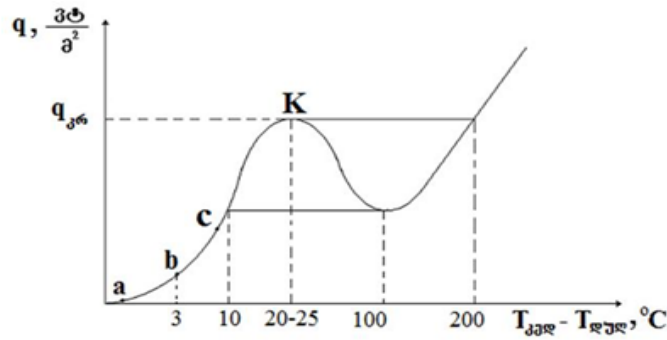
ნაშრომში წარმოდგენილია მდულარე სითხის მიერ ხურების ზედაპირზე რეაქტიული ძალის წარმოქმნის მოვლენის ჩვენს მიერ შემუშავებული ფიზიკური და გეომეტრიული მოდელები, რომელთა დამუშავება აუცილებელია მდულარე სითხის მხრიდან ხურების ზედაპირზე აღძრული რეაქტიული ძალის და მისი წარმოქმნის პირობების გამოსაკვლევად და ამ ბაზაზე, მზის თბურამძრავიანი წყალსაქაჩი ტუმბოს ენერგოეფექტურობის გასაუმჯობესებლად.

ჩვენი მოდელები დაფუძნებულია მზარდი ბუშტის ტუმბოს ეფექტისა და ბუშტის ქვეშა სითხის სოლისებური არედან აორთქლების კონცეფციების გაერთიანებაზე. ეს კონცეფციები საკმაოდ კარგად ეთანადება ერთმანეთს და ამის საფუძველზე დავამუშავეთ შესასწავლი მოვლენის, კერძოდ რეაქტიული ძალის წარმოქმნის და ზუსტებული გეომეტრიული მოდელი.

ჩატარებული სამუშაოს საფუძველზე ვასკვნივთ, რომ შესასწავლი ფიზიკური მოვლენის ჩვენს მიერ დამუშავებული გეომეტრიული მოდელის გამოყენებით შესაძლებელი ვახდებთ აღწერილი მოვლენის ზუსტი მათემატიკური მოდელირება.

წინამდებარე ნაშრომი წარმოადგენს შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ გაცემული გრანტით დაფინანსებული თემის „თბურამძრავიანი დიაფრაგმული ტუმბო წყლის გაცხელების ავტონომიური ჰელიოსისტემისათვის: წინასწარმო მოდელის დამუშავება“ ფარგლებში ჩატარებული კვლევის საწყის ეტაპზე მიღებული შედეგების ერთგვარ შეჯამებას.

ცნობილია, რომ დუღილი წარმოადგენს სითხის ორთქლადქცევის პროცესს მისსავე მოცულობაში და უპირველეს ყოვლისა გახურების ზედაპირზე [1]. დუღილის პროცესს, რასაკვირველია, თან ახლავს ზედაპირიდან სითბოს ართმევის პროცესი, რომლის ინტენსიურობა დამოკიდებულია თვით დუღილის ინტენსიურობაზე. ეს უკანასკნელი კი დამოკიდებულია იმ ზედაპირის ტემპერატურაზე, რომელზეც დუღილი მიმდინარეობს და ამრიგად, დუღილის დროს სითხის მიერ კედლის ზედაპირიდან ართმეულ სითბოს რაოდენობასა და კედლის ზედაპირის ტემპერატურას შორის არსებობს გარკვეული დამოკიდებულება, რომელიც პირველად იაპონელმა მეცნიერმა ნუკიამამ [2] შეისწავლა და რომელიც წარმოდგენილია ნახ. 1-ზე.

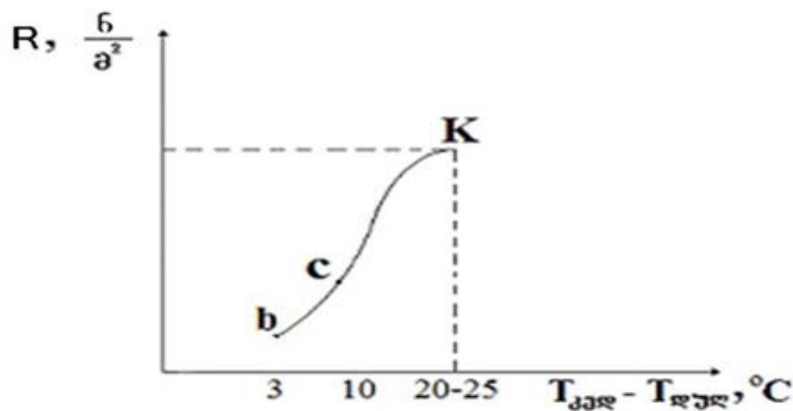


ნახ.1. ნუკიამას მრუდი

როგორც ამ ნახაზიდან ჩანს დუღილის პროცესის დროს ზედაპირიდან სითხეში გადაცემული სითბოს რაოდენობა დამოკიდებულია კედლის ტემპერატურაზე და კრიტიკულ K წერტილამდე კედლის ტემპერატურის მატებასთან ერთად იზრდება. ეს ხდება იმიტომ, რომ ამავე დროს მატულობს ზედაპირზე წარმოქმნილი ბუშტების რაოდენობა და ვინაიდან ჩვენს მიერ ადრე გამოქვეყნებულ ნაშრომში [3] გამოთქმული მოსაზრების თანახმად დუღილის პროცესს თან ახლავს რეაქტიული ძალის წარმოქმნა. მოსალოდნელია, რომ წარმოქმნილი რეაქტიული ძალაც იმავე კანონზომიერებით გაიზრდება.

მაშასადამე, რადგან ბუშტების წარმოქმნა ნუკიამას მრუდის მიხედვით (ნახ. 1) იწყება b წერტილში, ამიტომაც რეაქტიული ძალა უნდა გაჩნდეს სწორედ ამ წერტილში. ეს იმას ნიშნავს, რომ რეაქტიული ძალის მნიშვნელობა მთელი კონვექციური თბოგადაცემის პროცესში, ანუ უშუალოდ b წერტილამდე ნულის ტოლია და როგორც კი ბუშტები წარმოქმნას დაიწყებენ, მაშინვე უნდა გაჩნდეს მინიმალური რეაქტიული ძალა.

შემდეგ, რეაქტიული ძალა, დუღილის ინტენსიურობის ზრდასთან ერთად დაიწყებს მატებას და მაქსიმალურ მნიშვნელობას მიაღწევს უშუალოდ დუღილის კრიზისის დადგომისას, ანუ K წერტილის მახლობლობაში. ე.ი. რეაქტიულ ძალის დამოკიდებულება კედლის და მდულარე სითხის ტემპერატურებს შორის სხვაობაზე, დაახლოებით ნუკიამას მრუდის (bK) მონაკვეთის ანალოგიური უნდა იყოს, როგორც ეს ნახ. 2-ზეა წარმოდგენილი.



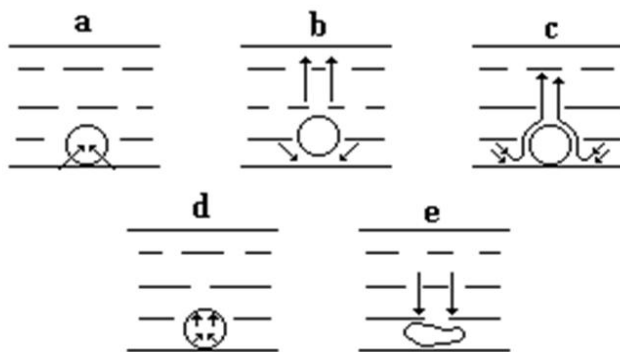
ნახ. 2. რეაქტიული ძალის შესაძლო დამოკიდებულება გამახურებელი კედლის ზედაპირსა და მდულარე სითხეს შორის ტემპერატურათა სხვაობაზე

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

სითხის დუღილის თეორიაში, რომელიც ჯერ კიდევ სამწუხაროდ არ არის ბოლომდე დაზუსტებული, არსებობს მრავალნაირი მოსაზრება იმის თაობაზე თუ რა მექანიზმებით ხდება სითხოს გადაცემა გამახურებელი, ანუ ამორთქლებელი კედლის ზედაპირიდან სითხეში. სამეცნიერო ლიტერატურაში ყოველწლიურად ქვეყნდება დუღილის პროცესის შესწავლისადმი მიძღვნილი მრავალი ქვეყნის მეცნიერთა ასობით ნაშრომი, რომელთა დიდი ნაწილი ეთმობა დუღილის მოვლენის თეორიულ კვლევას. ამ სამუშაოებში განიხილება ორთქლის ბუშტების წარმოქმნის მრავალნაირი მექანიზმი და სქემა. მაგალითისათვის ნახ. 3-ზე წარმოდგენილია ორთქლის ბუშტების წარმოქმნისა და მოწყვეტის სხვადასხვა ავტორის მიერ შემოთავაზებული ვარიანტები. გარდა ამისა გაანალიზებულია დუღილის ინტენსივობაზე მოქმედი მრავალი ფიზიკური და გეომეტრიული ფაქტორი და ა. შ. სწორედ ამ მექანიზმების და ფაქტორების დიდი რაოდენობა და მრავალმხრივობა ართულებს დუღილის მოვლენის თეორიულ ანალიზს, თუმცა თანამედროვე ეტაპზე, უკვე ჩამოყალიბებულია რამოდენიმე თეორიული კონცეფცია, რომელთა საფუძველზე ჩატარებული გაანგარიშებების შედეგები გარკვეულწილად დამაკმაყოფილებლად ემთხვევიან ექსპერიმენტულ შედეგებს.

ექსპერიმენტულ მონაცემებთან შედარებისას ჯერჯერობით ყველაზე კარგ შედეგებს იძლევა დუღილის ევრთწოდებული მულტიფაქტორინგის თეორია, რომელიც ქართველი მეცნიერების მიერაა დამუშავებული პროფესორ ი. შეყრილაძის ხელმძღვანელობით [4]. ამ თეორიის მიხედვით დუღილის პროცესში ადგილი აქვს გამახურებლის ზედაპირიდან სითხეში თბოგაცემის სხვადასხვა მექანიზმების ერთობლივ მოქმედებას და, ამასთან, სხვადასხვა პირობებში მადომინირებელ როლს თბოგაცემის ინტენსიურობაში იკავებენ სხვადასხვა ფაქტორები და მექანიზმები [5].

აღნიშნულიდან გამომდინარე მოსალოდნელია, რომ დუღილის პროცესში წარმოქმნილი რეაქტიული ძალის ხვედრით სითხურ ნაკადთან ან გამახურებელი ელემენტის ზედაპირის ტემპერატურასთან დამოკიდებულების ხასიათი (კერძოდ სიმრუდე, დახრის კუთხე) შეიცვალოს, რაც დამატებით მოგვცემს საფუძველს ზემოხსენებული მულტიფაქტორინგის კონცეფციის სამართლიანობის შესახებ.

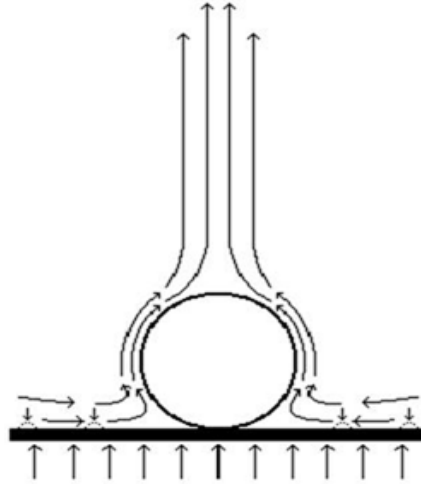


ნახ. 3. ორთქლის ბუშტების წარმოქმნის და მოწყვეტის სხვადასხვა ვარიანტი

დუღილის პროცესში სითხის მხრიდან გახურების ზედაპირზე ძალური მოქმედების არსებობას თეორიულად ამართლებს ის ფაქტი, რომ ამ ბოლო დროს დუღილის მექანიზმის შესწავლაში სერიოზულად მოიკიდა ფეხი ევრთწოდებულმა „ტუმბოს ეფექტმა“, რომელიც პროფესორ ირაკლი შეყრილაძის მიერ იყო დამუშა-

ვებულის ჯერ კიდევ გასული საუკუნის 60-იან წლებში [6] და შემდეგ, მისივე ხელმძღვანელობით მრავალმხრივ შესწავლილი.

ბუშტის ზრდისას წარმოქმნილი ტუმბოს ეფექტის სქემა წარმოდგენილია ნახაზზე 4.



ნახ. 4. ბუშტის ზრდის ტუმბოს ეფექტის სქემა

ამ სქემიდან ჩანს, თუ როგორ მოქმედებს ბუშტის ზრდისას წარმოქმნილი ეგრეთწოდებული „ტუმბოს ეფექტი“, რაც გამოიხატება მზარდი ბუშტის მიერ სითხის გასროლით მადულარი ზედაპირის მხრიდან სითხის სიღრმეში. ეს ეფექტი დაფიქსირებულია აგრეთვე იმ შემთხვევაშიც, როცა მადულარი ზედაპირი ქვემოთაა მიმართული და მიუხედავად ამომგდები ძალის მიმართულებისა, მზარდი ბუშტი გაცხელებულ სითხეს ქვემოთ ისვრის [7].

ცხადია, რომ მზარდი ბუშტის მიერ სითხის მადულარი ზედაპირიდან შორს გასროლას თან უნდა სდევდეს ბუშტის მხრიდან გარკვეული რეაქტიული ზემოქმედება თვით მადულარ ზედაპირზე.

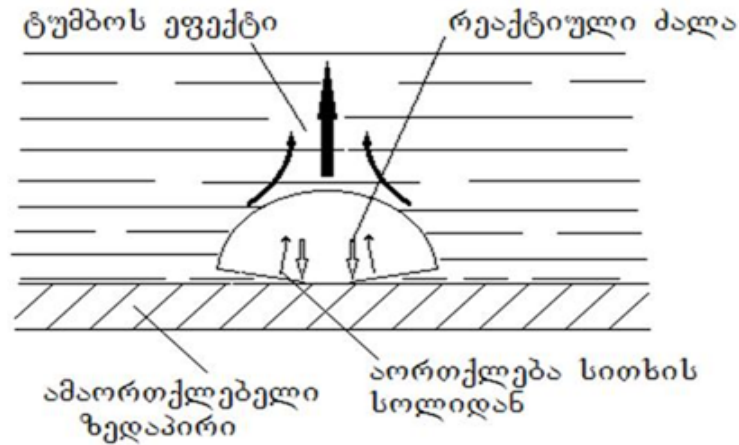
გარდა აღნიშნულისა, უნდა ითქვას, ძალიან გავრცელებულია მოსაზრება იმის თაობაზე, რომ დუდილის განმავლობაში ორთქლწარმოქმნის პროცესის დიდი ნაწილი მოდის მზარდი ბუშტის მადულარულ ზედაპირთან შეხების ზედაპირის გარშემო არსებული სითხის სოლისებურ უბანზე და ხსენებული ურთიერთშეხების ცენტრალური უბნის, ანუ მშრალი ზედაპირის ფართობის ზრდასთან ერთად იზრდება ბუშტისქვეშა წრიულად განლაგებული სითხის სოლის წრიული ზომა, რასაც თან სდევს სოლის წვერზე აორთქლებული სითხის რაოდენობის ზრდა [8].

ჩვენ გაგაერთიანეთ მზარდი ბუშტის ტუმბოს ეფექტისა და ბუშტისქვეშა სითხის სოლისებური არედან აორთქლების კონცეფციები, რომლებიც საკმაოდ კარგად ეთანადება ერთმანეთს, და ამ გაერთიანების საფუძველზე დავამუშავეთ შესასწავლი მოვლენის, კერძოდ რეაქტიული ძალის წარმოქმნის გეომეტრიული მოდელი (ნახ. 5).

როგორც ეს ნახ. 5-ზე ჩანს, სითხის დუდილის პროცესში ზრდადი ბუშტის ცენტრალური ნაწილის გარშემო იმყოფება სითხის ერთგვარი წრიული სოლი, რომელშიც არსებული სითხე არის დუდილის ტემპერატურასთან შედარებით ოდნავ გადახურებული ვინაიდან იმყოფება გამახურებელ კედელთან, ანუ მადულარი ელემენტის ზედაპირთან უშუალო შეხებაში. ზრდადი ბუშტის ცენტრალური ნაწილთან ახლოს მდებარე ხსენებული სოლის წვეროსთან მყოფ ყველაზე თხელ და

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

წრიულ არეში არსებული სითხის მოლეკულები იძენენ საკმარის ენერგიას იმისათვის რომ თხევადი ფაზიდან გადავიდნენ ორთქლის ფაზაში, რასაც თან სდევს თვითოეული მათგანის მოძრაობის რაოდენობის ცვლილება, რაც თავის მხრივ წარმოქმნის გამახურებელ ელემენტზე ვერტიკალურად ზემოდან ქვევით მოქმედ რეაქტიულ ძალას.



ნახ.5. რეაქტიული ძალის წარმოქმნის გეომეტრიული მოდელი

კერძოდ, ზემოხსენებული, დუდილის მულტიფაქტორინგის თეორიის მიხედვით დუდილის სხვადასხვა რეჟიმში სითბოგადაცემის სხვადასხვა მექანიზმები ასრულებენ მადომინირებელ როლს. ასეთ შემთხვევაში რეაქტიული ძალის დამოკიდებულება გამახურებელი კედლის ზედაპირსა და მდულარე სითხეს შორის არსებულ ტემპერატურათა სხვაობაზე განსხვავებული უნდა იყოს ნიკიამას მრუდის hK მონაკვეთისაგან (იხ. ნახ. 2) და უნდა ხასიათდებოდეს გადახრის წერტილებით, რადგან სხვადასხვა მექანიზმებით სითბოს გადაცემისას მოსალოდნელია, რომ რეაქტიული ძალის წარმოქმნის პირობები სხვადასხვა იქნება.

დამუშავებული გეომეტრიული მოდელის საფუძველზე შეიქმნება მოვლენის მათემატიკური და კომპიუტერული მოდელები და გაანგარიშებებით მიღებული შედეგები შედარდება პარალელურად მიმდინარე ექსპერიმენტული კვლევის შედეგებს.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Кутателадзе С. С. Теплопередача при кипении и конденсации. Москва. Машиностроение. 1952 г.
2. Тонг Л. Кризис кипения и критический тепловой поток. Атомиздат. Москва, 1976 г.
3. ე. მაჭავარიანი, ნ. ქსოვრელი, მ. ჯიხვაძე. მდულარე სითხის მექანიკური ზემოქმედება გახურების ზედაპირზე// ენერჯია. 2014. №3(71), გვ. 45-49. თბილისი.
4. Shekriladze, I.G., On the mechanism of nucleate boiling.// Bull. Acad. Sci. Georg. SSR., Vol. 41, pp. 392-396, 1966 (English version: NASA TM X - 59 398, pp. 1-10, 1967).
5. ი. შეყრილაძე, ჯ. რუსიშვილი, გ. გიგინეიშვილი, დ. შეყრილაძე. დუდილის მულტიფაქტორინგის ექსპერიმენტული გამოკვლევის შედეგები// ენერჯია. 2011. №2(58), გვ. 41-44. თბილისი.
6. Shekriladze, I.G., On the role of the “pumping effect” of a vapour bubble growing at the wall during nucleate boiling, Problems of Convection Heat Transfer and Steam Purity.// Metsniereba Press, Tbilisi, pp. 90-97, 1970
7. Shekriladze, I. G., GigineiSvili G. I., Rusishvili, J. G., Shekriladze D. I. Investigation of duration-dependent multifactoring during boiling on down-facing surface.//Proceeding of the 14th International Heat Transfer Conference, IHTC14. August 8-13, 2010, Washington, DC, USA.
8. Лабунцов Д. А. Современные представления о механизме пузырькового кипения. Вкн. Теплообмен и физическая гидродинамика. Москва. Наука, 1974 г. с. 98 – 115.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

PRELIMINARY MODELING RESULTS OF REACTIVE POWER GENERATION FROM BOILING LIQUID ON THE HEATING SURFACE

Evtikhi Machavariani, Natia Ksovreli, Maia Jikhvadze
Georgian Technical University

Summary

The paper presents developed by us the physical and geometric models of the phenomenon of reactive power generation from boiling liquid on the heating surface. These models are necessary for examination of conditions of reactive power formation from boiling liquid on the heating surface and to improve on this base, energy-efficiency of solar heat powered water pump.

Our models are based on the reunification of vapor bubble increasing pumping effect and concept of evaporation of the fluid wedge which is on the heating surface, under of vapor bubble. This both concepts correspond well with one another and based on this, we have developed an adjusted geometric model of reactive power generation phenomenon.

From the results obtained, we conclude that using the geometric model developed by us, it will be possible exact mathematical modeling of study phenomenon.

**ორთქლადქცევის პროცესში მოლეკულების მოძრაობის
რაოდენობის ცვლილებით გამოწვეული ძალის იმპულსით
მოგუშავებული თბური მანქანის ბანხორციელების
შესაძლებლობის შესახებ**

მაჭავარიანი ე., რუსიშვილი ჯ., გიგინეიშვილი გ., ქსოვრელი ნ.
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომში მოცემულია დუდილის პროცესში მდულარე სითხის მხრიდან აღძრული და გამახურებულ ზედაპირზე მოქმედი რეაქტიული ძალის გამოყენებაზე დაფუძნებული უწყვეტი მოქმედების სითბური მანქანის ერთ-ერთი შესაძლო კონსტრუქციული ვარიანტი. აღწერილია მისი მუშაობის პროცესი და დასახულია კვლევის შემდგომი ამოცანები.

წინამდებარე ნაშრომში ასახულია შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ გაცემული გრანტით დაფინანსებული თემის „თბურამძრავიანი დიაფრაგმული ტუმბო წყლის გაცხელების ავტონომიური კელიოსისტემისათვის: წინასწარმოთ მოდელის დამუშავება“ ფარგლებში ჩატარებული კვლევის საწყის ეტაპზე მიღებული შედეგების ერთი ნაწილი.

სითხის დუდილის და ორთქლის კონდენსაციის პროცესებს მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია თანამედროვე თბოფიზიკის აქტუალურ პრობლემებს შორის, რაც კარგად აისახება სამეცნიერო ლიტერატურაში ყოველწლიურად გაქვეყნებულ და ამ საკითხების შესწავლისადმი მიძღვნილ მრავალ ქვეყნის მეცნიერთა ნაშრომების სიმრავლეში. ამასთან, ვინაიდან არც დუდილის და არც კონდენსაციის პროცესებისათვის ჯერ კიდევ არ არის მიღებული მკაცრი თეორიული ინტერპრეტაციები, კვლავ განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა ხსენებული პროცესების და მათი თანმხლები ფიზიკური მოვლენების ყოველმხრივ ექსპერიმენტულ შესწავლას.

ამ მხრივ გამონაკლისს არც საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არატრადიციული და დამზოგი ენერგოტექნოლოგიების მიმართულების საკვლევო ლაბორატორია წარმოადგენს. ამ ლაბორატორიის თანამშრომლების მიერ მიღებული შედეგები სისტემატურად ქვეყნდება სამამულო თუ საზღვარგარეთის სერიოზულ სამეცნიერო გამოცემებში [1-6] და ხშირად არის წარმოდგენილი საერთაშორისო

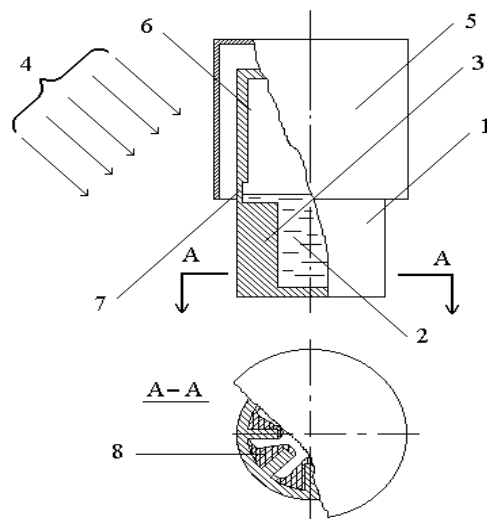
საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

სამეცნიერო კონფერენციებზე [7-10]. ამ სამუშაოებში ასახულია ღია კაპილარულ არხებში დუდილის [1,7], დუდილის თბოგადაცემის მრავალ ფაქტორზე დამოკიდებულების [2-4, 6], ქვემოთ მიმართულ გამახურებელ ზედაპირზე დუდილის [5, 8, 9] და დუდილის პროცესში გამახურებელი ზედაპირიდან სითხეში სითბოს გადაცემის ინტენსიურობაში მზარდი ბუშტის ეფექტის როლის [10] როგორც ექსპერიმენტული, ასევე თეორიული ხასიათის გამოკვლევებით მიღებული შედეგები.

წინამდებარე ნაშრომი ეძღვნება საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ზემოთ ხსენებულ ლაბორატორიაში შესრულებილი სამუშაოების ერთი ნაწილის [11, 12] ბაზაზე გამოთქმულ მოსაზრებას, კერძოდ აორთქლება-კონდენსაციის პროცესებში მოლეკულების მოძრაობის რაოდენობის ცვლილებით გამოწვეული ძალის იმპულსით მომუშავე თბური მანქანის შესაძლო პრაქტიკულ განხორციელებას.

თავდაპირველად უნდა ავლნიშნოთ ერთი გარემოება. თბოგადაცემის თეორიის ერთ-ერთმა კორიფემ, სამსონ სიმონის ძე ქუთათელაძემ, თბოგადაცემის თეორიის საფუძვლებისადმი მიძღვნილ თავის წიგნში [13] სპეციალურად განიხილა ნივთიერების თხევადი და ორთქლის ფაზათა შორის საზღვარზე ფაზებს შორის თბური და მექანიკური ურთიერთქმედების პირობები რის საფუძველზეც დაადგინა, რომ ნივთიერების ნაკადის მოძრაობის რაოდენობა მკვეთრად მატულობს თხევადი ფაზიდან ორთქლის ფაზაში გადასვლისას და შედეგად წარმოიქმნება რეაქტიული ძალა, რომელიც მიმართულია ორთქლის ფაზიდან თხევადი ფაზისაკენ ფაზათა გამყოფი საზღვრის მართობულად. იქვე ავტორი განმარტავს, რომ ხსენებული ძალა მცირე სიდიდისაა და განსაკუთრებულ ყურადღებას არ იმსახურებს. მიუხედავად ამისა ჩვენს მიერ შექმნილ სადემონსტრაციო და ექსპერიმენტულ დანადგარებზე მიღებული და ადრე გამოქვეყნებული შედეგები [14, 15] სრულ საფუძველს გვაძლევს ვივარაუდოთ ხსენებული რეაქტიული ძალის პრაქტიკული გამოყენების შესაძლებლობა.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, ქვემოთ მოცემულია თბური ენერჯის სასარგებლო მუშაობად უწყვეტად გარდამქმნელი თბური მანქანის, ჩვენი აზრით განხორციელებადი კონსტრუქციული ვარიანტი, რომლის პრინციპული სქემა მოცემულია ნახ. 1-ზე.



ნახ. 1. უწყვეტი მოქმედების ამაორთქლებელ-საკონდენსაციო თბური მანქანის შესაძლო კონსტრუქციული ვარიანტი

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

სითბური მანქანის მთავარ და ერთადერთ დეტალს წარმოადგენს ცილინდრული ფორმის ჭურჭელი 1, რომლის შიგა მოცულობა ორი ნაკვეთურისაგან შედგება. ქვედა ნაკვეთურში მოთავსებულია მუშა სხეული-სითხე (რაიმე ადვილად აქროლადი ნივთიერება) 2, ხოლო ზედა, ცარიელი ნაკვეთურის შიგა ზედაპირები 6 გამოყენებულია დუდილის პროცესში წარმოქმნილი ორთქლის საკონდენსაციოდ. ქვედა ნაკვეთურის კორპუსი შიგა მხრიდან გაწიბოვებულია ვერტიკალური ფირფიტებით 3, რომელთა ზედაპირები რადიალურ სიბრტყეებში არიან განლაგებული, როგორც ეს ნახაზზე წარმოდგენილ განივ ჭრილშია ნაჩვენები. ქვედა ნაკვეთურის ფირფიტებს შორის არსებული შიგა ცილინდრული ზედაპირები და თვით ფირფიტების რადიალური ზედაპირები ცალი მხრიდან დაფარულია ნაკვეთურში არსებული მუშა სითხის მიმართ მდგრადი თბოსაიზოლაციო და სითხეგაუმტარი მასალით 8, რის გამოც მუშა სითხე შეხებაში იმყოფება მხოლოდ წიბო-ფირფიტების ცალ, ერთი წრიული მიმართულებით შემხვედრ ზედაპირებთან. ქვედა ნაკვეთურის კორპუსი და ხსენებული წიბოები კარგი თბოგამტარი, ერთი მთლიანი მასალისაგანაა დამზადებული (ვთქვათ სპილენძისაგან), რაც უზრუნველყოფს მინიმალურ თბურ წინაღობას ქვედა ნაკვეთურის გარე ზედაპირსა და ფირფიტებთან შეხებაში მყოფ მუშა სითხეს შორის.

წარმოდგენილი სითბური მანქანა მოქმედებაში მოდის ქვედა ნაკვეთურის გარე ზედაპირზე გარკვეული სითბური ზემოქმედების არსებობის შემთხვევაში. სითბოს რაიმე წყარო, ვთქვათ მზის თბური გამოსხივება 4, ათბობს ქვედა ნაკვეთურის გარე ზედაპირს. მიღებული სითბური ენერგია, მასალის კარგი თბოგამტარობის გამო ვრცელდება წიბო-ფირფიტების მუშა სითხესთან შეხებაში მყოფ ზედაპირებზე და ამ ზედაპირების ტემპერატურის გარკვეული მნიშვნელობის მიღწევის შემდეგ იწვება მუშა სითხის დუდილი. დუდილის პროცესში წარმოქმნილი, მდუღარე სითხის მხრიდან ყოველ მაღულარ ზედაპირზე მოქმედი რეაქტიული ძალები ერთი წრიული მიმართულებით არიან განლაგებული და ამის გამო იწვევენ მთელი კორპუსის იმავე წრიული მიმართულებით შემობრუნებას.

დუდილის პროცესში წარმოქმნილი მუშა სითხის ორთქლი გადადის საკონდენსაციო ნაკვეთურში და კონდენსირდება მის შიგა ზედაპირებზე. კონდენსატი კი სიმძიმის ძალით, კვლავ სადულარ ნაკვეთურში ბრუნდება.

საკონდენსაციო ნაკვეთურზე გარედან დამაგრებულია მზის თბური გამოსხივების ამრეკლავი ერთგვარი საჩრდილობელი 5, რომელიც უზრუნველყოფს საკონდენსაციო ნაკვეთურის კედლების ტემპერატურის სიმცირეს ამაორთქლებელი ნაკვეთურის კედლების ტემპერატურასთან შედარებით. ამასთან, ამ ორი ნაკვეთურის კედლების ერთმანეთთან შეერთების უბანი გარკვეულ სიგრძეზე გათხელებულია, რათა არ მოხდეს თბოგამტარობით სითბოს გავრცელება ამაორთქლებელი ნაკვეთურის კედლიდან საკონდენსაციო ნაკვეთურის კედელში და არ შემცირდეს ორთქლის კონდენსაციის პროცესის ინტენსიურობა.

ადვილი შესამჩნევია, რომ განხილულ თბურ მანქანაში მიმდინარე თბოფიზიკური პროცესები და მუშა ნივთიერების ცირკულაციის მექანიზმი გრაფიტაციულ თერმოსიფონში მიმდინარე პროცესების ანალოგიურია. ამ გარემოებას ჩვენ განსაკუთრებულად ვუსვავთ ხაზს, რადგან საყოველთაოდ ცნობილია გრაფიტაციული თერმოსიფონების მუშაობის საიმედოობის მაღალი დონე. ამასთან, აღსანიშნავია წარმოდგენილი კონსტრუქციული ვარიანტის უკიდურესი სიმარტივე. ის პრაქტიკულად ერთადერთი დეტალისაგან შედგება, თუ არ ჩავთვლით ღერძის დამაგრების კვანძებს (რომლებიც ნახ. 3-ზე ნაჩვენები არ არიან) და საჩრდილობელს.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

აღსანიშნავია აგრეთვე, რომ მუშა სითხის დუდილისა და კონდენსაციის პროცესების უწყვეტად მიმდინარეობის განხორციელების გამო, მიიღწევა თბური მანქანის ცილინდრული კორპუსის და მასთან ხისტად დამაგრებული ღერძის უწყვეტი ბრუნვითი მოძრაობა, რაც განხილულ კონსტრუქციას ანიჭებს გარკვეულ უპირატესობას აორთქლება-კონდენსაციის პულსაციური მოქმედების თბურ მანქანასთან [11] შედარებით.

არ არის გამორიცხული, რომ აღწერილი თბური მანქანის ეფექტურობა კიდევ უფრო გაიზრდება, თუ სითხის აორთქლების მსგავსად, ორთქლის კონდენსაციაც მოხდება რადიალურად განლაგებული წიბოების ცალ ზედაპირებზე, რათა გამოყენებული იქნეს ორთქლის მოლეკულების სითხის ფაზაში გადასვლისას აღძრული ძალის იმპულსიც. შესაძლებელია აგრეთვე ამორთქლებელ და საკონდენსაციო ნაკვეთურებს შორის ჩაიდგას კაპილარული მასალისაგან დამზადებული წრიული ტიხარი, რომელიც ამორთქლებელ და საკონდენსაციო ნაკვეთურებს შორის შექმნის კაპილარული დაწნევის ტოლ წნევათა სხვაობას, რომელიც დამატებით შეიძლება იქნეს გამოყენებული სასარგებლო მუშაობის მისაღებად ამორთქლებელი ნაკვეთურიდან საკონდენსაციო ნაკვეთურში ორთქლის გადასასვლელში ჩაყენებული დახრილი ფირფიტების (ერთგვარი ორთქლის ტურბინის) მეშვეობით.

დასასრულს უნდა აღვნიშნოთ, რომ აღწერილი მოვლენის ტექნიკურ გამოყენებაზე დაფუძნებული სითბური მანქანების შესაქმნელად, ჯერჯერობით მიზანშეწონილად მიგვაჩნია მრავალმხრივი, როგორც თეორიული, ისე ექსპერიმენტული კვლევითი სამუშაოების შესრულება. აუცილებელია ისეთი მოქმედი ნიმუშების შექმნა, რომელთა ტექნიკური გამოცდების შედეგად შესაძლებელი გახდება მუშაობის უნარიანობის, საიმედოობის, მასალატევადობის, შესაძლებელი ხვედრითი სიმძლავრის, მარტივ ქმედების კოეფიციენტის, საექსპლუატაციო მახასიათებლებისა და სხვა მაჩვენებლების გამოკვლევა და შეფასება. ასეთი ნიმუშების კონსტრუქციული სქემები, ჩვენი აზრით, მრავალნაირი შეიძლება იყოს დასახული მიზნებისა და ამოცანების მიხედვით.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Shekriladze, J. Rusishvili, G. Gigineishvili, E. Machavariani, D. Shekriladze. Boiling of Liquid Wetting Open Capillary Grooves of Heating Surface. IASME TRANSACTIONS. Issue 9, Volume 2, November, 2005. pp. 1762-1770.
2. ი. შეყრილაძე, ჯ. რუსიშვილი, გ. გიგინეიშვილი, დ. შეყრილაძე. დუდილის თბოგადაცემის მულტიფაქტორინგის კონცეპცია. თბილისი. „ენერჯია“, №4(52), ნაწ. 2, 2009. გვ. 14-18.
3. ი. შეყრილაძე, ჯ. რუსიშვილი, ე. მაჭავარიანი, გ. გიგინეიშვილი, დ. შეყრილაძე. დუდილის თბოგადაცემის მულტიფაქტორინგის კვლევის თანამედროვე მდგომარეობა და პერსპექტივები. თბილისი. „ენერჯია“, №2(50), ნაწ.2, 2009. გვ. 56-59.
4. ი. შეყრილაძე, ჯ. რუსიშვილი, გ. გიგინეიშვილი, დ. შეყრილაძე. დუდილის თბოგადაცემის მულტიფაქტორინგის ექსპერიმენტული გამოკვლევის შედეგები. თბილისი. „ენერჯია“, №2(58), 2011. გვ. 41-44.
5. I. Shekriladze, E. Machavariani, G. Gigineishvili, J. Rusishvili, D. Shekriladze. Flat-Plate Collector with Solar-Powered Pump and Problem of Boiling on Downward-Facing Surface. WSEAS Transactions on Heat and Mass Transfer. Issue 4, Vol. 4, October 2009. pp. 108-117.
6. ი. შეყრილაძე, ჯ. რუსიშვილი, ე. მაჭავარიანი, გ. გიგინეიშვილი, დ. შეყრილაძე, მ. მეფარიშვილი. დუდილი – კონვექციური თბოგადაცემის განსაკუთრებული შემთხვევა. სტუ-ს არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, №18, 2014. გვ. 90-96.
7. I. Shekriladze, J. Rusishvili, G. Gigineishvili, E. Machavariani, D. Shekriladze. Boiling Heat Transfer on Grooving Capillary Surfaces. Proceedings of the 3rd IASME/WSEAS Int. Conf. on Heat Transfer,

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

- Thermal Engineering and Environment. Corfu, Greece, August 20-22, 2005. pp. 283-287.
8. I. Shekrladze, E. Machavariani, G. Gigineishvili, J. Rusishvili, D. Shekrladze. Solar-Powered Water Pump and Related Problem of Boiling on Downward-Facing Surface. Proceedings of the 9th WSEAS/IASME International Conference on Electric Power Systems, High Voltages, Electric Machines. Genova, Italy. October 17-19, 2009. pp. 40-45.
 9. I. Shekrladze, G. Gigineishvili, J. Rusishvili, D. Shekrladze. Investigation of Duration-Dependent Multi-factoring During Boiling on Down-Facing Heating Surface. Proceedings of the 14th International Heat Transfer Conference (IHTC14-23386). Washington, DC, USA. August 8-13, 2010. pp. 134-135.
 10. I. Shekrladze, G. Gigineishvili, J. Rusishvili, E. Machavariani, D. Shekrladze, L. Ezugbaia. Pumping Effect of Growing Bubble: To Overcome Decades of Neglect and Silencing. სტუ-ს დაარსების 90 წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის – „21-ე საუკუნის მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების განვითარების ძირითადი პარადიგმები“ – შრომები. თბილისი, საქართველო. 19-21 სექტემბერი, 2012. გვ. 248-258.
 11. I. Shekrladze, E. Machavariani, G. Gigineishvili, J. Rusishvili, D. Shekrladze, M. Meparishvili. Solar-Powered Steam Engine-Pump: Achieved Performance and Prospects for Further Development სტუ-ს დაარსების 90 წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის – „21-ე საუკუნის მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების განვითარების ძირითადი პარადიგმები“ – შრომები. თბილისი, საქართველო. 19-21 სექტემბერი, 2012. გვ. 190-197.
 12. I. Shekrladze, E. Machavariani, J. Rusishvili, G. Gigineishvili, D. Shekrladze. Flat-Plate Collector with Solar-Powered Pump. საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენციის „გარემოს დაცვა და მდგრადი განვითარება“ - შრომები. თბილისი, სტუ, 2010. გვ. 395-396.
 13. С. С. Кутателадзе. Основы теории теплообмена. Издательство «Наука». Сибирское отделение, Новосибирск. 1970 г. Стр. 659.
 14. ე. მაჭავარიანი, ნ. ქსოველი, მ. ჯიხვაძე. მდულარე სითხის მექანიკური ზემოქმედება გახურების ზედაპირზე. თბილისი. „ენერჯია“, №3(71), 2014. გვ. 90-96.
 15. ე. მაჭავარიანი, დ. ფხაკაძე. მდულარე სითხის მიერ ხურების ზედაპირზე განვითარებული ჭარბი წნევის ექსპერიმენტული კვლევა. საერთაშორისო სამეცნ. კონფერენციის მოხსენებათა კრებული „მართვისა და ენერგეტიკის პრობლემები“. თბილისი, 2004 წ. გვ. 631-633

ON THE POSSIBILITY OF A HEAT ENGINE OPERATING ON THE FORCE OF IMPULSE ARISING AS A CONSEQUENCE OF CHANGE OF MOMENTUM OF MOLECULES IN A PROCESS OF VAPORIZATION

Evtikhi Machavariani, Jondo Rusishvili, giorgi gigineishvili, Natia Ksovreli
Georgian Technical University

Summary

The possibility of implementation of continuous heat engine, operating on the force of impulse arising as a consequence of change of momentum of molecules in a process of vaporization and one of the possible structural options of this heat engine and its work process are described. For further research tasks are set.

PROMOTION MECHANISMS FOR WIND POWER DEVELOPMENT IN THE WORLD

Maghradze Nino
Georgian Technical University

Development of renewable energy technologies produces clean energy, increase number or employed people, contribute to GDP growth and create a new industrial sector by investing in research, development and innovation.

Wind energy has re-emerged as one of the most important renewable energy resources in the late 25 years. The cost of wind electricity production cost has been gradually decreasing with improving technology. Many countries have implemented special policies to promote development of wind power.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

In this paper is analyzed and characterized three main supporting mechanisms of renewable energy. Experience in wind power development is shown on the example of China, USA, European countries and Turkey. Results of different countries show that development of renewable energy should be limited in order to avoid surplus in production and not to create financial problems in the future.

Georgia does not have any promotion mechanism for wind power energy development. Analyzing world experience has to be one of the first steps to implement supporting mechanisms in the country.

Renewable Energy promotion is one of the main directions for environmental and economic development in the World. The driving forces for promotion of Renewable Energy growth are: reduction of traditional energy supplies, diversification of energy sources, security in this regard, and existing documents, namely EU directives, the Kyoto Protocol.

Different countries have different support schemes to promote growth of Renewable Energy Sources in their countries. Success of each support mechanism depends on the specified style of the deployed Renewable Energy. Electricity generated from Renewable Energy Sources requires big investments; the cost for such electricity is very expensive and without help of State such projects cannot be developed.

Three main supporting mechanisms are used for deployment of Renewable Energy in the World: 1.Feed in Tariff/Feed in Premium; 2.Quota mechanism or quantity mechanism known as a market mechanism (Green Certificate) and 3.Competitive auctions.

The main difference between Feed in Tariff/Feed in Premium system and Competitive Auction system is that, for the first one electricity volume is defined by market participants and price is established fully or partially by Regulator. For the second one electricity volume is defined by Regulator, but the price is determined competitively between market participants. Other mechanisms are Renewable Energy Charge, which is paid by the consumer in proportion with its consumption level, per kWh and Guarantee of Origin: in 2011, 33% of all Renewable Electricity consumption in Europe was documented with Guarantee of Origin. The major markets were Germany, Sweden, Belgium, Norway, and Netherland [1].

By 2013 about 64 countries had adopted feed in tariff or feed in premium system; these systems are increasing popularity especially in emerging and developing countries [3].

General concept and main characteristics of auctions are that there are large numbers of offers and project is selected according to price; also there are transparent procedures and prices for tendering.

The Table 1 shows strength and weakness of Renewable Energy promotion mechanisms:

Table 1. Strength and weakness of Renewable Energy promotion mechanisms

Mechanism	Strength	Weakness
Feed in Tariff	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Less risk for investors; ✓ New market player; ✓ Mostly financed by consumers, rather than State budget; ✓ Development of the sector by long-term investments. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ High prices; ✓ Complexity for determination a price; ✓ Irrelevance of generation with market prices.
Feed in Premium	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Less risk for investors; ✓ Fixed premiums; ✓ Well suited for liberalized markets; ✓ Very flexible on market signals. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Project complexity; ✓ Risk associated with absence of floor price.
Competitive Auction	<ul style="list-style-type: none"> ✓ High efficiency due to price competition; ✓ Useful instrument to establish competitive prices; ✓ High investor security for long-term power purchase agreements; ✓ Increasing predictability in renewable energy supply. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Discontinuous market development; ✓ Risk of not winning the auction; ✓ High administrative costs; ✓ Penalties.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

Renewable energy deployment in emerging countries is supporting growth globally. New renewable capacity installations outside the OECD (Organization for Economic Co-operation and Development) exceeded deployment within the OECD for the first time in 2013, with China dominating new capacity additions of both solar PV and wind [4]. The rapid expansion is provoked by declining costs of renewable energy technologies. Renewable Energy is often competitive with fossil fuel power at utility scale, and is generally cheaper in decentralized settings.

For the efficiency of promotion mechanisms: promotion mechanisms should increase demand of supply; give a long-term planning opportunities; renewable Energy sources should have free access on transmission grid; promotion mechanisms should be limited time by time; diversifying promotion mechanisms by technologies.

By the end of the 1990s, wind energy has re-emerged as one of the most important renewable energy resources. The cost of wind electricity production cost has been gradually decreasing with improving technology. At present, wind energy has been widely used to produce electricity in many countries in America, Asia, and especially Europe. According to Global Wind Energy Council among top ten wind power countries are: China, USA, Germany, Spain, India, France, Italy, UK, Canada, and Denmark [6].

The most progressive countries' (China, USA, Germany, Spain, Denmark and Turkey) experience has been analyzed in order to make recommendations for Georgia. These countries have gone a significant growth in wind power production capacities during last 10 years and the major driving force for this growth is definitely the promotion mechanisms which these countries are using as a tool for wind power production growth [7]. Picture below shows growth in wind power production capacities in 2014.

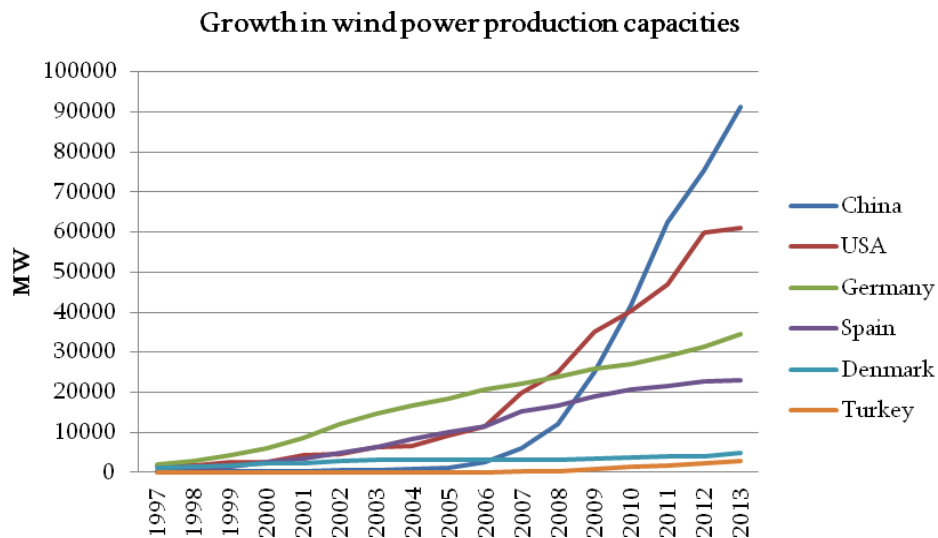


Table 2 gives information about number of wind farms operating in these countries. The size of the power plants vary from few kW to 350 MW farm in China.

Table 2. Operating Wind Farms

№	Country	Number of Wind Farms
1	China	730
2	USA	1036
3	Germany	4011
4	Spain	980
5	Denmark	1512
6	Turkey	77

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

China, the first developing countries to implement and substantially consolidate comprehensive wind energy policies and which have become major wind energy actors in the last few years. Brazilian policy choices are also discussed. Nowadays China is the first country in the world in terms of wind power installed capacity, comprising 91324 MW in 2013.

In 2003 China began the process of setting up a comprehensive wind energy policy by creating the Energy Bureau of the National Development and Reform Commission to oversee renewable energy projects. In 2005 the Energy Bureau announced a reevaluated target of 30 GW of renewable energy in 2020 and adopted “The renewable energy law of the People’s Republic of China”. The law provides that grid enterprises shall enter into grid connection agreements with renewable power generation enterprises and the price of such energy shall be determined by the price authorities of the State Council.

China has set an obligation for large utilities to source at least 5% of their electricity from renewable sources in 2010 (and 10 percent in 2020). Utilities appear to be preparing to comply with this obligation by getting control of land rights in areas where they could develop new wind farms.

China has been organizing bids, called wind concessions, for construction of plants over 100 MW since 2002. One of the conditions of the bids was that 50 % (later 70 %) of the equipment must be made locally. Prices were driven down by Chinese state-owned power companies. China has chosen to mix Feed-In tariffs and Quotas, in practice, the Chinese Feed-In pricing system is based on tendering results.

In 2002 value added tax of 17 % was cut by half for wind energy. The value added tax reduction was one of the measures that marked China’s transition to a model of policy measures of general application broadly stimulating private national and international investment in wind farms [9].

Wind is among the most mature of renewable energy technologies and is currently the USA’s largest source of renewable power. USA wind power capacity was 61108 MW as of the end of 2013. Over the last 30 years, the cost of wind power in the U.S. has come down by more than 80 %, from over 30 cents/kWh in 1980, when the first large-scale wind turbines were installed, to less than 5 cents/kWh today, which is roughly competitive with fossil generation from new coal or natural gas plants.

The market for wind power, however, has grown primarily overseas due to strong, consistent foreign government incentives and policies. In the USA, support for the Production Tax Credit (PTC) has been uncertain and unstable, disrupting domestic wind development. As a result, wind manufacturing, too, has grown largely overseas. Just in the last few years, thanks in large part to consistent USA policy support, the USA market for wind power has begun to grow dramatically and in response to that growth, more wind turbine manufacturing has located in the USA.

Recovery Act investments are helping the USA re-establish leadership in innovation, manufacturing, and deployment in these fast-growing industries. There are three key programs through which the Recovery Act is driving manufacturing and deployment of renewable energy technologies: 1) Payment-in-Lieu-Of-Tax-Credits; 2) Manufacturing Tax Credits; 3) Loan Guarantees [10].

Germany is the leader in renewable energy and has the first position in terms of installed capacity in Wind energy and the second position in PV solar energy (in EU). The success of such development in Germany is adopting feed in tariff system.

Spain also achieved its success by adopting regulatory framework, which is based on a feed in premium system. Table 3 shows established ranges of FIP in Spain.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

Table 3. FIP ranges in Spain [5]

FIP Spain	€ cent/kWh		
	Reference	Upper limit	Lower limit
Wind			
<=5 MWh	2,929	8,494	7,127
<=5 MWh (Offshore)	8,43	16,4	

By the end of 2013, **Denmark** had installed 4772 MW of wind capacity. According to the Danish Transmission System Operator, wind power represented a share of 28.3% of the country's total electricity demand in, by far the largest share of any country in the world. Under its energy plans, the Danish government was Europe's first country to bring in large subsidies for its nascent wind industry, including the feed-in-tariff system, which was successfully replicated in Germany.

The industry also received significant subsidies for research and development in the late 1970-1980's. As a result of the Danish energy debate, the four energy plans, and the comprehensive reform of the electricity sector by the current Danish government, Denmark has for several years now been a net energy exporter. The country's electricity grid connects hundreds of small-scale distributed generators making use of wind resources and efficient use of a range of fuels. The country is also a pioneer in the use of environmental taxation, with a range of primary energy taxes. These taxes helped support development, with the revenue being used to support a range of technologies.

Cooperatives have played an important role in the development of wind power by helping create public acceptance. Their engagement has ensured that communities directly benefitted from wind power development, especially in the form of profit-sharing from electricity generation from renewable energy sources and from lower energy taxes. The planning responsibility for offshore wind farms is currently managed at government level, while the planning of onshore wind farms is collaborative [11].

Turkey's wind power installed capacity is 2959 MW. The new renewable energy law introduced fairly attractive incentives for wind power plants in Turkey. In early 2007, the Turkish government updated the renewable energy law that guarantees wind generators with 10 year agreements involving a fixed tariff between 50 USD/MWh and 55 USD/MWh. The law also guarantees reduced costs for land access, generation, and licenses, as well as no VAT or custom taxes for wind equipment. It is seen that this law has encouraged many investors for making investments given below regarding renewable energies in Turkey and especially wind energy [8].

Turkey is facing serious challenges in satisfying its growing energy demand. Turkey is an energy-importing country. In order to be less dependent on other countries, Turkey needs to use its sustainable sources. From this point of view, wind power is a very attractive choice, since it is economical, sustainable, environment friendly, and a familiar energy source in Turkey.

Georgia does not have any promotion mechanism for wind power energy development. Analyzing world experience has to be one of the first steps to implement supporting mechanisms in the country. Georgian Energy Development Fund is currently building 20 MW wind farm in Gori, which will be the first wind farm in the country. In order to make Wind Power more popular in Georgia, we need:

- ✓ Development of appropriate legislative framework;
- ✓ Creating special conditions to attract foreign investment;
- ✓ Give more guarantees for electricity sale;
- ✓ Make a clear set of procedures;
- ✓ Joint work with various state agencies and investors;

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

- ✓ Implementation of Renewable energy sources in terms of research, development and innovation.

References:

1. International Renewable Energy Agency. Re-thinking 2050.
2. Promotion of market share for renewable energy: which mechanism can promote market share for renewable energy effectively? Vahid Behzadi Asl, 2011.
3. Global Status Report, REN 21.
4. International Renewable Energy Agency. Re-thinking 2014. Analysis of the success of feed-in tariff for renewable energy promotion mechanism in the EU: lessons from Germany and Spain. María Teresa García-Alvarez, Rosa María Mariz-Piñez, 2012.
5. Global Wind Energy Council: <http://www.gwec.net/>
6. Wind Energy Market Intelligence: <http://www.thewindpower.net/index.php>
7. Hindawi Publishing Corporation: <http://www.hindawi.com/journals/jen/2013/794095/>
8. Promotion of Wind Energy: Lessons learned from International Experience and UNDP-GEF projects
9. The white House: <http://www.whitehouse.gov/recovery/innovations/clean-renewable-energy>
10. Wind Report. GWEC. IRENA 2013

რეზიუმე

განახლებადი ენერჯის ტექნოლოგიების განვითარება უზრუნველყოფს სუფთა ენერჯის წარმოებას, დასაქმებულთა ხალხის რაოდენობის, მშპ-ს მანქანების ზრდას და ქმნის ახალ მწარმოებელურ სექტორს ინვესტიციების განხორციელებით კვლევაში, განვითარებაში და ინოვაციებში. ქარის ენერჯის განვითარება განსაკუთრებით გააქტიურდა ბოლო 25 წლის განმავლობაში. ქარის ენერჯის ღირებულება ტექნოლოგიების განვითარების შესაბამისად, თანდათანობით მცირდებოდა. ბევრმა ქვეყანამ შეიმუშავა ქარის ენერჯის განვითარებისათვის სპეციალური მექანიზმები.

წინამდებარე ნაშრომში გაანალიზებულია და დახასიათებულია განახლებადი ენერჯის სამი ძირითადი მხარდაჭერი მექანიზმები. ქარის ენერჯის განვითარება ნაწევრდება ჩინეთის, აშშ-ს, ესპანეთის, გერმანიის, დანიის და თურქეთის მაგალითზე. სხვადასხვა ქვეყნების შედეგებმა აჩვენა რომ გარკვეულ ეტაპზე უნდა მოხდეს განახლებადი ენერჯის განვითარების ლიმიტირება, რათა თავიდან იქნას აცილებული წარმოებაში სიჭარბე და არ შეიქმნას მომავალში ფინანსური პრობლემები.

საქართველოს არ აქვს დანერგილი ქარის ენერჯის განვითარებისათვის არანაირი მექანიზმი, შესაბამისად მსოფლიო გამოცდილების ანალიზი უნდა დაედოს საფუძვლად ქვეყანაში დამხმარე მექანიზმების განვითარებას.

**ენერგოეფექტურ ავტონომიურ ჰიბრიდულ ერთიან
ბარდამქმნელ სისტემაში პროცესების მოდელირება ცვლადი
ღენის ქსელთან კარალელური მუშაობის პირობებში.**

კობრიძე გ.*; რეხვიაშვილიზ.*; ფხაკაძემ.; პაპიძეზ.**; ტეტუნაშვილიე.*.**

* საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

** აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

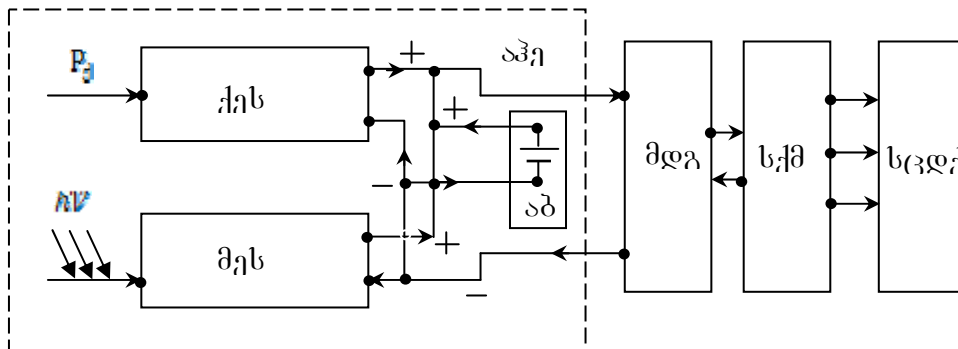
ნაშრომში წარმოდგენილია ენერგოეფექტურ ავტონომიურ ჰიბრიდულ ერთიან გარდამქმნელ სისტემაში პროცესების მათემატიკური და კომპიუტერული მოდელირების შედეგები. დამუშავებული და შექმნილია ქარის და მზის ელექტრული სადგურების, აგრეთვე მათთან პარალელურად მიერთებული აკუმულიატორული ბატარიების ერთობლივი ჰიბრიდული

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

ავტონომიური ელექტროენერგეტიკული სისტემის პრინციპული და საანგარიშო ელექტრული სქემა ცვლადი დენის ქსელთან პარალელური მუშაობის პირობებში აგებულია ცვლადების გარდამავალი პროცესების მოდელის სტრუქტურული სქემები.

პირველად, ქარის ენერჯიეს მექანოტრონული, მზის ენერჯიეს ფოტოელექტრული გარდაქმნების და აკუმულიატორული ბატარიების პარალელური დამუხტვა-განმუხტვის პროცესების ერთდროულად გამოყენების პირობებში შესრულდა მიზანმიმართული სამუშაოები მათი კვალიფიკაციისათვის, სისტემატიზაციისათვის და გარდაქმნა-გამოყენების ტექნოლოგიების დანერგვისათვის ჰიბრიდული ელექტროენერგეტიკის სისტემისსაიმედო, მდგრადი ავტომატური ელექტრომომარაგების უზრუნველყოფის მიზნით[1].

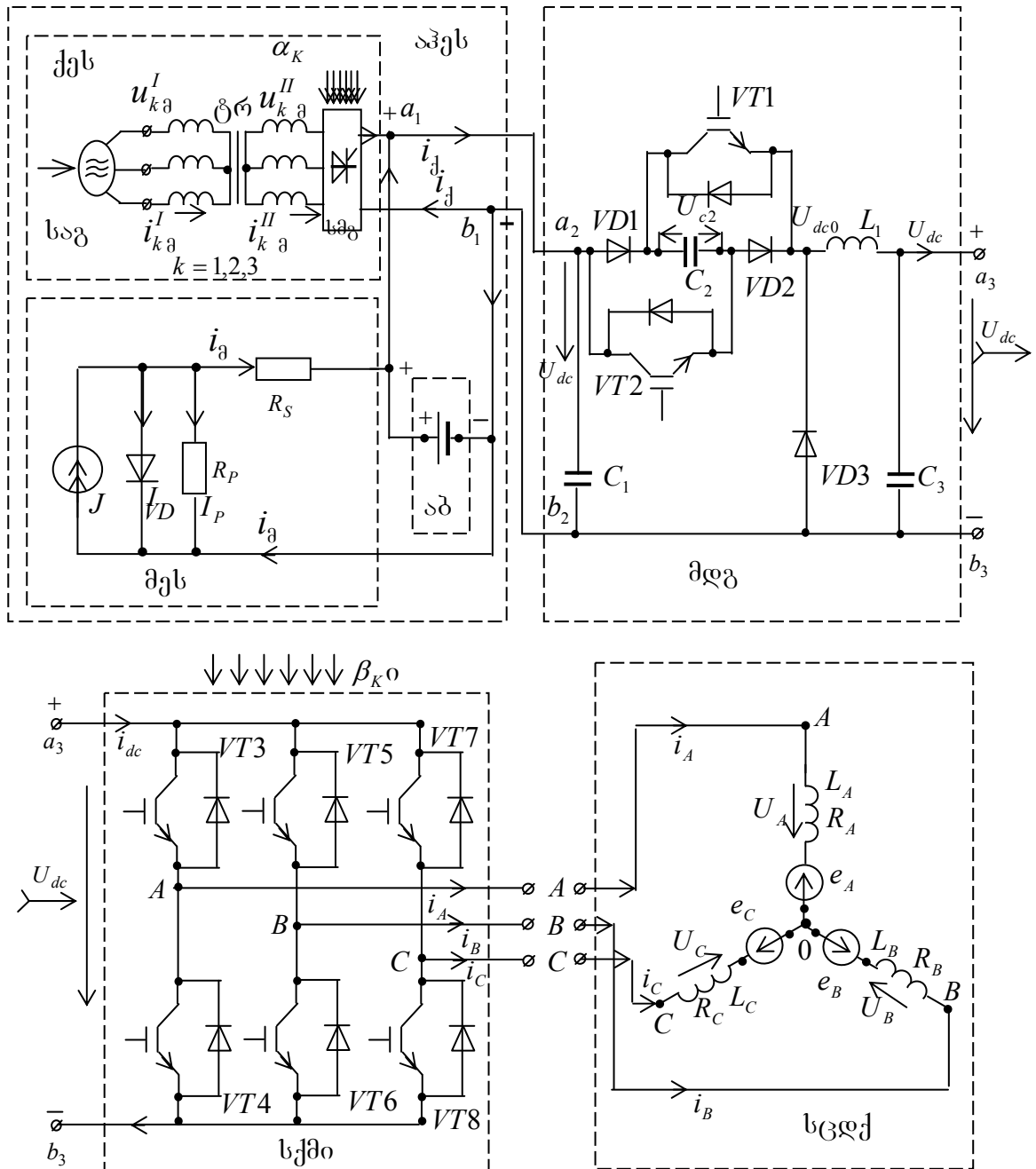
დამუშავებულია მზის ფოტოელექტრული ელემენტის შენაცვლების ელექტრული სქემა, რომელშიც გათვალისწინებულია ყველა საანგარიშო პარამეტრები. მიღებულია მზის ფოტოელექტრული ელემენტის ვოლტ-ამპერული მახასიათებლის კვადრატული სამწვერის გამოსახულება საინჟინრო გაანგარიშებისათვის ხელსაყრელ სახეში. დამუშავებულია იმპულსური გარდამქნელისა და მოდულაციური წრედის შემცველი ჰიბრიდული პარალელური ელექტროენერგეტიკული რეჟიმების საანგარიშო პრინციპული ელექტრული სქემები (ნახ.1-3). [2].



ნახ.1 ჰიბრიდული პარალელური ენერგეტიკული სისტემის განზოგადოებული სტრუქტურული სქემა: ქს - ქარის ელექტრო-სადგურები; მეს- მზის ელექტრო-სადგური; აბ - აკუმულიატორული ბატარეა; აპკ - ავტონომიური ჰიბრიდული ელექტროენერგეტიკული სისტემა; მდგ- მუდმივი დენის გარდაქმნელი; სკმ - სამფაზა ქსელის მიმყოფი ინვერტორი; სცდქ- სამფაზა ცვლადი დენის ქსელი.

ჩატარებულია ერთიანი გარდამქმნელი სისტემის პროცესების მათემატიკური და კომპიუტერული მოდელირება განზოგადებულ კენტ და ლუწ მუშაობის რეჟიმებში. ჩატარებული კომპიუტერული მოდელირების საფუძველზე აგებულია ერთიანი გარდაქმნელ ავტონომიურ სისტემაში ცვლადი ელექტრული სიდიდეების გარდამავალი პროცესების მოდელის სტრუქტურული სქემები, რომლებიც შეთავსებადია რიცხვითი გაანგარიშების კომპიუტერულ პროგრამებთან. ჩატარებულია ავტონომიური ჰიბრიდული ენერგოსისტემების პარალელური მუშაობის რეჟიმების მართვა იმპულსური გარდამქმნელისა და მოდულაციური წრედების საშუალებით [3].

შექმნილია ქარის ელექტროსადგურის, მზის ელექტროსადგურის, აკუმულიატორული ბატარიების და სამფაზა ცვლადი დენის ქსელის ერთობლივი პარალელური მუშაობის ერთიანი გარდაქმნელი სისტემა.



ნახ.2. ავტონომიური ჰიბრიდული ელექტროენერგეტიკული სისტემის პრინციპული ელექტრული სქემა სამფაზა ცვლადი დენის ქსელთან პარალელური მუშაობის პირობებში: ქსე - ქარის ელექტროსადგური; მეს - მზის ელექტროსადგური; აბ - აკუმულიატორული ბატარეა; აპეს - ავტონომიური ჰიბრიდული ელექტროენერგეტიკული სისტემა; მდგ - მუდმივი დენის გარდაქმნელი; სქმი - სამფაზა ქსელის მიმყოლი ინვერტორი; სცდქ - სამფაზა ცვლადი დენის ქსელი.

$$U_{dc} = 2,34U^I \quad (1)$$

სადაც

$$U^I = \frac{U_m^I}{\sqrt{2}} = \frac{1}{2\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{T} \cdot \frac{C_X \rho S (V_{\text{გარ}} - U_{\text{გრო}})^2 U_{\text{გრო}}}{U_m^{\text{სტანდ}}} \quad (2)$$

ქარის გენერატორის მომჭერებზე ფაზური ძაბვების გამოსახულებებში ფუნქციონირებს ქარის ბორბალზე მოქმედი პარამეტრები - $C_X \rho S V_{\text{გარ}} U_{\text{გრო}}$ და ცვლადი დენის ქსელის ძაბვის მოქმედი მნიშვნელობა დამყარებული რეჟიმებისათვის.

(2) გამოსახულებაში შემავალი პარამეტრებია:

T -განსახილველი პერიოდის დრო; X_X -ჯამური რეაქტიული წინაღობა მთელი გარდამქნელი სისტემისა; C_X - ფრთისსაქარეწინაღობისაეროდინამიურიკოეფიციენტი; ρ -ქარის სიმკვრივე; S -ფრთისგანიკვეთისფართი; $V_{\text{გარ}}$ -ქარისსიჩქარე; $U_{\text{გრო}}$ -ფრთისწრიულიმოძრაობისსიჩქარე; $U_m^{\text{სტანდ}}$ -მიმღებიცვლადიდენისქსელისძაბვისმაქსიმალურიმნიშვნელობა; δ -გადასაცემი ქსელის U^I ძბვისა და მიმღებიქსელის U^{II} -ძაბვის შორისკუთხეა.

მდგ შედგება $VT1,2$ ტრანზისტორებისაგან; $VD1,2,3$ დიოდებისაგან; $C1,2,3$ კონდესატორებისაგან და $L1$ დროსელისაგან. დგ-ის გამოსავალზე გვაქვს U_{dc} და I_{dc} დენის მყისა მნიშვნელობები, რომლებიც აგრეთვე წარმოადგენენ სამფაზა ინვერტორის (ცი) შესავალ ძაბვასა და დენს.

სამფაზაინვერტორიწარმოადგენს $VT3 + VT8$ ტრანზისტორების ბოჭური სქემით შეერთებად, რომლის გამოსავალზე ვღებულობთ ცვლადი დენის ქსელისმომართელექტრომაგნიტურადშეთავსებადი U_A, U_B, U_C და I_A, I_B, I_C ძაბვებსა და დენებს.

მდგწარმოადგენსარადისიპატიურბუფერულწრედს, რომელიცასრულებსმოდეულაციურიწრედისროლს.

მდგ-ში $VT1,2$ ტრანზისტორები სისტემის მუშაობის ყველა რეჟიმში ან ჩაკეტილია, ან ღია მდგომარეობაშია. ხოლო სამფაზა ინვერტორის $VT3 + VT8$ ტრანზისტორების ჩაკეტვა-გაღების მდგომარეობა მიმყოლია ცვლადი დენის ქსელის ფაზური ძაბვების ცვლილებასთან.

განხილვის ყურადღებას იპყრობს წარმოდგენილი ერთიანი გარდამქნელი - ნაჩვენებია კენტი და ლუწი რეჟიმების უნიფიცირებულია, გსქემები.

თითოეული რეჟიმისათვის ჩატარებულია მთლიანი სისტემის მათემატიკური და კომპიუტერული მოდელირება მათთვის ელექტრული წონასწორობის განტოლებების შედგენის საფუძველზე[4].

ლიტერატურა

1. კოსრეიძე გ. ფხაკაძე შ. განახლებადი ენერჯის წყაროებიან ავტონომიურ ენერჯოსისტემაში ელექტრომაგნიტური გარდამავალი პროცესების მათემატიკური მოდელირება. ჟურნალი „ენერჯია“ N3(55). თბილისი, 2010 წ. 37-43 გვ.
2. კოსრეიძე გ. ფხაკაძე შ. განახლებადი ენერჯის წყაროებიან ავტონომიურ ენერჯოსისტემაში დინამიური პროცესების კომპიუტერული მოდელირება. ჟურნალი „ენერჯია“ N3(55). თბილისი, 2010 წ. 44-50 გვ.
3. Кохреидзе Г.К., Лаошвили Д.П., Пхакадзе. Ш. А Управление системой при совместной работе

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

- солнечных фотоэлектрических станцийисети переменного тока. НТУ „ХПИ”Украина.Харьков.2011 г. N03(79)371-374с.
4. ფხაკაძე შ. კობრიძე გ. ჰიბრიდული ავტონომიური ენერგეტიკული პარალელური სისტემის მუშაობის რეჟიმების ოპტიმიზაცია და მდგომარეობის გამოკვლევა. ჟურნალი „ენერგია” N4(64). თბილისი, 2012 წ. 43-47 გვ.

MODELING THE PROCESSES IN JOINT REGENERATOR ENERGY EFFICIENT AUTOMIC HYBRID SYSTEM IN THE TERMS OF SIMULTANEOUS WORKING WITH ALTERING CURRENT NETWORK

Kokhreizze.K*;Rekhviashvili Z.Z *;Pkhakadzesh. A **; Papidze. Z **; Tetunashvili E.R*.

Georgian Technical University*
AkakiTsereteli State University**

Summary

In the work one has presented results of mathematical and computer modeling in energy effective autonomic hybrid joint regenerator system. One has processed and created principal and accounting electronic schedule of joint hybrid autonomic electricity of wind and sun electric stations, as well accumulative batteries, being connected in parallel in the terms of simultaneous working with altering current network. One has done the structural schedules of the model of transition processes of variables.

**თხევადდუშიანი სტირლინგის ძრავის
თერმოდინამიკური ანალიზი**

ჯავანაშვილი ნ., ქეხიშვილი ნ.
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

გლობალურ პრობლემებს შორის, რომელიც დღეს მსოფლიოს წინაშე დგას და მოითხოვს სწრაფ გადაწყვეტას, განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ბუნებრივი რესურსების შემცირების შედეგად გამოწვეული ენერგეტიკული კრიზისი და გარემოს ეკოლოგიური დაბინძურება. ამდენად, წინა პლანზე დგება ისეთი ახალი ტექნოლოგიების შექმნა, რომლებიც ეფექტურად გამოიყენებენ განახლებად წყაროებს და ამავე დროს არ დააბინძურებენ გარემოს.

კვლევის მიზანია თხევადდუშიან სტირლინგის ძრავის თერმოდინამიკური ანალიზი და მის ბაზაზე ძრავის პროტოტიპის შექმნა.

ეკოლოგიური და ენერგეტიკული პრობლემების გადაწყვეტის კუთხით ერთ-ერთი ყველაზე პერსპექტიულ მიმართულებად მიჩნეულია ენერგოგარდამქმნელი სისტემების დამუშავება და დანერგვა სტირლინგის ციკლით მომუშავე თბური ძრავის ბაზაზე.

სტირლინგის ძრავების შეთანწყობის შესრულების მრავალფეროვნება მნიშვნელოვნად ართულებს მასში მიმდინარე ფიზიკური პროცესების ერთი საერთო თეორიით აღწერას. ამუამად არსებობს თბური ძრავების თეორიული ანალიზის რამდენიმე მიდგომა [1]. არსებული მოდელები ეფუძნება ძრავის კვანძების დაყოფას სასრულ ელემენტებად. ამ ელემენტებში მიმდინარე პროცესების აღსაწერად გამოიყენება თერმოდინამიკური განტოლებების სისტემა, რომელიც მოიცავს მასის და ენერჯის შენახვის კანონებს. ამ განტოლებების ანალიზური გადაწყვეტები ხშირად დაუძლეველ წინააღმდეგობებს აწყდება, ამიტომ მათი ამოხსნა ხშირად ხორციელდება რიცხვითი მეთოდების გამოყენებით.

კვანძებად დაყოფის ყველა არსებული პროგრამა, მათ შორის ჩვენს მიერ ქვემოთ წარმოდგენილი, მოითხოვს ძრავის კონსტრუქციის დეტალურ ცოდნას: ცი-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ლინდრების ზომების, თბომცვლევების, რეგენერატორის და მათ ურთიერთშეთან-
 წყობას [2].

საანგარიშო მოდელს საფუძვლად უდევს შემდეგი დაშვებები: 1) წნევის მყისიერი მნიშვნელობები სისტემაში ყველგან ერთნაირია; 2) მუშა სხეულისთვის სამართლიანია იდეალური აირის განტოლება $PV=RT$; 3) მუშა სხეულის სისტემიდან გაპარვები (გაჟონვები) ნულის ტოლია; 4) ტემპერატურული გრადიენტი თბომცვლევებში არ გაგვანჩნია; 5) ცილინდრის მოცულობებში მუშა სხეულის გადარევა ერთმანეთში იდეალურია.

ამ დაშვებების საფუძველზე შესაძლებელია განესაზღვროთ მუშა სხეულის მასები, რომელიც გაგვანჩნია მაღალტემპერატურულ მოცულობაში, მაცივარში და რეგენერატორში:

$$M_g = \frac{P_g V_g}{RT_g}$$

$$M_x = \frac{P_x V_x}{RT_x}$$

$$M_R = \frac{P_R V_R}{RT_R}$$

სადაც, P, T და V შესაბამის ზონებში წნევები, ტემპერატურები და მოცულობებია:

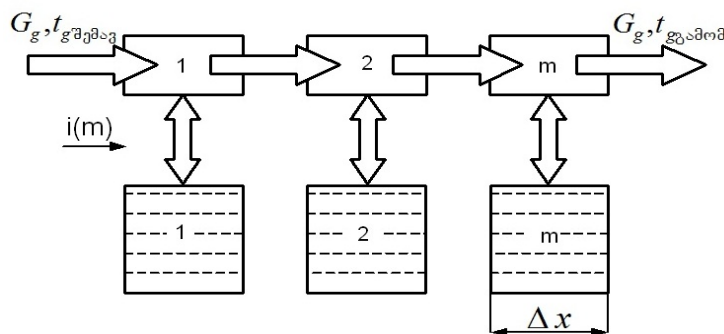
ვინაიდან მყისიერი წნევები ამ მოცულობებში ერთნაირია $P = P_g = P_x = P_R$, ხოლო მუშა სხეულის მასა ციკლში რჩება უცვლელი მასის შენახვის კანონიდან გამომდინარე $dM_g + dM_x + dM_R = 0$, გვექნება:

$$P \left(\frac{V_g^i}{T_g} + \frac{V_x^i}{T_x} + \sum \frac{V_R^i}{T_R^i} \right) = (M_g + M_x + \sum M_R^i) \cdot R$$

მუშა სხეულის სრული მასის გათვალისწინებით შესაძლებელია მყისიერი წნევის განსაზღვრა ციკლის ნებისმიერი მომენტისათვის:

$$P = \frac{M \cdot R}{\frac{V_g^i}{T_g} + \frac{V_x^i}{T_x} + \sum \frac{V_R^i}{T_R^i}} \quad (1)$$

წნევის მნიშვნელობების განსაზღვრა, როგორც (1) განტოლებიდან ჩანს, მოითხოვს მთელი სისტემის ელემენტარულ კვანძებად დაყოფას და ასევე რეგენერატორის ელემენტარულ მოცულობებში მუშა სხეულის ტემპერატურების განსაზღვრას.



ნახ.1. რეგენერატორის კვანძები

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ნახ.1.-ზე წარმოდგენილია რეგენერატორის ელემენტარულ მოცულობებად დაყოფის სქემა, რომელიც სქემატურად გვიჩვენებს მასში მიმდინარე თბოცვლის პროცესს გაზებსა და რეგენერატორის ბადის მასალას შორის. ენერჯის შენახვის კანონის საფუძველზე შეგვიძლია დავწეროთ ბალანსური განტოლება რეგენერატორის მასალასა და გაზებს შორის თბოცვლისთვის:

$$\left. \begin{aligned} dQ &= \alpha \cdot f_p dT \\ dQ_H &= dm_H \cdot C_H dT_H \\ dQ_g &= dm_g \cdot C_g dT_g \\ dQ_H &= dQ_g = dQ \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

სასრულ სხვაობით განტოლებად გარდაქმნით მივიღებთ შემდეგ განტოლებათა სისტემას:

$$\left. \begin{aligned} \Delta Q &= \alpha \cdot \Delta f_p (T_g^i - T_H^i) \\ \Delta Q_H &= \Delta m_H^i \cdot C_H (T_{Hi}^{\tau+1} - T_{Hi}^\tau) \\ \Delta Q_g &= \Delta dm_g^i \cdot C_g (T_{gi}^{\tau+1} - T_{gi}^\tau) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

მუშა სხეულის ტემპერატურების მნიშვნელობების გამოთვლა (3) განტოლებათა სისტემიდან, მოითხოვს დამატებით შემდეგი განტოლებების გამოყენებას თვლის თითოეული ბიჯისათვის:

$$\left. \begin{aligned} \Delta m_g^i &= m_g^{\tau+1} - m_g^\tau \\ m_g^{\tau+1} &= \frac{V_R^i}{RT_g^i} (P_i^{\tau+1} - P_i^\tau) \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

რიცხვითი მეთოდების გამოყენება საჭიროებს ამოხსნის კრებადობისა და მდგრადობის საკითხის დეტალურ შესაწავლას. განზომილებათა თეორიის საფუძველზე დადგენილ იქნა კრიტერიუმი, რომელიც უზრუნველყოფს სისტემის საწყისი მდგომარეობიდან სტაციონარულ მდგომარეობამდე ასიმპტოტური მიახლოებისას ამონახსნის კრებადობას და მდგრადობას. მას გააჩნია შემდეგი სახე:

$$\frac{\alpha \cdot \Delta \tau}{\rho_g C_g \cdot \Delta \left(\frac{V_R}{f} \right)} \leq 10 \quad (5)$$

სადაც, α – თბოგაცემის კოეფიციენტი, ვტ/(მ²კ);

ρ_g – მუშა სხეულის სიმკვრივეა, კგ/მ³;

C_g – მუშა სხეულის სითბოტევადობაა, ჯ/(კგ კ);

ΔV_R – რეგენერატორის ელემენტარული მოცულობაა, მ³;

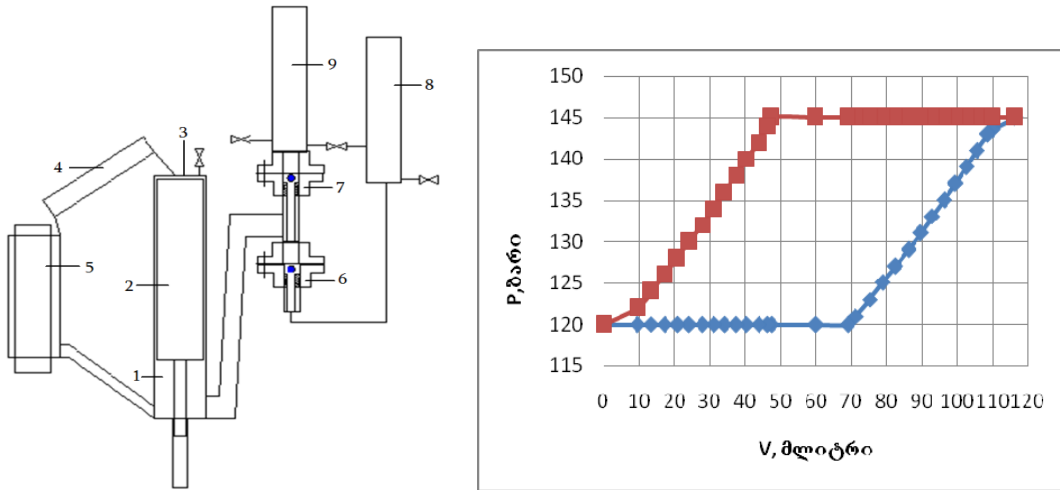
f – რეგენერატორის ბადის ზედაპირის ფართობია, მ²;

$\Delta \tau$ – დროითი ბიჯია, წმ.

განვიხილოთ თხევად დგუშიანი სტირლინგის ძრავის მუშაობის პრინციპი (ნახ. 2. (ა),(ბ)). იმ მომენტში, როდესაც დისფლესერი (2) იმყოფება ცილინდრის (1) ზედა მკვდარ წერტილში ($V_{Gb} = 0$; $V_{G3} = V_0$) შემწოვი (6) და დამჭირხნი (7) სარქველები დაკეტილია. ცილინდრში წნევა არის $P = P_3$. დისფლესერის ქვედა

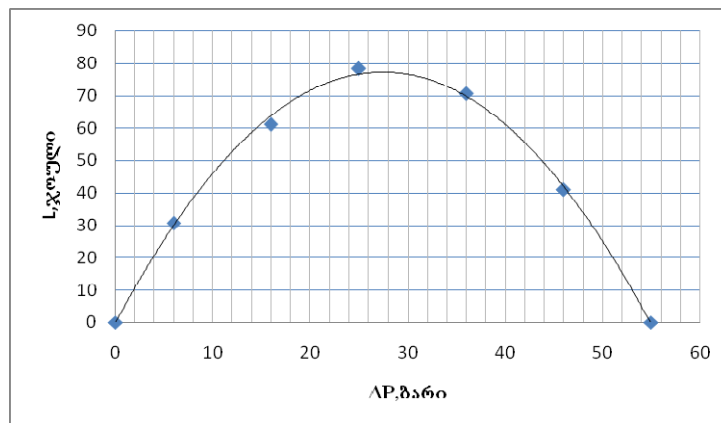
საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

მკვდარ წერტილისკენ მოძრაობისას მუშა სხეული თბომცველებს (3, 5) და რეგენერატორის (4) გავლით გადაედინება ცხელი არიდან ცივ არეში; ტემპერატურა და შესაბამისად წნევა სისტემაში მცირდება (პროცესი 3-4). როდესაც წნევის მნიშვნელობა მიაღწევს $P_4 = P_{\text{მინ}}$ და $(V_{\text{ცხ}} + V_{\text{ცივ}}) < V_{\text{მაქს}}$ გაიღება შემწოვი (6) სარქველი და სითხე დაბალი წნევის სააკუმულაციო მოცულობიდან (8) შეიწოვება მუშა არეში. შეწოვა მთავრდება, როდესაც დისფლესერი მიაღწევს ქვედა მკვდარ წერტილს.



ნახ.2 თხევად დეგუშიანი სტირლინგის ძრავის პრინციპიალური სქემა (ა) და ინდიკატორული დიაგრამა (ბ) ცხელ არეში

დისფლესერის უკუ სვლისას ადგილი აქვს მუშა სხეულის გადადინებას ძრავის ცხელ არეში, რის შედეგადაც იზრდება მისი ტემპერატურა და შესაბამისად წნევა (პროცესი 1-2). როდესაც წნევის მნიშვნელობა მიაღწევს $P_2 = P_{\text{მაქს}}$ და $(V_{\text{ცხ}} + V_{\text{ცივ}}) > V_{\text{მინ}}$ იღება დამჭირხნი (7) სარქველი და სითხე გადადინდება მაღალი წნევის სააკუმულაციო მოცულობაში (9). დაჭირხნა მთავრდება, როდესაც დისფლესერი მიაღწევს ზედა მკვდარ წერტილს. შემდეგ მუშა პროცესი მეორდება.



ნახ.3 ძრავის მუშაობის დამოკიდებულება სააკუმულაციო მოცულობებში წნევათა სხვაობაზე

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

ნახ.2. ბ)-ზე წარმოდგენილია 100 მილილიტრიანი მოცულობის მქონე თხევად-დგუშიანი სტირლინგის ძრავის ანგარიში ზემოთ მოყვანილი განტოლებების გამოყენებით. ინდიკატორული დიაგრამის საშუალებით შესაძლებელია შეფასდეს ციკლის მუშაობა და მიღებული სიმძლავრე. სააკუმულაციო მოცულობებში წნევები $P_{აინ}$ და $P_{ააქს}$ შეირჩევა ისეთი მნიშვნელობების, რომ ციკლიში მიღებული იქნას მაქსიმალური მუშაობა და სიმძლავრე (ნახ.3).

ლიტერატურა:

1. Уокер Г. Двигатели стирлинга. М.: Машиностроение, 1985. 408 с.
2. ქვეციშვილი ნ., ჯავახიანი ნ. თხევად დგუშიანი სტირლინგის ძრავი//Georgian Engineering News, 2013, № 2, p. 60-63.

Summary

The article discusses the theoretical analysis of physical processes of the liquid piston Stirling engine with the assumption that operating of heat exchanger was considered to be an ideal; the gas temperature in the cylinders was considered to be constant and equal to amount of the external heat sources; the hydraulic resistances in the gas path is neglected; dead volume in the devices is also neglected. Based on these assumptions, there is a relationship between the supplied and taken off heat, and the work performed by the engine. Also, there was established the geometric dimensions of the engine.

აღბილობრივი სათბობის - ტყიბულ-შაორის ქვანახშირის თბოუნარიანობა

ჩხიკვაძე ქ.თ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

საქართველოს ბუნებრივი ენერგეტიკული თბური რესურსები პრაქტიკულად შემოსაზღვრულია ტყიბულ-შაორის ქვანახშირის საბადოთი. ამ რესურსის ეფექტურად გამოყენება მოითხოვს წვის პროგრესული მეთოდების გამოყენებას. ერთ-ერთი ასეთი მეთოდია წვრილფრაქციული ქვანახშირის წვა "მღულარე შრეში". ამ ტექნოლოგიის სრულყოფილი გამოყენება მოითხოვს საწვავის თვისებების ყოველმხრივ შესწავლას. სტატიაში მოცემულია ტყიბულ-შაორის საბადოს ქვანახშირის თბოუნარიანობის ექსპერიმენტული გამოკვლევის შედეგები.

ქვეყნის ეკონომიკის ზრდა მჭიდროდაა დაკავშირებული ელექტროენერგეტიკის განვითარებასთან, შესაბამისად იგი ქვეყნისთვის პრიორიტეტული დარგია. ელექტროენერჯის დეფიციტის პრევენციისათვის აუცილებელია ქვეყანაში არსებობდეს საბაზისო ელექტროსადგურები, რომლებიც ძირითადად წარმოადგენენ ორგანულ სათბობზე (აირადი, თხევადი და მყარი) მომუშავე თბოელექტროსადგურებს. უკანასკნელ წლებში თბოელექტროსადგურებში უმეტესად აირადი და თხევადი სათბობი გამოიყენება. ეს გამოწვეულია ერთის მხრივ ენერგეტიკულ ბალანსში ბუნებრივი გაზისა და თხევადი სათბობის წილის მნიშვნელოვანი ზრდით, ხოლო მეორეს მხრივ მყარი საწვავის, კერძოდ ქვანახშირის, ძველი მეთოდებით წვასთან დაკავშირებული პრობლემებით.

პროგნოზით XXI საუკუნის ბოლოსთვის ენერჯის არაგანახლებადი წყაროების – ნავთობის და ბუნებრივი გაზის მსოფლიო მარაგები პრაქტიკულად მთლიანად ამოიწურება. ამ დეფიციტის შევსება შესაძლებელი იქნება ქვანახშირის წია-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ღისეული მარაგების და განახლებადი ენერჯის წყაროების ხარჯზე. ქვანახშირის ეფექტურად გამოყენებისთვის საჭირო იქნება მისი წვის ახალი ტექნოლოგიების შემუშავება.

ღღისეთვის ნახშირის წვის პროცესის გასაუმჯობესებლად დამუშავებულია პროგრესული ტექნოლოგიები. მათ შორის აღსანიშნავია წვრილფრაქციული ნახშირის წვა ეგრეთწოდებულ “მდულარე ფენაში”. ამ მეთოდის თანახმად, ქვანახშირის ნაწილაკები წვისთვის საჭირო წნევის ჰაერში შექონილ მდგომარეობაში იმყოფება. ამით გაუმჯობესებულია ქვანახშირის ნაწილაკების ჰაერის ჟანგბადთან შეხების პირობები, რის შედეგად მისი წვის ხარისხი 98-99%-ს აღწევს. აღნიშნული მეთოდი პასუხობს თანამედროვე ეკოლოგიურ მოთხოვნებსაც, რაც გულისხმობს წვის ისეთი პირობების შექმნას, რომლის დროსაც ხდება საწვავის მაქსიმალური წვა, და შესაბამისად, მანვე ნივთიერებების გამოყოფის მინიმალიზება. “მდულარე შრეში” სათბობის წვის ტექნოლოგია მგრძნობიარეა სათბობის ფრაქციული შედგენილობის, წვისთვის საჭირო პირველადი ჰაერის წნევის, სათბობის შედგენილობის და თბოუნარიანობის მიმართ. შესაბამისად, მისი სრულყოფილი გამოყენება მოითხოვს საწვავის თვისებების ყოველმხრივ შესწავლას.

ადგილობრივი ბუნებრივი თბური ენერჯეტიკული რესურსების გამოყენების თვალსაზრისით საქართველოს შესაძლებლობები პრაქტიკულად შემოსაზღვრულია ტყიბულ-შაორის ქვანახშირის საბადოთი (ცხრილი 1). ამდენად მისი ეფექტური გამოყენება საქართველოს ეკონომიკისთვის განვითარების მნიშვნელოვანი ფაქტორია.

ცხრილი 1

საქართველოს ნახშირების სამრეწველო მარაგი და პროგნოზული რესურსები

№	საბადოს დასახელება	სამრეწველო მარაგები, მლნ ტონა	პროგნოზული რესურსები, მლნ ტონა	მთლიანი მარაგი, მლნ ტონა
1	ტყიბულ-შაორის	338,5	373,0	711,5
2	ტყვარჩელის	20,3	12,0	32,3
3	ახალციხის	75,7	-	75,7
4	ელატინს	5,0	-	5,0

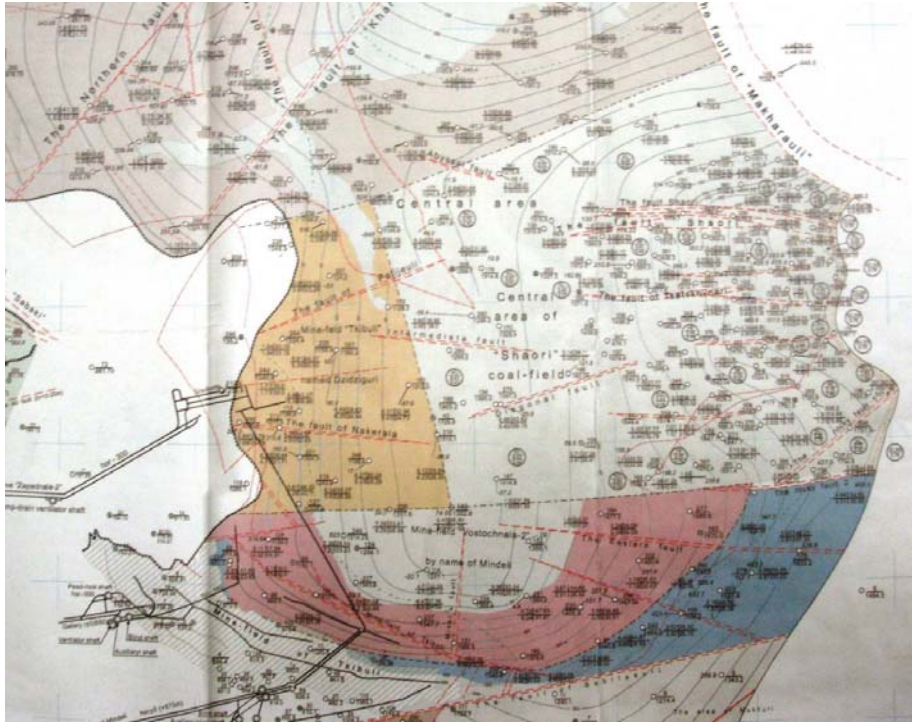
პირველ სურათზე მოცემულია ტყიბულ-შაორის საბადოს გავრცელების არეალი. ათვისებულია საბადოს სამხრეთ ნაწილი, რომლის რესურსი შეადგენს 338 მილიონ ტონას, ხოლო ჯერ კიდევ ათვისებელი, ჩრდილოეთ ნაწილის რესურსი შეადგენს 373 მილიონ ტონას. გეოგრაფიულად ტყიბულ-შაორის საბადო ვრცელდება რაჭისკენ, შაორის წყალსაცავის ქვეშ.

მეორე სურათზე ნაჩვენებია ქვანახშირის განაწილება საბადოში სიღრმის მიხედვით. ქვანახშირის მოპოვება ხდება ექვსი ნიშნულის დონეებიდან. სხვადასხვა ნიშნულის დონეების ქვანახშირის თვისებები განსხვავებულია ერთმანეთისგან. გამადიდრებელ ფაბრიკაში სხვადასხვა ნიშნულის დონის ქვანახშირი ერთმანეთში ირევა და ისე მიეწოდება მომხმარებელს.

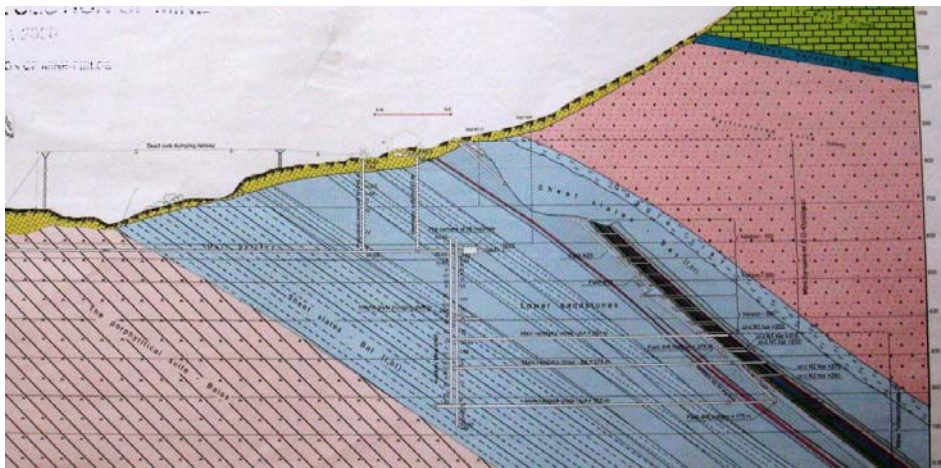
მთავრობის გადაწყვეტილებით დაგეგმილია ტყიბულში 150 მეგავატიანი თბოელექტროცენტრალის აშენება, რომელიც ადგილობრივ ქვანახშირზე იმუშავებს. საბადოს სხვადასხვა ნიშნულის შესაბამისი რიგითი ქვანახშირის, საღებავებიდან აღებული შლამის და ქვანახშირის გამამდიდრებელი ფაბრიკის ნარჩენების გამოყენებით შესაძლებელია შეიქმნას კომპოზიტური საწვავი რომელიც უზრუნველყოფს

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

“მღულარე შრეში” წვის ეფექტურ პროცესს. კომპოზიტური სათბობის შესაქმნელად აუცილებელია ცალკეული კომპონენტის თვისებების შესწავლა.



სურათი 1. ტეიბულ-შაორის საბადოს გავრცელების არეალი



სურათი 2. ქვანახშირის განაწილება ტეიბულ-შაორის საბადოში სიღრმის მიხედვით

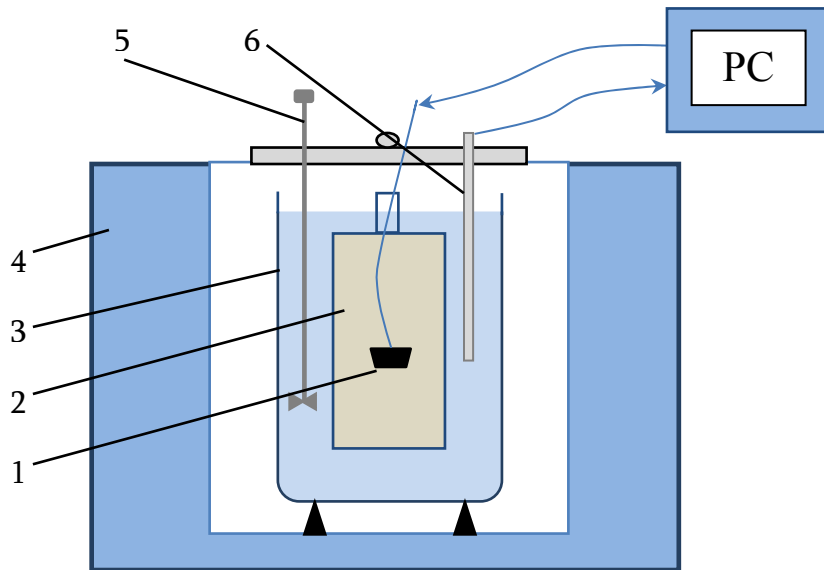
სამუშაოს მიზანია სათბობის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მახასიათებლის – თბოუნარიანობის ექსპერიმენტული გამოკვლევა.

თბოუნარიანობის გამოკვლევითვის გამოიყენებულია კალორიმეტრული ხელსაწყო XRY-1C, რომელიც წარმოადგენს თხევადი და მყარი ნივთიერებების თბოუნარიანობის საზომ იზოთერმულ კალორიმეტრს [1-2]. კალორიმეტრის სქემა მოცემულია მესამე სურათზე. საკვლევი ნიმუში მოთავსებულია სპეციალურ ტიგელში, რომელიც თავის მხრივ მოთავსებულია მაღალი წნევის კონტეინერში. წვისთვის

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ხელსაყრელი პირობების შექმნის მიზნით კონტეინერი შევსებულია 25 ატმოსფერული წნევის მქონე ჟანგბადით. კონტეინერი მოთავსებულია გამოსხილი წყლით შევსებულ კალორიმეტრულ ჭურჭელში. საკვლევი ნიმუშის დაწვის შედეგად გამოყოფილი სითბო გადაეცემა კალორიმეტრულ ჭურჭელში მოთავსებულ გამოსხილ წყალს. გამოსხილი წყლის მიერ მიღებული სითბოს რაოდენობის განსაზღვრით დგინდება საკვლევი ნიმუშის თბოუნარიანობა.

საკვლევი ნიმუში წარმოადგენს დაახლოებით 1 სმ დიამეტრის და 1 სმ სიმაღლის ცილინდრს.



სურათი 3. კალორიმეტრ XRY-1C –ის სქემა. 1-ტივგელი ნიმუშით, 2-კონტეინერი მაღალი წნევის ჟანგბადით, 3-კალორიმეტრული ჭურჭელი, 4-კალორიმეტრული გარსაცმი, 5-სითბის შემრევი, 6-თერმოპლემტრი

კალორიმეტრის კალიბრება ჩატარდა ფარდობითი მეთოდით, რომლის დროსაც გამოყენებულ იქნა “STANCHEM”-ის მარკის ბენზონის მუჟავას საფუძველზე შექმნილი სანიმუშო ნივთიერება “სტუ-1”, რომლის სისუფთავე ძირითადი ნივთიერების მიხედვით არის 99,24%, ხოლო თბოუნარიანობის მნიშვნელობა ტოლია 26437 ჯ/გ \pm 0,78% [3]. კალორიმეტრის თბური ექვივალენტის სიდიდემ შეადგინა 13947 ჯ/კ. მოცემულ ხელსაწყოზე თბოუნარიანობის კვლევების ექსპერიმენტული ცდომილება შეადგენს 1,5%-ს.

მე-4 სურათზე მოცემულია ექსპერიმენტის დროს მიღებული კალორიმეტრული სისტემის მიმდინარე და საწყის ტემპერატურებს შორის ΔT სხვაობის დროის მიხედვით ცვლილებების ტიპური გრაფიკი. წერტილი 1 შეესაბამება ტემპერატურის სხვაობას ექსპერიმენტის საწყის, ხოლო 2 წერტილი – ექსპერიმენტის საბოლოო მომენტში.

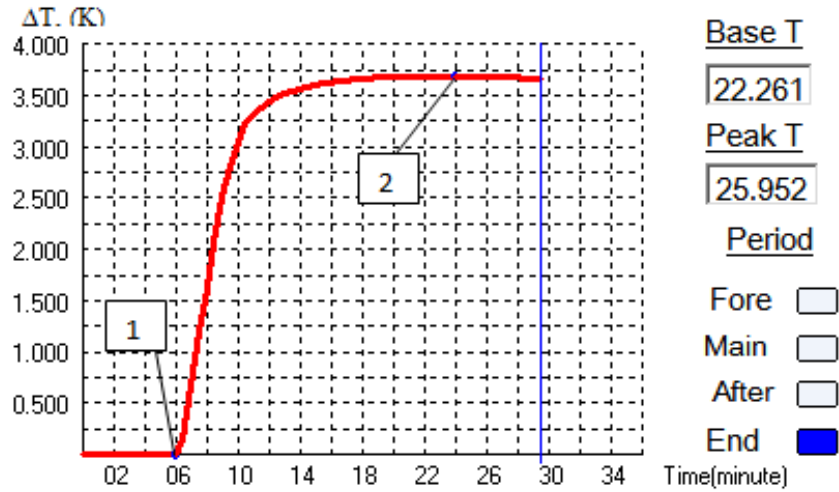
კალორიმეტრული სისტემის მიერ მიღებული სითბოს რაოდენობა, და შესაბამისად საკვლევი ნიმუშის თბოუნარიანობა – Q, გამოითვლება ფორმულით

$$Q = H \cdot \Delta T$$

სადაც H არის კალორიმეტრის კალიბრების შედეგად მიღებული კალორიმეტრული სისტემის თბური ექვივალენტის მნიშვნელობა, ΔT – კალორიმეტრული სისტემის საბოლოო და საწყის ტემპერატურათა შორის სხვაობა.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

კალორიმეტრული გაზომვები ჩატარებულ იქნა ტყიბულ-შაორის საბადოს სხვადასხვა დონის ნიშნულების რიგითი ქვანახშირის ნარევის ნიმუშებზე. გაიზომა შვიდი ნიმუშის თბოუნარიანობა



სურათი 4. კალორიმეტრული სისტემის მიმდინარე და საწყის ტემპერატურებს შორის სხვაობის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი

კალორიმეტრული გაზომვები ჩატარებულ იქნა ტყიბულ-შაორის საბადოს სხვადასხვა დონის ნიშნულების რიგითი ქვანახშირის ნარევის ნიმუშებზე. გაზომილ იქნა შვიდი ნიმუში, რომელთა თბოუნარიანობის მნიშვნელობები შემდეგია: 20604 ჯ/გ, 20566 ჯ/გ, 20661 ჯ/გ, 20738 ჯ/გ, 22011 ჯ/გ, 20468 ჯ/გ და 20495 ჯ/გ. მონაცემთა სტატისტიკური დამუშავების შედეგების მიხედვით საშუალო კვადრატულმა გადახრამ შეადგინა 192 ჯ/გ, რაც შეადგენს დაახლოებით 1%-ს.

ლიტერატურა

1. ჩხიკვაძე ქ. სათბობის თბოუნარიანობის საკვლევი ხელსაწყოს თბური ექვივალენტის განსაზღვრა// საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის შრომები. თბილისი, 2014, №4, გვ.19-22
2. ჩხიკვაძე ქ. კილურაძე ო. ჩხიკვაძე თ. თხევადი და მყარი სათბობის თბოუნარიანობის საზომი ხელსაწყოს გამოკვლევა// არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული. თბილისი, 2014, №18, გვ.111-115
4. ჩხიკვაძე ქ. კილურაძე ო. ჩხიკვაძე თ. სათბობის თბოუნარიანობის სანიმუშო ნივთიერების შექმნა ბენზონის მჟავას ბაზაზე// საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის შრომები. თბილისი, 2014, №3, გვ.15-18

SPECIFIC VALUE OF LOCAL FUEL – TKIBULI-SHAORI COAL

Chkhikvadze K.

Summary

Georgian natural energy thermal resources practically are limited by Tkibul Shaori coal deposit. The efficient usage of above mentioned resources requires applying of progressive methods of burning. As of today, from progressive technologies in regard of coal burning, the most remarkable is small fraction burning so called in Boiled Layer. Based on this method, coal particles are in weighted condition in needed pressured air. This improves terms of coal fractious connection to air, and after which its burning quality reached 98-99%. Perfect usage of this technology requires knowledge in-depth of fuel features. In this article we describe results of experimental investigation of calorific value of Tkibul Shaori coal. In the experiment, we have used isothermal calorimeter XRY-1C, which experimental error is 1.5%. The measurements were performed on coal mixtures obtained from six different layers. As a result of seven samples' measurement, the caloric value is 20,792 J/G with standard error of 1%.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

**ენერგორესურსების მარაგი, არატრადიციული და
განახლებადი ენერჯის წყაროების მდგომარეობა
და ბამოქნების პერსპექტივები**

ფხაკაძე შ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ნაშრომში წარმოდგენილია ენერგორესურსების მარაგი, არატრადიციული და განახლებადი ენერჯის წყაროების მდგომარეობა და გამოყენების პერსპექტივები. უკანასკნელ პერიოდში გაზრდილია ინტერესი არატრადიციული და განახლებადი ენერჯის წყაროების მიღებისა და გამოყენების ტექნოლოგიების მიმართ. საქართველოში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მზის და ქარის ენერჯების ელექტრული ენერჯიად გარდაქმნისა და გამოყენების ტექნოლოგიებს. ნაშრომში განხილულია საქართველოში არსებული მზისა და ქარის ენერჯის ბუნებრივი პოტენციალი. ელექტროსადგურების განთავსების ადგილები, რომლებიც საქართველოს თითქმის მთელ ტერიტორიას მოიცავს. ნაშრომში ნაჩვენებია არატრადიციული და განახლებადი ენერჯის წყაროების კლასიფიკაციის ცხრილი, აგრეთვე წარმოდგენილია ენერჯის განახლებადი წყაროების და სავაჭვის ადგილობრივი სახეობების გამოყენების სტრატეგიული მიზნები.

სამეცნიერო - ტექნიკური პროგრამების არსებული დონის პირობებში ენერგომოსხმარება შეიძლება დაიფაროს ორგანული საწვავის (ნახშირი, ნავთობი, გაზი), ჰიდროენერჯის და თბური ნეიტრონების საფუძველზე ატომური ენერჯიების გამოყენების ხარჯზე. ერთის მხრივ, მრავალრიცხოვანი გამოკვლევების შედეგების მიხედვით. 2020 წლისათვის ორგანული საწვავი მხოლოდ ნაწილობრივ დააკმაყოფილებს მსოფლიო ენერჯეტიკის მოთხოვნებს. ენერგომოსხმარების დარჩენილი ნაწილი შეიძლება დაკმაყოფილდეს არატრადიციული და განახლებადი ენერჯის წყაროების ხარჯზე.

ენერჯის არაგანახლებადი წყაროები წარმოადგენენ ნივთიერებისა და მასალების ბუნებრივ მარაგს, რომლებიც გამოიყენებიან ადამიანის მეშვეობით ენერჯის მისაღებად. მაგალითად: ბირთვული საწვავი, ნახშირი, ნავთობი და გაზი. არაგანახლებადი წყაროების ენერჯია ბუნებაში იმყოფება შეკავშირებულ მდგომარეობაში და გამოთავისუფლდება ადამიანის მიზანმიმართული მოქმედების შედეგად.

განახლებადი ენერჯის წყაროები გარემომცველ გარემოში არსებობენ მუდმივად, ან პერიოდულად აღძრული ენერჯის ნაკადების საფუძველზე.

არატრადიციული და განახლებადი ენერჯის წყაროებს განეკუთვნება მზის, ქარის, გეოთერმული, ზღვის ტალღების, ოკეანეების მიმოქცევის, ბიომასის, ნახშირის, ტორფის, დიდი და მცირე წყლის ნაკადების ენერჯიები.

უკანასკნელ პერიოდში გაზრდილია ინტერესი არატრადიციული და განახლებადი ენერჯის წყაროების მიღებისა და გამოყენების ტექნოლოგიების მიმართ. საქართველოში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მზის და ქარის ენერჯიების ელექტრული ენერჯიად გარდაქმნისა და გამოყენების ტექნოლოგიებს.

საქართველოში მზის ენერჯის სრული წლიური პოტენციალი შეფასებულია 108 მგვტ-ით. მზის ფოტოელექტრულ გარდამქმნელების გამოყენება მიზანშეწონილია მხოლოდ მთაგორიან ადგილებში, ძნელად მისასვლელი და მცირედ დასახლებული ადგილების ელექტრომო-მარაგებისათვის.

მზის ეფექტური გამოსხივება საქართველოში საკმაოდ მაღალია. უმეტეს რაიონებში მზის ნათების წლიური ხანგრძლივობა 250-დან 280 დღემდე მერყეობს, რაც წელიწადში დაახლოებით **1900 + 2200** საათს შეადგენს.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

საქართველოს აგრეთვე აქვს ქარის ენერჯის მნიშვნელოვანი პოტენციალი, რომლის მეშვეობით ელექტროენერჯის საშუალო წლიური გამომუშავება საორიენტაციოდ 4 მლრდ.კვტ.სთ-ით, ხოლო დადგმული სიმძლავრე 1500 მგვთ-ით არის შეფასებული. ქარის ენერჯეტიკული ბუნებრივი პოტენციალის მიხედვით საქართველოს ტერიტორია დარაიონებულია მაღალ, საშუალო და დაბალ სიჩქარიან ზონებად, სადაც ქარის სიჩქარე წელიწადში 2,5 მ/წმ-დან 9,0 მ/წმ-მდე მერყეობს, სამუშაო დროის ხანგრძლივობა წელიწადში 4000-50000 სთ-ს შეადგენს. შერჩეულია ქარის ელექტროსადგურების განთავსების საუკეთესო ადგილები, რომლებიც საქართველოს თითქმის მთელ ტერიტორიას მოიცავს. ამჟამად მიმდინარეობს სამუშაოები პერსპექტიული ქარის ელექტროსადგურების ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთებისათვის, რომლებიც შესაძლებელია განლაგდნენ : -იალღუჯას ქედზე (45 მგვტ, 110 მლნ.კვტ.სთ), მთა საბუეთზე - (100 მგვტ, 370 მლნ. კვტ.სთ), სამგორის ზეგანზე (45 მგვტ, 130 მლნ.კვტ.სთ), -გორის-სკრას მონაკვეთზე (90 მგვტ, 250 მლნ.კვტ.სთ), ქუთაისის მიმდებარე ტერიტორიაზე (90 მგვტ, 225 მლნ.კვტ.სთ) - მდინარე ფარავნისა და ჭოროხის ხეობებში - შესაბამისად 120 და 30 მგვტ დადგმული სიმძლავრითა და 336 და 90 მლნ.კვტ.სთ ელექტროენერჯის გამომუშავებით.

დღეისათვის ქარის ელექტროსადგურებში, როგორც წესი, გამოიყენება ძირითადად ასინქრონული გენერატორები. ქარის ელექტროსადგურების პარალელური მუშაობისას ასინქრონული გენერატორების უპირატესობად ითვლება ელექტრომაგნიტური მომენტის, დენის და გენერირებული სიმძლავრის შედარებით მცირე რხევები ქარის სიჩქარის ცვლილებათა პირობებში.

ჰიბრიდული პარალელური ენერგოსისტემების ელექტრომომარაგების მდგრადი და სტაბილური რეჟიმების უზრუნველსაყოფად საჭიროა ტყვია-მჟავიანი აკუმულატორების გამოყენება, რომლებსთვისაც თანმხლებია მუდმივად დამუხტვისა და განმუხტვის პროცესები. ასეთი პროცესები მიმდინარეობს კონტროლიორის, სიმძლავრის რეგულატორის და შესაბამისი მართვის იმპულსების ზემოქმედებით.

მზის, ქარის, დიზელგენერატორების და აკუმულატორული ბატარეის ენერჯების ერთდროული ან სელექციური გზით გამოყენება წარმოადგენს ძირითად საფუძვლებს მუდმივი და ცვლადი ძაბვის ჰიბრიდული ენერგოსისტემის განვითარებისათვის.

ქვემოთ ნაჩვენებია არატრადიციული და განახლებადი ენერჯის წყაროების კლასიფიკაცია (ცხრილი).

ცხრილი 1.

პირველადი ენერჯის წყაროები	ენერჯის ბუნებრივი გარდაქმნა	ენერჯის ტექნიკური გარდაქმნა	მეორადი მოხმარების ენერჯია
დედამიწა	მიწის გეოთერმული სითბო	გეოთერმული ელექტრო სადგური	ელექტროლობა
მზე	ატმოსფერული ნალექის აორთქლება	ჰიდროელექტრული სადგური	
	ატმოსფერული ჰაერის მოძრაობა	ქარის ენერჯეტიკული დანადგარები	
	ზღვის დინებები	ზღვის ელექტრო სადგურები	
	ტალღების მოძრაობა	ტალღური ელექტრო სადგურები	
	ყინულის დნობა	ყინულოვანი ელექტრო სადგურები	
	ფოტოსინთეზი	ელექტროსადგურები ბიომასაზე	
		ფოტოელექტროლობა	
პლანეტები	მოქცევა და მიქცევა	მიქცევითი ელექტრო სადგურები	

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

არატრადიციული და განახლებადი ენერჯის წყაროების პოტენციური შესაძლებლობები წელიწადში შეადგენენ მილიარდ ტონა პირობითი საწვავს;

- მზის ენერჯია - 2300;
- ქარის ენერჯია - 26,7;
- ბიომასის ენერჯია - 10;
- მიწის სითბო - 40000;
- მცირე მდინარეთა ენერჯია - 360;
- ზღვისა და ოკეანეების ენერჯია - 30;
- მეორადი დაბალ პოტენციური სითბოს წყაროების ენერჯია - 530;

ენერჯის განახლებადი წყაროების და საწვავის ადგილობრივისახეობების გამოყენების სტრატეგიული მიზნებია;

- არაგანახლებადი სათბობ-ენერჯეტიკული რესურსების გამოყენების შეზღუდვა;
- სათბობ-ენერჯეტიკის კომპლექსისგან ეკოლოგიური დატვირთვის შემცირება;
- დეცენტრალიზებული მომხმარებლისა და რეგიონების უზრუნველყოფა საწვავის შორეული და სეზონური შემოტანით;
- შორიდან შემოტანილი საწვავის ხარჯების შემცირება;
- განახლებადი ენერჯეტიკის განვითარების აუცილებლობა განისაზღვრება მისი როლის მიხედვით შემდეგი პრობლემების გადაწყვეტაში;
- დეცენტრალიზებული ელექტრომომარაგების ზონებში დასახლებებისა და წარმოების მდგრადი თბო და ელექტრომომარაგების უზრუნველყოფა;
- ცენტრალიზებული ენერჯომომარაგების ზონებში, რომლებიც განიცდიან ენერჯის დეფიციტს, ავარიული და შეზღუდული გამორთვებისაგან ზარალის აღმოფხვრას, მოსახლეობებისა და წარმოების გარანტირებული ენერჯომომარაგების მინიმუმის უზრუნველყოფა;
- რთული ეკოლოგიური გარემოებიან და აგრეთვე მოსახლეობის მასიური დასვენების ადგილებიან ქალაქებში და დასახლებულ პუნქტებში ენერჯეტიკული და ნადგარებისაგან მავნე გამონატყორცნების შემცირება.

ლიტერატურა

1. ფხაკაძეშ. ელექტრული და ელექტრონული წრედების საფუძველზე ჰიბრიდული ავტონომიური ელექტროენერჯეტიკული სისტემების პარალელური მუშაობის რეჟიმების მართვა და ოპტიმიზაცია. სადოქტორო დისერტაცია. თბილისი, 2013წ. 145გვ.
2. Кохреидзе Г.К., Лаошвили Д.П., Пхакадзе Ш. А Управление системой при совместной работе солнечных фотоэлектрических станций сети переменного тока. НТУ „ХПИ“ Украина. Харьков. 2011 г. N03(79)371-374с.
3. Андреев В.М., Грилехес В.А., Румянцев В.Д. Фотоэлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения. Л. „Наука“, Ленинградское отделение. 1989 г. 309 с.
4. კოსრეიძეშ, ლაოშვილიშ, სამარდანიშვილიშ. განახლებადი ენერჯის წყაროებიანი მუდმივი და ცვლადი დენის პარალელური ენერჯოსისტემის გამოყენების პერსპექტიული მიმართულებები. „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“. თბილისი, 2002წ. 87-90გვ.

ENERGY SUPPLY RESERVES, CONDITION OF NON-TRADITIONAL AND RENEWING POWER SOURCES AND PROSPECTS OF THEIR UTILIZATION

PKHAKADZE SH.

AkakiTsereteli State University

In the article is presented energy supply reserves, condition of non-traditional and renewing power sources and prospects of their utilization. In recent years the interest is increased to obtaining non-traditional and renewing power sources and technology of their utilization. In Georgia the attention is paid to transfor-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

mation of the sun and wind energy into power energy and technology of their utilization. The article discusses natural potential of the sun and wind energy, the place for power stations covering the whole territory of Georgia. In the article there is presented the classification schedule of non-traditional and renewing energy, also strategic aims of using energy renewing sources and local types of the oil.

**ჰიდრორესურსების ენერჯეტიკული გამოყენების შესახებ მცირე
ჰიდროელექტრო სადგურების დაპროექტებისას**

ჯოსაძე პ.დ., კუციავა ვ.ა.
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სტატიაში განხილულია პერსპექტიული მცირე ჰიდროელექტრო სადგურების პროექტების შედგენისას აგრეგატების შერჩევისა და მათი მართვის პრინციპები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ჰიდრორესურსების გაცილებით ეფექტურ გამოყენებას. მოყვანილია პერსპექტიული ჰეს-ის წლიური გამომუშავების მოდელირების შედეგები, სხვადასხვა პრინციპებით შერჩეული აგრეგატების შემთხვევებში.

საქართველოში არსებული ჰიდრორესურსების მაქსიმალური ათვისება სახელმწიფოს ერთ-ერთ პრიორიტეტულ მიმართულებას წარმოადგენს. ენერჯეტიკულ სექტორში გატარებული გრძელვადიანი პოლიტიკის ამოცანაა ინვესტიციების მოზიდვა ახალი ელექტროსადგურების მშენებლობისთვის. ამ პოლიტიკის მიზანს შეადგენს საკუთარი ჰიდრორესურსების გამოყენებით ქვეყანაში არსებული მოთხოვნის სრული დაკმაყოფილება და ეტაპობრივად: ჯერ ელექტროენერჯის იმპორტის, შემდეგ თბოენერჯის ჩანაცვლება, პერსპექტივაში კი – ჭარბი ელექტროენერჯის ექსპორტი მეზობელ ქვეყნებში. დასახული მიზნის მისაღწევად შედგენილი იქნა პერსპექტიული ჰეს-ების ნუსხა, რომელთა უმრავლესობის წინასწარი კვლევების ჩატარების შემდეგ ინვესტიციები უარს აცხადებენ პროექტის რეალიზებაზე დაბალი რენტაბელობის გამო. განსაკუთრებით ეს ეხება მცირე ჰეს-ებს (13 მგვტ-ზე დაბალი სიმძლავრე), რომელთა თვითღირებულება დადგმული სიმძლავრის ყოველ კილოვატზე შედარებით მაღალია.

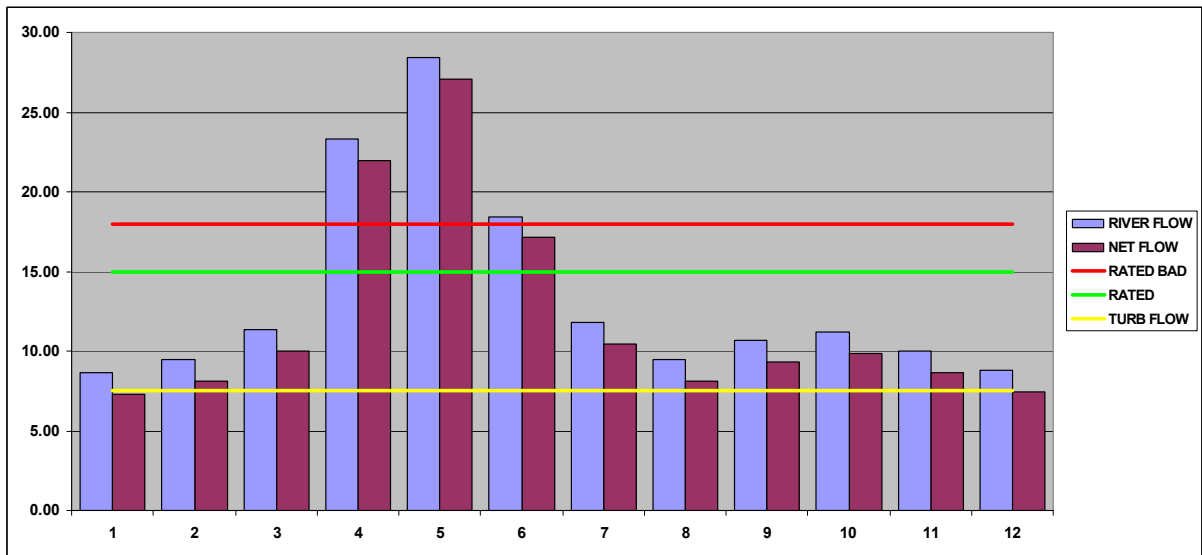
აღნიშნული პრობლემის არსებობის ძირითად მიზეზს წარმოადგენს პერსპექტიული ჰეს-ების უმეტეს პროექტებში სტრუქტურული მიდგომები, კერძოდ: მცდელობა მაქსიმალურად გაიზარდოს მათი დადგმული სიმძლავრე, რაც ფაქტობრივად ამცირებს ჰიდრორესურსების ეფექტურ გამოყენებას და ამრიგად ამცირებს ჰეს-ის რენტაბელობას, მეორე მნიშვნელოვან მიზეზს წარმოადგენს ჰეს-ების ჰიდროაგრეგატების ტიპებისა და რაოდენობის შერჩევისადმი არასწორი მიდგომა, პროექტების უმრავლესობაში გათვალისწინებულია ორი ჰიდროაგრეგატის გამოყენება ფრენისის ტიპის ტურბინით. პროექტებში არაფერია ნათქვამი აგრეგატების მართვის პრინციპებზე.

სტატიის ავტორების მიერ ჩატარებული იქნა იმ პროექტების ანალიზი, რომელთათვისაც შესაძლებელი იყო საკმარისი ჰიდროლოგიური მონაცემების მოპოვება, ჩატარდა პერსპექტიული ჰესების გამომუშავების მოდელირება, რის საფუძველზედაც აღმოჩნდა, რომ პროექტების შედგენისას, დაშვებული იქნა რიგი უზუსტობებისა, კერძოდ: არასწორად იქნა გათვლილი პერსპექტიული ჰეს-ების დადგმუ-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ლი სიმძლავრეები და წლიური გამომუშავების გათვლებისას არ იქნა გათვალისწინებული აგრეგატების მოცდენებით მიღებული დანაკარგები, რომლებიც გამოწვეულია აგრეგატის გასაშვებად არასაკმარისი ხარჯებით, არ იქნა გათვალისწინებული ტურბინების მარგი ქმედების კოეფიციენტის დამოკიდებულება ტურბინის ხარჯზე, არ იქნა გათვალისწინებული სადაწნო მილსადენში დაწნევის დანაკარგების დამოკიდებულება ხარჯზე. ყოველივე ამის გამო პერსპექტიული ჰესების გათვლებით დადგენილი სავარაუდო საშუალო წლიური გამომუშავება 20-25 პროცენტით აღემატება რეალურად მოსალოდნელ საშუალო წლიურ გამომუშავებას.

სტატიაში განიხილება ერთ-ერთი პერსპექტიული ჰეს-ის პროექტი, რომლის რეალიზებაზეც წინასწარი კვლევითი სამუშაოების შესრულების შემდეგ ინვესტორმა განაცხადა უარი, პროექტის დაბალი რენტაბელობის გამო. გარკვეული მოსაზრებებით პერსპექტიული ჰეს-ის პროექტის ადგილმდებარეობა და დასახელება არაა მოყვანილი. ეს პროექტი განიხილის საგნად არჩეული იქნა იმიტომ, რომ მასში კარგად აისახება საქართველოს მდინარეებისათვის დამახასიათებელი მოდინების ცვალებადობა თვეების მიხედვით (იხ. ნახ.1), აგრეთვე წინასწარ გათვლებში დაშვებული უზუსტობანი. წინასწარი გათვლებისას პერსპექტიული ჰეს-ის სტატიკური დაწნევა 83 მეტრის, ხოლო საანგარიშო ხარჯი 18 მ³/წმ-ის ტოლად იქნა აღებული, ამის გათვალისწინებით ჰეს-ის დადგმული სიმძლავრე 12600 კვტ-ის ტოლი გამოვიდა, მაგრამ გათვლებისას არ იქნა გათვალისწინებული დაწნევის დანაკარგები, რომელიც აღებული ხარჯისათვის 6.95 მ-ს შეადგენს, ანუ ჰეს-ის დადგმული სიმძლავრე არაზუსტადაა გათვლილი, აღებული ხარჯისათვის დაწნევის დანაკარგების გათვალისწინებით დადგმული სიმძლავრე იქნებოდა 11600 კვტ, მაგრამ თვით საანგარიშო ხარჯი არ იქნა შერჩეული კორექტულად.



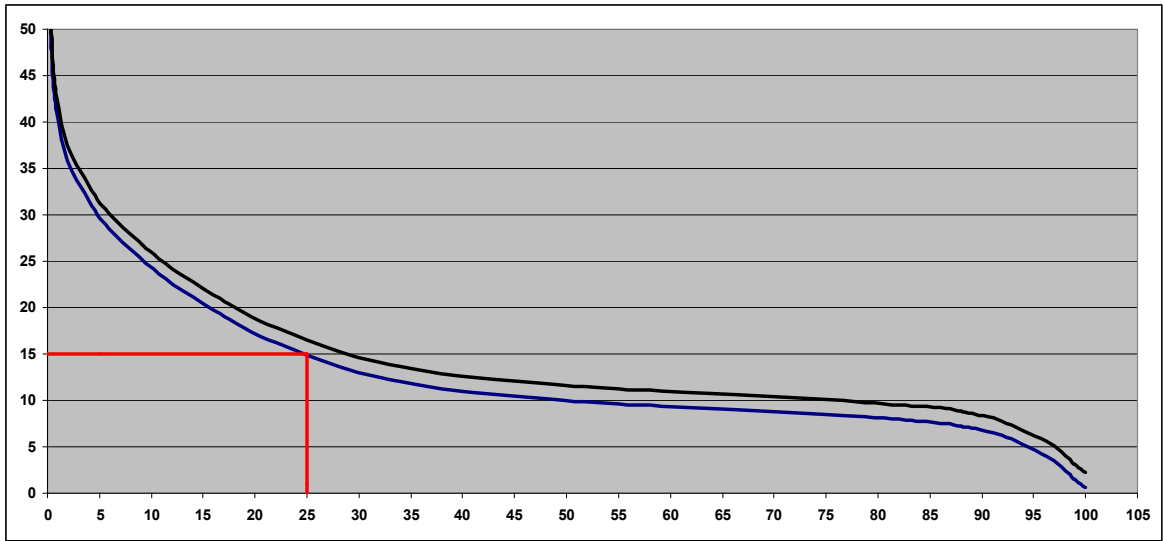
ნახ. 1. მდინარის საშუალო მრავალწლიური ხარჯები თვეების მიხედვით

საანგარიშო ხარჯის შესარჩევად, უპირველეს ყოვლისა, 30 წელზე მეტი პერიოდის ყოველდღიური ხარჯებით უნდა აიგოს მოდინების ხანგძლივობის მრუდი სანიტარული ხარჯის გამოკლებით (იხ. ნახ. 2). საყოველთაოდ მიღებული პრინციპების მიხედვით, პერსპექტიული ჰეს-ის რენტაბელობის უზრუნველსაყოფად იგი დადგმული სიმძლავრის ხარჯით უზრუნველყოფილი უნდა იყოს არანაკლებ 3 თვის განმავლობაში, ანუ იგი უნდა შეესაბამებოდეს 25%-იან უზრუნველყოფას. ნახ. 2-ზე მოცემული მრუდის მიხედვით საანგარიშო ხარჯი 18 მ³/წმ-ის ნაცვლად უნდა ყო-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ფილიყო 15 მ³/წმ, რომლისთვისას დაწვევის დანაკარგები შეადგენს 4.85 მ-ს (იხ. ნახ. 3) და შესაბამისად გამოთვლილი დადგმული სიმძლავრე ნაცვლად 12600 კვტ-ისა, ტოლი იქნება 9940 კვტ-ის, ანუ დანახარჯები აგრეგატებზე მცირდება თითქმის 22%-ით, თუ გავითვალისწინებთ, რომ დანადგარების ღირებულება პროექტის სრული ღირებულების 30-35 პროცენტს შეადგენს, პროექტის რენტაბელობა საგრძნობლად იზრდება.

რენტაბელობის შემდგომი ზრდა შესაძლებელია არსებული ჰიდრორესურსების ეფექტურად გამოყენებით, რისთვისაც ოპტიმალურად უნდა შეირჩეს აგრეგატების რაოდენობა და ტურბინების ტიპები. რატომღაც 300 მეტრამდე დაწვევისათვის პროექტების უმრავლესობაში შერჩეულია ფრენსისის ტიპი ტურბინიანი ორი აგრეგატი. ფრენსისის ტიპის ტურბინის მარგი ქმედების კოეფიციენტი მაქსიმუმს აღწევს ტურბინის საანგარიშო ხარჯის 90%-ზე და მკვეთრად ეცემა დაბალი ხარჯებისათვის (იხ. ნახ. 4). ამ ტიპის ტურბინას საანგარიშო ხარჯის 35-37%-ზე დაბალი ხარჯისათვის ახასიათებს ვიბრაციის მაღალი დონე, რის გამოც აგრეგატს უშვებენ საანგარიშო ხარჯის 40%-დან და ზევით, ნაკლები ხარჯისათვის ტურბინას აჩერებენ, ანუ ადგილი აქვს აგრეგატის მოცდენას და მოდინებაზე მომუშავე მცირე ჰესების შემთხვევისათვის ჰიდრორესურსების უქმად დაღვრას. იზრდება აგრეგატის მოცდენით გამოწვეული დანაკარგები და შესაბამისად მცირდება ჰეს-ის გამომუშაება. დანაკარგების შესამცირებლად უნდა გაიზარდოს აგრეგატების რაოდენობა, ანუ უნდა შემცირდეს ყოველი ტურბინის საანგარიშო ხარჯი, რაც თავის მხრივ იწვევს პროექტის ღირებულების ზრდას და მისი რენტაბელობის შემცირებას.

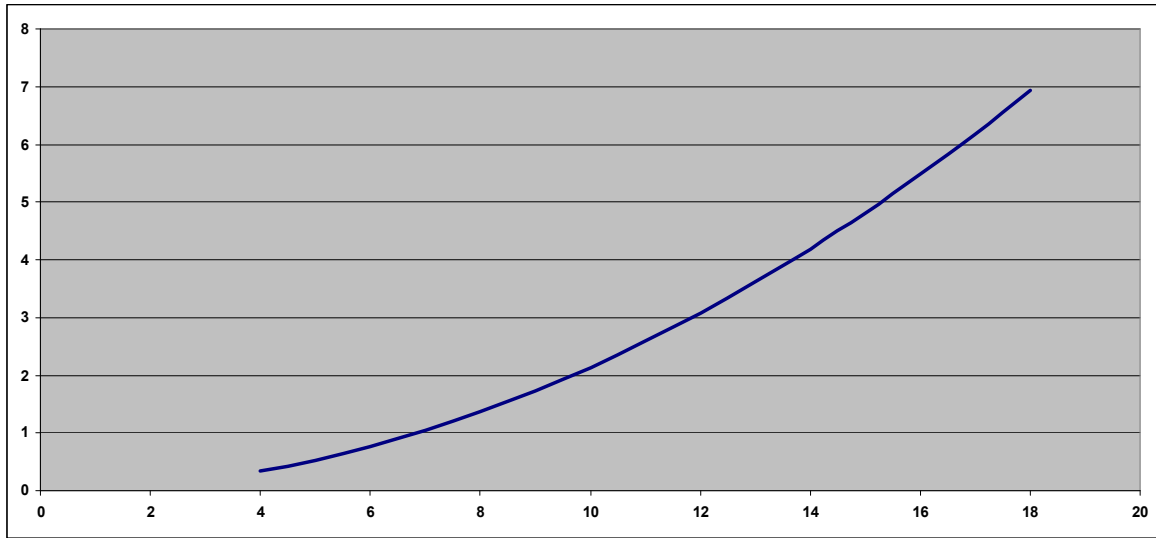


ნახ. 2. მოდინების ხანგძლივობის მრუდის

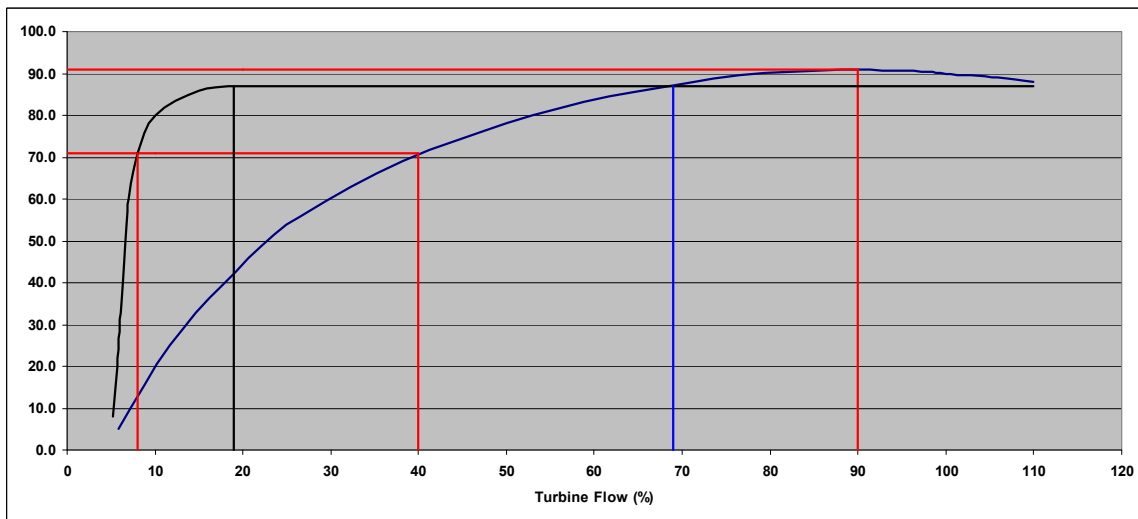
აგრეგატების მოცდენებით გამოწვეული დანაკარგების შემცირებისა და წყლის რესურსების ეფექტურად გამოყენების მიზნით უარი უნდა ითქვას ერთგვარ სტერეოტიპურ მიდგომებზე. ერთის მხრივ ფრენსისის ტიპის ტურბინიანი აგრეგატების გამოყენებას უპირატესობა ენიჭება იმიტომ, რომ ტურბინას გააჩნია შედარებით მაღალი მარგი ქმედების კოეფიციენტი (91%), მაგრამ რატომღაც არ გაითვალისწინება მისი ზემოთ აღნიშნული თავისებურებები, რის გამოც მნიშვნელოვნად იზრდება მოცდენებისგან დანაკარგები. შექმნილი სიტუაციიდან გამოსავალს წარმოადგენს ისეთი ტურბინის გამოყენება, რომლის გაშვებაც შესაძლებე-

**საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

ლია გაცილებით ნაკლები ხარჯებისათვის. ასეთს წარმოადგენს ორკამერიანი ოზბერგერის ტიპის ტურბინა, რომლის გაშვებაც შესაძლებელია საანგარიშო ხარჯის 6%-დან (იხ. ნახ. 4), ამ ხარჯისათვის ტურბინის მარგი ქმედების კოეფიციენტი 30%-ის ტოლია, საანგარიშო ხარჯის 8%-ის ტოლი ხარჯისათვის მისი მარგი ქმედების კოეფიციენტი 71%-ის ტოლია, როგორც გააჩნია ფრენსისის ტიპის ტურბინას საანგარიშო ხარჯის 40%-ის ტოლი ხარჯისათვის. ოზბერგერის ტიპის ტურბინის მარგი ქმედების კოეფიციენტი მაქსიმუმს აღწევს საანგარიშო ხარჯის 19%-ის ტოლი ხარჯისათვის და იგი ტოლი ხდება 87%-ისა, როგორც ფრენსისის ტიპის ტურბინას გააჩნია საანგარიშო ხარჯის 69%-ის ტოლი ხარჯისათვის (იხ. ნახ. 4).



ნახ. 3. დაწნევის დანაკრგების დამოკიდებულება ხარჯზე

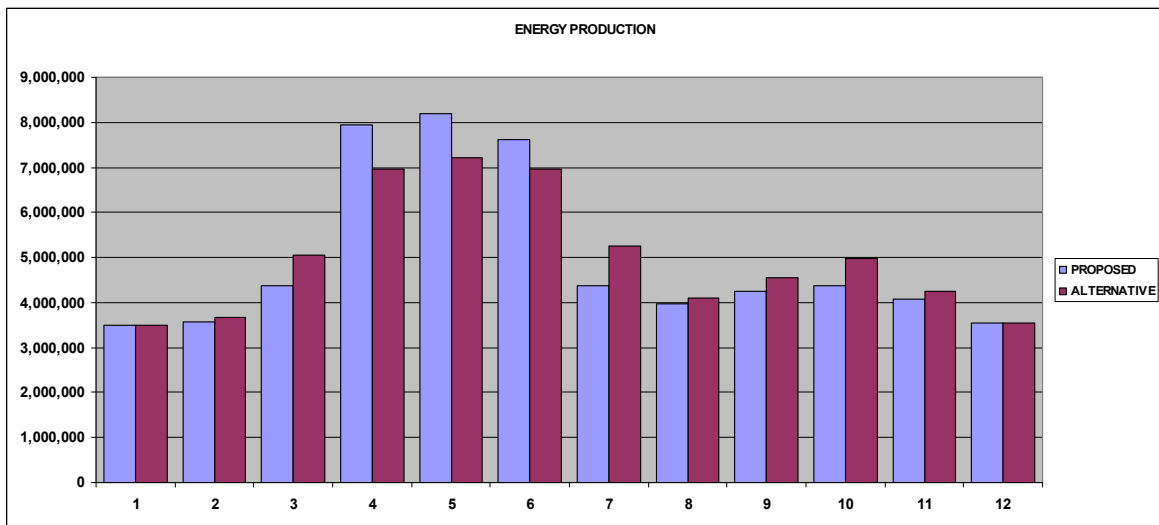


ნახ. 4. ფრენსისისა და ოზბერგერის ტიპის ტურბინების მქკ-ს მრუდები

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, ოზბერგერის ტიპის ტურბინის გამოყენება საშუალებას მოგვცემს ტურბინის საანგარიშო ხარჯის 6%-დან 40%-მდე შუალედში, მაშინ როცა ფრენსისის ტიპის ტურბინა გაჩერებულია, მივიღოთ დამატებითი ელექტროენერგია, ხოლო საანგარიშო ხარჯის 40%-დან 69%-მდე შუალედში მივიღოთ იმაზე მეტი ენერგია, რასაც მოგვცემს იგივე შუალედში ფრენსისის ტი-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

პის ტურბინა. ჩატარებული იქნა ჰეს-ის გამომუშავების გათვლები მრავალწლიური ჰიდროლოგიური მონაცემების გამოყენებით. გათვლებისას გათვალისწინებული იქნა მიმდინარე ხარჯისათვის დაწვევის დანაკარგები და ტურბინის მარგი ქმედების კოეფიციენტი. შედარების მიზნით, მოყვანილია გათვლების ორი ვარიანტი: 18 მ³/წმ საანგარიშო ხარჯისათვის ორი ფრენსისის ტიპის ტურბინისათვის და 15 მ³/წმ საანგარიშო ხარჯისათვის ერთი ფრენსისის ტიპისა და ერთი ოზბერგერის ტიპის ტურბინისათვის. მეორე ვარიანტში ოზბერგერის ტიპის ტურბინის მართვა ითვალისწინებს ფრენსისის ტიპის ტურბინის ხარჯის უზრუნველყოფას საანგარიშო ხარჯის 70%-დან 105%-მდე ფარგლებში, რომლისთვისაც ფრენსისის ტიპის ტურბინას გააჩნია მეტი მარგი ქმედების კოეფიციენტი. გათვლების შედეგების მიხედვით, მოსალოდნელმა საშუალო მრავალწლიურმა გამომუშავებამ პირველი ვარიანტისათვის შეადგინა 59,800,000 კვტსთ ნაცვლად წინასწარ დადგენილი 71,750,000 კვტსთ-ისა, დადგმული სიმძლავრის მოსალოდნელი გამომუშავების კოეფიციენტი ტოლი გამოვიდა 59.5%-ის ნაცვლად 68%-ისა. მეორე ვარიანტისათვის მოსალოდნელმა საშუალო მრავალწლიურმა გამომუშავებამ შეადგინა 60,060,000 კვტსთ, ხოლო დადგმული სიმძლავრის მოსალოდნელი გამომუშავების კოეფიციენტი ტოლი გამოვიდა 72.9%-ის, ანუ ჰეს-ის რენტაბელობა მნიშვნელოვნად გაიზარდა. ორივე ვარიანტის მიხედვით ენერჯის საშუალო მრავალწლიური გენერაცია თვეების მიხედვით მოცემულია ნახ. 5-ზე.



ნახ. 5. გამომუშავებული საშუალო მრავალწლიური ენერჯია თვეების მიხედვით

მიუხედავად იმისა, რომ ოზბერგერის ტიპის ტურბინას საანგარიშო ხარჯზე გააჩნია ნაკლები მარგი ქმედების კოეფიციენტი, მისი გამოყენება მთელ რიგ შემთხვევებში იძლევა უკეთეს შედეგებს, რაც გამოწვეულია მისი მარგი ქმედების კოეფიციენტის ტურბინის ხარჯზე დამოკიდებულების მრუდის თანაბრობით ხარჯის საკმაოდ დიდ დიაპაზონში ცვლილებისას. მეორეს მხრივ ამ ტიპის ტურბინა არ მოითხოვს ტექნიკური მომსახურების ჩატარებას ისეთი ინტენსივობით, როგორც ამას მოითხოვს ფრენსისის ტიპის ტურბინა, ანუ მცირდება მომსახურების დანახარჯები და რაც მთავარია იგი იაფია ევროპული წარმოების ფრენსისის ტიპის ტურბინასთან შედარებით, ყოველივე აღნიშნული უზრუნველყოფს პერსპექტიული ჰეს-ის რენტაბელობის ზრდას.

Summary

This article describes some principles of choice of hydropower units and their control during the design of perspective small hydropower plants which provide efficient use of hydro resources. The results of simulation of annual energy production of perspective small hydropower plants for different principles of choice of hydropower units are given in the article.

სამოქალაქო შენობების ენერგოეფექტურობა

გრძელიშვილი ა.ა.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

მოხსენებაში, „სამოქალაქო შენობების ენერგოეფექტურობა“, განხილულია, ის პირობები რის საფუძველზეც სამოქალაქო შენობები შეიძლება იყვნენ ენერგოეფექტურნი, ანუ ეკონომიურად მოიხმარონ ექსპლუატაციის პროცესში ენერგია და დაზოგონ სახელმწიფო ხარჯები. ენერგოეფექტურობის მიხედვით შესაძლებელია შენობების სერთიფიცირება, რომლის მიზანიც მოხმარებული ენერჯის რაოდენობის განსაზღვრის შედეგად იმ სუსტი ადგილების გამოვლენაა, რის გამოც შენობა შეიძლება იყოს არაენერგოეფექტური, ამის საფუძველზე კი შესაძლებელია დაინერგოს ენერგოდამზოგველი ღონისძიებები.

ენერგოეფექტური სამოქალაქო შენობები ეკონომიურად მოიხმარენ ენერჯიას და ზოგავენ სახელმწიფო ხარჯებს. ენერგოეფექტურობის მიხედვით შესაძლებელია შენობების სერთიფიცირება, რომლის მიზანია გავიგოთ რა რაოდენობის ენერგორესურსების მოხმარებელია ესა თუ ის შენობა. ამის დადგენა კი დაგეგმვარება აღმოვაჩინოთ ის სუსტი ადგილები, რის გამოც შენობა არაენერგოეფექტურია და დაენერგოთ ენერგოდამზოგველი ღონისძიებები.

თბოდანაკარგების ძირითადი ზონები შენობებში შემომფარგლავი ნაწილებია, კერძოდ, კედლები და სახურავები, აქედან გამომდინარე შენობათა არქიტექტურულ-კონსტრუქციული დაპროექტებისას საჭიროა განხილული იქნას შენობების შემომფარგლავ კონსტრუქციებში მიმდინარე თბოფიზიკური პროცესები რომლებიც მოგვცემენ საშუალებას შეირჩეს სათანადო საექსპლუატაციო თვისებების და ხანმედევობის შემომფარგლავი კონსტრუქციები მინიმალური დანახარჯებით.

შენობის რაციონალურად დაპროექტებული გარე შემომფარგლავი კონსტრუქციები უნდა აკმაყოფილებდნენ შემდეგ თბოტექნიკურ მოთხოვნებს:

1. ახასიათებდეთ საკმარისი თბოდაცვლი თვისებები, რათა უკეთ შეინარჩუნონ სათავსებში სითბო წლის ცივ პერიოდში (სამხრეთ რაიონებში სათავსების დაცვა საჭიროა მზით გადახურებისაგან ზაფხულის პერიოდში).

2. ექსპლუატაციის დროს შიგა ზედაპირზე არ ჰქონდეთ ძალზე დაბალი, შიგა ჰაერის ტემპერატურისაგან მნიშვნელოვნად განსხვავებული ტემპერატურა, რათა ავიცილოთ მათზე კონდენსატის წარმოშობა და ადამიანის ტანის გაცივება გამოსხივებითი თბოდანაკარგების გამო.

3. ახასიათებდეთ ჰაერშედწევადობა, არაუმეტეს დასაშვები ზღვრისა, რომლის შემდეგაც ჰაერგაცვლა დააქვეითებს შემომფარგლავის თბოდაცვის ხარისხს და გაცივებს სათავსს, შემომფარგლავთან ახლო მჯდომ ადამიანებში გამოიწვევს გამჭოლი განიავების შეგრძნებას.

4. ინარჩუნებდნენ ნორმალური ტენიანობის რეჟიმს, გამომდინარე იქიდან რომ შემომფარგლავის დანესტიანება ამცირებს მის ხანგრძლივობას და აუარესებს

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

შემოფარგლული სათავის სანიტარულ-ჰიგიენურ პირობებს.

შემომფარგლავის უმნიშვნელოვანეს თბოტექნიკურ თვისებას წარმოადგენს წინააღმდეგობა მასში სითბოს გატარებისადმი, ან თერმიული წინაღობა, რომელიც ხასიათდება შემომფარგლავის შიგა და გარე ზედაპირების ტემპერატურათა სხვაობით, როცა 1 მ² ზედაპირზე 1 საათის განმავლობაში გადის 1 კკალ სითბო.

შემომფარგლავის ერთგვაროვანი ფენის თერმიული წინაღობა იანგარიშება ფორმულით

$$R = \frac{\delta}{\lambda} \quad \text{გრად.მ}^2\text{/კკალ}$$

სადაც δ არის შემომფარგლავის სისქე, მ;

λ – შემომფარგლავი მასალის თბოგამტარობის კოეფიციენტი, რომელიც წარმოადგენს სითბოს რაოდენობას კილოკალორიებში, რომელსაც ატარებს 1 ს განმავლობაში 1 მ სისქის შემომფარგლავის 1 მ² ფართობი, გარე და შიგა ზედაპირების ტემპერატურათა 1⁰ სხვაობისას. მისი განზომილებაა კკალ/მ-ს გრად.

რაც მეტია თერმიული წინაღობის სიდიდე, მით უკეთესია შემომფარგლავის თბოდაცვითი თვისება. ფრმულიდან ჩანს, რომ თერმიული წინაღობის გაზრდისათვის საჭიროა ან გაეზარდოს შემომფარგლავის δ სისქე, ან შევამციროთ თბოგამტარობის λ კოეფიციენტი. ეკონომიის მიზნით მომგებიანია გამოვიყენოთ მცირე თბოგამტარობის კოეფიციენტის მქონე მასალები, თუ ამასთანავე დაცული იქნება შემომფარგლავის სათანადო სიმტკიცის პირობები.

თბოგამტარობის კოეფიციენტის სიდიდე, ძირითადად დამოკიდებულია მასალის მოცულობით წონაზე, ტენიანობასა და ტემპერატურაზე. რაც უფრო ნაკლებია მასალის მოცულობითი წონა და მაშასადამე მეტია მასში სითბოს ცუდი გამტარი ჰაერით სავსე ფორები, მით ნაკლებია მისი თბოგამტარობის კოეფიციენტიც, მაგრამ მოცულობით წონასა და თბოგამტარიანობას შორის არ არის პირდაპირპროპორციული დამოკიდებულება, რადგანაც უკანასკნელზე არსებით გავლენას ახდენს მასალის ბუნება და მისი სტრუქტურის ხასიათი.

თბოგამტარობის კოეფიციენტის სიდიდეზე არსებით გავლენას ახდენს შემომფარგლავი მასალის ტენიანობა, მასალის ტენიანობის გაზრდასთან ერთად მკვეთრად მადლდება მისი თბოგამტარობის კოეფიციენტი. ეს აიხსნება იმით, რომ თბოგამტარობის კოეფიციენტი წყალს 25-ჯერ მეტი აქვს, ვიდრე უძრავ ჰაერს.

სითბოს რაოდენობას, რომელიც გადის 1 საათის განმავლობაში 1 მ² შემომფარგლავში, უწოდებენ სითბურ ნაკადს და გამოსახავენ ფორმულით.

$$Q = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{г}}}{R} \quad \text{კკალ/მ}^2\text{ს,}$$

სადაც Q – არის სითბოს რაოდენობა კკალ.

$t_{\text{в}}$ - შემომფარგლავის შიგა ზედაპირის ტემპერატურა;

$t_{\text{г}}$ - შემომფარგლავის გარე ზედაპირის ტემპერატურა;

R - თერმიული წინაღობა.

შემომფარგლავის სისქეში ტემპერატურა ეცემა სითბური ნაკადის შემომფარგლავში გავლისას მისი შიგა ზედაპირიდან გარესაკენ. ტემპერატურის დაწევას განპირობებულს თერმიული წინაღობით უწოდებენ ტემპერატურულ ვარდნას. სითბური ნაკადის შემომფარგლავში გავლისას ტემპერატურა ქვევით იწვევს არა მარტო შემომფარგლავის მასალაში, არამედ მის ზედაპირთანაც, ასე რომ შიგა ზედა-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

პირის τ_8 ტემპერატურა ნაკლებია სათავის ჰაერის t_8 ტემპერატურაზე, ხოლო გარე ზედაპირის τ_8 მეტია გარე ჰაერის t_8 ტემპერატურაზე. აქედან გამომდინარე, რაიმე გარემოში სითბოს გატარების პროცესში ტემპერატურის დაქვეითება მისი თერმიული წინაღობითაა გამოწვეული. ასეთი წინაღობა გვაქვს სითბური ნაკადის გადასვლის დროს შიგა ჰაერიდან შიგა ზედაპირზეც და აგრეთვე, გარე ზედაპირიდან გარე ჰაერზე სითბოს გადაცემის დროსაც.

პირველი წინაღობა (შიგა ზედაპირთან) იწოდება თბოათვისების წინაღობად და აღინიშნება $R_{\text{ფ}}$, მეორე – თბოგადაცემის წინაღობად და აღინიშნება $R_{\text{გ}}$, ორივე სახის წინაღობას ზოგჯერ აერთიანებენ საერთო სახელწოდებით თბოგადასვლის წინაღობით.

შემომფარგლავის თბოგადასვლის R_0 წინაღობა ტოლია

$$R_0 = R_{\text{ფ}} + R_{\text{გ}} = R_{\text{ფ}} + \frac{\delta}{\lambda} + R_{\text{გ}} \text{ გრად. მ}^2 \text{ საათ/კკალ}$$

გასათბობი სათავების შემომფარგლავი კონსტრუქციების პრაქტიკული თბოტექნიკური გაანგარიშებისას თბოათვისების წინაღობა მიიღება $R_{\text{ფ}} = 0,133$ გრად. მ² საათ/კკალ, ხოლო თბოგადაცემის წინაღობა კედლებსა და უსხვენო სახურავებისათვის შეიძლება მივიღოთ $R_{\text{გ}} = 0,05$ გრად. მ² საათ/კკალ, ხოლო სხვენიანი სახურავებისათვის $R_{\text{გ}} = 0,10$ გრად. მ² საათ/კკალ.

შემომფარგლავი კონსტრუქციების ტენიანობა დიდ გავლენას ახდენს მის თბოტექნიკურ ხარისხზე. მასალის თბოგამტარობის კოეფიციენტი მკვეთრად იზრდება ტენიანობის ზრდასთან დაკავშირებით, ხოლო შემომფარგლავის თბოგადაცემის წინაღობა მცირდება.

გარე შემომფარგლავ კონსტრუქციებში არ შეიძლება გამოყენოთ მაღალი ტენიანობის მქონე მასალები, გარდა ამის შენობების ექსპლუატაციის პერიოდში უნდა უზუნველყოთ შემომფარგლავის ნორმალური ტენიანობის რეჟიმი, დავიცვათ ისინი შესაძლებელი დანესტიანებისაგან.

შემომფარგლავის დანესტიანების მიზეზი შეიძლება იყოს შემდეგი:

- ა) სამშენებლო ტენი, რომელიც აღწევს შემომფარგლავში შენობის აგების დროს;
- ბ) გრუნტის ტენი, რომელიც აღწევს შემომფარგლავში კაპილარული ძალების მოქმედებით;
- გ) მეტეოროლოგიური ტენი, რომელიც აღწევს შემომფარგლავში წვიმის მოსვლასთან დაკავშირებით;
- დ) საექსპლუატაციო ტენი, რომელიც შემომფარგლავში აღწევს სველი პროცესების შესრულებისას შენობათა ექსპლუატაციის დროს;
- ე) ჰიგროსკოპული ტენი, რომელიც შემომფარგლავში აღწევს მისი მასალის ჰიგროსკოპულობის გამო;
- ვ) კონდენსირებული ტენი, რომელიც შემომფარგლავში წარმოიქმნება ჰაერიდან შეღწეული წყლის ორთქლის კონდენსაციით;

დატენიანების ყველა ჩამოთვლილი წყაროებიდან წყლის ორთქლის კონდენსაცია წარმოადგენს შემომფარგლავში ტენის გაჩენის ძირითად მიზეზს.

ჰაერი ყოველთვის შეიცავს გარკვეული რაოდენობის ტენს წყლის ორთქლის სახით. ჰაერის ტენით გაუღებოების ხარისხი ისაზღვრება მისი ფარდობითი ტენიანობით, რომელსაც გამოსახავენ პროცენტებში. ის წარმოადგენს ჰაერში წყლის ორთქლის ნამდვილი დრეკადობის e -ს შეფარდებას მის მაქსიმალურ დრე-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

კაღობასთან E .

$$\varphi = \frac{e}{E} 100$$

ჰაერის ტემპერატურის გაზრდასთან ერთად მისი ფარდობითი ტენიანობა ქვევით იწევს და პირიქით, ჰაერის გაცივებასთან ერთად ფარდობითი ტენიანობა გაიზრდება E -ს შემცირების შედეგად.

ზოგიერთ ტემპერატურაზე, როცა E გაუტოლდება e - ს, ფარდობითი ტენიანობა $\varphi = 100\%$. მოცემული ტენიანობის ჰაერისათვის ასეთი ტემპერატურა ატარებს ნამის წვეტილის სახელს და აღინიშნება T_6 .

თუ ჰაერის გაცივებას გადაგრძელებთ ნამის წვეტილის ქვევით, მაშინ ტენის გარკვეული რაოდენობა, რომელიც ორთქლის მდგომარეობაშია, კონდენსირდება, ე.ი. გადადის წვეთოვან მდგომარეობაში.

უმნიშვნელოვანეს კონსტრუქციულ ღონისძიებად, შემომფარგლავის შიგნით კონდენსაციის აცილებისათვის, გვევლინება ფენების სწორი განლაგება: მკვრივი და ორთქლის ნაკლებად შეღწევადი მასალის ფენები უნდა მოთავსდეს შემომფარგლავის შიგა ზედაპირთან, ხოლო ფოროვანი და უფრო ორთქლშეღწევადი ფენები – გარესთან.

ლიტერატურა

1. ბ. ორლოვსკი პ. სერბინოვიჩი. არქიტექტურა გამომცემლობა „განათლება“ 1989წ.გვ. 90.–105
2. გერმანიის საერთაშორისო საზოგადოების (GIZ) პროგრამის ფარგლებში მიმდინარე ტრენინგის („ენერგოეფექტურობის ტრენინგი საქართველოს სამშენებლო სექტორისათვის“) მასალები. თბილისი 2015 წლის მაისი.

CIVIL BUILDINGS ENERGY-EFFICIENCY

A.A. Grdzlishvili

Summary

The paper dwells on the civil buildings energy-efficiency problems, and there are also considered those conditions, on the basis of which the civil buildings can be considered energy-efficient, i.e. they are capable of efficient consumption of electric power and saving state expenses. In accordance with energy efficiency it is possible to certify the buildings, which as a result of determining the amount of consumed are aimed at identifying those weaknesses, due to which the building cannot be considered as energy-efficient, and on that in turn it is possible to apply the energy-saving measures.

**გეოთერმული წყლების რაციონალური გამოყენების
სპეციფიკა და პერსპექტივები**

ვეზირიშვილი-ნოზაძე ქ., პაპავა ლ., რაზმაძე მ., კეჟერაძე ნ.
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

გეოთერმული წყლების რაციონალური გამოყენების სპეციფიკა და პერსპექტივები სტატიაში განხილულია ავტორთა მოსაზრება იმ სპეციფიკურ საკითხებზე, რომლებიც გვხვდება ავროსამრეწველო კომპლექსში გეოთერმული წყლების გამოყენებისას. ცდების მონაცემთა დამუშავების შედეგად მიღებულია ემპირიული ფორმულა სათბურების კუთრი თბური დატვირთვისთვის ანგარიშისთვის.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

საქართველოს გააჩნია გეოთერმული წყლების გარკვეული მარაგი: 50-110°C ტემპერატურის თერმული წყლების რაოდენობა 220-250 მლნ.მ³-ით განისაზღვრება წელიწადში. თერმული წყლების მიერ დაკავებული საერთო აუზების ფართი შეადგენს 22459 კმ²-ს, ანუ ქვეყნის მთელი ტერიტორიის 32%-ს. მიწის წიაღში გავრცელების ასეთი დიაპაზონისა და ექსპლუატაციისათვის სასურველი ფიზიკო-ქიმიური თვისებების გამო (მინერალიზაციის დაბალი ხარისხი 0,4-2,2 გრ/ლ) თერმული წყლების ათვისებას დიდი პერსპექტივა აქვს საქართველოში.

დღეისათვის, არსებული გეოთერმული წყლები გამოიყენება კომუნალური მოთხოვნილებების (60%) დასაკმაყოფილებლად, სოფლის მეურნეობაში (ძირითადად სათბურებში) - (25%), მრეწველობაში (15%). ამასთან თბური ენერჯის მხოლოდ ნაწილი გამოიყენება და 30-40% ნამუშევარი წყალი კი უმისამართოდ იღვრება. მიგვაჩნია, რომ თითოეული რეგიონისთვის უნდა დამუშავდეს გეოთერმული ენერჯის გამოყენების კომპლექსური სისტემები, რომლებშიც მთლიანად იქნება ათვისებული თერმული ენერჯია. მისი გამოყენების ეფექტურობა დამოკიდებულია მთელ რიგ ურთიერთდაკავშირებულ ტექნიკურ-ეკონომიკურ და ეკოლოგიურ ფაქტორებზე. ტექნიკურ ფაქტორს განეკუთვნება გეოთერმული პოტენციალის სრული ათვისებისათვის კომპლექსური სისტემებისა და ტექნიკურად ეფექტური დანადგარების დამუშავება-გამოკვლევა და ისეთი მომხმარებლების შერჩევა, რომელნიც მიმდევრობით (მრავალჯერადად) შეძლებენ გეოთერმული წყლის გამოყენებას ტექნოლოგიური პროცესების განსახორციელებლად. ძირითადად ეკონომიკური ფაქტორს განეკუთვნება - გეოთერმული ჭაბურღილების ბურღვის ღირებულება, კაპიტალდაბანდებები თბოსიცივით მომარაგების კომპლექსური სისტემების შესაქმნელად, ასევე საექსპლუატაციო დანახარჯები და რეგიონის საერთო ენერგეტიკული მანუვრებლები. ეკოლოგიურ ფაქტორებს განეკუთვნება - გარემოს თბური დაბინძურების პრობლემების გადაჭრა. ამ მოვლენის თავიდან ასაცილებლად, აუცილებელია ნამუშევარი გადასადგრეული გეოთერმული წყლის რეინექცია (კვლავ უკუჩაბრუნება).

გეოთერმული წყლების გამოყენების დღევანდელი მდგომარეობის ანალიზი ცხადყოფს რიგი პრობლემების აუცილებელ გადაწყვეტას, რაც ამუხრუჭებს გეოთერმული ენერგეტიკის განვითარებას ჩვენს ქვეყანაში, ძირითადად ესენია:

- გეოთერმული წყლის დებიტის და თბური პოტენციალის აღვისების დაბალი დონე;

- გეოთერმული თბომომარაგების სისტემების არასრულყოფილება და სპეციფიკის გაუთვალისწინებლობა;

- გეოთერმულ წყლებზე ფასთწარმოქმნის არსებული მექანიზმების უვარგისობა, ვინაიდან ტარიფის დადგენა წარმოებს წყლის რაოდენობის მიხედვით (ტემპერატურის გაუთვალისწინებლად), რაც სტიმულს უკარგავს როგორც მწარმოებელს, ისე მომხმარებელს, გეოთერმული სითბოს სრულად გამოყენებისას;

- ზემოთქმულიდან გამომდინარე, აუცილებელია გეოთერმული ენერჯის ბაზაზე საქართველოს მეურნეობის სხვადასხვა დარგების თბოსიცივით მომარაგების ახალი კომპლექსური სისტემის დამუშავება - გამოკვლევა ყოველი რეგიონისთვის შესაბამისი ბუნებრივ-კლიმატური პირობების გათვალისწინებით.

გეოთერმული წყლების თბური ენერჯის გამოყენებისას საჭიროა განისაზღვროს გეოთერმული წყლის მომხმარებელთა რიცხვი, რომლებიც კლასიფიცირდება მათ მიერ წამოყენებული მოთხოვნებით, შემდეგ ისახება გეოთერმული მიწოდების მიმდევრობა, რომელიც ითვალისწინებს მოსახლეობის სხვადასხვა კატეგორიების ურთიერთგანლაგებას და გეოთერმული წყლიდან მაქსიმალური ართმევის შე-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

საძლევლობას; განისაზღვრება სქემების გაანგარიშებული პარამეტრები და მოძებნება შესაძლებელი სეზონური მომხმარებლები.

როგორც ცნობილია, გეოთერმული წყლების ტემპერატურა მერყეობს ფართო ზღვრებში. ამიტომ ტემპერატურამ, როგორც მიწისქვეშა წყლების დაყოფის კრიტერიუმმა, მათი თვისებრივი მახვენებლების მიხედვით, ასახვა ჰპოვა მრავალ კლასიფიკაციაში, მაგრამ ეს კლასიფიკაციები არ იძლევა ნათელ წარმოდგენას სამეურნეო კომპლექსში გეოთერმული წყლების გამოყენების შესაძლებლობის შესახებ. ნახაზზე 1 შემოთავაზებულია გეოთერმული წყლების დაყოფა ტემპერატურების მიხედვით და მოტანილია თერმული წყლების გამოყენების შესაძლებელი ვარიანტები თბოსიცივით მომარაგებისათვის - ტექნოლოგიური პროცესების, გათბობის, ცხელწყალმომარაგების, ჰაერის კონდიციონირების, ხილბოსტნეულის საცავების სიცივით მომარაგების, მაცივრებისათვის სიცივის მიღების, სათბურების თბომომარაგების, კვალსათბურებში გრუნტის გათბობის მიზნით. ასეთი კლასიფიკაცია საშუალებას ქმნის გეოთერმული ჭაბურღილის ტემპერატურული დიაპაზონიდან გამომდინარე, შეირჩეს თერმული წყლის კომპლექსური გამოყენების შესაფერისი ვარიანტი. როგორც ნახ.2-ის მონაცემებიდან ჩანს, გეოთერმული წყლის მომხმარებელი მთელი წლის განმავლობაში არის ცხელწყალმომარაგების სისტემები და სამაცივრო სადგურები. სეზონური მომხმარებლებია სათბურები, გათბობის, ჰაერის კონდიციონირების სისტემები, ჩაის ფაბრიკები, საკონსერვო ქარხნები, რძის კომბინატები, სოფლის მეურნეობის პროდუქტების საშრობი დანადგარები და სხვ. სხვადასხვა მომხმარებლების გეოთერმულ წყლებთან მიერთების თანმიმდევრობა დამოკიდებულია მათი მუშაობის პარამეტრებსა და რეჟიმებზე. ამიტომ აუცილებელია სხვადასხვა მომხმარებლების სითბო და სიცივით მომარაგების ოპტიმალური სქემების დამუშავება გეოთერმული თბომომარაგების სპეციფიკის გათვალისწინებით.

მეზოსტნეობა დაცულ გრუნტში სასოფლო-სამეურნეო წარმოების ერთ-ერთი ყველაზე ენერგოტევადი დარგია. მაგალითად, ექსპერიმენტულ სითბურ კომბინატში "ცაიში" ენერგოდანახარჯები პროდუქციის თვითღირებულების 21% შეადგენს. დანახარჯების შემცირების ძირითადი გზა - ეს კაპიტალურ დაბანდებათა და სათბობის ხარჯის შემცირება სათბურების გათბობაზე, სათბურების გათბობის სისტემის ღირებულება დამოკიდებულია ორ ძირითად პარამეტრზე: გაანგარიშებულ დადგმულ თბურ სიმძლავრეზე და ლითონტევალობაზე. პირველი განისაზღვრება რაიონის კლიმატური პირობებით, მეორე გათბობის სისტემის კონსტრუქციით და მოქმედების პრინციპით. ამჟამად დაგროვილია ექსპერიმენტული მონაცემები, რომლებიც ახასიათებს სითბო და მასაგაცვლის პროცესის ცალკეული ელემენტების რაოდენობის მხარეს სისტემაში ნიადაგი-მცენარე-ჰაერი-სათბური. მრავალწლიანი ცდების მონაცემთა დამუშავების შედეგად, მიღებულია ემპირიული ფორმულა სათბურების კუთრი თბური დატვირთვის ანგარიშისათვის, გჯ/ს, ერთ ჰა-ზე:

$$Q = F_{\text{სათ}} (t_{\text{გ}} - t_{\text{გ}}) / 0,11 \cdot 10^6 \quad (1)$$

$$F_{\text{სათ}} = 0,11 \cdot 10^6 G_{\text{თ.წ.}} \cdot G_{\text{თ.წ.}} (t_{\text{თ.წ.}} - 35) / (t_{\text{გ.}} - t_{\text{ა.}}) \quad (2)$$

სადაც $G_{\text{თ.წ.}}$ - გეოთერმული წყლის ხარჯი, ტ/სთ;

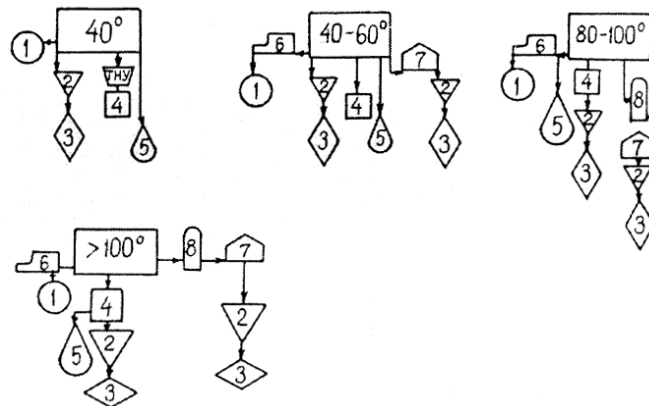
$t_{\text{თ.წ.}}$ - გეოთერმული წყლის ტემპერატურა სათბურების გათბობის სისტემაში;

$t_{\text{ა.}}$ - ჰაერის ტემპერატურა სათბურის შიგნით;

$t_{\text{გ.}}$ - გარე ჰაერის გაანგარიშებული ტემპერატურა;

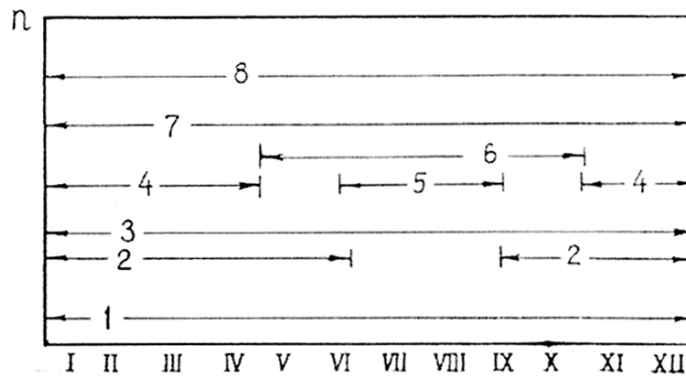
35°C - გეოთერმული წყლის ტემპერატურა გათბობის სისტემიდან გამოსვლისას.

**საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**



ნახ.1. გეოთერმული წყლების გამოყენების შესაძლებელი ვარიანტების სქემა:
 1 - ცხელწყალმომარაგება (ცწმ); 2 - სათბურები; 3 - შემთბარი გრუნტი; 4 - გათ; 5 - ჰაერის კონდიციონირების სისტემა (ჰკს); 6 - საშრობები; 7 - ხილბოსტნეულის საცავები; 8 - მაცივრები

I ცხრილში მოყვანილია გეოთერმული წყლის ხარჯის მნიშვნელობები: სათბურების 1 ჰა-ზე თერმული წყლისა და გარე ჰაერის სხვადასხვა საწყის ტემპერატურაზე.



ნახ.2. გეოთერმული წყლის მოხმარების წლიური რეჟიმი: 1-8 აღნიშვნები (იხ.ნახ.1) გეოთერმული წყლის კუთრი ხარჯები

ცხრილი I

გეოთერმული წყლის ტემპერატურა °C	გეოთერმული წყლის კუთრი ხარჯები, მ3/ს, გარე ჰაერის ტემპერატურა								
	-16	-12	-8	-4	0	4	8	12	16
100	50,4	44,8	39,2	33,6	28,0	22,4	16,8	11,2	5,6
90	60,5	53,9	47,3	39,7	33,1	26,5	19,8	13,2	9,9
80	72,5	64,5	56,5	48,5	40,4	32,3	24,2	16,2	11,2
70	93,4	83,0	72,6	62,5	52	41,6	31,2	20,8	12,3
60	116,9	108,6	101,3	87,3	72,7	58,2	43,6	29,1	14,5
50	122,4	116,9	109,3	95,8	81,2	66,7	52,1	38,6	22,9
40	132,9	127,4	119,8	105,9	91,7	77,9	62,6	48,9	33,4

გეოთერმული წყლების ფართოდ გამოყენება უზრუნველყოფს ქვეყნის სათბობ-ენერგეტიკული რესურსების დაზოგვას, ზრდის თბოსიცივით მომარაგების სისტემათა ეკონომიკურ მაჩვენებლებს და საიმედოობას, საგრძნობლად აუმჯობესებს ეკოსისტემას და ხელს უწყობს ადგილობრივი მოსახლეობის კეთილდღეობის დონის ამაღლებას.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ლიტერატურა:

1. ცერცვაძე ნ., ვარდიგორელი ო. "საქართველოს თერმული წყლები". თბილისი, 1998 წ.
2. ვეზირიშვილი ქ. "სათბობ-ენერგეტიკული კომპლექსის განვითარების მიმართულებები. Energy Forum Collection of Papers. 2003. p.169-172.
3. ვეზირიშვილი ქ. გეოთერმული წყლების სათბობ-ენერგეტიკულ კომპლექსში ჩართვის ეკონომიკური შეფასების საკითხები საბაზრო პირობებში. თბილისი "ენერჯია" №4(28), გვ. 88-92.

RATIONAL USE OF GEOTHERMAL WATER SPECIFICATION AND PERSPECTIVES

K. Vezirishvili-Nozadze, L. Papava, M. Razmadze, N. Kezheradze

Georgian Technical University

Summary

This article reviews the authors' opinion on those specific issues which are agro industrial complex in utilization of geothermal waters. As a result of processing the data of experiments, empirical formula has been obtained for accounting the specific heating load of greenhouses.

**ელექტრომობილები და ჰიბრიდები – მომავლის
ავტომობილები**

ფურცხვანიძე გ.ნ., კამლაძე ა.ჯ., დანელია ი.ზ. *

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

*სსიპ საზოგადოებრივი კოლეჯი "იბერია"

ნაშრომში წარმოდგენილია მომავლის ავტომობილების – ელექტრომობილების და ჰიბრიდების მუშაობის პრინციპი. მათი დადებითი და უარყოფითი მხარეები, უპირატესობები ჩვეულებრივ დგუშიან შიგაწვის ძრავებთან შედარებით და ურთიერთშედარებით დახასიათება.

სულ რაღაც ათი-ოცი წლის წინ ელექტრომობილი და ჰიბრიდული მანქანა მხოლოდ პროექტი იყო. ამ ორი "ახალი" ტიპის ავტომობილის გამოჩენის ორი მიზეზი არსებობს. პირველ რიგში, ნავთობზე ფასის მატება. მეორე მხრივ, ავტომობილები ძალიან აბინძურებენ გარემოს. მათ მიერ წარმოებული სითბოს გარდა, ატმოსფეროში დიდი რაოდენობით მავნე აირები და ნივთიერებები ხვდება.

მანქანა შიგაწვის ერთი ძრავით, რომელთა მუშაობის პრინციპი არ შეცვლილა ასი წლის მანძილზე, სწრაფად თმობს პოზიციებს. მსოფლიო ავტომობილების წარმოებაში პირველ პლანზე გამოდის ორი ახალი მეტოქე. უახლოეს მომავალში ისინი არა მარტო ტრადიციულ მანქანებს, არამედ კონკურენციას ერთმანეთსაც გაუწევენ.

ტრადიციულად, ჩვეულებრივი ავტომობილი აღჭურვილია მხოლოდ შიგაწვის ძრავით, რომელიც ბენზინზე ან დიზელზე მუშაობს. ჰიბრიდ ავტომობილს კი შიგაწვის ძრავთან ერთად აქვს მეორე, დამატებითი ელექტრო ძრავი, რომელიც შიგაწვის ძრავის მუშაობის შედეგად იტენება და სრული დატენვით გადის 90 - 110 კმ-ს (ნახ. 1).

ეს კი რა თქმა უნდა დიდი შედეგატია ადამიანის ეკონომიკური მდგომარეობისთვის. მაგალითად: ავიღოთ ჰიბრიდი-ავტომობილი **TOYOTA Prius**, პირველი სერიული ჰიბრიდული ავტომობილი, რომელიც გამოსვლის დღიდანვე დიდი პოპულაროვით სარგებლობს თავისი ეკონომიურობით, ფასით. ავტომობილი აღჭურვილია 4

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

- ცილინდრიანი 1.5 ლიტრი მოცულობის ბენზინის ძრავით და მეორე ელექტრო ძრავით.



ნახ. 1. ჰიბრიდული ავტომობილი



ნახ. 2. ჰიბრიდული ავტომობილი 'Semper Vivus replica'

მას შემდეგ, რაც პირველი ავტომობილი შეიქმნა, კაცობრიობისთვის გაჩნდა კიდევ ერთი პრობლემა – გარემოს დაბინძურება. ეს პრობლემა დღესაც ბევრი მეცნიერის თავის ტკივილია. ამიტომ გადაწყვიტეს შეექმნათ ე.წ ჰიბრიდული ძრავის მქონე ავტომობილი. პირველი ავტომობილი ინტერნეტზე დაყრდნობით შექმნა პორშეს კომპანიამ. ის 1900 წელს შეიქმნა და დღესაც გამართულ მდგომარეობაშია (ნახ. 2). ამ ავტომობილის სახელია 'Semper Vivus replica' რაც ქართულად მუდამ ცოცხალს ნიშნავს.

მეცნიერები ვარაუდობენ, რომ 2020 წლისათვის ჰიბრიდული მანქანების გაყიდვა გაიზრდება 23-ჯერ და გადააჭარბებს 11 მილიონს. ამ დროისათვის ამერიკაში ყოველი მეხუთე გაყიდული მანქანა უკვე ჰიბრიდული იქნება, იუწყება JPMorgan-ი.

ჰიბრიდულ ელექტრონული ავტომობილი, ანუ HEV ეს არის შიდაწვის ძრავა + ელექტროძრავა, რომლებთაგანაც ერთი უმეტეს შემთხვევაში ძირითადია, ხოლო მეორე დამატებითი. ასეთი ტიპის მანქანები ძირითადად მსუბუქი ავტომობილების კლასში გვხვდება, თუმცა არსებობენ ჰიბრიდულ ძრავიანი სატვირთო მანქანები და ტრაქტორები. თანამედროვე ელექტროძრავიანი ავტომობილები იყენებენ ტექნოლოგიას სახელწოდებით რეგენერაციული დამუხრუჭება. ეს გულისხმობს შემდეგს: ავტომობილის კინეტიკური ენერგია გარდაიქმნება ელექტრო ენერგიად, რომელიც

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

მუხტავს ელექტრო ბატარეებს, ანუ ავტომობილის ენერჯის წყაროს. ჩვეულებრივ ძრავიან ავტომობილებში კი დამუხრუჭებისას წარმოქმნილი ენერჯია გარდაიქმნება სითბურ ენერჯიად რაც იწვევს სამუხრუჭე ხუნდების გადახურებას. ზოგიერთი ჰიბრიდული ავტომობილი იყენებს შიდაწვის ძრავას გენერატორის ასამუშავებლად, რომელიც თავის მხრივ გამოიმუშავებს ელექტროდენს ბატარეების დასამუხტად. არსებობს ჰიბრიდული ავტომობილების ტიპები, რომლებიც მფლობელისგან მოითხოვენ დაცლილი ბატარეების შეცვლას ან სულაც ე.წ. შტეფსელიდან დატენვას.

შეგადართოთ ერთმანეთს ჰიბრიდული და ჩვეულებრივი შიდაწვის ძრავიანი ავტომობილები. ჩვეულებრივი შიდაწვის ძრავიანი ავტომობილი მუშაობის ყველა რეჟიმზე საწვავს წვავს, ხოლო ჰიბრიდული ავტომობილი ერთმანეთს ანაცვლებს ელექტროძრავისა და შიდაწვის ძრავის მუშაობას. კერძოდ, დაძვრის მომენტში გამოიყენებს აკუმულატორის ენერჯიას, ხოლო სრული სვლისას მოიხმარს ენერჯიის ორივე წყაროს. დამუხრუჭებისას ავტომობილი ინერჯიით განაგრძობს მოძრაობას და ორივე ძრავი ითიშება. ამ დროს ელექტროძრავი გადაირთვება გენერატორის რეჟიმში და თვლებიდან მიღებული ბრუნვის შედეგად გამოიმუშავებს ელექტროენერჯიას და მუხტავს საკუთარ აკუმულატორს.

ხანმოკლე დგომის რეჟიმში შიდაწვის ძრავიანი ავტომობილის ძრავი განაგრძობს მუშაობას, ხოლო ჰიბრიდული ავტომობილის ორივე ძრავი გამოირთვება და არანაირ ენერჯიას არ ხარჯავს. ასეთი რეჟიმით მუშაობა ქალაქის პირობებში მოძრაობისას განსაკუთრებით ეკონომიურია. განმეორებითი დაძვრისას ჰიბრიდული ავტომობილის ელექტროძრავი დენის მიწოდებისთანავე მყისიერად ჩაირთვება და სწრაფად დაძრავს ავტომობილს. შიდაწვის ძრავს კი გასაშვებად სჭირდება 2 – 3 წამი და საკმაო რაოდენობით საწვავი, ამასთანავე მისი აკუმულატორი სტარტერის ხშირ ჩართვის რეჟიმს ვერ გაუძლებს.

როდესაც ჰიბრიდული ავტომობილი აღმართში ადის ორივე ძრავი მუშაობს და საკმარისი სიმძლავრეც გამოიმუშავდება. საკმარისია გზის სწორ მონაკვეთზე სისტემამ დააფიქსიროს, რომ წინააღმდეგობა შემცირდა გაითიშება ელექტრო ძრავი და მუშაობას განაგრძობს მხოლოდ მცირე სიმძლავრის შიდაწვის ძრავი, ხოლო ელექტროძრავი კვლავ გენერატორის რეჟიმში გადადის და განაგრძობს აკუმულატორის დამუხტვას. როდესაც ავტომობილი თავდაღმართში მოძრაობს მისი ბენზინის ძრავი სრულად ითიშება, ელექტროძრავი კი ისევ ახდენს აკუმულატორთა ბატარეის დამუხტვას.

გარდა ჰიბრიდი ავტომობილებისა, არც ისე დიდი ხანია მსოფლიო ბაზარზე გამოჩნდნენ ელექტრო-მობილები, რომლებიც მხოლოდ დენით საზრდოობენ. ტრადიციულად ასეთი ტიპის ავტომობილს აქვს მხოლოდ ერთი, დენის ძრავა. მისი დატენვა ხდება ჩვეულებრივი დენის წყაროდან 3-4 საათის განმავლობაში. სრულად დატენილი ძრავი კი საშუალებას მოგცემთ 110-150 კმ გაიაროთ ფაქტიურად მიზერულ თანხად. თან ამასთან ერთად გავითვალისწინოთ ჩვენი პლანეტის მძიმე ეკოლოგიური მდგომარეობა.

წარმოგიდგინოთ დღესდღეისობით ყველაზე პოპულარულ სერიულ ელექტრო მობილს **Chevrolet Volt**, რომელმაც რევოლუცია შეიტანა ელექტრო მობილებში (ნახ. 3). ავტომობილი არის სრულიად უსაფრთხო, თანამედროვე ელგანტური დიზაინის და რაც მთავარია ძალიან ძალიან ეკონომიური.

განვიხილოთ ძირითადი განსხვავებები ელექტრომობილებსა და ჰიბრიდებს შორის.

პრაქტიკულად ყველა თანამედროვე ავტომობილი უხმოა. ასევე, ელექტრომო-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ბილი დაბალ სიჩქარეებზე ხმას თითქმის საერთოდ არ გამოსცემს, ამიტომ ზოგჯერ ფეხით მოსიარულეთა უსაფრთხოების მიზნით ხელოვნურ ხმაურს ქმნიან. ჰიბრიდული მანქანების პატრონები კი პირიქით, ვერ ფარავენ გაოცებას, როცა მანქანა გაჩერებულია და მტორის დაძაბული მუშაობა ესმით. ეს ხდება მაშინ, როცა ჰიბრიდის მტორი ბენზინზე, აკუმულატორის დასატენად მუშაობს.

რამდენ ხანს შეიძლება ტარება? ეს ყველაზე მნიშვნელოვანი პუნქტია ავტომობილის მფლობელებისთვის. ელექტრომობილს შედარებით ნაკლები მანძილის გავლა შეუძლია და ამას ნაკლად უთვლიან. თუმცა, მაგალითად, ნისან ლიფს-ს შეუძლია გაიაროს 76-169 კმ, რაც საგსებით საკმარისია ადამიანისათვის სამსახურში წასასვლელად და შინ დასაბრუნებლად. დამე მანქანა სრულად დაიმუხტება და დილისთვის მზად იქნება.

ჰიბრიდულ მანქანას კი აკუმულატორზე შეუძლია დაახლოებით 30 კმ. გაიაროს. ამის შემდეგ ჩაირთვება ბენზინზე მომუშავე ძრავა, რომელიც აკუმულატორს დამუხტავს. გამოდის, რომ ასეთი ჰიბრიდის მფლობელს შეუძლია ჩვეულებრივი ბენზინგასამართი სადგურები გამოიყენოს.



ნახ. 3. ელექტრომობილი **Chevrolet Volt**

ყველაზე პრობლემური კითხვა ფასს ეხება. ელექტრომობილი ძვირია. ფასის გაზრდას ხელს უწყობს ძვირადღირებული აკუმულატორები. სამაგიეროდ, ელექტრომობილის “საწვავი” გაცილებით იაფია და ყველა სახელშია ხელმისაწვდომი.

რაც შეეხება ჰიბრიდულ მანქანებს, ჩვეულებრივ ავტომობილებთან შედარებით ისინი უფრო ეკონომიურია, ელექტრომობილზეც უფრო იაფი. მაგრამ ბენზინი მათაც ჭირდებათ, რომლის ფასი სულ უფრო იზრდება და ის დამოკიდებულია მსოფლიოში არსებულ სიტუაციაზე.

ელექტრომობილი ითვლება ეკოლოგიურად სუფთა ტრანსპორტის სახეობად. მაგრამ ეს ბოლომდე არ შეესაბამება სინამდვილეს. ელექტრობა მანქანებისთვის იშვიათად იწარმოება განახლებადი წყაროებიდან (წყალი, ქარი, მზე). უფრო ხშირად, ელექტრომობილები მოძრაობენ ატომური ან თბოელექტროსადგურებიდან მიღებული ელექტრობით. ამიტომ ელექტრომობილი არ არის აბსოლუტურად სუფთა.

ჰიბრიდების მწარმოებლები აცხადებენ “დიახ, ჩვენ ვწვავთ ბენზინს და გამოვიმუშავეთ CO₂-ს”, ამასთან ერთად ამატებენ: “ მაგრამ ძალიან ცოტას”. ამიტომ ჰიბრიდული მანქანები მნიშვნელოვანი ნაბიჯია ეკოლოგიურად უსაფრთხო გადაადგილების საშუალებებისკენ, თუმცა, აბსოლუტურ სისუფთავეზე ლაპარაკი ზედ-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

მეტია.

დასკვნა. ხშირად გვსმენია, რომ მომავალი ელექტრომობილებისაა, ჰიბრიდი კი ერთგვარი ხიდია შიგაწვისა და ელექტროძრავებს შორის. ესეც კიდევ ერთი მიზეზი, რის გამოც ჰიბრიდები უფრო უკეთ უნდა გავიცნოთ და დავაფასოთ. ამჟამად ძნელია იმის თქმა, ტრანსპორტის რომელი ტიპი გაიმარჯვებს – ელექტრომობილი თუ ჰიბრიდი. ამ დროისთვის არსებობს არაერთი ტექნოლოგია და პროექტი, რომლებმაც შეიძლება სურათი კარდინალურად შეცვალოს.

ლიტერატურა

1. В.П. Кучер. Диагностика японских автомобилей. Москва. Легион-Автодата. 2008 г. 178ст.
2. <https://mecniereba.wordpress.com/2010/06/02/29/>

ELECTRIC MOTOR CARS AND HYBRIDS – THE CARS OF THE FUTURE

G.N. Purtskhvanidze, A.J. Kamladze, I.Z. Danelia

Akaki Tsereteli State University

*LEPL – Public College “Iberia”

Summary

The paper dwells on the operating principle of the cars of the future – electric motor cars and hybrids, their positive and negative sides, advantages in comparison with the ordinary reciprocating internal combustion engine, as well as their comparative analysis.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

**სექცია 3 საინფორმაციო ტექნოლოგიები ენერგეტიკასა და
ტელეკომუნიკაციაში**

**სატელეკომუნიკაციო ქსელების უკანასკნელი ათწლეულის
განვითარების ეტაპები და არსებული ტენდენციები**

ჯღამაძე მ. ს.*, ხუნწარია ჯ. მ.**

*სატელეკომუნიკაციო კომპანია “ახალი ქსელები”

**საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

წარმოდგენილია უკანასკნელ ათწლეულში სატელეკომუნიკაციო ქსელების განვითარების ეტაპები და სამომავლო ტენდენციები. ნახვენებია მეოთხე თაობის 4G ტექნოლოგიის ღირსებები და საქართველოში მისი და მომდევნო თაობის 5G ტექნოლოგიის დანერგვის პერსპექტივები.

2009 წლამდე დიდი მოთხოვნა არსებობდა ანალოგურ სატელეფონო მომსახურებაზე, რაც განპირობებული იყო სწრაფად განვითარებადი DSL-ტექნოლოგიით. მისი განხორციელება ტექნოლოგიურად შეუძლებელი იყო ანალოგიური სატელეფონო მომსახურების მიღების გარეშე, ვინაიდან DSL მომსახურება ფიზიკურად მიბმულია ანალოგური სატელეფონო მომსახურების სპილენძის წყვილზე. ამავე პერიოდში ახალი ტექნოლოგიების საშუალებით მომხმარებელს შეეძლო მიეღო ფართოხოლოვანი ინტერნეტ მომსახურება მობილური ქსელების საშუალებით. მაგალითად GSM, UMTS, CDMA, 2G, 3G და ა.შ. მაგრამ ასეთი მომსახურების უარყოფით მხარეს წარმოადგენდა დაბალი სიჩქარე და მაღალი ფასი. ამის გამო ეს მომსახურება ყველასთვის ხელმისაწვდომი არ იყო. პარალელურად 2007 წლიდან გამოჩნდა მომსახურებათა ისეთი სახეობები, როგორცაა FTTH და FTTB, რომლებიც ძირითადად ვითარდებოდა GPON, P2P და Ethernet ტექნოლოგიების განვითარების გამო. ისევე როგორც მობილური ფართოხოლოვანი მომსახურება, ეს ტექნოლოგიებიც და მომსახურებებიც ძვირი იყო, რაც განპირობებული იყო ქსელის მთლიანი რეორგანიზაციის განხორციელების აუცილებლობითა (ოპტიკური კაბელით დაქსელება) და აპარატურის სიძვირით. მიუხედავად იმისა, რომ აბონენტი იღებდა გაცილებით მეტ სიჩქარეს (100 მგბტ/წმ-მდე) და შესაძლებლობა ჰქონდა მიეღო მაღალი ხარისხის IPTV-HDTV მომსახურება, მაინც ტენდენცია მობილური ინტერნეტ მომსახურების მიღებაზე მიუთითებს, რაც, პირველ რიგში, გამოწვეულია მათი მობილურობით და მობილურ ტელეფონებში ინტერნეტ მომსახურების მარტივად გამოყენების შესაძლებლობით.

2009 წლიდან მთელ მსოფლიოში მცირდება ანალოგური სატელეფონო მომსახურების მიღების სურვილი, რაც განპირობებულია მობილური სატელეფონო მომსახურებების ფართო გავრცელებით (GSM, CDMA, UMTS და სხვა). ამ მომსახურებებზე მკვეთრი კონკურენციის გამო ფასები მკვეთრად ეცემა და მოსახლეობის ყველა ფენისთვის ხელმისაწვდომი ხდება, რაც, თავის მხრივ, კიდევ უფრო ზრდის ამგვარ მომსახურებაზე მოთხოვნას.

თანამედროვე მსოფლიოში, პიროვნების განვითარება და წარმატება დიდად არის დამოკიდებული მის მიერ ნებისმიერ ადგილზე ინფორმაციის ხელმისაწვდომობაზე (მიღება/გადაცემაზე). თანამედროვე მსოფლიოში უკვე არსებობს ისეთი

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

ტერმინი, როგორცაა მობილური პიროვნება. ასეთ მომხმარებელთა რაოდენობა კი დღითიდღე იზრდება.

სატელეკომუნიკაციო ბაზარზე მეოთხე თაობის 4G მობილური ფართოზოლოვანი დაშვების ტექნოლოგიის შემოტანამ დიდი გავლენა იქონია სატელეკომუნიკაციო მომსახურების არსებულ სახეობებზე და მათი შემდგომი განვითარების ეტაპებზე.

4G თაობის LTE (Long-Term Evolution – განვითარება ხანგრძლივი დროით) ტექნოლოგიის საშუალებით მომხმარებელს შეუძლია ქონდეს ფართოზოლოვანი მობილური ინტერნეტ მომსახურებები (ზოგადად კი სატელეკომუნიკაციო ქსელის მომსახურებების ყველა სახეობა: VoIP, IPTV, VoD, GSM, VPN, WLAN და ასე შემდეგ.) იგი ხშირად ასევე აღინიშნება როგორც 4G LTE. აღნიშნული ტექნოლოგია იძლევა საშუალოდ 50 მგბტ/წმ სიჩქარის წვდომას მომხმარებლიდან ქსელის მიმართულებით და პირიქით, თუმცა თეორიულად მაქსიმალური სიჩქარე შეიძლება იყოს 300 მგბტ/წმ.

აღნიშნული ტენდენციებიდან გამომდინარე, აუცილებელია არსებული ქსელის მოდერნიზაცია, ანალოგური ნომრის მობილურობის მომსახურების შემოტანა, VoIP მომსახურების უფრო ფართოდ დანერგვა და სხვადასვა დამატებითი მომსახურების მიწოდება და ერთ პაკეტში გაერთიანება. 2014 წლის დუბაიში ჩატარებულ ITU-ს კონფერენციაზე მიღებულ იქნა მომსახურების რამდენიმე სახეობის ერთ პაკეტში (Bundle) გაერთიანების რეკომენდაცია. მისი მიხედვით შესაძლებელია გაერთიანდეს მობილური და ფიქსირებული კავშირის რამდენიმე სახეობა, რაც უზრუნველყოფს ანალოგური სატელეფონო მომსახურების შენარჩუნებას.

საქართველოს კომუნიკაციების მარეგულირებელმა ეროვნულმა კომისიამ გამოაცხადა მორატორიუმი კომპანიების მფლობელობაში არსებულ სიხშირეთა ზოლებზე, რამაც კომპანიებს მისცა მათ საკუთრებაში არსებული სიხშირული ზოლების თავიანთი შეხედულების შესაბამისად გამოყენების შესაძლებლობა (სიხშირეთა ზოლი არ არის მიბმული ტექნოლოგიაზე). ამჟამად შესაძლებელია არსებული CDMA სიხშირული ზოლის გამოყენება რეგიონებში, სადაც მოსახლეობის ურბანიზაცია არც ისე დიდია და ერთი ფიჭის საშუალებით შესაძლებელია 100-მდე აბონენტისათვის მაღალი ხარისხის ფიქსირებული ინტერნეტ მომსახურების მიწოდება. მაგალითად, საქართველოში არსებულ ერთ-ერთ კომპანიას აქვს CDMA სიხშირული ზოლის ლიცენზია 1894.375 მჰც-დან 1899.375 მჰც-მდე და 1974.375 მჰც-დან 1979.375 მჰც-მდე 5-5 მგჰც სიხშირული ზოლით. თუ გავითვალისწინებთ იმას, რომ დაახლოებით 4 ბიტის გადაცემა შეიძლება 1 ჰც სიხშირით, მაშინ მივიღებთ, რომ ერთ ფიჭაზე შესაძლებელი იქნება 40 მგბტ/წმ სიჩქარის ინტერნეტის განაწილება. დადგენილია, რომ ერთ მომხმარებელს რეალურ დროში საშუალოდ (პაკეტები 5 მგბტ-დან 50 მგბტ-მდე) სჭირდება 0,5 მგბტ-დან 1 მგბტ-მდე ინტერნეტ ტრაფიკი, ანუ ერთ ფიჭაზე შესაძლებელია 40-დან 80 მომხმარებლებამდე მომსახურება.

უკვე არსებული და ქართულ კომპანიების ქსელში სწრაფად მზარდი GPON, P2P და Ethernet ტექნოლოგიების განვითარება შემდგომში საშუალებას მოგვცემს ოპტიკურ ქსელზე მომავალი ფიქსირებული ინტერნეტ მომსახურების ქსელების დაშენების შესაძლებლობას. უკვე მიმდინარეობს მომავალი თაობის GPON და P2P ტექნოლოგიების განვითარება, რაც მომხმარებელს უკვე საშუალებას მისცემს ჩაერთოს ნაკადის 1 გბტ/წმ-მდე სიჩქარის მქონე ქსელში.

ოპტიკური ქსელის საშუალებით შემდგომში შესაძლებელია მომავლის ქსე-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

ლის FN, ჭკვიანი ქსელების SG (Smart Grids), მონაცემთა ქსელების BD (Big Data) და ჭკვიანი ყველგან შედწვევადი ქსელების SUN (Smart Ubiquitous Networks) აგება. მომავლის ქსელის FN გულისხმობს მრავალშრიანი როგორც ფიზიკური ასევე ვირტუალური ქსელების შექმნას. ასეთ ქსელებს შემდგომში გამოიყენებს ისეთი ზედნაშენი ქსელები, როგორცაა SG, BD, SUN და სხვა. აღნიშნული ქსელების ერთობლიობით შესაძლებელი იქნება როგორც სატელეკომუნიკაციო, ასევე მართვისა და კონტროლის სხვადასხვა სისტემების მომსახურებების გაერთიანება, მაგალითად, ისეთი მომსახურებებისა, როგორცაა ნებისმიერი ადგილიდან სახლში ტემპერატურის, სხვადასხვა საყოფაცხოვრებო აპარატურისა და განათების მართვა და კონტროლი.

ამ ეტაპზე მომავალი ათწლეულების ყველაზე პესპექტიულ მიმართულებას მაინც წარმოადგენს 4G თაობის LTE ტექნოლოგია, რომელთა დაკავშირებითაც უკვე მიღებულია მრავალი საერთაშორისო სტანდარტი და რეკომენდაცია. საქართველოში მისი განვითარებისათვის ეკონომიკის სამინისტრომ მიიღო გადაწყვეტილება 700-800 მგჰ სიხშირული ზოლის გამონთავისუფლებისათვის, რაც ხელს შეუწყობს 4G თაობის LTE ტექნოლოგიის განვითარებას. 2016 წლისათვის უკვე იგეგმება 5G თაობის LTE ტექნოლოგიის სტანდარტიცაზია, რაც, თავის მხრივ, გულისხმობს მისი დანერგვის პერსპექტიულობას.

ლიტერატურა

1. ბ. წიკლაური, ჯ. ხუნწარია. მესამე თაობის მობილური კავშირის სისტემა UMTS და მისი ფუნქციები// მე-2 საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის “ენერგეტიკა: რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები” მოხსენებების კრებული. ქუთაისი, 2013, გვ. 352-356.
2. Farooq Khan. LTE for 4G Mobile Broadband//Cambridge University Press, 2009, pp. 5-85.
3. <https://itu.int/wsis10>. უკანასკნელად გადამოწმებულია 2015 წლის 3 ივნისს.
4. <http://www.itu.int/en/publications/ITU-r/Pages/publications.aspx?lang=en&media=electronic&parent=R-SP-LN.IS-2015>. უკანასკნელად გადამოწმებულია 2015 წლის 3 ივნისს.
5. ბ. წიკლაური, ჯ. ხუნწარია. LTE ტექნოლოგია//მე-2 საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის “ენერგეტიკა: რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები” მოხსენებების კრებული. ქუთაისი, 2013, გვ. 356-359.
6. An Introduction to LTE. 3GPP LTE Encyclopedia. უკანასკნელად გადამოწმებულია 2015 წლის 3 ივნისს.

TELECOMMUNICATION NETWORKS' DEVELOPMENT STAGES IN THE LAST DECADE AND TRENDS

Jgamadze M. S.*, Khuntsaria J. M.**

*“New Net” Telecommunication Company

**Georgian Technical University

Summary

Work provides discussion of the development stages of telecommunication networks in the last decade and future trends. It describes advantages of 4G technologies and prospects of their introduction, as well as next generation, 5G technologies in Georgia.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

დისკრეტული კოსინუსური ბარდასახვის
ტრანსფორმანტების ადაპტური დაკვანტვა

ხუნწარია ჯ. მ., მაჩალაძე რ. ი., ხუნწარია ლ. ჯ., გოგბერაშვილი მ. რ.
 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომში შემოთავაზებულია გამოსახულებათა დისკრეტული კოსინუსური გარდასახვის ტრანსფორმანტების დაკვანტვის ადაპტური მეთოდი, რომლის საფუძველზე შესაძლებელია ან გამოსახულებათა კომპრესიის გაზრდა ან აღდგენილ გამოსახულებათა ხარისხობრივი პარამეტრების გაუმჯობესება.

უძრავ და მოძრავ გამოსახულებათა კომპაქტური კოდირებისათვის (კომპრესიისათვის) შემუშავებული JPEG და სხვადასხვა დანიშნულების MPEG რეკომენდაციების ერთ-ერთი ძირითადი კომპონენტია ფერად გამოსახულებათა სიკაშკაშის (შავ-თეთრი) Y და ფერსხვაობითი Cr და Cb შემდგენების 8x8 ზომის ფრაგმენტების დისკრეტული კოსინუსური გარდასახვის შედეგად ფორმირებული ტრანსფორმანტების თითოეული ელემენტის (კოეფიციენტის) დაკვანტვა ამ მიზნისათვის რეკომენდირებული Q_y და Q_{cb} მატრიცების საშუალებით [1,2,3,4].

$$Q_y := \begin{pmatrix} 16 & 11 & 10 & 16 & 24 & 40 & 51 & 61 \\ 12 & 12 & 14 & 19 & 26 & 58 & 60 & 55 \\ 14 & 13 & 16 & 24 & 40 & 57 & 69 & 56 \\ 14 & 17 & 22 & 29 & 51 & 87 & 80 & 62 \\ 18 & 22 & 37 & 56 & 68 & 109 & 103 & 77 \\ 24 & 35 & 55 & 64 & 81 & 104 & 113 & 92 \\ 49 & 64 & 78 & 87 & 103 & 121 & 120 & 101 \\ 72 & 92 & 95 & 98 & 112 & 100 & 103 & 99 \end{pmatrix} \quad Q_{rb} = \begin{pmatrix} 17 & 18 & 24 & 47 & 99 & 99 & 99 & 99 \\ 18 & 21 & 26 & 66 & 99 & 99 & 99 & 99 \\ 24 & 26 & 56 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 \\ 47 & 66 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 \\ 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 \\ 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 \\ 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 \\ 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 \end{pmatrix}$$

ზოგადად დაკვანტვის მატრიცების შედგენის საფუძველია ფორმულა

$$Q_{ij} = 1 + (i+j)R, \tag{1}$$

სადაც R კოდერის დამკვეთის მიერ მოცემული სიდიდეა, ხოლო i და j დაკვანტვის მატრიცის ელემენტების კოორდინატებია.

ტრანსფორმანტების დაკვანტვის შედეგად კოეფიციენტების უძრავლესობა აღმოჩნდება ნულის ტოლი ან შედარებით მცირე მნიშვნელობის, რაც საბოლოოდ იძლევა მათი უფრო მცირე რაოდენობის სიმბოლოებით (ბიტებით) წარმოდგენის საშუალებას, ანუ კომპრესიის განხორციელების შესაძლებლობას. ცხადია, რომ დაკვანტვა იწვევს ინფორმაციის ნაწილობრივ დანაკარგს, რაც ზემოაღნიშნული რეკომენდაციების მიხედვით დასაშვებადაა მიჩნეული. დაკვანტული ტრანსფორმანტების კოეფიციენტების კოდირებისათვის ზემოთ აღნიშნული რეკომენდაციების მიხედვით გამოიყენება ჰაფმანის ცვლადი სიგრძის კოდები, რაც არ იწვევს დამატებით დანაკარგებს.

კომპაქტური კოდირების ეფექტურობა ფასდება კომპრესიის ფაქტორით

$$F = m_1/m_2, \tag{2}$$

სადაც m_1 პირველადი გამოსახულებისათვის დახარჯული ბიტების რაოდენობაა, ხოლო m_2 – ბიტების რაოდენობა კომპრესიის შემდეგ.

როგორც დაკვანტვის წარმოდგენილი მატრიცებიდან ჩანს, გამოსახულების

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

სიკაშკაშის შემდგენის შესაბამისი ტრანსფორმანტების დაკვანტვისათვის გამოყენებული მატრიცა არასიმეტრიულია, რაც განპირობებულია გამოსახულების სიკაშკაშის შემდგენის სტატისტიკური მახასიათებლებითა და ამ შემდგენის მიმართ ადამიანის სუბიექტური აღქმის თავისებურებებით. რაც შეეხება გამოსახულების ფერსხვაობითი შემდგენების შესაბამის დაკვანტვის მატრიცას, იგი სიმეტრიულია, რის გამოც ამჯერად ეს მატრიცა არ წარმოადგენს განხილვის საგანს.

აღსანიშნავია ის გარემოება, რომ დაკვანტვის რეკომენდირებული მატრიცები სულაც არ არის სავალდებულო ნებისმიერი გამოყენებისათვის. კონკრეტულ შემთხვევებში შეიძლება, რომ დაკვანტვის მატრიცების ცალკეული ელემენტი განსხვავებული იყოს რეკომენდირებულისაგან [2].

აქედან გამომდინარე, ვინაიდან გამოსახულების Y შემდგენის შესაბამისი ტრანსფორმანტების დაკვანტვის მატრიცა Q_y (ძირითადი მატრიცა) არასიმეტრიულია, ამიტომ ზოგიერთი უძრავი გამოსახულებისათვის (ან მოძრავი გამოსახულების კადრისათვის) შეიძლება სასურველი აღმოჩნდეს ტრანსფორმანტების დაკვანტვა Q_y -ის ტრანსპონირებული TQ_y მატრიცით P მამრავლის სათანადოდ შერჩევის შემთხვევაში, ანუ ზოგ შემთხვევაში გამოყენებული იყოს მატრიცა Q_y , რომლისთვისაც $P=1$, ხოლო სხვა შემთხვევაში – TQ_y , რომლისთვისაც მამრავლი, როგორც წესი, განსხვავებული იქნება ერთისაგან ($P \neq 1$). დაკვანტვის ასეთი ადაპტური ალგორითმის განხორციელებით შეიძლება შესაძლებელი აღმოჩნდეს უკეთესი შედეგის მიღწევა დამატებითი დანაკარგების (ხარისხობრივი პარამეტრების გაუარესების) გარეშე კომპრესიის ფაქტორის გაზრდის ან აღნიშნული ფაქტორის შენარჩუნების პირობებში აღდგენილ გამოსახულებათა ხარისხობრივი პარამეტრების გაუმჯობესების თვალსაზრისით მხოლოდ Q_y მატრიცით დაკვანტვასთან შედარებით.

$$TQ_y := P \cdot \begin{pmatrix} 16 & 12 & 14 & 14 & 18 & 24 & 49 & 72 \\ 11 & 12 & 13 & 17 & 22 & 35 & 64 & 92 \\ 10 & 14 & 16 & 22 & 37 & 55 & 78 & 95 \\ 16 & 19 & 24 & 29 & 56 & 64 & 87 & 98 \\ 24 & 26 & 40 & 51 & 68 & 81 & 103 & 112 \\ 40 & 58 & 57 & 87 & 109 & 104 & 121 & 100 \\ 51 & 60 & 69 & 80 & 103 & 113 & 120 & 103 \\ 61 & 55 & 56 & 62 & 77 & 92 & 101 & 99 \end{pmatrix}$$

აღნიშნული მსჯელობის შემოწმების მიზნით საცდელი (სატესტო) გამოსახულებების არქივიდან შემთხვევითი წესით შერჩეული იქნა 6 ფერადი გამოსახულება: “ლენა”, “პარკი”, “ბუნება”, “თი-ბი-სი”, “ფერმა” და “კატა” (იხ. სურ. 1 და სურ. 2). შერჩეული პირველადი გამოსახულებების როგორც სიკაშკაშის, ასევე ფერსხვაობითი შემდგენების ფორმატია 256×256 , ანუ თითოეული შემდგენი შეიცავს 256 სტრიქონს, რომელთაგან თითოეულში 256 დისკრეტული ელემენტია (პიქსელია). თითოეული პიქსელის კოდირებისათვის კი 8-თანრიგა კოდია (256 დონე) გამოყენებული. შესაბამისად პირველადი გამოსახულება წარმოდგენილია $m_1=256 \times 256 \times 8=524288$ ორობითი სიმბოლოთი (ბიტით).

ცხრილში 1 წარმოდგენილია აღნიშნული საცდელი გამოსახულებების სიკაშკაშის Y შემდგენის დაკვანტვის შესაბამისი პარამეტრების მონაცემები დაკვანტვის

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ძირითადი მატრიცის გამოყენებისას, კერძოდ: კომპრესირებული (აღდგენილი) გამოსახულების აღნიშნული შემდგენის საშუალო კვადრატული ცდომილება ε ; სიგნალისა და ხმაურის ფარდობა S (დბ); კომპრესირებული გამოსახულებისათვის დახარჯული ბიტების რაოდენობა m_2 ; კომპრესიის შედეგად შემცირებული ბიტების რაოდენობა $\Delta m = m_1 - m_2$; კომპრესიის ფაქტორი F , ხოლო ცხრილში 2 – იგივე მონაცემები დაკვანტვის ტრანსპონირებული მატრიცის გამოყენებისას, რომლის მამრავლია P .

აღნიშნული ცხრილების ანალიზის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ ტრანსპონირებული მატრიცის გამოყენება აღდგენილ გამოსახულებათა ხარისხობრივი პარამეტრების შენარჩუნების პირობებში იძლევა კომპრესიის ფაქტორის გაუმჯობესების საშუალებას გამოსახულებებისათვის “ლენა”, “პარკი” და “ბუნება”, ხოლო დანარჩენი სამი გამოსახულებისათვის უფრო ეფექტურია დაკვანტვის ძირითადი მატრიცის გამოყენება. ეს გარემოება, აგრეთვე, იძლევა იმის საშუალებას, რომ კომპრესიის ფაქტორის შენარჩუნების პირობებში გაუმჯობესდეს გამოსახულებების “ლენა”, “პარკი” და “ბუნება” აღდგენის ხარისხობრივი პარამეტრები (ცხრილი 3). ამ ცხრილში $\Delta\varepsilon$ და ΔS საშუალო კვადრატული ცდომილების შემცირების და სიგნალისა და ხმაურის ფარდობის გაზრდის მონაცემებია.

ცხრილი 1

საცდელ გამოსახულებათა სიკაშკაშის Y შემდგენის დაკვანტვის შესაბამისი პარამეტრების მონაცემები დაკვანტვის ძირითადი მატრიცის გამოყენებისას

გამოსახულებები	ε	S , დბ	m_2	Δm	F
“ლენა”	5,145	28,242	55771	468517	9,40
“პარკი”	5,664	25,504	62080	462208	8,45
“ბუნება”	7,358	21,839	69692	454596	7,52
“თი-ბი-სი”	5,250	30,838	44937	479311	11,65
“ფერმა”	6,184	28,274	76645	447643	6,84
“კატა”	6,194	27,265	61743	462545	8,49

ცხრილი 2

საცდელ გამოსახულებათა სიკაშკაშის Y შემდგენის დაკვანტვის შესაბამისი პარამეტრების მონაცემები დაკვანტვის ტრანსპონირებული მატრიცის გამოყენებისას დამატებითი დანაკარგების გარეშე

გამოსახულებები	P	ε	S , დბ	m_2	Δm	F
“ლენა”	1,0315	5,145	28,242	55387	468901	9,47
“პარკი”	1,0072	5,664	25,504	61720	462568	8,50
“ბუნება”	0,9888	7,358	21,839	69570	454718	7,54
“თი-ბი-სი”	0,9880	5,250	30,838	45164	479124	11,61
“ფერმა”	0,9930	6,184	28,274	76650	447638	6,84
“კატა”	1,0041	6,194	27,265	61937	462351	8,47

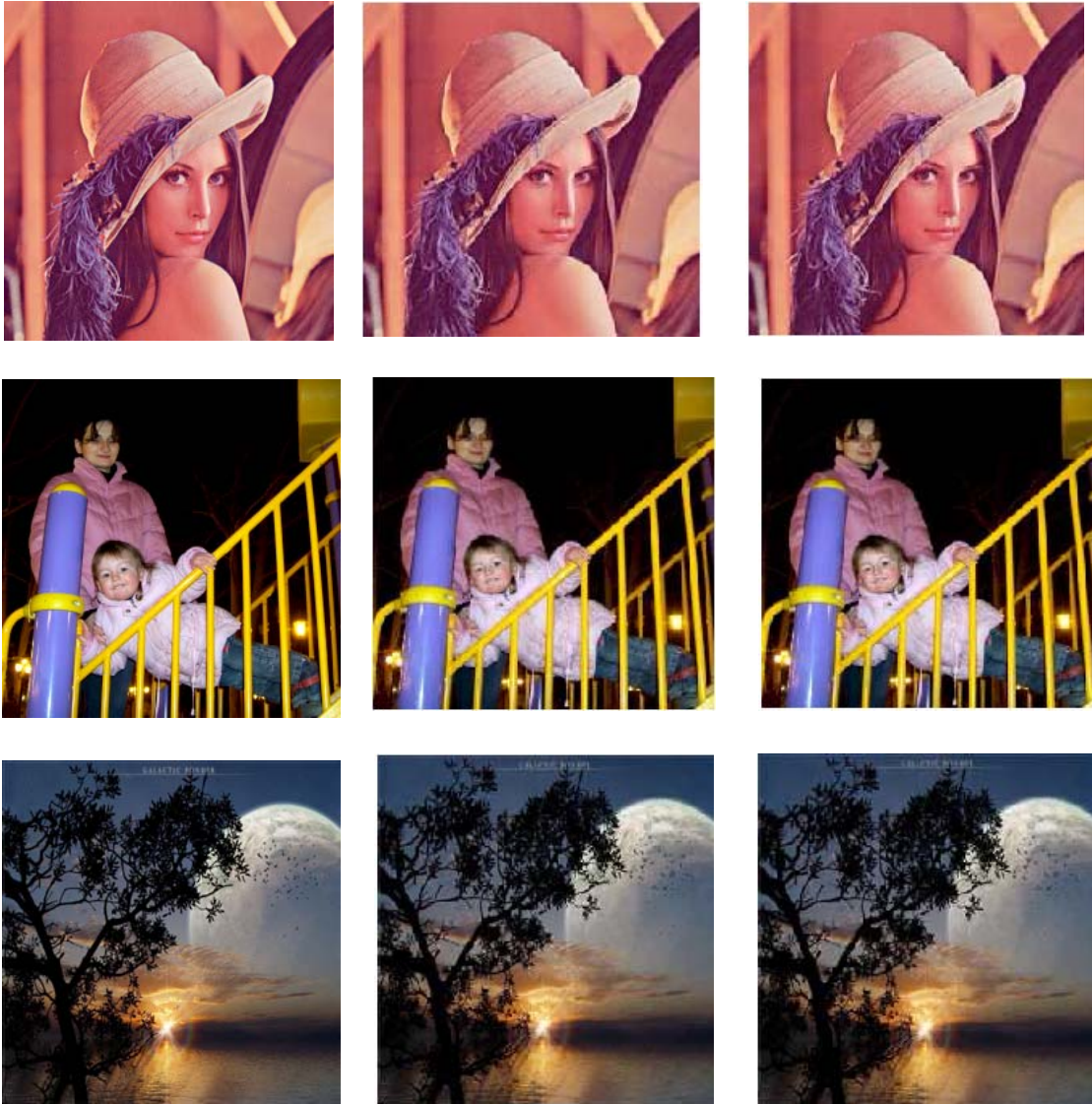
სურ. 1-ზე წარმოდგენილია: საცდელი პირველადი გამოსახულებები “ლენა”, “პარკი” და “ბუნება” (სურ. 1); კომპრესირებული გამოსახულებები ტრანსფორმანტების ძირითადი ან ტრანსპონირებული მატრიცებით დაკვანტვის შემთხვევაში კომპრესიის ფაქტორის შენარჩუნებისას (სურ. 1ბ) და კომპრესირებული გამოსახულებები ტრანსფორმანტების ტრანსპონირებული მატრიცით დაკვანტვის შემთხვევაში, როდესაც გამოსახულებების აღდგენა ხდება გაუმჯობესებული ხარისხობრივი პარამეტრებით (სურ. 1გ).

**საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

ცხრილი 3

საცდელ გამოსახულებათა სიკაშკაშის Y შემდგენის დაკვანტვის შესაბამისი პარამეტრების მონაცემები დაკვანტვის ტრანსპონირებული მატრიცის გამოყენებისას კომპრესირებულ (აღდგენილ) გამოსახულებათა კომპრესიის ფაქტორის შენარჩუნებით და მათი ხარისხობრივი პარამეტრების გაუმჯობესებით

გამოსახულებები	P	ϵ	S, დბ	m_2	$\Delta\epsilon$	ΔS , დბ
“ლენა”	1,0315	5,145	28,242	55387	0,027	0,046
“პარკი”	1,0072	5,664	25,504	61720	0,018	0,027
“ბუნება”	0,9888	7,358	21,839	69570	0,010	0,012



ა

ბ

გ

სურ. 1. საცდელი გამოსახულებები “ლენა”, “პარკი” და “ბუნება”: პირველადი გამოსახულებები (ა); კომპრესირებული გამოსახულებები ტრანსფორმანტების ძირითადი ან ტრანსპონირებული მატრიცებით დაკვანტვის შემთხვევაში (კომპრესიის ფაქტორის ერთი და იმავე მნიშვნელობისას); კომპრესირებული გამოსახულებები ტრანსფორმანტების ტრანსპონირებული მატრიცით დაკვანტვის შემთხვევაში (გამოსახულებების აღდგენა გაუმჯობესებული ხარისხობრივი პარამეტრებით)

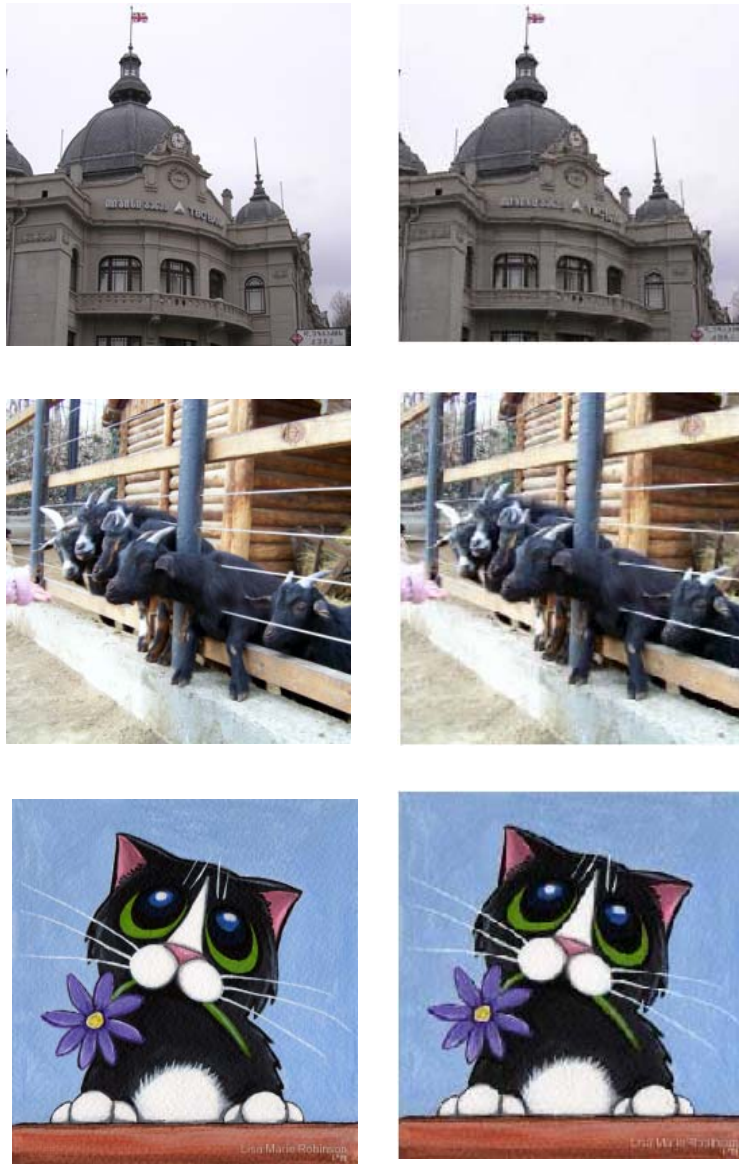
იმის გამო, რომ დაკვანტვის ტრანსპონირებული მატრიცის გამოყენება არაეფექტური აღმოჩნდა გამოსახულებებისათვის “თი-ბი-სი”, “ფერმა”, და “კატა”, ამი-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ტომ სურ. 2-ზე ნაჩვენებია მხოლოდ მათი შესაბამისი პირველადი და კომპრესირებული გამოსახულებები დაკვანტვის ძირითადი მატრიცის გამოყენების შემთხვევისათვის.

ამრიგად, როგორც ჩატარებულმა გამოთვლებმა და პერსონალურ კომპიუტერზე შესაბამისმა მოდელირებამ გვიჩვენა, გამოსახულებათა კომპრესიის სისტემებში მიზანშეწონილია ტრანსფორმანტების დაკვანტვის ძირითადი მატრიცის გარდა ტრანსპონირებული მატრიცის გამოყენება.

უნდა აღინიშნოს, რომ მიღებული შედეგები იძლევა იმის საფუძველს, რომ ტრანსფორმანტების დაკვანტვისათვის ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში შეიძლება შეირჩეს უფრო ოპტიმალური მატრიცა ძირითად ან ტრანსპონირებულ მატრიცებთან შედარებით.



ა

ბ

სურ. 2. საცდელი გამოსახულებები “თი-ბი-სი”, “ფერმა” და “კატა”: პირველადი გამოსახულებები (ა); კომპრესირებული გამოსახულებები ტრანსფორმანტების ძირითადი მატრიცით დაკვანტვის შემთხვევაში

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ლიტერატურა

1. Хунцария Дж. М., Хирьянов Ю. А., Хунцария Л. Дж. Компрессия изображений на примере стандарта JPEG//GESJ: Computer Science and Telecommunications. Тбилиси, No 4(27), 2010. – с. 76-85.
 2. Д. Сэломон. Сжатие данных, изображений и звука. Москва, Техносфера, 2004. _ 368 с.
 3. xunwaria j.m., xirianovi i.a., gogberashvili m.r., jRamaZe m.s. dakvantvis matricis SerCeva gamosaxulebaTa signalebis diskretuli kosinusuri gardasaxvis transformantebisaTvis//saerTaSoriso samecniero-teqniki konferenciis Sromebi “axali teqnologiebi Tanamedrove mrewvelobaSi”, Tbilisi, saqarTvelos teqniki universiteti, 2010. _ gv. 190-194.
 4. xunwaria j. m., jRamaZe m. s., gogberashvili m. r., maCalaZe r. i. diskretuli kosinusuri gardasaxvis transformantebis statistikuri maxasiaTeblebi// mecniereba da teqnologiebi #10-12, Tbilisi, 2011, gv. 26-34.
-

**QUANTIZATION OF TRANSFORMANTS OF DISCRETE COSINE ADAPTIVE
QUANTIZATION OF DISCRETE COSINE CONVERSION TRANSFORMANTS**

Khuntsaria J. M., Machaladze R. I., Khuntsaria L. J., Gogberashvili M. R.

Georgian Technical University

Summary

Work provides analysis correlation peculiarities of the images and transformants of respective discrete cosine transformation and on their basis the adaptive approach to the quantization of the transformants is offered.

**მოთხოვნათა ნაკადების თვისებები და მახასიათებლები
მულტიმედიაში**

მარდალეიშვილი ზ.*, გელხვიძე პ.*, კოპლატაძე მ.**

*აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

**საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მულტიმედიაში მონაცემების წარმართვის მნიშვნელობა ენიჭება მოთხოვნების შემოსვლის ნაკადების შესწავლას, რომლის შედეგების საფუძველზე შესაძლებელია ქსელთან დაკავშირებული პრობლემების შეფასება და გადაწყვეტა. ნაშრომში განხილულია მოთხოვნათა ნაკადების ფუნდამენტური თეორიის გამოყენების სამართლიანობა პულსირებული, ანუ სტრუქტურული ნაკადების აღწერისა და რადიონობრივი შეფასების მიზნით.

მონოსერვისული ქსელის დაპროექტება, განხორციელება და ექსპლუატაცია ემყარება ცოდნას სატელეკომუნიკაციო ქსელში ტრაფიკის აღწერის ტრადიციული მეთოდებისა და მოდელირების გზების შესახებ, კერძოდ, უნდა განისაზღვროს: ქსელის ტრაფიკის მახასიათებლები; მომსახურების ხარისხის მიმართ მოთხოვნები; ტრაფიკის სახეები (უწყვეტი ტრაფიკი, ელასტიური ტრაფიკი, ტრაფიკის გაერთიანება). ტრაფიკის მოდელირების თვალსაზრისით, აუცილებელია ტრაფიკის მათემატიკური აღწერა, კერძოდ ბიტების, პაკეტების და ა.შ. შემოსვლა, როგორც წერტილოვანი პროცესი T_1, T_2, \dots, T_n დროის მომენტებში. გასათვალისწინებელია ტრაფიკის პულსირებადი სტრუქტურა, დისპერსიის ინდექსი, ტრაფიკის პიკურობა, პიკურობის განზომილებები, პიკურობის გაზომვა სხვადასხვა სერვისებისათვის: კერძოდ, ვიდეოტრაფიკისათვის, ATM - ტრაფიკისათვის, Ethernet - ტრაფიკისათვის.

მულტიმედიაში მონაცემების წარმართვის მნიშვნელობა ენიჭება სატელეკომუნიკაციო ქსელში მოთხოვნების შემოსვლის ნაკადების შესწავლას, რომლის შედეგების საფუძველზე შესაძლებელია ქსელთან დაკავშირებული პრობლე-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

მების განხილვა და გადაწყვეტა. შეიძლება ითქვას, რომ ქსელის პროექტირებასთან დაკავშირებული ნებისმიერი პროცესი წარმოადგენს მხოლოდ რთული გამოთვლების შესრულებას, ხოლო ფუნდამენტალური თეორია, რომელიც ასეთი გამოთვლების ჩატარების საშუალებას იძლევა, არის ქსელში შემოსული მოთხოვნების ნაკადების თეორია, რომელიც თავისი დონით წარმოადგენს ერთ-ერთ მწყობრსა და დასრულებულ თეორიას. შესაბამისად ნაშრომში შესწავლილი გვაქვს „მოთხოვნათა ნაკადების თვისებები და მახასიათებლები“, რომლის გამოყენების სამართლიანობას ვიკვლევთ პულსირებული, ანუ სტრუქტურული ნაკადების აღწერისა და რაოდენობრივი შეფასების მიზნით. აქ კორელაციის ფუნქციის განსაზღვრა უმნიშვნელოვანესია, ვინაიდან ის წარმოადგენს იმ ძირითად კრიტერიუმს, რომლის საშუალებითაც განისაზღვრება ასეთი პროცესების მასშტაბური ინვარიანტულობა. „დაშორებით“ არსებულ (ანუ დროის სხვა ინტერვალში არსებულ) კორელაციას უწოდებენ ხანგრძელ დამოკიდებულებას. თვითმსგავსი პროცესების კორელაციის ფუნქციის განმასხვავებელი ნიშანი, ჩვეულებრივ პროცესებთან შედარებით იმაში მდგომარეობს, რომ კორელაცია, როგორც დროის ფუნქცია, ექვემდებარებაჰიპერბოლურ და არა ექსპონენციალურ მიღვევის კანონზომიერებას.

საწყისი ეტაპის კვლევის მიზანს წარმოადგენდა ტელეტრაფიკის ამოცანებში თვითმსგავსების მიზეზების შესწავლის შედეგების წარმოჩენა. ეს შედეგები, მიუხედავად მათი მნიშვნელობისა და დახვეწილობისა, მოიკოჭლებს არარეალური დაშვებების არსებობის გამო. რეალური საქსელო გარემოცვა ყოველთვის შეიცავს შეზღუდული რაოდენობის რესურსებს, რაც იმას ნიშნავს, რომ შეზღუდული რაოდენობის რესურსის მოპოვების პროცესში აუცილებლად წარმოიქმნება არაწრფივი მოვლენები და ამის შედეგად თავს იჩენს ტრაფიკის წყაროებს შორის დამოკიდებულობა. გადატვირთულობის შემთხვევაში წარმოიქმნება ასეთივე არაწრფიობები მართვის მექანიზმებშიც, როგორებიცაა TCP (გადაცემის მართვის პროტოკოლი), Ethernet და სხვა. ქსელის რესურსების გამოყენება მიმდინარეობს ქსელის არქიტექტურის ყველა დონეზე, რაც იძლევა იმის საშუალებას, რომ არსებული რესურსები ოპტიმალურად გადანაწილდეს სტატისტიკურ საფუძველზე. რადგანაც თანამედროვე მულტისერვისული ქსელი წარმოადგენს სატელეკომუნიკაციო სისტემას საშუალო და გრძელვადიან, ლეონარდ კლაინროკის აზრით, სწორედ ასეთ ქსელებში ვლინდება „დიდი პოპულაციების მოსწორების ეფექტი, რომლის დახვეწილ განსახიერებას წარმოადგენს პაკეტური კომუტაცია“ და შესაბამისად ამ მოსაზრების საფუძველზე პაკეტების ნაკადზე შესაძლებელია გავრცელდეს მოთხოვნათა ნაკადებისათვის არსებული კლასიკური თეორია [1].

მაგრამ, აღნიშნული პროცესები მასშტაბირების დროს სტატისტიკური მსგავსების გარდა ავლენენ რაოდენობრივ თვისებებსაც. თვითმსგავსების ნიშნები შეიძლება გამომუდგანდეს რამოდენიმე, ტოლფასი ნიშნით [2].

პირველი იმაში მდგომარეობს, რომ თვითმსგავს პროცესს, როგორც ზემოთ ავღნიშნეთ, გააჩნია ჰიპერბოლური მიღვევადი კორელაციური ფუნქცია:

$$R(k) \approx k^{(2H-2)}L(t), \quad \text{როდესაც } k \rightarrow \infty,$$

სადაც H –არის თვითმსგავსების მაჩვენებელი; $R(k)$ – კორელაციის კოეფიციენტი, ხოლო $L(t)$ –არის მდოვრედ ცვლადი ფუნქცია, განსაზღვრული უსასრულოობაზე, ანუ $\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{L(tx)}{L(t)} = 1$, ყველა $x > 0$ – თვის. შესაბამისად, კორელაციის ფუნქცია არის არაკრებადი და კორელაციის ფუნქციის თანამიმდევრული მნიშვნელო-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ბებით წარმოქმნილი მწკრივი შემდეგი სახის იქნება:

$$\sum_k R(k) = \infty.$$

ეს უსასრულო მწკრივი წარმოადგენს აგრეთვე, ხანგრძლივ დამოკიდებულების ერთ-ერთ განმარტებას და შესაბამისად ყველა თვითმსგავსი პროცესი არის ხანგრძლივ დამოკიდებულების პროცესი. ამ მოვლენის შედეგები ძალზე მნიშვნელოვანია, ვინაიდან დაყოვნების ფართო დიაპაზონში, დაგროვებების ეფექტი შეიძლება ძალზე განსხვავებული აღმოჩნდეს ხანმოკლე დაკვირვებების შედეგად მიღებული დასკვნების მიმართ, რომელსაც შეესაბამება პუასონის, მარკოვის ან ავტორეგრესიული ტიპის პროცესები. უნდა გავითვალისწინოთ, რომ ტელეტრაფიკის ამოცანებში ხანგრძლივ დამოკიდებულების შედეგები შეიძლება აღმოჩნდეს ძალზე სერიოზული. ხანგრძლივ დამოკიდებულება არის ხანგრძლივი პულსაციების მიზეზი, რომლებიც აჭარბებენ ტრაფიკის საშუალო მნიშვნელობებს, რაც იწვევს ბუფერების გადავსებას და ამის შედეგად იზრდება კარგვები და დაყოვნებები.

განვიხილოთ თვითმსგავსების წარმოქმნის მიზეზები ქსელის ტრაფიკში ტრაფიკის სხვადასხვა წყაროების კვლევამ დაადასტურა, რომ ON/OFF (ანუ აქტიური/არააქტიური) ტიპის წყაროების მაღალცვალებადი ხასიათი (ქცევა) - ეს არის თვისება, რომელიც თან ახლავს კლიენტ/სერვერის არქიტექტურას (კერძოდ, ხანგრძლივ დამოკიდებულების არსებობა).

ჩამოვთვალოთ ზოგიერთი ძირითადი ფაქტორები, რომელთა გავლენით ქსელში არსებულ ტრაფიკში ჩაისახება სხვადასხვა სახის ხანგრძლივ დამოკიდებულებები [2]:

1. მომხმარებლის ქცევა (კავშირის წამოწყებისას და კავშირის პროცესში) - სამომხმარებლო მოთხოვნებიდან და ინტერნეტ დოკუმენტების შერჩევაზე დროის ხანგრძლივობები ხასიათდება მნიშვნელოვანი ფლუქტუაციებით. გარდა ამისა, არსებობს მოთხოვნათა ნაკადის ტრაფიკის რეგულირების მექანიზმები, რომლებიც აგრეთვე აძლიერებენ ტრაფიკის პულსირებად ხასიათს.

2. მონაცემთა გენერირება, სტრუქტურა და ძეგნა. ზედაპირულად, აქ საქმე გვაქვს, შემდეგ ორგანზომილებიან თვისობრიობასთან: ერთის მხრივ დროის შუალედებთან ფაილების/პაკეტების/ უჯრედების შემოსვლებს შორის და მეორეს მხრივ მათ ზომებთან. ამრიგად ტრაფიკი ყალიბდება სტატისტიკურად განსხვავებული მახასიათებლებით და შესაბამისად აქ მკაფიოდ იჩენს თავს განაწილებები წაგრძელებებით.

3. ტრაფიკის გაერთიანება. სტატისტიკური მულტიპლექსირება, რომელსაც ვიყენებთ პაკეტური კომუტაციის ტექნოლოგიებში. ON/OFF წყაროების ზედდებები, აგრეთვე წარმოქმნის უსასრულო დისპერსიის ნიშნებს.

4. მართვის საშუალებები. ხანგრძლივ დამოკიდებულების წარმოქმნის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მიზეზია რესურსების შეზღუდული რაოდენობა, რაც დამახასიათებელია რეალური ქსელებისათვის. მაგალითად, შეზღუდული საკომუტაციო რესურსები, გამტარუნარიანობა, ბუფერის შეზღუდული ზომები, მონაცემთა დამუშავების შეზღუდული უნარი, რის გამოც თავს იჩენს განაწილების კანონი წაგრძელებებით და ხანგრძლივ დამოკიდებულებები. ეს ფაქტორები შეიძლება შემცირდეს ქსელის რესურსების მნიშვნელოვნად გაზრდის შემთხვევაში. მართლაც, ხანგრძლივ დამოკიდებულების ტრაფიკი, რომელიც ძლიერდება მრავალრიცხოვანი მომხმარებლების შეზღუდული რაოდენობის რესურსებთან ურთიერთქმედების პირობებში,

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

მოითხოვს აპარატურული უზრუნველყოფის, მექანიზმების, გამტარუნარიანობის, პროგრამული საშუალებების, ანუ მრავალგანზომილებიანი სტრუქტურის შემცველი რესურსების გაზრდას.

5. უკუკავშირზე დაფუძნებული მართვის მექანიზმები. მაგალითად, ნაკადისა და გადატვირთულობის მართვა, როგორცაა, ვთქვათ TCP (გადაცემის მართვის პროტოკოლი). აქ ხდება ტრაფიკის ხასიათის ცვლილება მართვის მექანიზმების მეშვეობით.

6. განვითარება. ქსელის ტრაფიკის პულსირებადი სტრუქტურის ზრდის მნიშვნელოვანი მიზეზია მომხმარებლებისა და ახალი სერვისების დამატების პროცესი.

7. ეფექტურობა. ეფექტური საქსელო სტრუქტურების დამუშავების დროს, როდესაც გასათვალისწინებელია მომსახურების ხარისხის შენარჩუნება მთელ ქსელში, გამჭოლად, მხოლოდ ფიზიკური პროცესების შინაარსის ცოდნა თვითმსგავსების განსაზღვრისათვის არ არის საკმარისი. აუცილებელია რიგების შექმნისა და მომსახურების პროცესის შესწავლა ფრაქტალურ საფუძველზე.

დასკვნა

1. კვლევის მიზანია, დამუშავდეს მათემატიკური მოდელები ტრაფიკისათვის, ხანგრძლივი დამოკიდებულებებით, იმისათვის, რომ შესაძლებელი გახდეს ქსელის წარმადობის ანალიზი რიგების არსებობის პირობებში. ასეთი შედეგები დღეისათვის ძალზე მნიშვნელოვანია, რადგანაც ის იძლევა საშუალებას, როდესაც მომსახურების სისტემის შესასვლელზე გვაქვს პროცესი ხანგრძლივი დამოკიდებულებით, დავადგინოთ ქსელის წარმადობის შესაძლო საზღვრები. კერძოდ, ჩვენ ვიხილავთ შემთხვევას უსასრულო ტევადობის ბუფერში რიგის სიგრძის განაწილების კანონმიერების შესახებ, რომელიც ხანგრძლივი დამოკიდებულების შემთხვევაში, მიიღევა გაცილებით მდორედ, ვიდრე ექსპონენციალური კანონით განაწილების შემთხვევაში, რომელიც შეესაბამება სტაციონალური ხასიათის, ანუ ექსპონენციალური დამოკიდებულების შესაბამის ნაკადს.

2. აღნიშნული შინაარსის ამოცანების ამოხსნა შესაძლებელია, ფრაქტალური, ანუ თვითმსგავსი პროცესებისათვის აღწერილი მახასიათებლებისა და თვისებების საფუძველზე.

3. მოცემულ კვლევაში საქმე გვაქვს ბიტების, პაკეტების ან უჯრედების შემოსვლისა და გადაცემის ნაკადებთან, რომელთა ინტენსიობა ქმნის შესაბამის ტრაფიკს.

ამასთანავე ინტენსიობას ვუკავშირებთ იმ დროის მომენტებს, როდესაც შემოდის, ან ბუფერიდან/სისტემიდან გადის ბიტი, პაკეტი ან უჯრედი. ე. ი. ჩვენ საქმე გვაქვს დროის მომენტების ნაკადთან, ან შემოსვლის/გასვლის დროის მომენტებს შორის დროის შუალედების ნაკადთან. . ე.ი. ყველაფერი განიხილება დროსთან მიმართებაში.

4. გამოთქმა ხანგრძლივი დამოკიდებულება, შინაარსობრივად შეესაბამება ცნებას, „პერსისტენტულობა“, რომელიც შინაარსობრივად ნიშნავს – გაჭიმულს, წაგრძელებულ, გახანგრძლივებულ, ხანგრძლივ დამოკიდებულებას. სიტყვის ინფორმატიული პოტენციალის შეფასებიდან გამომდინარე, შევჩერდით ტერმინზე – ხანგრძლივი.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ლიტერატურა

1. Клайнрок Л. Принципы и уроки пакетной связи //ТИИЭР, 1978, т.66, №11, с.30-42.
2. Шелухин О.И., Тенякшев А.М., Осин А.В. Фрактальные процессы в телекоммуникациях. Москва, „Радиотехника“, 2003, с.12-53.

CHARACTERISTICS OF REQUESTS IN MULTI-SERVICE NETWORKS

Mardaleishvili Z.*, Gelkhviidze P.*, Koplatadze M.**

*Akaki Tsereteli State University

**Georgian Technical University

Summary

Analysis of incoming requests is crucial for multi-service networks, for the purpose of identifying and resolving network related problems. The thesis discusses adequacy of utilizing fundamental theory in describing structural flow and performing quantitative assessment.

**ინფორმაციული უსაფრთხოების დარღვევის მიზეზების
შეფასება**

ციფიანი ქ.*, გვალია თ.*, კუპატაძე თ.**

*აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

**საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ინფორმაციის მიმოცვლის პროცესში, სატელეკომუნიკაციო ქსელში შესაძლო ხიფათის წარმოქმნის გათვალისწინება და მისი მართვის უნარის არსებობა წარმოადგენს ინფორმაციული დაცულობის უზრუნველყოფის საფუძველს. ნაშრომში დასაბუთებულია, რომ აუტენტიფიკაციის მიზნებისათვის არსებული იდენტიფიკატორების ნამდვილობის დამოწმებისათვის აუცილებელია შესაძლო სახიფათო მოვლენების ანალიზი და ინფორმაციის გაცვლის სისტემით მათი მოგერიების უზრუნველყოფის პირობების გათვალისწინება.

დღეისათვის რიგი ორგანიზაციებისათვის აუცილებლობას წარმოადგენს ინფორმაციის დაცულობის მდგომარეობის შეფასება, რათა მინიმუმამდე იქნას დაყვანილი ის სახიფათო მოვლენები, რომლებიც დაკავშირებულია თაღლითურ ქმედებებთან ელექტრონული ურთიერთქმედებების პროცესში. მომხმარებლების იდენტიფიკაციის მეთოდების შეფასებისა და ანალიზს ეძღვნება [1], სადაც სახიფათო მოვლენის შედეგი შეფასებულია ფორმულით:

$$R = \sum_{i=1}^M [P(U_i) \cdot L(U_i)],$$

აქ U_i არის i სახიფათო მოვლენა;

$P(U_i)$ - i -ური სახიფათო მოვლენის მოსალოდნელი ალბათობა;

$L(U_i)$ - i -ური სახიფათო მოვლენისგან შესაძლო ზარალის ოდენობა;

M - მოსალოდნელი სახიფათო მოვლენების რაოდენობა.

[2] ნაშრომში დასაბუთებულია შესაძლო სახიფათო მოვლენების რანჟირების აუცილებლობა, წლის განმავლობაში გარკვეული მოვლენის წარმოჩენის ალბათობისა და რისკის ფარდობით \bar{R} მნიშვნელობის შესაბამისად, სადაც ნორმირების პირობას წარმოადგენს:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^M R_i}{\sum_{i=1}^M L(U_i)}$$

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ჩვენი ნაშრომის მიზანია, სატელეკომუნიკაციო ქსელში სახიფათო მოვლენების რანჟირებისათვის ინფორმაციის გაუონვის შესაძლო წყაროების, გაუონვის გეოგრაფიის, ინფორმაციის გაუონვების დარგობრივი სპეციფიკის, გაუონვის მიზეზებისა და შედეგების ანალიზი, რაც განვახორციელებთ [3] გამოყენებული მასალების საფუძველზე.

2013 წელს, წინა წლებთან შედარებით, დაწესებულებებში ინციდენტების რაოდენობა უმნიშვნელოდ შეიცვალა. წლიდან - წლამდე ინციდენტების რაოდენობის გათანაბრების ტენდენცია აღინიშნება კომპანია Zecurion-ის ანალიტიკური განყოფილების ანგარიშებში. ამის ძირითადი მიზეზია - მასობრივი ინფორმაციის საშუალებების გაჯერება შეტყობინებებით გაუონების შესახებ. გაუონების დაფიქსირებულ რაოდენობაზე შეიძლება ითქვას, რომ ინციდენტების რეალური რაოდენობა ცალკეულ ქვეყნებში და მთლიანად მსოფლიოში, რამოდენიმე თანრიგით უფრო მაღალია, მაგრამ მათი დიდი ნაწილი არასდროს არ ხდება საჯარო, ხოლო რიგ შემთხვევებში გაუონვის შესახებ ინფორმაცია რჩება დაფარული შესაბამისი მონაცემების მფლობელებისათვისაც კი.

გაუონების გეოგრაფიული განაწილება შეესაბამება გასული წლების სახეს - დაახლოებით, ინციდენტების ორი მესამედი მოდის ამერიკის შეერთებულ შტატებზე. სხვა ქვეყნებიდან, ყველაზე მეტად დაზარალებულნი ბრიტანელები და კანადელები. გარდა ამისა, ათეულობით ინციდენტს ჰქონდა ადგილი ინდოეთში, ავსტრალიაში, გერმანიაში და ახალ ზელანდიაში. აღინიშნა რომ რუსეთში გაიზარდა არა მარტო ინციდენტების რაოდენობა (2013 წელს - 48), არამედ მათი სიმძიმეც. ინფორმაციული უსაფრთხოების სამსახურების ხელმძღვანელების გამოცდილებით DLP (Data Leak Prevention - გაუონების თავიდან აცილება) -ტექნოლოგიის გამოყენების ჩარჩოებში, რომელიც განხორციელდა 2013 წელს, მაინც აღინიშნება მილიონობით ზარალი.

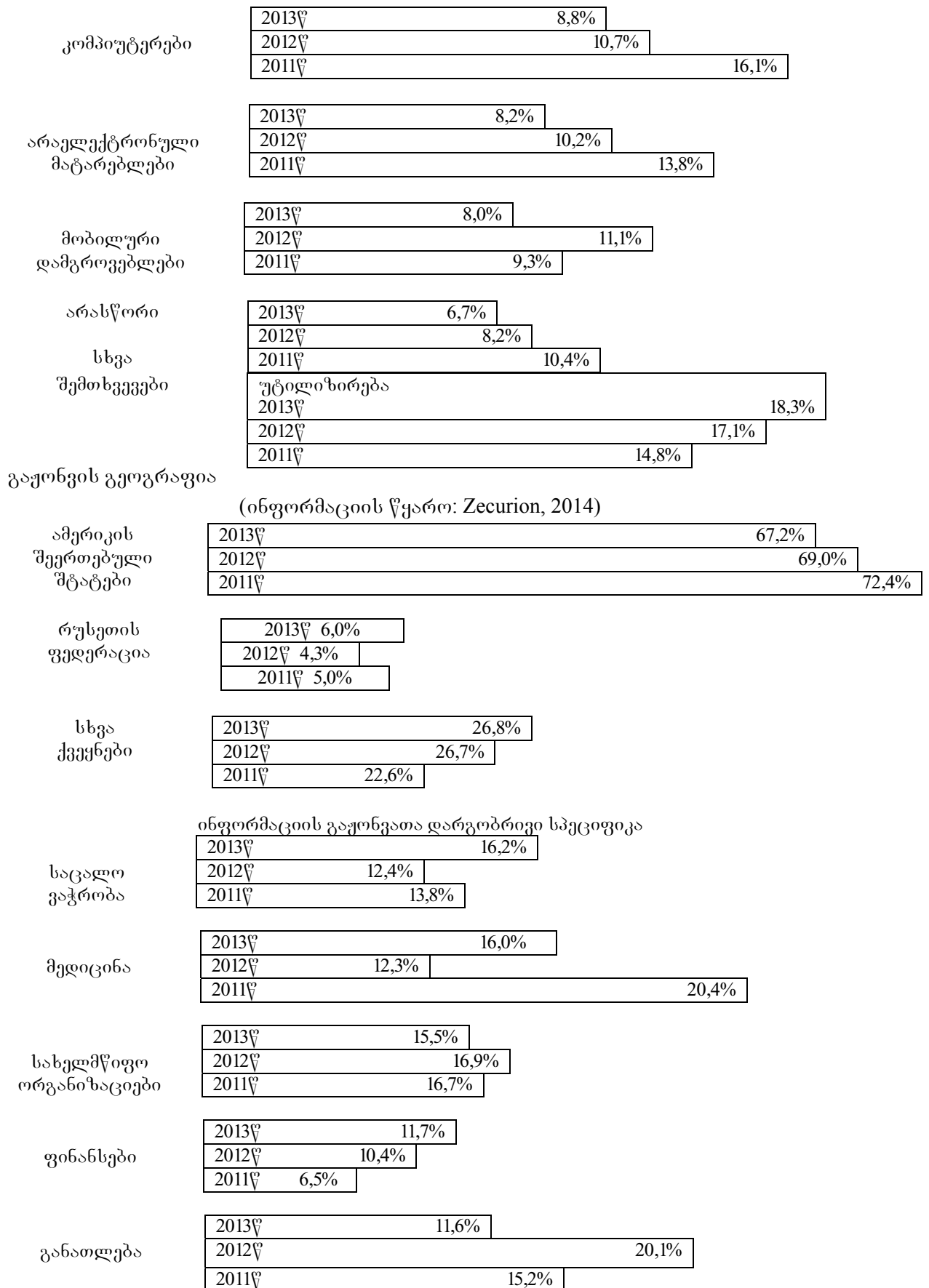
შესამჩნევი გახდა ინციდენტების დარგობრივი სახეცვლილება. თუ 2012 წელს შინაგანი ინციდენტების რაოდენობის უდიდესი ნაწილი მოდიოდა განათლების სფეროზე, 2013 წელს საგანმანათლებლო დაწესებულებები არ მოხვდნენ პირველ სამეულშიც კი. მათი წილი შემცირდა 20,1 % - დან, 11,6 % - მდე.

2013 წელს, ერთდროულად სამი დარგი წარმოჩინდა გაუონების რაოდენობის მიხედვით. ესენია საცალო ვაჭრობა (16,2 %), ჯანდაცვის ორგანიზაციები (16%) და სახელმწიფო დაწესებულებები (15,5). უნდა აღინიშნოს, რომ კონფიდენციალური ინფორმაციის დაცვის თვალსაზრისით, სახელმწიფო სექტორი გამოირჩევა მაღალი სტაბილურობით. ამ სფეროში გაუონების ცვლილების წილი მინიმალურია.

გაუონვის არხები (ინფორმაციის წყარო: ძეცურიონ 2014)

ვებ-სერვისები	2013წ	24,5%
	2012წ	20,5%
	2011წ	18,2%
ნოუტბუკები და პლანშეტები	2013წ	16,3%
	2012წ	16,5%
	2011წ	10,1%
ელექტრონული ფოსტა	2013წ	9,2%
	2012წ	5,8%
	2011წ	7,4%

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

მაღალი ტექნოლოგიები	2013წ	6,2%
	2012წ	7,5%
	2011წ	6,1%
სასტუმრო, რესტორნები და კაფე	2013წ	5,2%
	2012წ	3,6%
	2011წ	4,6%
ტრანსპორტი და ლოჯისტიკა	2013წ	4,7%
	2012წ	4,1%
	2011წ	3,2%
მრეწველობა	2013წ	1,2%
	2012წ	0,6%
	2011წ	0,9%
მასობრივი ინფორმაციის საშუალებები	2013წ	0,6%
	2012წ	1,7%
	2011წ	1,4%
სხვა დარგები	2013წ	11,2%
	2012წ	10,5%
	2011წ	11,1%

მიუხედავად იმისა, რომ კონფიდენციალური ინფორმაციის მოპოვებაში ყოველთვის არის ვინმე დაინტერესებული, არსებული სტატისტიკური მასალების საფუძველზე, შეიძლება დავასკვნათ, რომ ინციდენტების უმეტესი ნაწილი არ არის დაკავშირებული თაღლითობასთან და გამოწვეულია შემთხვევითობებით ან პიროვნებების გულგრილობით. ეს ტენდენცია არსებობს, გრძელდება და ყოველთვის, სიმარტივის გამო ხდება საჯაროდ ცნობილი. ხოლო, როდესაც საქმე გვაქვს ინფორმაციის მიზანდასახულ განაზრახვასთან, მონაცემთა ქურდობასთან შემოგზავნილი ან მოსყიდული პირის მიერ, ისინი ყოველთვის დაინტერესებულნი არიან კონფიდენციალურობის შენარჩუნებაში და გაქონვის ფაქტი შეიძლება გაამჟღავნოს მხოლოდ ინფორმაციის მეპატრონემ, თუ ის ვითარებას დროულად შეაფასებს.

გამოიკვეთა აგრეთვე, რომ უმეტეს შემთხვევებში ერთ-ერთი მთავარი პრობლემა დაკავშირებულია არა იმასთან, რომ ბოროტგანმზრახველებს შეუძლიათ სხვისი სახელით შესაბამის საიტზე ავტორიზება, არამედ იმაში, რომ მომხმარებლები ხშირად იყენებენ ელექტრონული ფოსტის მისამართის და პაროლის ერთი და იგივე შესამებას სხვადასხვა სისტემის სერვისებთან მისაერთებლად. აქ კი იშლება თაღლითობისათვის ხელსაყრელი გარემო. მომხმარებლისათვის შესაძლო შედეგები ვარიანტებს პირდაპირი ფულადი დანაკარგებიდან, როდესაც ხდება ქსელის საფინანსო სერვისების პირდაპირი გამოყენება, ბანალურ გამოძალვამდე სოციალურ ქსელებში გამოგონილი სერვისებისათვის.

ეს მაგალითი, იმის მაჩვენებელია, რომ არსებობს ინფორმაციის გაქონვები, რომელთა თავიდან აცილება ჩვეულებრივი ტექნიკური საშუალებებით შეუძლებელია. როგორი სრულყოფილიც არ უნდა იყოს ინფორმაციის კონტროლის საშუალებები, ყოველთვის არსებობს იმის შესაძლებლობა, რომ ინფორმაციის გარკვეუ-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ლი შინაარსი დაინტერესებულმა პირმა დაიმასსოვროს, ამიტომ, ტექნიკური საშუალებების დონეზე აუცილებლად უნდა იქნას განხილული, აგრეთვე ორგანიზაციული საკითხებიც.

ლიტერატურა

1. Сабанов А.Г. Анализ применимости методов управления рисками к процессам аутентификации при удаленном электронном взаимодействии //Электросвязь. Ежемесячный научно-технический журнал, 2014, №6, с.39-42.
2. Сабанов А.Г. Методика идентификации рисков аутентификации //Докл. Томского гос. Университета систем управления и радиоэлектроники. 2013, №4 (30), с.136-141.
3. Утечки конфиденциальной информации: ИТОГИ 2013 года //Сети и телекоммуникации. Ежемесячный научно-технический журнал, 2014, №1-2, с.54-61.

ASSESSMENT OF CAUSES FOR DATA SECURITY BREACHES

Kipiani K.*, Gvalia T.*, Kupatadze T.**

*Akaki Tsereteli State University

**Georgian Technical University

Summary

During the exchange of information in the telecommunication networks, the ability to consider and manage risks is crucial for data protection. The thesis argue that for the purpose of identifying authenticity of indicators it is necessary to analyze possible threat containing events and determine ways of avoiding such breaches with data protection system.

ქართული ტექსტის ოპტიმალური კოდირება

უღრელიძე ნ.ა., ზურაბიშვილი ვ.ი., რობიტაშვილი ა.გ.,

დეკანოსიძე თ.შ., გორძამაშვილი დ.კ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მოხსენებაში განხილულია ქართული ასოებისა და ნიშნების ციფრულად წარმოდგენის საკითხი, რომელიც საფუძვლად უდევს ტექსტის ოპტიმალურ კოდირებას. ამ დროს გამოყენებულია ჰაფმენის პროცედურა, აგებულია კოდები და ისინი ტაბულირებულია. გამოთვლილია აგრეთვე ასო-ნიშნების სა-კუთარი ინფორმაციები, ქართულ ტექსტში მათი ენტროპია და კოდირების ეფექტურობა.

თანამედროვე ქართული ანბანი, მხედრული, არის ანბანური ტიპის სისტემა და ის წარმოდგენილია მრავალ ტექსტს, ხელნაწერებსა თუ წარწერებში [1-2]. დღეისათვის ქართული ანბანი შეიცავს 33 ასოს. ფაქტობრივად ისინი წარმოადგენენ ქართულ სამეტყველო ბგერათა შესაბამის პირველად კოდს.

ნაშრომის ძირითად მიზანს წარმოადგენს მოვახდინოთ ქართული ასო-ნიშნების ეფექტური კოდირება მათი თანამედროვე, ინფორმაციის შენახვისა და გადაცემის, სისტემებში გამოყენების მიზნით; ამ ამოცანის გადასაჭრელად აუცილებელია ქართულ ასო-ნიშნათა გამეორების სისშირის ცოდნა; ეს პარამეტრი ასოებისათვის მოცემულია [3]-ში; აქ კი, ასო-ნიშნათათვისაც, ის გამოთვლილია ასევე ჩვენს მიერ და მოყვანილია ქვემოთ, ცხრილ 1-ში.

როცა ლაპარაკია კოდის ეფექტურობაზე ან ოპტიმალურობაზე, იგულისხმება მისი საუკეთესო ვარიანტი გარკვეულ (კონკრეტულ) პირობებთან კავშირში (მიმართებაში). მაგალითად, შეიძლება გვქონდეს საუკეთესო კოდი ინფორმაციის გადაცე-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

მის სიჩქარის მიმართ ან საუკეთესო კოდი ინფორმაციის ზუსტად გადაცემის მიმართ და ა.შ. წინამდებარე ნაშრომში ჩვენ ავაგებთ საუკეთესო კოდს ინფორმაციის გადაცემის სიჩქარის მიმართ. ვინაიდან ასო-ნიშნები არათანაბარ ალბათურებია, ცხადია ამ დროს უფრო ეფექტურია კოდირებისას გამივიყენოთ სხვადასხვა სიგრძის კოდური სიტყვები. ქართულ ასო-ნიშნათა აღნიშვნისათვის ჩვენ გამოვიყენებთ a სიმბოლოებს შესაბამისი ინდექსით. მაგალითად, რიგით პირველი ნიშანი, პაუზა, აღნიშნული გვექნება a_1 სიმბოლოთი, მეორე, ასო ა a_2 – ით, ... , ბოლო, 46-ე ნიშანი) a_{46} – ით.

მოვიყვანოთ რამოდენიმე თანაფარდობა.

რომელიც a_i ასო-ნიშნის საკუთარი ინფორმაციის რაოდენობა ბიტებში ტოლია [4,5]:

$$I(a_i) = -\log_2 P(a_i), \quad (1)$$

სადაც $P(a_i)$ არის a_i ასო-ნიშნის გამოჩენის ალბათობა. აქ და შემდგომში ჩვენ ვთვლით, რომ ასო-ნიშნათა გამეორების სიხშირის განსაზღვრისას ცდების რაოდენობა იყო იმდენად დიდი, შეიძლება მივიჩნიოთ ასო-ნიშნათა გამეორების სიხშირე ასო-ნიშნის გამოჩენის ალბათობის ტოლად; მაშინ შეგვიძლია, [3]-ში მოყვანილი მონაცემებისა და (1) გამოსახულების გამოყენებით, ვიანგარიშოდ თითოეული ასოსა და ნიშნის საკუთარი ინფორმაციის რაოდენობა; ისინი გამოთვლილია და მოყვანილია ქვემოთ, ცხრილ 1-ში.

ასო-ნიშნათა სიმრავლეში, საშუალოდ, ასო-ნიშნის ინფორმაციის რაოდენობა ბიტებში ტოლია [4,5]:

$$H(a) = \sum_{i=1}^{46} P(a_i) I(a_i),$$

საიდანაც ქართული ასო-ნიშნათათვის გვაქვს $H(a) = 4.3424$. ამ სიდიდეს ასო-ნიშნის ენტროპიასაც უწოდებენ.

თუ კოდი ორობითია, მაშინ მისი ეფექტურობა შეიძლება შეფასდეს ასე [6]:

$$E = H(a) / \sum_{i=1}^{46} P(a_i) n_i, \quad (2)$$

სადაც n_i არის i -ურ ასო-ნიშნის შესაბამის კოდურ სიტყვაში ბიტების რაოდენობა.

ზემოთ, ცხრილ 1-ში, მოცემულია ქართული ასოებისა და ნიშნების ორობითი კოდირების პროცედურა, რომელიც განხორციელებულია ე.წ. ჰაფმენის ალგორითმის მიხედვით [5-7] და ის მდგომარეობს შემდეგში: პირველ რიგში ასო-ნიშნები ლაგდება მათი გამოჩენის ალბათობების კლებადობის შესაბამისად. შემდეგ ყველაზე დაბალი ალბათობების მქონე ორი ასო-ნიშანი ერთიანდება ერთ ახალ, ჯამური ალბათობის მქონე სიმბოლოდ და ასო-ნიშნათა და სიმბოლოთა ასეთი წესით გაერთიანების პროცესი გრძელდება მანამ, სანამ არ დაგვრჩება ერთი გაერთიანებული სიმბოლო. ეს პროცესი გვაძლევს ხეს, რომელიც მოყვანილია ცხრილ 1-ში. ამ დროს კოდური სიტყვა ფორმირდება ხის ძირიდან ასო-ნიშნისკენ მიმავალი გზის მიხედვით, სადაც ზედა განშტოებას შეესაბამება სიმბოლო 0, ქვედას კი 1.

ვინაიდან მოყვანილი ალგორითმით აგებული კოდისათვის სრულდება კრაფტის უტოლობა [6], კოდი პრეფიქსულია; ეს იმას ნიშნავს, რომ ნებისმიერი მოცემული კოდური სიტყვა არ იწყება არცერთი სხვა კოდური სიტყვით, რაც განსაკუთრებით მოხერხებულს ხდის დეკოდირების პროცესს.

ცხრილი 1-ის მიხედვით $\sum_{i=1}^{46} P(a_i) n_i = 4.3843$, მაშინ (2)-დან $E = 99,04\%$, რაც საკმაოდ მაღალი მაჩვენებელია.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ცხრილი 1. ასო-ნიშანთა გამეორების სიხშირე ქართულ დამწერლობაში და მათი კოდირება.

ასო, ნიშანი	ალბათობა	კოდური ხე	საკუთარი ინფორმაცია ბიტებისთვის	ორბითი კოდი
პაუზა	0.183118		2.4492	10
ა	0.125365		2.9958	000
ო	0.083222		3.5869	0100
ე	0.066657		3.9071	0010
მ	0.045818		4.4479	01100
რ	0.044990		4.4743	01101
ს	0.044362		4.4945	01110
დ	0.039575		4.6593	01010
ლ	0.037822		4.7246	01011
ნ	0.032749		4.9324	00110
ვ	0.031148		5.0047	11010
ზ	0.030024		5.0577	11000
თ	0.023599		5.4051	11110
ბ	0.023546		5.4084	11100
უ	0.019891		5.6517	011110
ფ	0.019050		5.7141	001110
ქ	0.015530		6.0088	110110
ც	0.014824		6.0759	110010
ძ	0.012515		6.3202	111110
ჭ	0.011521		6.4396	111010
ხ	0.011383		6.4570	111011
კ	0.010237		6.6101	0111110
თ	0.008834		6.8227	0011110
ქ	0.007401		7.0781	1100110
ყ	0.007164		7.1250	1100111
შ	0.006277		7.3157	1111110
ჩ	0.005742		7.4442	01111110
ც	0.005058		7.6272	01111111
ძ	0.004854		7.6866	00111110
წ	0.004729		7.7242	11011110
ხ	0.003888		8.0068	11011100
კ	0.003666		8.0916	11011101
კ	0.003636		8.1034	11111110
ჯ	0.002290		8.7704	001111110
ჭ	0.001721	9.1825	110111110	
ჰ	0.001655	9.2390	111111110	
!	0.001525	9.3570	111111111	
?	0.001439	9.4407	0011111110	
:	0.001079	9.8561	1101111110	
...	0.000675	10.5328	00111111110	
ჟ	0.000503	10.9572	11011111110	
რ	0.000264	11.8872	001111111110	
“	0.000264	11.8872	001111111111	
;	0.000237	12.0428	110111111110	
(0.000076	13.6836	1101111111110	
)	0.000076	13.6836	1101111111111	

საბოლოოდ, დასკვნის სახით შეგვიძლია ვთქვათ შემდეგი: ჰაფმენის ალგორითმის გამოყენებით განხორციელებულია ქართული ასოების და ნიშნების ოპტიმალური კოდირება 99,04%-იანი ეფექტურობით. მოყვანილია კოდი, რომლის კოდური სიტყვის მინიმალური სიგრძეა 2, მაქსიმალური კი 13. კოდი აკმაყოფილებს პრეფიქსულობის პირობას, რაც განაპირობებს გამოსაყენებელი დეკოდერის სიმარტივეს. მოცემული კოდი შეიძლება რეკომენდებული იქნას ნებისმიერი ზომის ქართულენოვანი ტექსტის მაღალი სიჩქარით გადასაცემად.

ლიტერატურა

1. შანიძე ა.გ. ძველი ქართული ენის გრამატიკა. თბილისი. თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა. 1976. 188 გვ.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

2. გამყრელიძე თ.ვ. წერის ანბანური სისტემა და ძველი ქართული დამწერლობა. თბილისი. თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა. 1989. 352 გვ.
3. უღრელიძე ნ.ა., ზურაბიშვილი ვ.ი., გორდამაშვილი დ.კ. ქართული ანბანის ერთი სტატისტიკური მახასიათებლის შესახებ. ტექნიკური. თბილისი. 2014. რეგისტრაციის № 1289. 45 გვ.
4. Зюко А.Г., Коробов Ю.Ф. Теория передачи сигналов. М.: Связь, 1972. 282 с.
5. Галлагер Р.Г. Теория информации и надежная связь. М.: Советское радио, 1974. 720 с.
6. Прокис Д.Г. Цифровая связь. М.: Радио и связь, 2000. 800 с.
7. Huffman D. A. A Method for the Construction of Minimum Redundancy Codes// Proc. IRE. 1952, v. 40, September, pp. 1098-1101.

OPTIMAL ENCODING OF GEORGIAN TEXT

**Ugreldidze N.A., Zurabishvili V.I., Robitashvili A.G., Dekanosidze T.Sh.,
Gordzashvili D.K.**

Georgian Technical University

Summary

We have considered the question of digital encoding of Georgian letters and symbols, using nonredundancy codes and Huffman's procedures. The codes are built and they are tabulated. The own information of letters and symbols, the entropy of the Georgian letters and the efficiency of the coding are also calculated. Presented results can be used for optimal encoding of Georgian texts of any size.

**კონკურენციის რეგულირების ამოცანები საქართველოს
ციფრულ მაუწყებლობაზე გადასვლის პროცესში**

სუნწარია ლ. ჯ. ჯალაბაძე ნ. ი.
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

საქართველოს მიერ ენევის 2006 წლის საერთაშორისო სატელეკომუნიკაციო კავშირის ხელშეკრულების ფარგლებში აღებული ვალდებულებების შესაბამისად, გათვალისწინებულია ყველა მოქალაქისთვის გარანტია, რომ საფასურის გადახდის გარეშე, ან ხელმისაწვდომ ფასად მიიღონ ციფრული საეთერო სატელევიზიო მომსახურება. შესაბამის საეთერო მიწოდებას განახორციელებენ კონკურენტულ ბაზარზე მოქმედი სამაუწყებლო ქსელის ოპერატორები და მაუწყებლები. არსებული რეფორმა კავშირშია კონკურენციის რეგულირების ამოცანებთან და შესაბამის კომპლექსური ღონისძიებებთან.

საქართველოს მთავრობის 2007 წლის 21 ივნისის №384 ბრძანებულებით აღებული აქვს ვალდებულება 2015 წლის 17 ივნისამდე განახორციელოს და დაასრულოს სატელევიზიო და რადიო მაუწყებლობის სფეროს ანალოგურიდან ციფრულ მაუწყებლობაზე გადაყვანის პროცესი.

რეფორმის მიზანს წარმოადგენს:

- საქართველოში ინფორმაციული საზოგადოების განვითარების ხელშეწყობა;
- ეფექტური კონკურენტუნარიანი ბაზრების შემდგომი განვითარების ხელშეწყობა;
- საეთერო სამაუწყებლო ბაზარზე შესვლის დაბრკოლების მინიმუმამდე დაყვანა;
- მედიის თავისუფლების მუდმივი ხელშეწყობა;
- მომხმარებელთა ინტერესების დაცვა;
- ეროვნული სიხშირული რესურსის უფრო ეფექტურად გამოყენება;
- მრავალფეროვან და მაღალხარისხიან საეთერო სამაუწყებლო კონტენტზე მომ-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

სმარებელთა წვდომის უზრუნველყოფა;

- დარგში ინვესტიციების მოზიდვის ხელშეწყობა;
- საერთაშორისო სტანდარტებისა და ვალდებულებების შესრულება.

ციფრული საეთერო ტექნოლოგიის დანერგვისას კონკურენციასთან დაკავშირებული საკითხების რეგულირება აქტუალურ პრობლემას წარმოადგენს, მოსაგვარებელია დაშვების, გამჭვირვალობის, კონკურენციის შეზღუდვის რისკები, რაც საფრთხეს უქმნის ციფრული მაუწყებლობის პროცესს და მედია პლურალიზმს.

კონკურენციის სწორმა და ეფექტურმა რეგულირებამ უნდა უზრუნველყოს შემდეგი ამოცანების გადაჭრა:

- ინვესტიციების მოზიდვა და სახელმწიფოს მინიმალური ფინანსური მონაწილეობა ციფრული საეთერო მაუწყებლობაზე გადასვლის პროცესში;
- ბაზარზე შემოსვლის სისტემური და არასისტემური ბარიერების მინიმალიზაცია;
- ციფრული მაუწყებლობის ბიზნეს სისტემის ფინანსური და საქსელო სტაბილურობა;
- ინოვაციების დანერგვა სექტორში;
- ამოწურვადი რესურსების ეფექტური გამოყენება;

აღნიშნული მიზნების მისაღწევად, აუცილებელია შემდეგი ღონისძიებების კომპლექსური განხორციელება:

- ბაზრის წინასწარი და შემდგომი რეგულირების საკითხების დროული განსაზღვრა და რეგულირების დროული და ზომიერი განხორციელება, რომელიც გამოყენებული უნდა იყოს როგორც საქსელო სერვისის პროვაიდერის მიმართ, რომელსაც მნიშვნელოვანი საბაზრო ძალაუფლება აქვს;
- ბაზარზე პირობითი დაშვების სისტემების მიწოდების კონკურენციის რეგულირება;
- სავალდებულო ტრანზიტიის რეგულირება;
- “სავალდებულო შეთავაზების” ვალდებულებების რეგულირება.

კონკურენციის რეგულირება პარალელურ რეჟიმში უნდა განხორციელდეს დომინანტ პლატფორმებთან მიმართებაში (საკაბელო და სატელევიზიო მაუწყებლობა). აღნიშნულის გამო, მიზანშეწონილია, რომ ციფრული მიწისზედა სამაუწყებლო ქსელის ოპერატორის მართვის ქვეშ არსებულ პასიურ და აქტიურ საქსელო ინფრასტრუქტურასთან გარდამავალ პერიოდში, საქართველოს კომუნიკაციების ეროვნული კომისიის მიერ გამოკვლეული იქნეს ბაზრის ის სეგმენტები, რომლებიც დაკავშირებულნი არიან ციფრული მიწისზედა სამაუწყებლო ქსელით ოპერირებასთან. კომისიამ უნდა გამოიყენოს მინიმალური ჩარევის პრინციპი და განსაზღვროს, თუ რომელ ბაზარზე უნდა მოხდეს ჩარევა და რა მასშტაბით. აგრეთვე მნიშვნელოვანია მუდმივი კონტროლი.

ციფრულ მაუწყებლობაზე გადასვლის პროცესი მოიცავს გარკვეულ რისკებს, იმ რეალობისაგან განსხვავებით, რომელიც ანალოგური მაუწყებლობისას არსებობს. ამ საკითხის შეფასებისას მნიშვნელოვანია, რომ გამოიყოს ორი მიმართულება:

- პირველი შეეხება ციფრული საეთერო ქსელების სიმძლავრეებთან დაშვების პირობების რეგულირებას;
- ხოლო მეორე იმ რესურსებთან დაშვების ბაზრის სეგმენტების რეგულირებას, რომელიც აუცილებელია ციფრული საეთერო ქსელების ფორმირებისათვის (იხ.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ნახ. 1)

საქართველოს კომუნიკაციების ეროვნული კომისიის ამოცანაა, არამარტო პირველ ბაზრის სეგმენტებზე მოხდეს კონკურენციის წინასწარი რეგულირება, არამედ პირველ რიგში დარეგულირდეს სწორედ მეორე ბაზრის სეგმენტები, რადგან მისი გამჭვირვალობა და ხარჯებზე ორიენტირებულობა, მნიშვნელოვნად წარმოადგენს ციფრული საეთერო ქსელების დროულად და დაუბრკოლებლად კომპლექტაციის გარანტიას. ეს პირობები უკავშირდება ქსელის აგების და მულტიპლექსორის სიმძლავრეებთან დაშვების დროს ტარიფების სიდიდეს. ეს ფაქტორები პირდაპირ კავშირშია ციფრულ მაუწყებლობაზე გადასვლის საკითხებთან.

მნიშვნელოვანია, რომ უზრუნველყოფილი იყოს ციფრული საეთერო ქსელის ოპერატორის მულტიპლექსორის სიმძლავრეებთან დაშვების პირობების და ელემენტების მაქსიმალური გამჭვირვალობა და ხელმისაწვდომობა დაშვების მსურველი ყველა ოპერატორისათვის. საქსელო ოპერატორებმა უნდა უზრუნველყონ მათ რესურსებთან შეუზღუდავი წვდომა, რადგან ამ შემთხვევაში იზრდება კონკურენციის შეზღუდვის საფრთხე.



ნახ.1 ციფრული საეთერო ქსელების ფორმირებისათვის აუცილებელი რესურსები

სახელმწიფოს ერთ-ერთი უმთავრესი ამოცანაა, ასევე ციფრული საეთერო მაუწყებლობის ქსელის პასიურ ელემენტებთან და თანალოკაციის ფართის, დაკავშირებული სერვისებთან წვდომის სამართლიანი და თანაბარი პირობების დადგენა.

თუ მაუწყებლებს არ ექნებათ დაშვება ციფრულ საეთერო სიგნალების გავრცელების ინფრასტრუქტურასთან გონივრული პირობებით, ციფრულ საეთერო მაუწყებლობაზე გადასვლის რისკები პირიქით გაიზრდება, მათი შემცირების ნაცვლად.

სავალდებულო ტრანზიტის და სავალდებულო შეთავაზების რეგულირება: სავალდებულო ტრანზიტის ვალდებულებების შესაბამისად, სახელმწიფოს შეუძლია დაავალდებულოს ოპერატორები მიაწოდონ საზოგადოებრივი მაუწყებლის ან სხვა მაუწყებლის პროგრამები ბოლო მომხმარებელს. ყველაზე მოთხოვნად უნდა იყოს მიჩნეული ის პროგრამა, რომელსაც აქვს საინფორმაციო, დებატების გადაცემები და რომელსაც უყურებს კონკრეტული ქალაქის ან/და რეგიონის მოსახლეობის 20%. სავალდებულო ტრანზიტის განხორციელების კრიტერიუმები უნდა დადგინდეს სტრატეგიის სამართლებრივი ნაწილით.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

“სავალდებულო შეთავაზების” ვალდებულების რეგულირება კი ემყარება საქართველოს კომუნიკაციების ეროვნული კომისიის კვლევას, რომლის მიზანია ყველაზე მოთხოვნადი არხების გამოვლენა, ეროვნულ და რეგიონალ დონეზე. არანაკლებ მნიშვნელოვანია კონტროლის მექანიზმის შემუშავება, რომელიც უზრუნველყოფს, რომ პროგრამების ციფრულ საეთერო ქსელში განთავსება ხორციელდებოდეს დისკრიმინაციის გარეშე და ემსახურებოდეს საზოგადოებრივ და სახელმწიფოებრივ ინტერესს, ასევე არ არღვევდეს ბაზარზე კონკურენციის პრინციპებს. გარდამავალ პერიოდში, კონკურენტული მულტიპლექსორის მფლობელი არ უნდა იყოს უფლებამოსილი მოახდინოს ფასიანი პროგრამების, დამატებითი პროგრამული სერვისების და სხვა არასამაუწყებლო კონტენტის გავრცელება საქართველოს კომუნიკაციების ეროვნული კომისიის თანხმობის გარეშე. კომისიამ თავის მხრივ, უნდა დაადგინოს, რომ ამგვარი სერვისების მულტიპლექსორში განთავსება რამდენად შეზღუდავს რესურსთან დაშვებული სხვა მაუწყებლების ინტერესებს და რამდენად გააუარესებს მაუწყებლობის ხარისხს.

დაშვების პრიორიტეტულობის შეფასება უნდა მოხდეს შემდეგი კრიტერიუმების მიხედვით:

- პირველ ორ მულტიპლექსორში არხების განთავსებისას პრიორიტეტი უნდა მიენიჭოს არაკომერციულ მაუწყებლებს, ასევე ადგილობრივ და უფასოდ ტრანსლირებად არხებს;
- პრიორიტეტი უნდა მიენიჭოს მაუწყებლებს, რომლებმაც უნდა განახორციელონ პრიორიტეტული მიმართულებების კონტენტის ტრანსლირება.

ამ მიმართულებით საუკეთესოდ უნდა მივიჩნიოთ იტალიის მოდელი, რომლის შესაბამისად, კერძო მაუწყებლებისათვის, განსაზღვრულია მულტიპლექსორის სიმძლავრის 40 %-იანი კვოტა, ჩამოთვლილია ის პრინციპები, რომლებიც უნდა დაიცვას ამ მაუწყებლებმა. იმისათვის, რომ მოხდეს არხის განთავსება მულტიპლექსორში, აუცილებელია მინიმუმ ორი კრიტერიუმის დაკმაყოფილება:

1. საინფორმაციო და სადისკუსიო პროგრამების წარმოება;
2. გასართობი – პირდაპირ ტრანსლირებადი სპორტული, საზოგადოებრივი, კულტურული და ა.შ.;
3. შემეცნებითი ხასიათის – ისტორიული, კულტურული, სამეცნიერო, მუსიკალური და ა.შ.;
4. მხატვრული პროგრამები, ფილმები და ასევე ბავშვებზე და მოზარდებზე გათვლილი პროგრამები.

პრიორიტეტი უნდა მიენიჭოს იმ მაუწყებლებს, რომლის პროგრამებიც მაქსიმალურად დააკმაყოფილებენ ზემოთ ჩამოთვლილ პრიორიტეტებს.

არანაკლებ მნიშვნელოვანია კონკურენციის რეგულირება დაკავშირებულ სერვისებთან დაშვების ნაწილში. სახელმწიფოს ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ამოცანაა პირობითი დაშვების სისტემების (მთავარი მიმართულებებია API – გამოყენებული პროგრამული ინტერფეისი – ციფრული რესივერის საოპერაციო პროგრამასთან წვდომა და EPG – პროგრამების ელექტრონული გზამკვლევი – თანდართული პროგრამა, რომელიც დაფუძნებულია ციფრული ტელევიზიის მიმდების თანდართული პროგრამების ინტერფეისზე. ელექტრონული გზამკვლევის გამოყენებით მაყურებლებს შესაძლებლობა აქვთ მოითხოვონ ბევრად უფრო მეტი ინფორმაცია პროგრამებზე) რეგულირება.

ოპერატორებმა სრულად უნდა გამოაქვეყნონ მათ მიერ შემოთავაზებული ყვე-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

ლა სერვისის საფასური (მათ შორის სიგნალის სკრეპბლინგის, ღია პირობითი დაშვების (EPG და ა.შ.) და სხვა სერვისების საფასური და დაშვების პირობები).

გადამცემი ქსელის ღირებულების და მათი აგების სირთულის გამო, ჩვეულებრივ, მხოლოდ რამდენიმე გადამცემი ქსელი იქმნება. დამატებითი საეთერო ქსელის აგება შესაძლოა წაახადოს კონცენტრაციის აკრძალვის ნორმების არსებობამ, რომლის მთავარი მიზანია პროგრამების მრავალფეროვნების შენარჩუნება.

კონცენტრაციაზე სახელმწიფო პოლიტიკის ჩამოყალიბებისას მხედველობაში მიიღება ერთი მხრივ ის საფრთხეები, რომელიც წრმოიშობა კონცენტრაციის გამო, ხოლო მეორეს მხრივ, საქსელო ინფრასტრუქტურის დიდი დანახარჯები, რადგან მისი აკრძალვის შემთხვევაში ბევრი მცირე ზომის კომპანია გაკოტრდება და შესაძლებელია, შედეგად მოჰყვეს ციფრულ მაუწყებლობაზე გადასვლის პროცესის შეფერხება.

ციფრულ მაუწყებლობაზე გადასვლის პროცესში მცირე ზომის ზოგიერთი მაუწყებელი, ფინანსური არამდგრადობის, რესურსების ნაკლებობის, საკადრო და სხვა მიზეზების გამო, შესაძლოა არ იყოს დაცული გაკოტრებისგან, ხოლო კონცენტრაციის თავიდან ასაცილებლად, აუცილებელია, რომ მოხდეს მათი დახმარება.

ევროკავშირის რეკომენდაციები: მსოფლიო მედია ბაზარი სწრაფად იცვლება კონცენტრაციის და გლობალიზაციის გამო, რის შედეგადაც, შესაძლებელია საფრთხეები შეექმნას პატარა ქვეყნების მედია ბაზარს, შემცირდეს ქართული არხების რაოდენობა, საინფორმაციო და დებატების სივრცე, რის გამოც გარდამავალ პერიოდში უნდა დადგინდეს ადგილობრივი წარმოების კონტენტის საეთერო გავრცელების პრიორიტეტი.

ევროკავშირის ფუნქციონირების შეთანხმება ადგენს ძირითად პირობებს, რომელთა არსებობის შემთხვევაში სახელმწიფოს ნებისმიერი დახმარება, რომელიც ხორციელდება ევროკავშირის წევრი სახელმწიფოს მიერ, რომელიც ზღუდავს კონკურენციას ან ქმნის მისი შეზღუდვის საფრთხეებს, თუ არ არსებობს გამონაკლისი შემთხვევები, მიიჩნევა არათავსებადად ევროპის შიდა ბაზრის პრინციპებთან და საერთაშორისო ვაჭრობის წესებთან. კონკურენციის შეზღუდვა ხორციელდება გარკვეული მწარმოებლების ან გარკვეული პროდუქციის წარმოებისათვის შედარებით უკეთესი პირობების შექმნის გზით. სახელმწიფო დახმარება არ უნდა იწვევდეს კონკურენციის შეზღუდვას ან ქმნიდეს ამგვარი შეზღუდვის საფრთხეს. შესაბამისად, სახელმწიფოს მიერ დაგეგმილი ყველა აქტივობა შესაბამისობაში უნდა მოვიდეს ამ პრინციპთან.

სახელმწიფოს კონკურენციის რეგულირების ამოცანები ციფრული მაუწყებლობის გარდამავალ და შემდგომ ეტაპებზე:

- კონტენტის საკითხი დარეგულირებული უნდა იყოს გადამცემი ქსელის რეგულირებისაგან განსხვავებულად, ასევე მჭიდროდ უნდა დარეგულირდეს იმ ინფრასტრუქტურასთან დაშვების საკითხი, რომლებმაც შესაძლოა ხელი შეუშალოს მათ კონკრეტულ რესურსთან წვდომაში;
- წინასწარი რეგულირების ფარგლებში კომისიის მიერ უნდა მოხდეს კონკურენციის რეგულირება “ბოლო მომხმარებლისათვის სამაუწყებლო კონტენტის მიწოდების” საბითუმო ბაზარზე მნიშვნელოვანი საბაზრო ძალაუფლების მქონე პირებისათვის სპეციალური ვალდებულებების დადგენით.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

- წინასწარი რეგულირების ფარგლებში, კონკურენცია უნდა განისაზღვროს საბითუმო ბაზრის ყველა იმ სეგმენტზე, რომელიც გამოყენებული უნდა იყოს სამაუწყებლო სიგნალების გავრცელების პროვაიდერის მიერ, მათ შორის ანკებთან, თანალოკაციის ფართთან დაშვების მიმართულებით;
- რეგიონებში კონკურენციის უზრუნველსაყოფად, სახელმწიფოს მიერ ხელშეწყობის რეჟიმით უნდა მოხდეს რეგიონული და ადგილობრივი მაუწყებლებისთვის შესაბამისი პირობების შექმნა, რომ დაიზოგოს რესურსები ციფრული საეთერო მაუწყებლობის დაშვების მომსახურების მისაღებად და გაიზარდოს მათი კონტენტის კონკურენტუნარიანობა;
- უნდა დარეგულირდეს კონკურენცია სატელევიზიო სიგნალების გადაცემის მართვის მომსახურების ბაზრის სეგმენტზე;
- ეფექტური კონკურენციის და ქმედითი რეგულირების უზრუნველსაყოფად, უნდა მოხდეს ასევე არსებული ფიზიკური ინფრასტრუქტურის ერთობლივად აშენების, ასევე გამოყენების საკითხის რეგულაცია;
- კომისიას უნდა მიენიჭოს უფლებამოსილება განიხილოს დაგა მაუწყებელსა და საქსელო ოპერატორს შორის, ხოლო მისი განხილვის ვადები უნდა იყოს მაქსიმალურად მოკლე;
- დავების ხელშეკრულების მოშლის უფლება, ტელეფონის ურთიერთჩართვის მსგავსად, უნდა ხდებოდეს კომისიის ნებართვით და თანხმობით;
- ყველა არსებული მაუწყებლის ინტერესების დასაცავად, ციფრულ საეთერო მაუწყებლობაზე გადასვლის და მის საწყის ეტაპზე, უნდა დადგინდეს სტანდარტული ხარისხის სიგნალების გავრცელების ვალდებულება; ხოლო არსებული ანალოგური სიხშირეების გამოთავისუფლების შემდგომ, სიმძლავრის გაზრდის და/ან ალტერნატიული საეთერო ქსელის შექმნის შემდგომ, საქართველოს კომუნიკაციების ეროვნული კომისიის მიერ უნდა გაიცეს თანხმობა HD არხების მიწოდების შესახებ, ასევე ფასიანი სატელევიზიო სერვისის მისაწოდებლად;
- ციფრული მაუწყებლობის გარდამავალ ეტაპზე მულტიპლექსორის სიმძლავრეებთან დაშვების პრინციპი “პირველი მოვედი, პირველი უნდა დამიშვა” უნდა შეიზღუდოს კომისიის მიერ.
- თუ დასაშვებად მივიჩნევთ, რომ მაუწყებელი ამავედროულად ციფრული სამაუწყებლო ქსელის ლიცენზიის მფლობელია ციფრულ მაუწყებლობაზე გადასვლის ეტაპზე, უნდა დაეკისროთ ხარჯებისა და დანახარჯების განცალკევებულად აღრიცხვის ვალდებულება, საქსელო და სამაუწყებლო კონტენტის წარმოების მიმართულებით;
- ციფრული მაუწყებლობის გარდამავალ ეტაპზე უნდა დარეგულირდეს ე.წ. სავალდებულო ტრანზიტის ვალდებულება;
- რესივერებზე დაბალი ფასის შენარჩუნების მიზნით, სახელმწიფომ უნდა მოახდინოს იმპორტიორების მიერ შემოტანილი აპარატურის საცალო ბაზარზე კონკურენციის უზრუნველყოფა, ასევე გარანტირებული რომ იყოს შემოტანილი რესივერების სრული ურთიერთშენაცვლებადობა და მათი თავსებადობა სხვა ქსელთან.

კონკურენციის რეგულირების სწორმა მიმართულებამ, კარგად დაგეგმილმა და დროულმა ღონისძიებებმა, უნდა უზრუნველყოს დაშვების პირობების მაქსიმალური გამჭვირვალობა, დაშვების არადისკრიმინაციულობა და ქსელის ყველა საჭირო ელემენტების წვდომა ხარჯებზე ორიენტირებული და გონივრული ტარიფე-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ბით. ღონისძიებები წარმოქმნის კონკურენტულ და სამართლიან პირობებს მაუწყებლისათვის, რაც განავითარებს ბაზარს და უზრუნველყოფს უკლებლივ ყველა მომხმარებლისათვის მიწოდებული სერვისების ფართო არჩევანს.

ლიტერატურა

1. უ. სეთური. კონკურენციის რეგულირების პოლიტიკა საქართველოს ციფრულ მაუწყებლობაზე გადასვლის პროცესში და მის შემდგომ პერიოდში// ინფორმაციის თავისუფლების განვითარების ინსტიტუტი, 2013 წ. გვ. 1-23.
2. Meredith Beal. Ten Tips for Managing the Migration to digital television// ICFJ , 2013. pp.1-10.
3. Luigi Telesca, Kataria Stanoevska-Slabev, Veselin Rakocevic. Digital Business//ICST, London, UK June 2009. pp.1-196.

THE REGULATION TASKS OF COMPETITION IN THE PROCESS OF TRANSITION FROM ANALOG TO DIGITAL BROADCASTING

Khuntsaria L. J., Jalabadze N. I.

Georgian Technical University

Summary

By the agreement, which was signed between Georgian side and International Telecommunication Union in Geneva- 2006, provided the guaranty for each Georgian citizen, that after transition from Analog to Digital Broadcasting they will take high quality services without payment or available payment. This reform is connected with task the regulation of competition and appropriate well-planned measures.

რადიოშეღწევის ტექნოლოგიებს შორის მობილობის პროცედურის მეთოდების გამოკვლევა

ძოწენიძე გ., მურჯიკელი გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

შემოთავაზებულია რადიოშეღწევის ტექნოლოგიებს შორის მობილობის პროცედურის გაუმჯობესებული ალგორითმები, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელია აღნიშნული პროცედურის დაჩქარება, ასევე მობილური მოწყობილობის ენერჯის მოხმარების შემცირება და ქსელში გადატვირთვების მინიმიზაცია.

იქიდან გამომდინარე, რომ რადიოკავშირის ტექნოლოგიებმა ფართო გამოყენება ჰპოვა მთელს მსოფლიოში, ძალიან მნიშვნელოვანია, რომ თითოეული გეოგრაფიული ადგილი დაფარულ იქნას ერთზე მეტი რადიოტექნოლოგიით. რადიოტექნოლოგიების რაოდენობა თითოეულ ადგილას ნაფარაუდებია, რომ გაიზრდება, რადგან დღით-დღე იზრდება Wi-Fi ტექნოლოგიის დანერგვის ტრენდი, ფართოდ მიმდინარეობს 4G ქსელის ინტეგრაცია და განვითარება. აქედან გამომდინარე, კონკრეტულ ერთ წერტილში აბონენტისთვის ხელმისაწვდომი იქნება რამდენიმე ტექნოლოგია. ტექნოლოგიებთან წვდომის შესაძლებლობა მოწყობილობებში შეზღუდულია, იმის მიხედვით თუ რომელი რადიომხარდაჭერით ფუნქციონირებს მობილური მოწყობილობა. იმის მერე რაც მომხმარებელი აირჩევს რადიოქსელს, თითოეული ქსელი ცდილობს, რომ მომხმარებელს მოემსახუროს საუკეთესო პირობებით. ლოკალიზებული რესურსის გამოყოფის მეთოდი, ძირითადად არ წარმოადგენს ოპტიმალურ ვარიანტს ვიდრე ცენტრალიზებული მართვის სისტემის მიერ მიღებული გადაწყვეტილება. ეფექტურობა იზრდება იმ შემთხვევაში, როცა რესურსის მენეჯმენტის პროცესი ერთობლივად ითვალისწინებს რესურსის განაწილებას ტექნოლო-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

გიებს შორის და ოპტიმალურად იყენებს მრავალტექნოლოგიან ქსელს. ქსელის მაღალი ხელმისაწვდომობისა და სპექტრული ეფექტურობის მისაღწევად საჭიროა კოგნიტური მოწყობილობების გამოყენება და რესურსის გამოყოფის კონტროლის გლობალურ დონეზე იმპლემენტაცია.

მნიშვნელოვანი ძალისხმევაა საჭირო იმისათვის, რომ მოხდეს რესურსის გამოყოფის პროცესის ერთობლივი ოპტიმიზაცია ფიჭურ ან WLAN სისტემებში რათა შედეგად იქნას მიღებული ქსელის საიმედოობა, ეფექტურობა და ენერჯის ოპტიმალური მოხმარება. მნიშვნელოვანი სამუშაოები მიმდინარეობს ქსელის არჩევის პრობლემასთან დაკავშირებით, სადაც განხილულია მეთოდები რომლის საშუალებითაც მობილური მოწყობილობა განსაზღვრავს თუ როდის უნდა განხორციელდეს ვერტიკალური მობილობა და რომელ ტექნოლოგიებს შორის.

რამდენიმე ტექნოლოგიის მხარდამჭერი მოწყობილობებისათვის, ქსელის შერჩევის ალგორითმები, რომელთა საშუალებითაც მიიღწევა ოპტიმალური სერვისის მიწოდება, იყოფიან შემდეგ კატეგორიებად:

- ა) ალგორითმები გადაწყვეტილების ფუნქციაზე დაფუძნებული სტრატეგიით,
- ბ) ალგორითმები მომხმარებელზე ცენტრალიზებული სტრატეგიით,
- გ) ალგორითმები რამდენიმე თვისების გამოყენებაზე დაფუძნებული სტრატეგიით,
- დ) ალგორითმები ბუნდოვან ლოგიკაზე დაფუძნებული სტრატეგიით.

საზოგადოდ, გადაწყვეტილების მიღების დროს, ყველა სტრატეგია იყენებს რიგ თვისებებს, რომელებიც დაკავშირებულია მობილურ მოწყობილობასთან ან სერვისის მომწოდებელთან.

მობილური მოწყობილობის თვისებები მოიცავს: თითოეული მომხმარებლის მიერ მიღწეულ გამტარუნარიანობას, ელ.კვების წყაროს სიციცხლისუნარიანობას და სერვისის ხარისხის ისეთ მაჩვენებლებს, როგორცაა, პაკეტების დანაკარგები, პაკეტების დაყოვნება და პაკეტების კანკალი ანუ ჯიტერი.

სერვისის მომწოდებლის თვისებებში შედის: დატვირთვის ბალანსირება, გამტარუნარიანობა, ღირებულება თითოეულ გადაცემულ ბაიტზე და ჯამური შემოსავალი.

გადაწყვეტილების ფუნქციაზე დაფუძნებული სტრატეგია იყენებს შეწონილ ფუნქციას, რომელიც აერთიანებს ორივეს - მომხმარებლის და სერვისის მომწოდებლის თვისებებს.

მომხმარებელზე ცენტრალიზებული სტრატეგია ფოკუსირებულია მომხმარებლის ერთ ან მეტ მოთხოვნაზე, რათა აირჩიოს მომსახურე ქსელი. გადაწყვეტილების მიღების მულტი-თვისებიანი სტრატეგია უმკლავდება პრობლემებს, რომელთა გადაწყვეტა დაკავშირებულია ალტერნატივების შერჩევაზე.

რამდენიმე რადიოტექნოლოგიის თანაარსებობა ქმნის ჰეტეროგენულ ქსელს. იმ შემთხვევაში, თუ თითოეული ტექნოლოგია იმუშავებს დამოუკიდებლად (იგულისხმება რადიორესურსის მენეჯმენტი) ქსელის დონეზე მწარმოებლურობა არც თუ ისე სახარბიელო იქნება. მაღალი შედეგების მისაღებად აუცილებელია, რადიოტექნოლოგიების ერთობლივი მენეჯმენტი, რომელიც შესაძლებელია განხორციელდეს რესურსის გლობალური GRC (Global Resource Controller) მაკონტროლებლის საშუალებით. ამასთან, უნდა აღინიშნოს, რომ ქსელში აღნიშნული კვანძის შემოტანა ქმნის გარკვეულ პრობლემებს, კერძოდ წარმოშობს ზედნადებს (Overhead) და მომხმარებლის მოწყობილობის მიერ ენერჯის დანახარჯის მატებას. მაგრამ ამავედროულად მივიღებთ შემდეგ უპირატესობებს: კავშირის გაწყვეტის ალბათობის შემცირებას, ტრაფიკის ოპტიმალურ და პრიორიტეტიზებულ მომსახურებას, გადატვირ-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

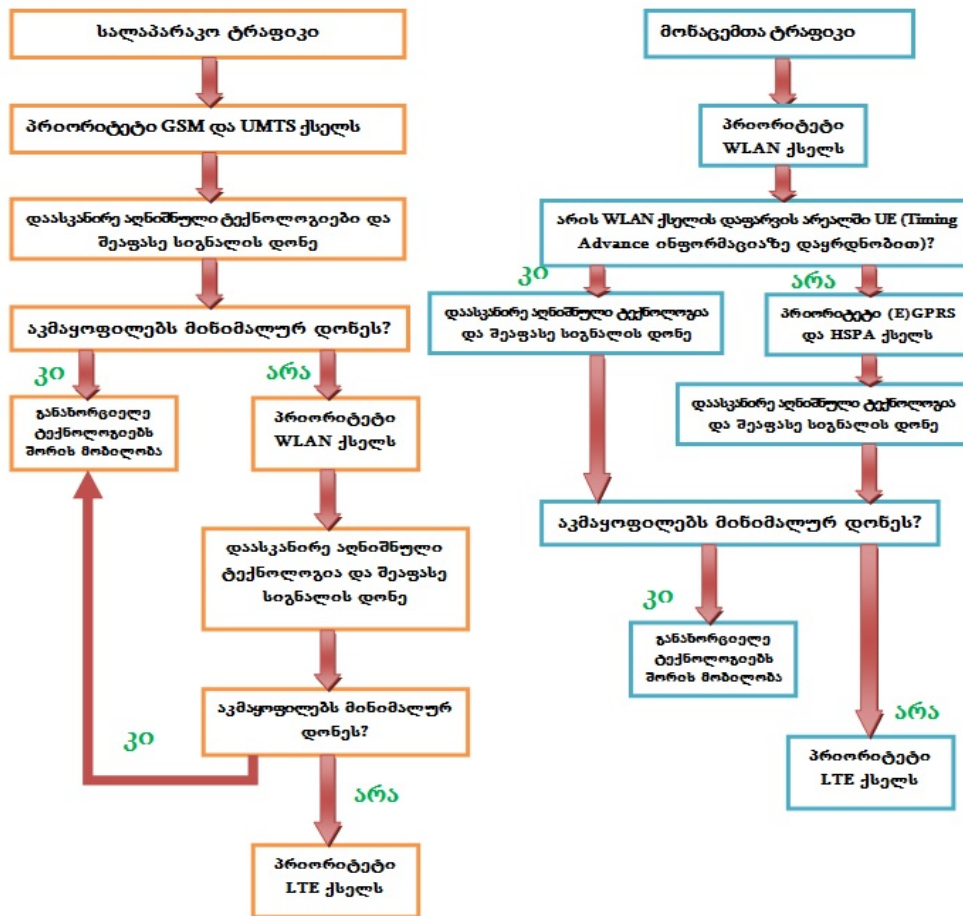
თვების შემცირებას, როგორც საქსელო, ასევე თითოეული რადიოტექნოლოგიის დონეზე. ნავარაუდებია, რომ მობილური მოწყობილობა არის რამდენიმე ტექნოლოგიის მხარდაჭერით და საშუალებას აძლევს მომხმარებელს, ნებისმიერ დროს ისარგებლოს ნებისმიერი ხელმისაწვდომი ტექნოლოგიით.

ჩვენს მიერ დამუშავებულ იქნა რადიოტექნოლოგიების ერთობლივი მენეჯმენტის მოწყობილობის ალგორითმები, რომლის საშუალებით შესაძლებელია დაჩქარდეს მობილობის პროცესი, შემცირდეს მობილური მოწყობილობის მიერ ენერჯის მოხმარება და ასევე შემცირდეს გადატვირთვების ალბათობა.

იმისათვის, რომ გამოყენებულ იქნას შემოთავაზებული ალგორითმები, საჭიროა განხორციელდეს გარკვეული ცვლილებები, როგორც ჰეტეროგენული ქსელის მხარეს, ისე მობილური მოწყობილობის მხარეს. კერძოდ, მობილური UE მოწყობილობის მხარეს ჩართული უნდა იყოს 2G/3G/4G/WLAN ტექნოლოგიების ავტომატურად დასკანიების ფუნქცია.

სოლო ქსელის მხარეს:

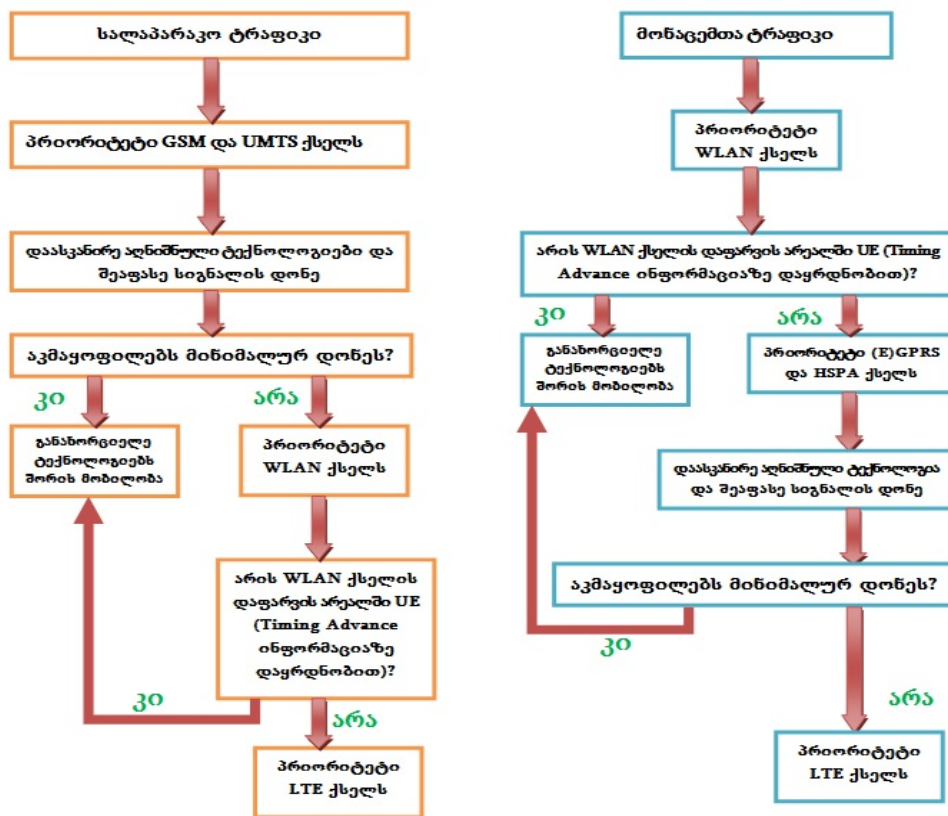
- საჭიროა განხორციელდეს რესურსის გლობალური კონტროლი GRC კვანძის საშუალებით,
- შეიცვალოს საკონტროლო მესიჯების ბლოკი (SIB, MIB),
- შეიცვალოს საკონტროლო და სასიგნალო მესიჯების ნაკადების მიმართულება,
- საჭიროა განხორციელდეს სხვა დამატებითი პარამეტრული და ფუნქციური ცვლილებები.



ნახ.1. მობილობის პროცედურის გაუმჯობესებული ალგორითმი №1.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

შემოთავაზებული ალგორითმი წარმოდგენილია LTE ტექნოლოგიის მაგალითზე, როდესაც აღნიშნული ტექნოლოგიის შიგნით წარმოიშობა გადატვირთვა და მოცემული ვითარებიდან გამომდინარე რეკომენდირებულია გარკვეული მოცულობის ტრაფიკის გადასროლა სხვა რადიოტექნოლოგიაზე. როგორც ნახაზ 1-ზე არის წარმოდგენილი, ალგორითმის სტრუქტურა სალაპარაკო და მონაცემთა ტრაფიკისთვის გარკვეულ წილად განსხვავებულია. სალაპარაკო ტრაფიკის შემთხვევაში მაღალი პრიორიტეტი ენიჭება GSM და UMTS ტექნოლოგიას, ხოლო მონაცემთა ტრაფიკისთვის მაღალპრიორიტეტულ ტექნოლოგიას WLAN-ი წარმოადგენს. სხვა ტექნოლოგიებთან შედარებით WLAN ტექნოლოგია მონაცემთა გადაცემის სიჩქარის თვალსაზრისით აკმაყოფილებს LTE ტექნოლოგიის მომხმარებლის მოთხოვნას, სწორედ ამიტომ აღნიშნულ ტექნოლოგიას ენიჭება მაღალი პრიორიტეტი. ალგორითმი №1-ის მიხედვით, მობილური მოწყობილობა WLAN ქსელს იმ შემთხვევაში დაასკანირებს თუ მას წინასწარ ეცოდინება მოცემულ არეალში არის თუ არა აღნიშნული ტექნოლოგიის დაფარვა. ამ ინფორმაციას მომსახურე LTE ქსელი სისტემური საინფორმაციო ბლოკების საშუალებით აწვდის მობილურ მოწყობილობას. საინფორმაციო ბლოკები შეიცავს TA (Timing Advance) გაზომვებზე დაყრდნობილ მონაცემებს, რომლის საშუალებითაც მობილური მოწყობილობა ღებულობს ინფორმაციას, რომ იგი იმყოფება WLAN ქსელით დაფარულ ტერიტორიაზე და იწყებს სკანირებას. თუ Wi-Fi-ს სიგნალის დონე აღემატება დასაშვებ ზღვარს, მაშინ განხორციელდება მობილობა აღნიშნულ ტექნოლოგიაზე. საჭიროა ოპერატორმა შეიმუშაოს აკურატული გეგმა, სადაც ზუსტად იქნება განსაზღვრული თითოეული ტექნოლოგიის დაფარვის არეალი და საზღვრები.



ნახ. 2. მობილობის პროცედურის გაუმჯობესებული ალგორითმი №2.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

იმისათვის, რომ დაჩქარდეს მობილობის პროცედურის განხორციელება LTE ქსელიდან WLAN ქსელზე, ასევე დაზოგილ იქნას აბონენტის მოწყობილობის ენერგია, ქვემოთ შემოთავაზებული ალგორითმი №2-ით შესაძლებელია ე.წ. “ბრმა” მობილობის განხორციელება. ეს ალგორითმი არ ითვალისწინებს სიგნალის დონის შეფასებას და მობილობის განხორციელებისას იგი ეყრდნობა სისტემური ინფორმაციის ბლოკების მეშვეობით მიღებულ TA (Timing Advance) გაზომვების შედეგად წარმოდგენილ მონაცემებს. რა თქმა უნდა, არის იმის ალბათობა, რომ მობილური მოწყობილობის გადართვა შესრულდეს ისეთ WLAN სადგურზე, რომლის სიგნალი სუსტია და შედეგად მივიღოთ სერვისის ხარისხის გარკვეულწილად გაუარესება ცალკეული მომხმარებლებისთვის. ამ ალგორითმის გამოყენება დასაშვებია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც LTE ქსელში არის გადატვირთვების მაღალი დონე და აუცილებელია ქსელის ოპერატიული განტვირთვა, მისი ფუნქციონირების შენარჩუნების მიზნით.

შემოთავაზებული ალგორითმების საშუალებით, შესაძლებელია ტექნოლოგიის შიგნით არსებული გადატვირთვების შემცირება, ტრაფიკის სხვა ტექნოლოგიებზე გადაანაწილების გზით, ამავდროულად მცირდება მობილობის პროცედურის ხანგრძლივობა და იზრდება მობილური მოწყობილობის კვების წყაროს სიცოცხლისუნარიანობა. აღნიშნული უპირატესობებიდან გამომდინარე შესაძლებელია, როგორც ჰეტეროგენული ქსელის, ასევე მასში შემავალი ცალკეული ტექნოლოგიის დონეზე მწარმოებლურობის ამაღლება.

ლიტერატურა

- 1) Qian F., Wang Z., Gerber A., Mao Z. M., Sen S. and Spatscheck O., Characterizing Radio Resource Allocation for 3G/4G Networks, IMC, 2010
- 2) Qian F., Wang Z., Gerber A., Mao Z. M., Sen S. and Spatscheck O., A Close Examination of Performance and Power Characteristics of 4G Networks, Mobisys., 2012
- 3) Jorguseski L., Prasad R., Overview of Radio Resource Management (RRM) Issues in Multi-Radio Access Systems, 7th European Conference on Wireless Technology, 2004, pp. 97-100
- 4) Alqahtani S.A, Mahmoud A.S, Sheltami T.R, Eltarhuni M., Adaptive Radio Resource Management for Multi-Operator WCDMA Base Cellular Wireless Networks with Heterogeneous, IEEE 17th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2006, pp. 1-5
- 5) Yeh J.H, Chen J.C, Lee C.C, Comparative Analysis of Energy-Saving Techniques in 3GPP and 3GPP2 Systems, IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 58, No.1, 2009

INVESTIGATION OF INTER RADIO ACCESS TECHNOLOGY HANDOVER PROCEDURE METHODS

Dzotsenidze G., Murjikneli G.
Georgian Technical University

Summary

In this thesis, it is described handover procedure between different radio access technology. It is offered improved algorithm by which, it is possible to faster handover procedure, reduce mobile device power consumption and minimize congestion in the network.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

მულტიმედიაში მონაწილის გამტარუნარიანობის შეფასების პრობლემა

ბუინაგა ე.
 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მოხსენებაში წარმოდგენილი თეორიული კვლევების მიზანს წარმოადგენს, ქსელში წარმოქმნილი ტრაფიკის მოცულობებს შორის ფუნქციონალური დამოკიდებულებების, მომსახურების ხარისხის მაჩვენებლების და ქსელის სტრუქტურული პარამეტრების განსაზღვრა, რაც აგრეთვე შეიძლება გამოვიყენოთ ქსელის აგების ღირებულების გამოსავლენად.

თეორიული კვლევების მიზანს წარმოადგენს, ქსელში წარმოქმნილი ტრაფიკის მოცულობებს შორის ფუნქციონალური დამოკიდებულებების, მომსახურების ხარისხის მაჩვენებლების და ქსელის სტრუქტურული პარამეტრების განსაზღვრა, რომლებიც აგრეთვე გამოყენებული იქნება, ქსელის აგების ღირებულების გამოსავლენად. დღეისათვის მთავარ სირთულედ მიჩნეულია მომსახურების ხარისხის (QoS – Quality of Service) მაჩვენებლების შეფასება IP – პაკეტების გადატანის სხვადასხვა ასპექტებთან. ქსელის მრავალფეროვანი მახასიათებლებიდან აუცილებელია რამოდენიმე ძირითადი მაჩვენებლის გამოყოფა, რომლებიც მომსახურების ხარისხის სრულად შეფასებას ახდენენ და შეიძლება გამოვიყენოთ ქსელის რესურსების აუცილებელი რაოდენობის დასადგენად, ხოლო დანარჩენი მახასიათებლები კი, ინფორმაციის ნაკადების მომსახურების პროცესის ცალკეული შემადგენლების დასაზუსტებლად. განვიხილოთ შესაბამისი მაჩვენებლების შერჩევისათვის ორი ცნობილი მიდგომა.

პირველ შემთხვევაში ვიყენებთ ITU- ს Y.1541 რეკომენდაციებს (2002 წლის მაისი), რომელშიც მომსახურების დონეები იყოფა კატეგორიებად IP - პაკეტების გადაცემის მახასიათებლების მნიშვნელობათა შესაბამისად: გადაცემის დაყოვნების; გადაცემის დაყოვნებების ვარიაციების; დაკარგული პაკეტების წილობრივი მნიშვნელობების; შეცდომებით გადაცემულ პაკეტების წილობრივი მნიშვნელობათა შესაბამისად. ამ მახასიათებლების მნიშვნელობები, განსაზღვრული მომსახურების ექვსი კლასისათვის, მოცემულია ცხრილში:

IP – პაკეტების გადაცემის მახასიათებლების მნიშვნელობები, რომლებითაც განისაზღვრება ინფოსაკომუნიკაციო მომსახურების კლასები

(ITU- ს Y.1541 რეკომენდაციები [1])

IP – პაკეტების გადაცემის მახასიათებლები (არაუმეტეს)	ინფორმაციის პაკეტების გადაცემის ხარისხის კლასები					
	0	1	2	3	4	5
IP – პაკეტის გადაცემის დაყოვნება (IPTD – IP Packet Transfer Delay)	100 მწმ	400 მწმ	100 მწმ	400 მწმ	1 წმ	-(არ არის განსაზღვრული)
IP - პაკეტის გადაცემის დაყოვნების ვარიაცია (IPDV – IP Packet Delay Variation)	50 მწმ	50 მწმ	-	-	-	-
დაკარგული IP –პაკეტების წილი (IPLR – IP Packet Loss Ratio)	1×10^{-3}	1×10^{-3}	1×10^{-3}	1×10^{-3}	1×10^{-3}	-
შეცდომით გადაცემული IP პაკეტების წილი (IPER – IP Packet Error Ratio).	1×10^{-4}	1×10^{-4}	1×10^{-4}	1×10^{-4}	1×10^{-4}	-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

შენიშვნა:

- IP –პაკეტის გადაცემის დაყოვნება : IPTD პარამეტრი განისაზღვრება როგორც პაკეტის გადატანის დროის ხანგრძლიობა გადამცემსა და მიმღებს შორის – როგორც წარმატებულად გადაცემული პაკეტისათვის, ასევე შეცდომების შემცველი პაკეტისათვის.
- IP –პაკეტის დაყოვნების ვარიაცია ანუ ჯიტერი, იმაში ვლინდება, რომ თანამიმდევრული პაკეტები მიმღებთან შემოდინან დროის არარეგულარულ მომენტებში.
- დაკარგული IP –პაკეტის წილი IPLR კოეფიციენტი განისაზღვრება როგორც დაკარგული პაკეტების ჯამური რაოდენობის ფარდობა მიღებული პაკეტების საერთო რიცხვთან, მიღებული და გადაცემული პაკეტების შესაბამისი კრებულიდან.
- შეცდომით გადაცემული IP –პაკეტის წილი: IPLR კოეფიციენტი განისაზღვრება როგორც შეცდომების შემცველი პაკეტების მიღებული ჯამური რაოდენობის ფარდობა წარმატებულად და შეცდომებით მიღებულ პაკეტების ჯამურ რაოდენობასთან.

პაკეტების გადაცემის პირობებისადმი მოთხოვნები გამომდინარეობს მომსახურების მიწოდებული სახეობის მახასიათებლებიდან. მომსახურების სახეობათა კლასების ჩამონათვალი მახასიათებლების შესაბამისად, შემდეგი სახისაა: ([1])

0 კლასი – რეალური დროის ნაკადი, რომელიც გამოირჩევა ინტერაქტიურობის მაღალი ხარისხით და მგრძობიარე დაყოვნების ვარიაციის მიმართ (მაღალხარისხოვანი პაკეტური ტელეფონია და ვიდეოკონფერენციაკავშირი).

1 კლასი – რეალური დროის ნაკადი, ინტერაქტიური და მგრძობიარე დაყოვნების ვარიაციის მიმართ (პაკეტური ტელეფონია, ვიდეოკონფერენციაკავშირი).

2 კლასი – მონაცემთა ტრანზაქცია, რომელიც გამოირჩევა ინტერაქტიობის მაღალი ხარისხით (სიგნალიზაცია).

3 კლასი– მონაცემთა ინტერაქტიური ტრანზაქცია.

4 კლასი – ნაკადები, რომლებიც მგრძობიარენი არიან ინფორმაციის კარგეების მიმართ ქსელში მათი გადაცემის პროცესში (მოთხოვნათა მასივები, ნაკადური ვიდეო).

5 კლასი– IP – ქსელში არსებული მომსახურების ტრადიციული სახეობები, გადაცემის „მიჩქმალული“ მახასიათებლებით.

შენიშვნა:

- ინტერაქტიური ნაკადი (ტრაფიკი) არის ტრაფიკის ტიპი, რომლისთვისაც დამახასიათებელია მომხმარებელთა ან მოწოდებლობათა უშუალო ურთიერთქმედება (დიალოგი).
- ნაკადური ტრაფიკი არის ტრაფიკის ტიპი, რომლისთვისაც დამახასიათებელია ინფორმაციის მოსმენა ან ხილვა სამომხმარებლო (დამაბოლოებელ) მოწოდებლობაზე უწყვეტად მიწოდების შესაბამისად.

კავშირის სეანსი შედგება სამი ფაზისაგან – კავშირის დამყარება, ინფორმაციის გადაცემა და კავშირის დაშლა. როდესაც მსჯელობა ეხება IP პროტოკოლს (OSI მოდელის მე – 3 დონე, მაღალი დონის პროტოკოლების არსებობის გაუთვალისწინებლად) უნდა განვიხილოთ მხოლოდ ერთი ფაზა – IP პაკეტების გადატანის ფაზა.

უნდა აღინიშნოს, რომ განხილული კლასიფიკაცია ჩამოყალიბებულია IP – პაკეტების გადატანის ტექნიკური პარამეტრების წარმოჩენის პოზიციიდან და მომსახურების დიფერენცირების ასეთი დაწვრილმანება იძლევა საშუალებას, შევაფასოთ მულტისერვისულ ქსელში ინფორმაციის ნაკადების გადაცემის ცალკეული დეტალები. მეორეს მხრივ, კლასების (კატეგორიების) ასეთი რაოდენობის გამოყე-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ნება მულტიმედიაზე ქსელში ართულებს ქსელის ფუნქციონირების აღწერისათვის შედგენილ მოდელს.

განვიხილოთ მომსახურების სახეობების მიწოდების ხარისხის უზრუნველყოფის შეფასების მეორე მიდგომა. დავეთ მომსახურება სამ კატეგორიად და მომსახურების ხარისხის კრიტერიუმად შევირჩიოთ მომხმარებლის მიერ ხარისხის აღქმა ინფორმაციული შეტყობინების მიღების პროცესში არსებული დაყოვნებების ზეგავლენის შესაბამისად. პირველი კატეგორია მივაკუთნოთ მონაცემების გადაცემას დროის რეალურ რეჟიმში. შესაბამისი ინფორმაციის ნაკადების გადაცემა ხორციელდება დაყოვნების გარეშე, ან დაყოვნების მინიმალური მნიშვნელობებით. მომსახურების შესაბამის სახეობას ეწოდება რეალური დროის მომსახურება (real – time services). მას მიეკუთვნება ხმოვანი სიგნალის გადაცემა და ვიდეოკონფერენციაში. მეორე კატეგორია მიეკუთვნება მონაცემების გადაცემას ინტერაქტიურ რეჟიმში (interactive data). მომსახურების ამ სახეობას ეწოდება მონაცემების ინტერაქტიური გადაცემის რეჟიმის მომსახურების სახეობა. ამ შემთხვევაში შეტყობინების გადაგზავნა შეიძლება ხდებოდეს მცირე დაყოვნებებით. მომხმარებელი მომსახურების ხარისხის შეფასებას ახდენს შეტყობინების მიწოდების დროის ხანგრძლიობის გაანალიზების შედეგად, რაც განისაზღვრება მომხმარებლის ინფორმაციის გადაცემის სიჩქარით. მომსახურების ასეთ სახეობას მიეკუთვნება ვებ-გვერდიდან ინფორმაციის გადმოქაჩვა. ხოლო, მომსახურების მესამე კატეგორიას განეკუთვნება ის სახეობები, რომელთა გადაცემის დროს დასაშვებია გაცილებით მნიშვნელოვანი დაყოვნებები, მაგრამ მომხმარებლის შეფასებით, ეს ხდება მომსახურების ხარისხის დაკარგვის გარეშე – დელაჟ ტოლერანტ სერვიცეს. მომსახურების ეს სახეობა განეკუთვნება მონაცემების გადაცემას, რომლებიც არ არის მგრძობიარე დაყოვნებების მიმართ, მაგალითად ელექტრონული ფოსტის შეტყობინების გადაცემა, ან ფაილების გადაგზავნა და ა. შ. ჩამოთვლილი კატეგორიების შესაბამისი მომსახურების სახეობების ჩამონათვალი, მათი მგრძობიარობის მითითებით პაკეტების კარგებისა და დაყოვნებათა ვარიაციის (ჯიტერის) მიმართ, მოცემულია ცხრილში:

მომსახურების სახეობათა განაწილება კატეგორიებად, მომხმარებლის მიერ ხარისხის აღქმის შესაბამისად (1).

ტრაფიკის კლასი	მომსახურების სახეობის ტიპი	IP –პაკეტების გადატანის მანვენებლებისადმი მგრძობიარობა		
		კარგები	დაყოვნება	დაყოვნების ვარიაცია (ჯიტერი)
მონაცემების გადაცემა რეალური დროის რეჟიმში	ხმოვანი სიგნალი მონაცემთა ტრანზაქცია ვიდეოკონფერენციაში	საშუალო მაღალი მაღალი	მაღალი მაღალი მაღალი	მაღალი მაღალი მაღალი
მონაცემთა ინტერაქტიური გადაცემა	ვებ-გვერდების დათვალიერება დოკუმენტების გადმოქაჩვა ვიდეოფაილების გადმოქაჩვა	მაღალი მაღალი მაღალი	საშუალო საშუალო საშუალო	დაბალი დაბალი საშუალო
მონაცემების გადაცემა, რომლებიც ეგუება დაყოვნებებს	ფაილების გადაგზავნა ელექტრონული ფოსტა ტელემეტრიის ზოგიერთი სახეობები	მაღალი მაღალი მაღალი	დაბალი დაბალი დაბალი	დაბალი დაბალი დაბალი

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ამრიგად, ეს კალსიფიკაცია შესრულებულია მომსახურების ხარისხის მომხმარებლის თვალსაზრისით შეფასების საფუძველზე. განვიხილოთ ფორმალური მახასიათებლები, რომლებიც შეიძლება იქნას გამოყენებული მომხმარებლის მომსახურების ხარისხის შესაფასებლად.

რეალური დროის ტრაფიკის მომსახურება არის ტრადიციული და ხორციელდება ქსელებში არხების კომუტაციით. აქ ინფორმაციის ნაკადები, რომლებიც შემოდინან ქსელის კვანძებში, მომსახურებული უნდა იქნან მაშინვე, დაყოვნების გარეშე. როდესაც ინფორმაციის ნაკადის დაყოვნება და დაყოვნების ვარიაცია კონტროლდება ქსელში არსებული მექანიზმებით, ცხადია რეალური დროის სერვისებისათვის მომსახურების ხარისხი იქნება პაკეტების კარგვების წილი და საარხო რესურსთან მიღწევადობა, ანუ კავშირის დამყარებაზე უარების წილობრივი მაჩვენებელი.

ლიტერატურა

1. Степанов С.Н. Основы телетрафика мультисервисных сетей. Москва, ЭКОТРЕНД3,2010, с.390.

ASSESSING THROUGHPUT OF MULTISERVICE NETWORKS

Bzhinava E.

Georgian Technical University

Summary

The goal of presented theoretical review is to determine dependency between volume of traffic created in the network, service quality indicators and network's structural parameters. These can also be used in calculating the cost of network construction.

თანამედროვე კავშირგაბმულობის ქსელების ორგანიზაცია, მართვა და ტექნიკური მომსახურება

დიბრაძე ნ., ხუნწარია ლ., სახუტაშვილი ე.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომში განხილულია კავშირგაბმულობის საშუალებების და მომსახურებების ფართო გამოყენება საზოგადოების სასიცოცხლო ყველა სფეროში, რაც აიძულებს ადამიანებს ორიენტაცია აიღონ სწრაფად ცვალებად ნაირსახეობის ყველაზე ეფექტურ არჩევანზე. ახალმა მოთხოვნებმა შეცვალა კავშირგაბმულობის ქსელების განვითარების კონცეფცია, რის შედეგადაც მთელ მსოფლიოში მკვიდრდება ციფრული მულტისერვისების ქსელების ტექნოლოგიები, კავშირგაბმულობის მომსახურებით, რომელიც ხორციელდება უმეტესწილად კომპიუტერების შემქმნელ ტექნოლოგიურ ბაზაზე. პრობლემა მდგომარეობს იმაში, რომ ინფოკომუნიკაციური ბაზრის განვითარებამ მომხმარებელი ვერ დააკმაყოფილა. ამიტომ გამოიკვეთა, დარგისთვის უპირველესია ტექნოლოგია, ხოლო კლიენტების მოთხოვნები და მათი დაკმაყოფილება მეორადი.

ინფოკომუნიკაციის მკიდრო კავშირი და მის საფუძველზე ინფორმატიზაციის მიღწევები მოწმობს ინფოკომუნიკაციის ერის დადგომას. ფასდაუდებელი როლი ითამაშა სტანდარტიზაციასთან ერთად ტექნოლოგიურ-რეგულაციურმა მიღწევებმა. პირველად ვახდა შესაძლებელი ნებისმიერი ინფორმაციის წარდგენა, გადაცემა, შენახვა და დამუშავება, სტანდარტულ ციფრულ ფორმატში "სტანდარტულ" კომპიუტერზე. მსოფლიო ქსელი ინტერნეტი ქმნის ახალ ერთიან სივრცეს ინფორმაციული ვაცვლისათვის, საშუალებას იძლევა გააერთიანოს ხალხი ჯგუფები ბიზნეს ინტერესების მიხედვით რაც იწვევს სერიოზულ ცვლილებებს ტელეკომუნიკაციური ქსელების ტექნოლოგიების შეცვლას. იქმნება მულტისერვისული ქსელები, გლობალური ბაზარი საშუალო და მცირე საწარმოთათვის, ტელეკომუნიკაციის ერთიანი უნიფიცირებული სისტემები, ახალი ტექნოლოგიების დანერგვა, კავშირგაბმულობის ქსელების ორგანიზაცია, პირველადი და მეორადი ქსელების განვითარებადი მოდე-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ლი, რომელიც იძლევა საშუალებას ერთ კაბელში იყოს მოთავსებული წვდომის და სატრანსპორტო ქსელის ფრაგმენტები ინფორმაციის გადასატანად.

კავშირგაბმულობაში (ტელეკომუნიკაციაში) ტექნოლოგიების განვითარებამ და მომხმარებლის ახალმა მოთხოვნებმა შეცვალეს დარგის კონცეფცია, რის შედეგად 100 წლიანი ანალოგიური სატელეფონო ქსელების დომინირება შეიცვალა მთელ მსოფლიოში ციფრული მულტისერვისული ქსელების ტექნოლოგიებით, რომელიც ხორციელდება უმეტესწილად კომპიუტერების შექმნილ ტექნოლოგიურ ბაზაზე, ვიდრე ტრადიციულ სატელეფონო დანადგარებზე.

XXI საუკუნის დასაწყისში მთელ მსოფლიოში ინფოკომუნიკაციური ბაზრის განვითარების არაბუნებრიობამ ვერ დააკმაყოფილა კავშირგაბმულობის სისტემების შემქმნელები და ოპერატორ-კომპანიონები. ისინი თვლიან, რომ **დარგისთვის უპირველესია ტექნოლოგია**, ხოლო კლიენტების მოთხოვნილებები და მათი დაკმაყოფილება მეორადი.

ინფოკომუნიკაცია ნიშნავს ინფორმაციული და ტელეკომუნიკაციური ელემენტების ინფორმაციის გაცვლის უწყვეტ კავშირს, რომელიც ვითარდება კონვერგენციის (ნიშნავს მიახლოებას, გასწორებას) პროცესში. ხოლო ინფოკომუნიკაციური ქსელები წარმოადგენენ ინფორმაციული და კავშირგაბმულობის ქსელების ინტეგრაციის შედეგს. ორივე ერთად შეადგენენ საზოგადოების ინფოკომუნიკაციურ ინფრასტრუქტურას.

ინფორმაციის ეპოქაში “კავშირგაბმულობა” იღებს უფრო ფართო მცნებას, ხოლო მსოფლიო ქსელი ინტერნეტი ქმნის ახალ ერთიან სივრცეს ინფორმაციული გაცვლისთვის. ეს ახალი რეალობაა, რომელშიც შეხამებულია სატელევიზიო და ზეპირი გადაცემის უშუალოება. თუმცა ტელეკომუნიკაციური ქსელების ტექნოლოგიები თხოულობენ სერიოზულ ცვლილებებს.

ამჟამად, ტელეკომუნიკაციურმა სამყარომ წარადგინა ახალი თაობის კავშირგაბმულობის ქსელები (Next Generation Network, NGN). თანდათან შეიქმნა ერთდრიულად ფუნქციონირებადი არხები მთელი ჯგუფი მომხმარებლისათვის, რომლის საფუძველზე შეიქმნა ვირტუალური **კერძო ქსელი** (Virtual Private Network, VPN), რომლებიც ხდებიან მულტისერვისულნი: **სიტყვა+მონაცემები+ვიდეო**. ამის საფუძველზე შესაძლებელი გახდა ხალხის საქმიანობის გლობალური ინფორმაციზაცია.

გლობალიზაცია არის ადამიანური ცივილიზაციის კომპონენტების შერწყმის საერთო პროცესი, რომელიც მოიცავს ინფორმაციული ტექნოლოგიების გავრცელების პროცესს.

არანაკლებ მნიშვნელოვანია თანამედროვე **საზოგადოებაში ციფრული წყვეტა** ან ციფრული უტოლობა. ჩამოყალიბდა გლობალური საინფორმაციო საზოგადოება (Global Information Society, GIS), რომელიც წარმოადგენს ინტეგრირებულ მსოფლიო საინფორმაციო ქსელს მთელი პლანეტის მასობრივი მომსახურებისათვის გლობალური და რეგიონალური ინფორმაციული-კომუნიკაციური სისტემებისათვის.

გლობალური ინფორმაციული პროცესები ექვემდებარება სამართლებრივ რეგულირებას. საერთაშორისო ინფორმაციულ სამართალს აქვს თავისი რეგულირების ობიექტი-საერთაშორისო საინფორმაციო ურთიერთობები, რომელიც წარმოიქმნება საერთაშორისო საინფორმაციო სივრცის ათვისებისას.

“გლობალურ საინფორმაციო საზოგადოების ქარტიამ” (GIS) გააძლიერა მისი სტრატეგიების საფუძვლები და ტექნიკა საქმიანობის სამ დონეზე: მსოფლიო,

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

რეგიონალურ და ნაციონალურზე. ქარტიას გააჩნია GIS-ის ფორმირების მნიშვნელოვანი პრინციპები. ქარტია უდიდეს როლს ანიჭებს ინფორმაციულ-კომუნიკაციურ ტექნოლოგიებს ეკონომიკური და სოციალური პრობლემების გადასაჭრელად.

ინფოკომუნიკაციური ქსელების სტრუქტურა შედგება შემდეგი ელემენტებისაგან: სატრანსპორტო, მისაწვდომლობის ქსელებისაგან, მომხმარებლობითი ტერმინალებისაგან და მომხმარებლებისაგან. ტერმინალი უზრუნველყოფს მომხმარებლის ინტერფეისს ისარგებლოს ინფოკომუნიკაციური ქსელით ან სისტემის ინფორმაციით, რომელიც გამოიყენება გადაცემისთვის.

ინფოკომუნიკაციური ქსელის **არქიტექტურა** გამოსახულია მოდელის სახით, სხვადასხვა **ტოპოლოგიური სტრუქტურით**. უმარტივესია ტოპოლოგიაა “წერტილი-წერტილი”, ტოპოლოგია “ხე”, რადიანურ-კვანძური ტოპოლოგია რგოლური; ორმაგი რგოლი; მთლიანკავშირიანი, უჯრედოვანი და ფიჭური.

ფუნქციონირების თვალსაზრისით ქსელები შეიძლება განხილული იყოს როგორც დამოუკიდებელი სტრუქტურული კომპონენტები. ფუნქციონალური მოდელი ასახავს ქსელის ლოგიკურ დონეზე ქსელური ფუნქციების ურთიერთკავშირს.

ლოგიკური ინტერფეისები განსაზღვრავენ კავშირგაბმულობის ქსელების ფუნქციონირების ურთიერთმოქმედების წესს. ერთიდაიგივე ტიპის ფუნქციებს შორის ლოგიკური ინტერფეისი წარმოადგენს პროტოკოლს.

ინფოკომუნიკაციური ქსელის მართვა ფლობს ტექნიკურ სისტემას, რომელსაც აქვს მართვის იერარქიის ოთხი დონე და კომპეტენციები. I დონეზე ხდება ადმინისტრაციული ან კომერციული სფეროს მართვა; II დონეზე – მომსახურების მართვა; III დონეზე – ქსელური მართვა; IV–ელემენტებით მართვა.

ინფოკომუნიკაციური ქსელი შეიძლება განიხილოს როგორც ინფორმაციული სისტემა, განკუთვნილი შენახვის, გადაცემის ან მონაცემთა დამუშავებისათვის, დადებულს ელექტროკავშირის ქსელზე.

თანამედროვე ტელეკომუნიკაციური ქსელი წარმოადგენს ინფორმაციულ ბირთვს, რომელიც უზრუნველყოფს გადაცემის და ზოგიერთი სახის მონაცემთა დამუშავებას.

ქსელის მოწყობა მთლიანობაში შეადგენს მის სტრუქტურას, რომელშიც იგულისხმება ცალკეული ელემენტების გაერთიანება სეგმენტებად. მთლიანობაში ნებისმიერი ქსელი წარმოადგენს პუნქტებს და მათი შემადგენელი ხაზების კავშირგაბმულობას.

მონაცემთა გადაცემის პროტოკოლი გარდა სინქრონიზაციისა, განსაზღვრავს შემდეგ ელემენტებს: მარშრუტიზაციას, კომუტაციას, კონცენტრაციას, მულტიპლექსირებას, არხების კომუტაციას და სინქრონიზაციას.

კომუტაციის მეთოდების კლასიფიკაციის დროს, ცნობილია ორი ძირითადი პრინციპი: **უშუალო შეერთება და ინფორმაციის დაგროვებით შეერთება**.

არხების კომუტაცია ხორციელდება კომუტატორით სივრცითი ან დროული კომუტაციით ან მათი კომბინაციებით. არხების კომუტაციის რეჟიმი ბაზირდება ვიწროზოლოვან ქსელებში არხების დროითი გაყოფის პრინციპით. ეს ხერხი ცნობილია, როგორც გადატანის სინქრონული რეჟიმი.

არხების კომუტაცია წარმოადგენს ძალიან რთულ მოუქნელ პროცედურას. ყველა **არხების მართვა** და სიმუზაზურობის უზრუნველყოფა შეერთების დამყარებით, პრაქტიკულად გადაუწყვეტი ამოცანაა. თუ სირთულის შესამცირებლად ძირითადი ციფრული არხისთვის შეირჩევა დიდ სიჩქარიანი არხი, მაშინ გაშვების ზოლების სიგანე გამოუყენებელია, სიგანე ძალიან დიდია, რის შედეგადაც გამტანუ-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

ნარიანობის გამოყენება დაბალეფექტიანია.

ნაკლის აღმოსაფხვრელად შემუშავებული იქნა ფართოდიპლომატიური სინქარის კომუტაციის ვარიანტი-მრავალსინქარიანი არხების კონცეფცია. ამ ქსელური რესურსების გამოყენება გადაცემის სინქარის შეცვლით ეფექტურობის ამაღლების მიზნით შემოთავაზებული იყო სწრაფი კომუტაციის არხების კონცეფცია.

კომუტაცია დაგროვებით-ეს არის კომუტაციის კვანძებში ოპერაციების ერთობლიობა, გადაცემის ან მისი ნაწილის დაგროვება და შეტყობინების მომდევნო გადაცემა მასში შემავალი მისამართის მიხედვით. დაგროვილი კომუტაციის დროს ქსელის გამტარუნარიანობა არ არის დამაგრებული მთელი სიხის დროს ორ მომხმარებელს შორის. ის მიეწოდება მხოლოდ საჭიროების შემთხვევაში. ამ დროს ინფორმაციის წყაროს აქვს მუდმივი კავშირი თავის კომუტაციის კვანძთან. შემდეგ ეს ინფორმაცია ეტაპობრივად გადაეცემა კომუტაციის კვანძების საშუალებით.

თანამედროვე კავშირგაბმულობის ქსელების ორგანიზაცია ხორციელდება **“დაგროვებითი სისტემის”** ორი სახეობით: **პირველი ეს არის სისტემა შეტყობინების კომუტაციით (შკ) და მეორე სისტემა პაკეტების კომუტაციით (პკ).**

პაკეტებით კომუტაციის მეთოდი თავისი იდეოლოგიით ემთხვევა შეტყობინების კომუტაციის (შკ) მეთოდს და განსხვავება მხოლოდ იმით, რომ გრძელი შეტყობინებები გადაიცემა არა მთლიანად, არამედ დაყოფილია შედარებით მოკლე ნაწილებად-პაკეტებად. განსხვავებენ პაკეტების გადაცემის ორ ხერხს (რეჟიმს): **ვირტუალური შეერთების რეჟიმს და დეიტაგრამულ რეჟიმს.**

ვირტუალური შეერთება შეიძლება არსებობდეს იქამდე, სანამ ერთი აბონენტის მიერ გაგზავნილი სპეციალური სამსახურებრივი პაკეტი არ წაშლის ინსტრუქციას კვანძებში.

სტანდარტულ საერთაშორისო პროტოკოლებში გაითვალისწინება ორი ტიპის ვირტუალური არხი: **მუდმივი და კომუტირებული.** მოკლე შეტყობინებისათვის უფრო ეფექტურია **დეიტაგრამული რეჟიმი.** გამოიყენება დამოუკიდებელი პაკეტის აღსადგენად, რომელიც მოძრაობს ქსელში სხვა პაკეტების დამოუკიდებლად. დეიტაგრამული რეჟიმი გამოიყენება ინტერნეტში.

პაკეტების ჩქარი კომუტაცია არის კონცეფცია, რომლის იდეური საფუძველი არის პაკეტური კომუტაცია მინიმალური ფუნქციებით, შესრულებული კომუტაციის კვანძებით რგოლის დონეზე ქსელის დროითი გამჭვირვალობის ამაღლების მიზნით.

აღსანიშნავია, რომ კავშირგაბმულობის ციფრული ტრაქტების გამტარუნარიანობის ეფექტურობა ცვლადი სიგრძის პაკეტების გამოყენებისას უფრო მაღალია, ვიდრე მუდმივი სიგრძის პაკეტებისა. ექსპერტები იძლევიან რეკომენდაციას გამოყენებული იქნას ტერმინი “ფიჭა”, რათა ხაზი გაესვას მიღებულ ბუფერული სივრცის მოცულობის ფიქსირებული სიგრძის პაკეტების გამოყენებას.

თანამედროვე ტექნოლოგიებით შესაძლებელი გახდა კომუტატორების წარმადობის მიღწევა.

თანამედროვე კავშირგაბმულობის ქსელის მუშაობას დესტაბილიზირებული ფაქტორების ზემოქმედებისას ეწოდება მდგრადობა, რომელიც განისაზღვრება ქსელის საიმედოობით, სიცოცხლის უნარიანობით და ხარვეზებისადმი მდგრადობად. ამ დროს გამოიყენება ორგანიზაციულ-ეკონომიკური ხასიათის სხვადასხვა ღონისძიებანი: კავშირგაბმულობის ქსელის ტოპოლოგიის ოპტიმიზაცია ეკონომიკურობის და საიმედოობის კრიტერიუმებით, კავშირგაბმულობის ნაგებობების რაციონალური განლაგება ადგილზე შესაძლო ნგრევის ზონებში, ქსელების განლაგების დაცვის

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

სპეციალური ღონისძიებები დაბრკოლების ზეგავლენისაგან; რეზერვების სისტემები; მართვის ავტომატიზირებული სისტემები, რომლებიც ორგანიზაციას უკეთებენ სამუშაოებს სხვადასხვა პირობებით. მაგრამ ნებისმიერი ქსელის სანდო მუშაობის საფუძველია მისი სტრუქტურა.

ყველაზე განვითარებული სტრუქტურა აქვს სატელეფონო ქსელს, რომელიც ფართოდ გამოიყენება ინფოკომუნიკაციური მომსახურებისათვის. ქალაქის სატელეფონო ქსელს აქვს რადიალურ-კვანძური ტიპოლოგია.

თანამედროვე სატელეფონო ქსელებს აქვთ ცენტრალური ბირთვი, შესრულებული რგოლური ან მრავალი რგოლური ტიპოლოგიით.

ელექტროკავშირის ყველა სახეობანი ჩამოყალიბდა და ვითარდებოდა დამოუკიდებლად, რის შედეგადაც ჩამოყალიბდა სხვადასხვა ქსელები დადგენილი სახელმწიფოს კანონმდებლობით.

ელექტროკავშირის ერთიანი ქსელის ტექნიკური საშუალებების ერთობლიობა ქმნის პირველად ქსელს, რომელიც უზრუნველყოფს სატელეფონო ქსელის უნიფიცირებულ არხებს და გადაცემის ტრაქტებს ურთიერთშეერთებისათვის. არსებობს პირველადი და მეორადი კავშირგაბმულობის ქსელები, რომლებიც უზრუნველყოფენ განსაკუთრებული სახის შეტყობინების გადაცემას დანადგარების გამოყენების გზით.

ერთ-ერთი ძირითადი იდეა, რომელიც თან მისდევს პირველად ქსელის იერარქიულ წარმოდგენას რამოდენიმე დამოუკიდებელი იერარქიული ღონის სახით, შედგება დაყენებაში გარკვეული ურთიერთდაკავშირებული მეზობელ ღონეებს შორის. ამ ურთიერთობას ეწოდება კლიენტების სერვერებთან ურთიერთობა. თავდაპირველად სერვერი შემდგომ გამოდის როგორც კლიენტი. არსებობს პირველადი და მეორადი ქსელების განვრცობადი მოდელი. ამ მოდელებში, წარმოდგენილ თითოეულ დინეს აქვს შესასვლელი და გამოსასვლელი შერეული ღონეებიდან, ხოლო შიგნით ერთ ფენაში ცირკულირდება განსაზღვრული ფორმატის სიგნალები, რომლებიც იძლევა საშუალებას სტანდარტების ზედდებისა, როგორც ქსელის მუსაობის ელექტრული ელემენტების ურთიერთმოქმედების ქსელის მოდელი იერარქიული შრეების სახით. თანამედროვე ქსელებში წვდომის და სატრანსპორტო ქსელის ფრაგმენტები შესაძლებელია მოთავსებული იყოს ერთ კაბელში. გამოყენებული იქნას მეზობელი ტრაქტები ერთი სისტემისა და შეუძლიათ გადაიტანონ ერთნაირი ინფორმაცია და სხვა.

ამრიგად, თანამედროვე კავშირგაბმულობის ქსელების ორგანიზაცია და მართვა, მათი განვითარების ძირითადი მიმართულებები, გლობალური ინფოკომუნიკაციური ინფრასტრუქტურა, ინფოკომუნიკაციების პირველადი და მეორადი ქსელების ორგანიზაციული ელემენტების ურთიერთმოქმედების მოდელი წარმოდგენილი იერარქიული შრეების სახით, საშუალებას იძლევა მოთავსებული იყოს კაბელში, ასევე შეიძლება გამოყენებული იქნას მეზობელი ტრაქტები ერთი სისტემისა ერთნაირი ინფორმაციის გადასატანად, რაც იძლევა საშუალებას ეკონომიკური პრობლემის გადაჭრაში.

ლიტერატურა

1. დიბრაძე ნ., სახუტაშვილი ე., ხუნწარია ლ., ფილიპიდის თ. ეკონომიკა და მარკეტინგი ტელეკომუნიკაციაში. ტელეკომუნიკაციის მარკეტინგი, ნაწ II. თბილისი, "ტექნიკური უნივერსიტეტი". 2012-152გვ.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ORGANIZATION OF MODERN COMMUNICATIONS NETWORKS, MANAGEMENT AND TECHNICAL SERVICE

N. Gibradze, L. Khuntsaria, E. Khakhutashvili
Georgian Technical University

Summary

The development of communication (telecommunication) technologies and modern demands of customers has changed the concept of the field. The domination of telephone networks had been changed by digital multiservice network technologies, which are carried out on the technological base of computers.

Close relation of info-communication and its bases, information achievements with standardization gives us opportunity to present, deliver, save and process information in standard digital format via standard computer.

Info-communicational networks represents the integration result of informational and communication networks. The architecture of photo communication network is outlined in a form of model, by different topological structure. Its is easiest topology "point-point" typology "tree", radian-nodal topology; annular; double ring; Complete Connection; multicellular and cellular.

Network arrangement overall makes up its structure, this means the unification of separate elements in segments. Each network represents paragraphs and communications of their connecting lines.

Should be noticed the effectiveness of digital communication treatise throughput while using variable-length packets.

There are extensible models of the primary and secondary networks of modern communications. These models have inputs and outputs in the mixed levels. Organizational elements of the interaction network model are presented in the form of hierarchical layers. In the each cable can be placed the fragments of access and transport networks, also may be used neighbor tracts to convey the similar information that gives us opportunity to resolve economical problems.

პერსპექტიული და თანამედროვე სენსორული ქსელები

მახარაძე ს., ბერიძე ჯ.,
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მოხსენებაში განხილულია ინფორმაციული ტექნოლოგიების სფეროში ერთერთი ყველაზე პერსპექტიული და თანამედროვე ტექნოლოგიის-უსადენო სენსორული ქსელების აგების, განვითარების საკითხები, ქსელის დანერგვასთან დაკავშირებული საკვლევ პრობლემები. უსადენო სენსორული ქსელების განსაკუთრებულობების – ქსელის თვითორგანიზების, თვითადგენის, თვითკონფიგურირების გათვალისწინებით მათი გამოყენება სხვადასხვა სფეროებში.

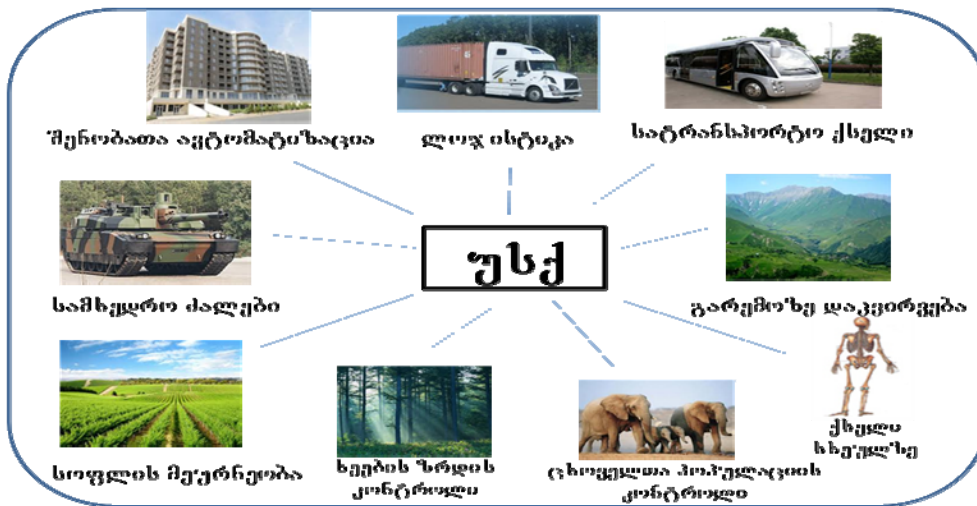
უსადენო სენსორული ქსელი (უსქ) (Wireless Sensor Network-WSN) წარმოადგენს ტელეკომუნიკაციის თანამედროვე ტექნოლოგიების განვითარების ერთერთ ყველაზე პერსპექტიულ მიმართულებას. მათი გამოყენების პერსპექტიულობა განპირობებულია კაბელური ინფრასტრუქტურის შეცვლით უსადენო ტექნოლოგიებით და ახალი ფუნქციონალური შესაძლებლობებით. უსქ-ის ისეთი მახასიათებლების წყალობით, როგორებიცაა კვანძის მინიატურობა, დაბალი ენერგო მოხმარება, ჩაშენებული რადიონტერფეისი, საკმარისი გამოთვლითი სიმძლავრე, დაბალი ღირებულება, შესაძლებელია მათი ფართო გამოყენება ადამიანის მოღვაწეობის ბევრ სფეროში, ინფორმაციის შეგროვების ავტომატიზაციის პროცესების მიზნით, სხვადასხვა ტექნიკური და ბუნების პროცესების მონიტორინგისა და კონტროლისათვის.

უსქ-ის ჩამოთვლილი განსაკუთრებულობების გათვალისწინებით მათი გამო-

**საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

ყენება შესაძლებელია შემდეგ სფეროებში (ნახ.1) [1]:

- სატელეკომუნიკაციო ქსელების ინფრასტრუქტურის მონიტორინგი;
- სატრანსპორტო მაგისტრალების მონიტორინგი (სარკინიგზო გზა, მეტროპოლიტენი და სხვა), ნავთობისა და გაზსადენები, ენერჯო და გათბობის საინჟინრო ქსელები;
- სატრანსპორტო ტვირთის ნაკადის კონტროლი და ანალიზი;
- ეკოლოგიური, ბიოლოგიური და სამედიცინო მონიტორინგი;
- ცხოვრებისათვის დამხმარე სისტემების ავტომატიზაცია და “ჭკვიანი სახლების” კლასის სისტემები;
- გამოუვალი სიტუაციების გამოვლინება და მათ შესახებ წინასწარ გაფრთხილება (სეისმური აქტივობის და ვულკანური მოქმედების მონიტორინგი, ატმოსფეროს ანალიზი და ამინდის პროგნოზის შესახებ დროულად გაფრთხილება, უბედური სტიქიური შემთხვევის თავიდან აცილების მიზნით).



ნახ.1. უსკ-ის გამოყენების სფეროები

ცნობები უსკ-ის შესახებ და მათი პირველი ნიმუშები გამოჩნდა აშშ-ში. ძლიერ წარმატებული აღმოჩნდა პროფესორ კრისტოფერ პისტერის (2001წ) კვლევა კალიფორნიის შტატის ბერკლის უნივერსიტეტიდან, რომელმაც მიიპყრო აშშ-ს თავდაცვის სამინისტროს პერსპექტიული შემუშავების მართვის სამსახურის (PARPA) ყურადღება. კრისტოფერ პისტერის მიერ 2001 წელს დაპროექტებული ნიმუში smart dust, ფლობდა უნიკალურ ფუნქციონალურ შესაძლებლობებს.

უსკ – განაწილებული ქსელია, რომელიც შედგება არამომსახურებადი მინი-ატურული ელექტრონული მოწყობილობებისაგან (ქსელის კვანძები), რომლებიც ახორციელებენ სხვადასხვა სახის მონაცემთა შეგროვებას და მათ გადაცემას საბაზო სადგურებში, კვანძიდან კვანძთან უსადენო კავშირით რეტრანსლაციით [2]. მსგავსი სენსორული კვანძები შეიძლება იყოს სტაციონარული, ან მობილური, ანუ თავისუფლად გადაადგილდებოდეს სივრცეში გვერდიგვერდ, ისე რომ არ დაირღვეს ქსელის ლოგიკური კავშირი. ამ შემთხვევაში სენსორულ ქსელს არ გააჩნია ფიქსირებული მუდმივი ტოპოლოგია, მისი სტრუქტურა დინამიურად იცვლება დროის განმავლობაში. ქსელის კვანძი (ნახ.2), რომელსაც ეწოდება სენსორი, შეიცავს გადამცემს, რომელიც იღებს მონაცემებს გარემოდან (საკუთრივ სენსორი), მიკროკონტროლერი, მეხსიერება, რადიოგადამცემი, კვების ავტონომიური წყარო

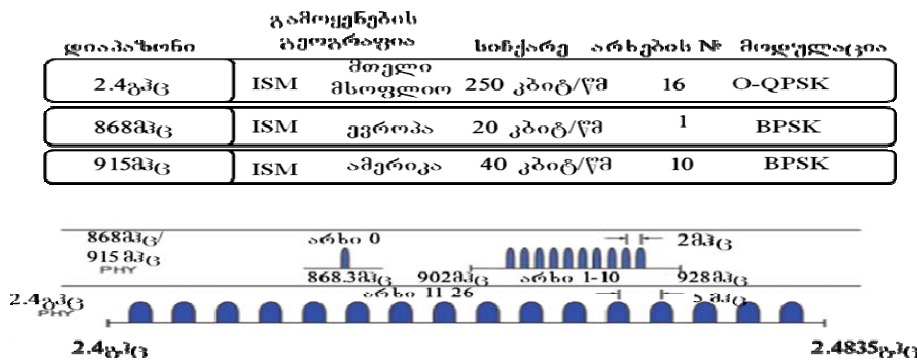
საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

და შემსრულებელი მექანიზმი (ნახაზზე არ არის ნაჩვენები) [3,4].



ნახ.2 სენსორული ქსელის კვანძის მოდელი და მისი აპარატურული შემადგენლობა

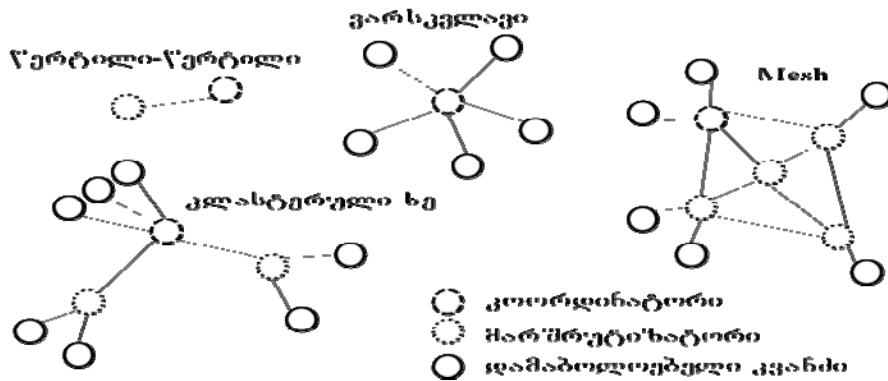
უსკ-ი თავისი განვითარების მიხედვით მიეკუთვნება უსადენო პერსონალურ გამოთვლით ქსელებს (WPAN). WPAN ქსელების მახასიათებელ განსაკუთრებულობას წარმოადგენს მათი დაბალი ენერგომოხმარება. ამჟამად WPAN ქსელები წარმოდგენილია 2 კლასით: შემცირებული მოქმედების რადიუსით (10 მ-მდე) და გაზრდილი მოქმედების რადიუსით (100 მ-მდე). პერსონალური ქსელები შეიძლება შეიქმნას სხვადასხვა სტანდარტების პროტოკოლების და ტექნოლოგიების გამოყენებით. მაგალითად Bluetooth- IEEE802.12.1 სტანდარტის, ZigBee, 6LoWPAN, DigiMesh-IEEE802.15.4 სტანდარტის, WiMedia/MBOA UWB (Ultra Wideband)-ECMA368 სტანდარტის (IEEE802.15.3a სტანდარტის ბაზაზე) ან DS-UWB Forum-IEEE802.15.4a სტანდარტის [5]. IEEE802.15.4 სტანდარტისათვის მონაცემთა რადიო გადაცემის ზოგიერთი მახასიათებელი მოყვანილია ნახ.3-ზე. IEEE802.15.4 სტანდარტში სენსორული ქსელი შეიძლება მოიცავდეს 2^{64} ქსელურ მოწყობილობას.



ნახ.3 IEEE802.15.4 სტანდარტის მახასიათებლები

IEEE802.15.4 სტანდარტი წარმოადგენს საბაზო საფუძველს უფრო მაღალ-დონიანი პროტოკოლებისათვის (ZigBee, 6LoWPAN, DigiMesh და სხვა) და საშუალებას იძლევა ქსელი აიგოს ქსელურ და უფრო მაღალ დონეზე პროგრამული ჩაშენებით, ნახ.4-ზე მოყვანილი ტოპოლოგიებით.

ZigBee პროტოკოლები საშუალებას იძლევა შეიქმნას თვითორგანიზებადი და თვითადგენადი სენსორული ქსელები. ქსელის ZigBee მოწყობილობები ჩაშენებული პროგრამული უზრუნველყოფით შესაძლებლობას იძლევიან კვების ჩართვისას თვითონ იპოვონ ერთმანეთი და აფორმირონ ქსელი, ხოლო რომელიმე კვანძის მწყობრიდან გამოსვლის შემთხვევაში ქსელის კოორდინატორის ფუნქციას იღებს სხვა კვანძი, რომელსაც შეუძლია ახალი მარშრუტის დამყარება შეტყობინების გადაცემისათვის [6].



ნახ.4 სენსორული ქსელის ტოპოლოგიები

აღსანიშნავია სენსორული ქსელების შემდეგი განსაკუთრებულობები:

- თვითაღდგენის და თვითორგანიზების შესაძლებლობა;
- მნიშვნელოვან მანძილზე ინფორმაციის გადაცემის შესაძლებლობა გადაცემის მცირე სიმძლავრით (რეტრანსლაციის გზით);
- კვანძების დაბალი ღირებულება და მათი მცირე ზომა;
- დაბალი ენერგომოსხმარება და ელექტროკვების შესაძლებლობა ავტონომიური წყაროდან;
- ქსელის გაშლის სიმარტივე სადენების გამოყენების აუცილებლობის არ არსებობის გამო (სრულად უსადენო ტექნოლოგიის და ელემენტიდან კვების წყალობით) [7];
- ასეთი ქსელების გაშლის შესაძლებლობა უკვე არსებულ და ექსპლუატირებულ ობიექტებზე დამატებითი სამუშაოების ჩატარების გარეშე;
- უსქის ინფრასტრუქტურის მართვის შესაძლებლობა პლანშეტის საშუალებით;
- ტექნიკური მომსახურების დაბალი ღირებულება.

სენსორული ქსელის პროექტირებისას და აგებისას უნდა იქნას გათვალისწინებული ასპექტები, რომლებიც დაკავშირებულია სამეცნიერო-ტექნიკურ ამოცანებთან და რომლებიც მიეკუთვნება ინფოკომუნიკაციური ტექნოლოგიების სხვადასხვა სფეროებს და ტელეკომუნიკაციის საშუალებებს.

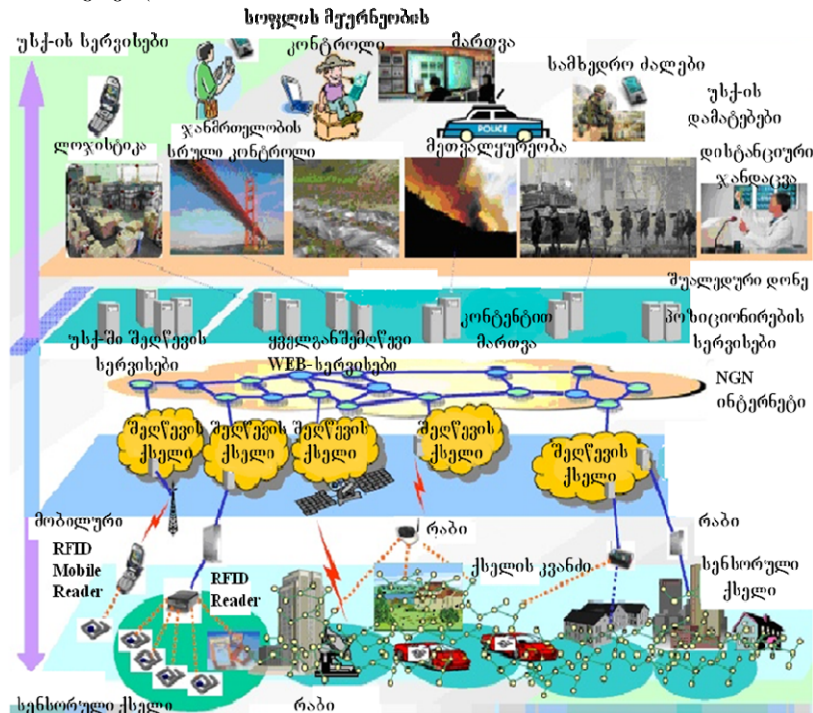
უსქის სფეროში საკვლევი პრობლემებია:

- ქსელის კვანძების შემუშავება;
- ქსელის სტრუქტურა და ტოპოლოგია;
- მარშრუტიზაცია და ადრესაცია;
- არასანქცირებული შეღწევისაგან დაცვა;
- რადიო დაფარვით უზრუნველყოფა;
- მიმღებისა და გადამცემის ეფექტური ანტენების შემუშავება;
- ურთიერთკავშირი;
- ქსელის ენერგომოსხმარების ოპტიმიზაცია და ქსელის მუშაობის საერთო დროის გაზრდის მიზნით;
- მონაცემთა შეგროვება და აგრეგაცია;
- თვითკონფიგურირება, თვითოპტიმიზაცია და თვითაღდგენა;
- გენერაცია, მოდულაცია, გამოსხივება და რადიო სიგნალების გაგრძელება;
- ურთიერთქმედების პროტოკოლები;
- საიმედოობა, სიცოცხლისუნარიანობა და უსაფრთხოება;
- შეგროვებული ინფორმაციის სიზუსტის ამაღლება;

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

- QoS-ის უზრუნველყოფა.

ფართოზოლოვანი კონვერგენციული ქსელის BCN (Broadband Convergence Network) [8] კონცეფციის შესაბამისად, მორიგი ხარისხოვანი ნახტომი ინფოკომუნიკაციის მომსახურების სფეროში იქნება უსადენო სენსორული ქსელების დანერგვა, რომლებიც გლობალური სატელეკომუნიკაციო ქსელის მომხმარებელს საშუალებას მისცემს მიიღოს ტელემეტრული ინფორმაცია სხვადასხვა ობიექტებისაგან და ასევე გააგზავნოს ბრძანებები ტერიტორიულად გაბნეულ ობიექტებზე. ამასთან სენსორული ქსელების ტრაფიკი შეიძლება გადაცემული იქნას საერთო სარგებლობის კავშირის ქსელით. (ნახ.5).



ნახ.5 ვევლგანშემდღვეი სენსორული ქსელის ფუნქციონალური დონეები

ვევლგანშემდღვეადი სენსორული ქსელები საერთო სარგებლობის სატელეფონო ქსელებთან, მობილურ ქსელებთან, ინტერნეტსა და მონაცემების გადაცემის სხვა ქსელებთან ერთობლივი გამოყენების დროს (კონვერგენცია) ქმნიან ტექნიკურ და ორგანიზაციულ შესაძლებლობებს სატელეკომუნიკაციო მომსახურება მიყვანილი იქნას ნებისმიერ ნივთთან, საგანთან, პროცესთან, ცხადია საბოლოო მომხმარებლის – ადამიანის მოთხოვნილებების სრულ დასაკმაყოფილებლად. ასეთი მიდგომა თანამედროვე ქსელების აგების მიმართ გათვალისწინებულია შემდგომი თაობის ქსელების (NGN-Next Generation Network) აგების კონცეფციაში [9].

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Гольдшейн Б.С., Кучерявый А.Е., Сети связи пост-NGN, Научно-технических центров Аргус и Протей (Санкт-Петербург), 2013, с.160.
2. Nitaigour, P.M. (Editor) Sensor networks and configuration fundamentals, standards, platforms, and applications / P.M. Nitaigour // Springer. — 2007. — 510 p.
3. Кучерявый, Е.А. Принципы построения сенсоров и сенсорных сетей / Е.А. Кучерявый, С.А. Молчан, В.В. Кондратьев // Электросвязь, 2006. — №6 — С.10-15.
4. Майская, В. Беспроводные сенсорные сети, малые системы — большие баксы / В. Майская // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. — 2005. — №10. — С. 18–22.

5. Беспроводные технологии и их применение в промышленности. Передача речевой информации через WPAN. URL: <http://www.russianelectronics.ru/leader-r/review/2187/doc/54063/>.
6. Технология ZigBee / URL: <http://www.spectronvideo.ru/zigbee.html>.
7. Беспроводные системы на базе сенсорных сетей для автоматизации объектов нефтяной промышленности / URL: <http://www.ipmce.ru/img/release/oil.pdf>.
8. Кучерявый, А.Е. Модели трафика для сенсорных сетей в и-России / А.Е. Кучерявый, А.И. Парамонов // Электросвязь. — 2006. — № 6. — С. 15-18.
9. Кучерявый, А.Е. Сети связи следующего поколения / А.Е. Кучерявый, А.Л. Цуприков// М.: Изд-во ФГУП ЦНИИС, 2006 — 278 с.

Summary

Wireless sensor networks W-PAN (Wireless Personal Area Network) and the use of their facilities are divided into areas of low-speed LR (Low RATE), medium-speed (MR) and high-speed (HR) networks.

Sensory Networks are low-speed networks (LR WPAN), transmission speed is 250 Kbit/Sec. Such speed is sufficient for ubiquitous sensory networks, which are designed to take information, its routing by the end nodes (sensors) and co-ordinates transmission by its superior network (for example, Internet network)

The work presents analysis of sensor networks characteristics, features of their building, problems are identified for the further development of such networks.

ММО В СОВРЕМЕННЫХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ СИСТЕМАХ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ

Беридзе Дж. Л., Буркадзе Т.О.
Грузинский Технический Университет

В современных беспроводных системах связи увеличение скорости передачи и спектральной эффективности, уменьшение вероятности ошибок возможно за счёт ортогонального частотного мультиплексирования и технологии многоантенных систем – ММО. Технология ММО подразумевает использование нескольких антенн на передающей стороне и нескольких антенн на приёмной стороне, что позволяет значительно повысить пропускную способность и/или помехоустойчивость системы связи. Рассмотрены две системы беспроводного широкополосного доступа, в которых использована технология ММО, это – LTE и LTE-Advanced. Для этих систем показаны методы использования технологии ММО и существующие различия между ними.

Из года в год к современным системам связи возрастают требования к их пропускной способности и ёмкости, что может быть достигнуто разными методами, одним из которых является повышение спектральной эффективности. Спектральная эффективность в случае голосовых услуг измеряется в Эрл/Гц или бит/с/Гц при передаче данных. Спектральная эффективность может быть повышена различными способами, такими, как: оптимальный выбор схем модуляции и кодирования, быстрая адаптация системы к характеристикам беспроводного канала связи и др. Мы в нашей работе рассматриваем увеличение спектральной эффективности за счёт технологии многоантенных систем – ММО (Multiple-Input-Multiple-Output).

В работе традиционной беспроводной системы связи подразумевается обычно одна передающая и одна приёмная антенна (SISO – Single-Input-Single-Output). В противоположность SISO, технология ММО подразумевает использование нескольких антенн на передающей стороне и нескольких антенн на приёмной стороне, что позволяет значительно повысить пропускную способность и/или помехоустойчивость системы связи.

В системах ММО, как на передающей стороне, так и на приёмной используются

многоэлементные антенны или антенные решётки. Такие антенны используются в одних случаях для того, чтобы сосредоточить энергию в направлении определённого абонента и сформировать соответствующую диаграмму направленности, в других случаях антенные решётки могут быть использованы для формирования нескольких параллельных потоков данных. Совместное использование эффектов формирования луча диаграммы направленности, пространственного мультиплексирования и пространственного разнесения позволяет [1]:

- ✓ увеличить зону покрытия;
- ✓ повысить скорость передачи в системе;
- ✓ повысить помехоустойчивость системы;
- ✓ уменьшить требуемую мощность передатчика.

При разработке конкретной системы связи необходимо между этими положительными свойствами систем MIMO находить компромисс, так как, к сожалению, они не могут быть реализованы одновременно.

Из широко известной формулы Шенона для пропускной способности канала связи [2-3] при нетривиальном обобщении на многомерный случай и с учётом свойства определителя диагональной матрицы, было получено окончательное выражение для спектральной эффективности (которая равна пропускной способности в единичной полосе частот) канала MIMO [4]:

$$C = \sum_{i=1}^r \log_2 \left(1 + \frac{E_s}{N \cdot 2\sigma_n^2} |\lambda_i|^2 \right) \text{ бит} / \text{с} / \text{Гц} \quad (1)$$

Величина r называется рангом канала связи MIMO.

Выражение (1) показывает, что пропускная способность канала MIMO равна сумме пропускных способностей r каналов SISO, каждый из которых имеет комплексный коэффициент передачи $|\lambda_i|^2$ и отношение сигнал/помеха E_s/N на входе приёмника. Из выше сказанного следует, что канал MIMO может быть представлен в виде совокупности параллельных каналов SISO, что иллюстрируется рис.1.

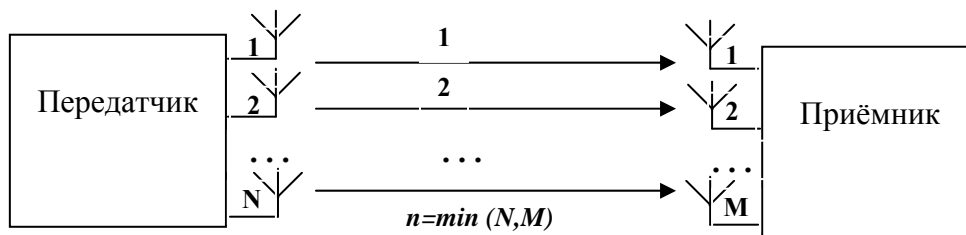


Рис. 1. Представление канала связи MIMO в виде нескольких параллельных каналов SISO

Для спектральной эффективности ортогонального канала связи MIMO [4]:

$$C = M \log_2 \left(1 + \frac{E_s}{2\sigma_n^2} \right) \text{ бит} / \text{с} / \text{Гц} . \quad (2)$$

Из (2) можно сделать вывод, что пропускная способность ортогонального канала связи MIMO в M раз выше пропускной способности канала связи SISO. Из чего следует, что возможно достичь очень высокой эффективности использования спектра в системах связи, использующих технологию MIMO.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

В современных системах беспроводного широкополосного доступа, а именно: LTE, LTE-Advanced, UMTS, WiMax IEEE 802.16e и IEEE 802.16m, WiFi IEEE 802.11n и IEEE 802.11ac предусматривается использование технологии MIMO. В нашей работе мы рассматриваем использование технологии MIMO только в системах LTE и LTE-Advanced.

Система LTE (Long Term Evolution) в рамках 3GPP (3rd Generation Partnership Project) стандартизирована в Release 8 и 9. В этой системе на линиях "вверх" и "вниз" реализация технологии MIMO существенно различается. На линии "вверх" ранг MIMO (величина r) не превышает 1 (по числу передаваемых в системе независимых потоков информации), даже если абонентская станция оснащается несколькими антеннами, а на линии "вниз" возможны схемы MIMO максимального размера 4×4 с пространственным мультиплексированием до 4 независимых потоков информации. В Release 8 для линии "вниз" специфицированы следующие схемы MIMO: разнесённая передача (TM2 – Transmission Mode 2), пространственное мультиплексирование (TM3); пространственное мультиплексирование с прекодированием (TM4); схема многопользовательского MIMO (MU-MIMO) (TM5); схема с прекодированием и с рангом 1 (TM6); адаптивное формирование луча диаграммы направленности (ДН) (TM7). В Release 9 была добавлена возможность адаптивного формирования луча диаграммы направленности с поддержкой на линии "вниз" двух пространственных уровней, или ранга 2 (TM 8).

Системы LTE-Advanced, начиная с Release 10, за счёт использования на линиях "вверх" и "вниз" схем MIMO более высокого порядка, чем в системе LTE, позволяют повысить спектральную эффективность. Максимальный размер схем MIMO в системе LTE-Advanced на линии "вниз" – 8×8 , а на линии "вверх" 4×4 . Повышение скорости передачи данных на краях сот может обеспечиваться благодаря схемам скоординированной многоточечной связи (CoMP – Coordinated Multi Point), специфицированным в Release 11 [5]; в такой схеме абонентская станция может одновременно работать с несколькими базовыми станциями. В спецификации Release 10 для линии "вниз" был добавлен новый режим MIMO – TM9, позволяющий мультиплексировать до 8 пространственных уровней с прекодированием и с использованием новых типов пилот-сигналов. В этом режиме система может динамически переключаться между схемами SU-MIMO (Single User MIMO) и MU-MIMO (Multi User MIMO) [6]. В Release 11 этот режим был расширен до режима TM10 для поддержки схем CoMP на линии "вниз": была введена возможность передачи абонентской станцией информации о характеристиках каналов для каждой из базовых станций, с которыми она работает в режиме CoMP.

Одним из серьёзных нововведений в спецификациях LTE-Advanced, позволяющим реализовать схемы пространственного мультиплексирования высокого порядка и повысить эффективность технологии MU-MIMO, стало включение новых типов пилот-сигналов. В системе LTE пилот-сигналы CRS (Cell reference Signal) на линии "вниз" передаются централизованно для всех пользователей, специфичны для каждой соты в отдельности и идентичны для всех пользователей одной соты (за исключением режима адаптивного формирования луча диаграммы направленности, при котором используются специфичные для каждого пользователя пилот-сигналы). В LTE-Advanced добавлен новый тип пилот-сигналов для линии "вниз" – пилот-сигналы для оценивания канала (Channel State Information Reference Signal – CSI-RS), а также расширены возможности использования специфичных для каждого пользователя пилот-сигналов для демодуляции канала трафика PDSCN (DeModulation Reference Signal – DM-RS) [7]. В системах LTE-Advanced специфицированы сигнально-кодовые конструкции DM-RS на линии "вниз" для 8 пространственных уровней в отличие от систем LTE, где сигналы DM-RS могли

использоваться только в схемах адаптивного формирования луча диаграммы направленности с рангом 1 и рангом 2.

Однако в системах LTE-Advanced могут также использоваться сигналы CRS.

Сигналы DM-RS, как и информационные символы, подвергаются операции прекодирования (рис.2). Кроме того, сигналы DM-RS, передаваемые на разных пространственных уровнях, ортогональны между собой.

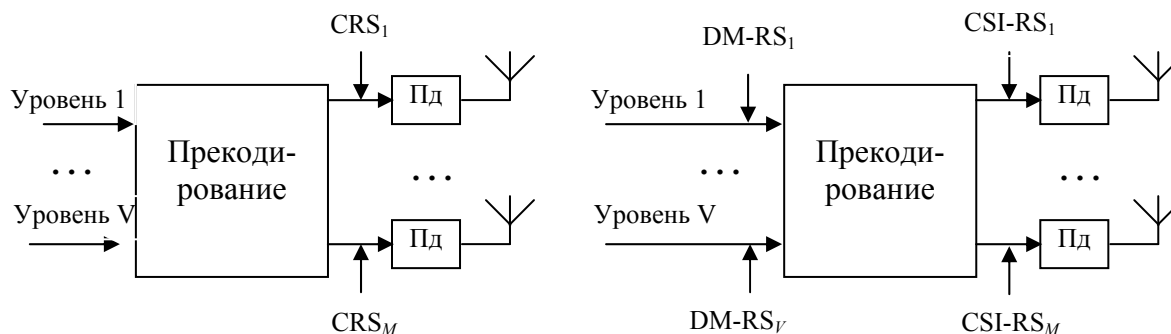


Рис. 2. Формирование пилот-сигналов

В системе LTE специфичные для каждого пользователя пилот-сигналы на линии "вверх", используются только в схеме MU-MIMO. В системе LTE-Advanced на линии "вверх" введены пилот-сигналы DM-RS для всех схем MIMO.

В системах LTE-Advance сигналы DM-RS на линии "вверх" также подвергаются прекодированию вместе с полезной информацией. Поэтому по этим сигналам невозможно выбрать прекодирующую матрицу и ранг канала на базовой станции. Для выбора прекодирующих параметров используются те же пилот-сигналы SRS (Saunding Reference Signal), что и в системе LTE. В отличие от сигналов DM-RS, специфичных для каждого пространственного уровня, пилот-сигналы SRS различны для разных антенн. Таким-образом, для сигналов SRS требуется столько ортогональных переносчиков, сколько антенн на абонентской станции. Передача сигналов SRS на различных ресурсных позициях в кадре OFDM и использование различных циклических сдвигов обеспечивают ортогональность этих сигналов.

При использовании технологии MIMO в современных системах беспроводной связи, крайне важно учитывать пространственные характеристики многоэлементных антенных систем, так как длина волны, или рабочая частота радиосигнала является критическим в дизайне систем MIMO. Именно для того, чтобы расстояние между излучающими элементами антенны оставалось реалистичным, технология MIMO была внедрена в системах сотовой связи тех поколений, которые предполагали работу в диапазонах частот 2 ГГц и выше, так как в этих случаях упрощалась техническая реализация многоэлементных антенн на базовых станциях и в абонентских терминалах.

В настоящее время идёт освоение более высоких диапазонов частот, например, сантиметрового. В результате, при длине волны значительно меньше размеров абонентского терминала, упростится реализация многоэлементных антенн, как в абонентских устройствах, так и в базовых станциях. В результате, станет возможным переход к системам MIMO значительно большего порядка, чем настоящие системы - в несколько раз больше, чем 8x8. Как следствие, могут быть предложены новые методы формирования и обработки сигналов MIMO, что, бесспорно, отразится в стандартах для систем беспроводного широкополосного доступа и, безусловно, найдёт применение в реальных сетях связи.

Литература

1. Andrews J.G., Ghosh A., Muhamed R. Fundamentals of WiMax. Understanding Broadband Wireless Networking. –USA, Boston: Prentice Hall, 2007. – 449 p.
2. Тартаковский Г.П. Теория информационных систем. – М.: Физматкнига, 2005. – 304 с
3. Игнатов В.А. Теория информации и передачи сигналов. – М.: Радио и связь, 1991. – 280 с.
4. Бакулин М.Г., Варукина Л.А., Крейделин В.Б. Технология MIMO: принципы и алгоритмы.- Горячая линия-Телеком, 2014. - 242 с.
5. 3GPP Release 11: Understanding the Standards for HSPA+ and LTE-Advanced Enhancements//4G Americas. August 2013.
6. 4G Mobile Broadband Evolution: 3GPP Release 10 and Beyond. HSPA+, SAE/LTE and LTE-Advanced// 4G Americas. february 2011.
7. Liu L., Chen R., Geirhofer S., Sayana K., SHi Z., Zhou Y. Downlink MIMO in LTE-Advanced: SU-MIMO vs. MU-MIMO// IEEE Communications Magazine, February 2012. P.140-147.

Summary

In modern wireless broadband systems of a radio access - LTE, LTE-advanced, WiMAX and WiFi, are widely used the MIMO technologies. These technologies increase transmission capacity of network and (or) noise stability. The last releases (Release 8, 9, 10, 11) of mobile communication 3GPP (3rd Generation Partnership Project) are devoted to different aspects of improving of LTE systems, in particular: diversity transmission; spatial multiplexing; space division with recoding; MU-MIMO; the adaptive formation of the direction characteristic of the antenna; use of a high rank of the MIMO technologies for increase in spectral efficiency, use of CoMP (Coordinated Multi Point), etc.

Introduction of the reference signals in LTE systems represents the considerable innovation which provide spatial multiplexing of a high rank and using technologies with the MU-MIMO the significant increase in spectral efficiency.

LTE-Advanced of the system the requirement (transmission rate of 1 Gbit/s and spectral efficiency of bit/s/Hz) without mastering of the new spectral range, is impossible. On the one hand, it is the centimetric range in which the required frequency band will be selected (100 MHz). On the other hand, perhaps, for a technical solution, in mobile stations of a high rank of MIMO technologies to make and place miniature antennas which correspond to wavelength of this range.

სასწავლო-მეთოდური კომპიუტერული ამოცანები
მიკროკონტროლერის მუშაობის პრინციპის შესწავლაზე

გვალია თ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ნაშრომში განხილულია AVR მიკროკონტროლერების დაპროგრამების და მისი პრაქტიკული გამოყენების სწავლების მეთოდოლოგია სასწავლო ლაბორატორიებში, პროგრამატორი 51 MCU - ს გამოყენებით. მაგალითისთვის განხილულია მიკროკონტროლერ STC89C52RC -ს დაპროგრამება გარემოს ტემპერატურის გაზომვისთვის. მოცემულია პროცესის ელექტრული სქემა პროგრამა Proteus 8 - ში. შესაბამისი ილუსტრაციებით აღწერილია მიკროკონტროლერის დაპროგრამების მეთოდოლოგია .

1968 წელს მურმა და ნოისმა შექმნეს ფირმა Integrated Electronics შემოკლებით Intel, რომელიც ძირითადად განკუთვნილი იყო მეხსიერების დამუშავებისა და წარმოებისთვის. მაგრამ ამ ფირმის ყველაზე პოპულარული ნაკეთობა აღმოჩნდა პირველი მოწყობილობა, რომლის დამუშავებაც თავდაპირველად განკუთვნილი იყო ჩვეულებრივი კალკულატორის პროექტირების დამატებით ეტაპად. მათ ჭირდებოდათ 12 ინტეგრალური სქემა ახალი, იაფი კალკულატორის ძირითად ელემენტად. მაგრამ ინჟინრები მალე მიხვდნენ, რომ პროგრამირებადი კალკულატორების შექ-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

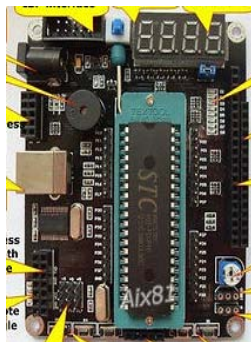
მნის ნაცვლად სჯობდა დამზადებულიყო კომპიუტერი, რომელიც პროგრამირებული იქნებოდა კალკულატორად მუშაობისთვის. შემდგომი კვლევების შედეგად შეიქმნა პირველი 4 ბიტის ცენტრალური პროცესორი (ცპ) 4004, რომელიც შედგებოდა 2300 ტრანზისტორისგან და მუშაობდა 108 კპც ტაქტურ სიხშირეზე. ხოლო 1971 წლის 25 ნოემბერს გამოცხადდა, რომ შეიქმნა პირველი მიკროპროცესორი (მპ).

მპ 4004 პირველად გამოიყენეს საგზაო შუქნიშნების მართვაში და სისხლის ანალიზატორებში. ეს მიკროპროცესორი გამოყენებულია საკლანკათშორისო ზონდი Pioner – 10 -ს საბორტო სისტემაში, რომელიც გაშვებული იქნა 1972 წ-ს და როგორც ჩანს ახლაც მუშაობს. 2001 წ-ს მისი დაშორება დედამიწიდან 11,78 მლრდ კმ-ია.

დღეისათვის ფართოდ არის გავრცელებული კომპანია Atmel-ს მიერ დამუშავებული სხვადასხვა ტიპის და მოდიფიკაციის AVR მიკროკონტროლერები. AVR მიკროკონტროლერების ძირითადი ორი უპირატესობა სხვა მოდელებთან შედარებით ასეთია. პირველი ის, რომ ამ მიკროკონტროლერების დაპროგრამება შესაძლებელია C ენაზე და მეორე ის რომ, AVR მიკროკონტროლერებისთვის გამოიყენება კონვერტირებადი სისტემა, ანუ მათთვის არ არსებობს სამანქანო ციკლის ცნება. ბრძანებების უმრავლესობა სრულდება ერთ ტაქტში.

იმითვის, რომ მიკროკონტროლერი გამოყენებული იქნას სხვადასხვა სახის ამოცანების შესრულებისთვის, საჭიროა მოხდეს მისი დაპროგრამება შესაბამისი პროგრამებით, რომელსაც პრაქტიკულად ახორციელებს სპეციალური ხელსაწყო პროგრამატორი.

სტუდენტებისთვის უფრო ნათელი გახდეს მიკროკონტროლერების დაპროგრამების პროცესი. ჩვენს სასწავლო ლაბორატორიაში გამოყენებული იქნა პროგრამატორი 51 MCU (51/AVR მიკროკონტროლერის ბაზაზე აწყობილი win7 სისტემის სატრანსპორტო საშუალებათა უსადენო მართვის მოწყობილობა.) (ნახ.1.ა.) მიკროკონტროლერი STC89C52RC - ს ბაზაზე.



ა



ბ

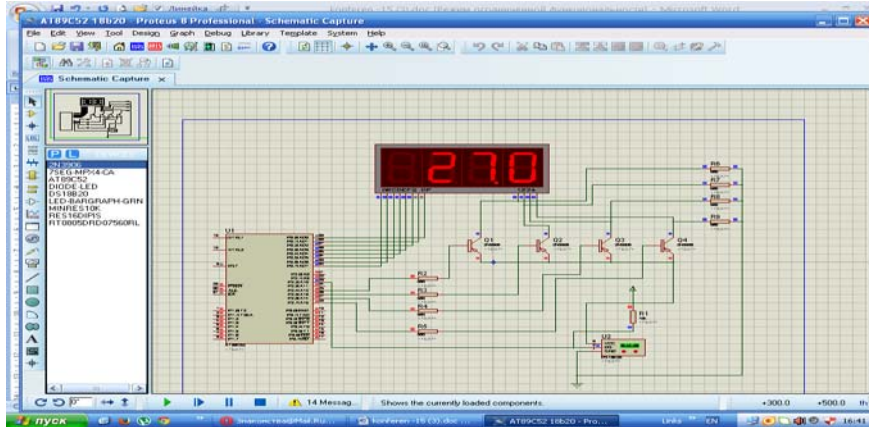


გ

ნახ. 1.

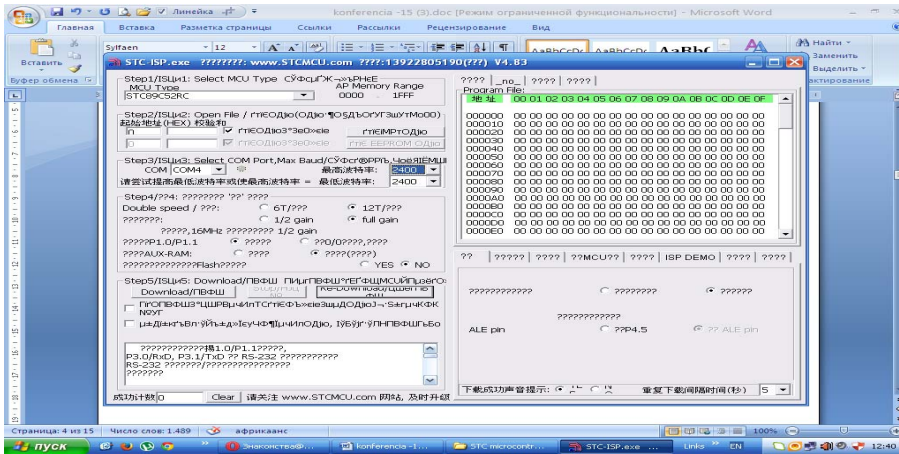
მაგალითისთვის ჩვენ განვიხილავთ მიკროკონტროლერის დაპროგრამების პროცესს გარემოს ტემპერატურის გაზომვისთვის. ამისთვის გამოყენებულია ტემპერატურის გადამცემი 2PCS IC DS18B20 TO-92. (ნახ.1 ბ.) რომელიც მაგრდება ხელსაწყო სპეციალურ ბუდეში. პროგრამა დაწერილია C – ენაზე, პროგრამირების ინტეგრირებულ გარემო Keil 5 - ში.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

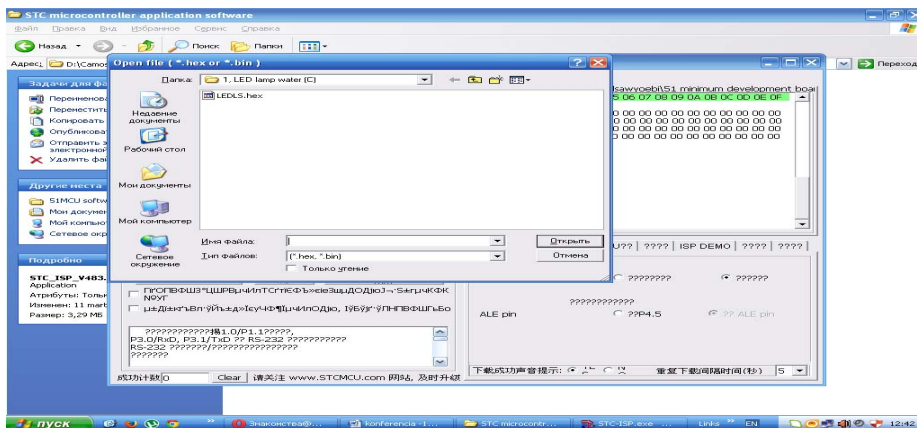


ნახ. 2.

ნახ. 2 - ზე მოცემულია ამ პროცესის აღმწერი ელექტრული სქემა, რომელიც შესრულებულია კომპიუტერული პროგრამა **Proteus 8** - ს საშუალებით.



ნახ.3.



ნახ.4

მიკროკონტროლერში პროგრამის ჩატვირთვის პროცესი ასეთია: კომპიუტერთან პროგრამატორის USB კაბელით შეერთების შემდეგ გავხსნით **STC_ISP_V483** ფაილს. რომელზეც დაწკაპუნების შედეგად გამოვა ფანჯარა. (იხ. ნახ.3.) მასში მივუთითებთ წინასწარ დაწერილი „ტემპერატურის გაზომვის პროგრამის“ **HEX** - ფაილს (იხ. ნახ. 4) და გავხსნით მას. ამით მოვახდენთ პროგრამის „დატყეხვას“, ანუ მივცემთ მანქანურ კოდს, რომლითაც ხდენა მიკროკონ-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

ტროლერის უშუალო დაპროგრამება. ამის შემდეგ დავაწკაპუნებთ იმავე ფანჯარაში დილაკზე **Download**, ხმოვანი სიგნალის მიღების შემდეგ ჩავრთავთ ხელსაწყოს დილაკს და დავიწყებთ მიკროკონტროლერის დაპროგრამებას. პროცესის დამთავრებას კვლავ ხმოვანი სიგნალი გვაუწყებს. ამით მთავრდება მიკროკონტროლერის დაპროგრამების პროცესი.

ჩვენს მიერ აღწერილი მეთოდის განხორციელების შემდეგ პროგრამატორის დისპლეიზე აინთება ოთახის ტემპერატურის გაზომვის შედეგი. (იხ. ნახ. 1. გ.)

ასეთი მეთოდით სასწავლო ლაბორატორიაში სტუდენტები დააპროგრამებენ მიკროკონტროლერს სხვადასხვა ამოცანების შესასრულებლად.

ლიტერატურა

1. Шпак Ю. А. Программирование на языке С для AVR и PIC Микроконтроллеров AVR . Киев: „МК – Пресс“, 2006. 392 с.
2. Шпак Ю. А. Приложение к книге программирование на языке С для AVR и PIC Микроконтроллеров AVR. Киев: „МК – Пресс“, 2006. 125 с.
3. გვალია თ. მიკროპროცესორული სისტემები და მათი დაპროგრამება C ენაზე (საღეჭციო და პრაქტიკული კურსები). ქუთაისი: აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 2013 . 239 გვ.

THE TRAINING-METHODOLOGICAL COMPUTER-BASED PROBLEMS ON STUDYING THE OPERATING PRINCIPLES OF MICROCONTROLLER

T. Gvalia

Akaki Tsereteli State University

Summary

The paper dwells on the methodology for the study of programming the AVR microcontrollers and their practical use in the university laboratories by using 51 MCU programming unit (51/AVR MCU Minimum Wireless Intelligent Vehicle Control Development Board win7). As an example, there is considered the programming of STC89C52RC microcontroller for measuring the ambient temperature. There is also given the process electric circuit in Proteus 8 software, and through the relevant illustrations there is described the microcontroller programming technique.

სიტყვა-კონცეპტის სხვადასხვა მნიშვნელობათა ალბათური შერჩევა-კომბინირება და პროგნოზირება

კაკაბაძე ა., კუპატაძე თ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომი ეხება სიტყვის ინფორმაციული პოტენციალის გამოვლენას, ანუ მისი სამეტყველო რეალიზაციის ილუსტრირებას ნაშრომში, როგორც სინამდვილის ტექსტადქმნალობის ურთულეს პროცესს.

ენათმეცნიერება, რომელიც შეისწავლის ენის ერთეულებისა და სხვადასხვა ფორმათა ფუნქციონირებას, ნაკლებად ამახვილებს ყურადღებას ენის სისტემისათვის დამახასიათებელ ისეთ არსებით თვისებებზე, როგორებიცაა ენის ერთეულის სემანტიკური უსაზღვრობა, სიტყვა-კონცეპტის სხვადასხვა მნიშვნელობათა ალბათური შერჩევა-კომბინირება და პროგნოზირება, სიტყვის ინფორმატიულობის ხარისხის ცვალებადობა, მკითხველის

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ადაპტაცია სიტყვასთან და შესაბამისად სიტყვის შინაარსთან. ერთ-ერთ სტატიაში ლ. კლაინროკი წერს: „проявляется сглаживающий эффект больших популярный изящным воплощением которого является пакетная коммутация” [1]. ცხადია ამის პირდაპირი თარგმანი დაუშვებელია, რადგან მკითხველისთვის არაფრის მთქმელია გაუთოების ეფექტი. მართებული იქნება მისი შემდეგნაირი თარგმნა: დიდი პოპულაციების მოსწორების ეფექტი, რომლის დახვეწილ განსახიერებას წარმოადგენს პაკეტური კომუტაცია.

ტექნიკური რევოლუციის შედეგებმა და განსაკუთრებით სატელეკომუნიკაციო სფეროში წინა პლანზე გადმოიტანა, უმჯობესია ვთქვათ, რომ შექმნა მკაფიო მიზეზი, ენობრივი ერთეულის შესწავლისა, სხვადასხვა კულტურათა შეპირისპირების ფონზე, შემეცნებითი მეთოდებით. „რა ენა წახდეს ერი დაეცეს”, ილია ჭავჭავაძის ეს სიტყვები შეგვიძლია მივუსადაგოთ დღევანდელ რეალობას. ყველა სფეროში მკვიდრდება ახალი ტერმინები, რომლების სრულიად შეუსაბამოა ჩვენი სალიტერატურო ენისთვის, არავითარი აზრის გამომხატველი არ არის. ძირითადად ვიცით თუ რას ნიშნავს მოცემული სიტყვა კონტექსტში, მაგრამ ცალკე აღებული ეს სიტყვა ხშირად გაუგებარი რჩება. ამის თქმის უფლებას გვაძლევს სკოლაში ჩატარებული ცდის შედეგები. სამიზნე ჯგუფს წარმოადგენდნენ 13-15 წლის თინეიჯერები. კვლევაში მონაწილეობა მიიღო 21 მოსწავლემ, აქედან 12 გოგონა და 9 ვაჟი. სამიზნე ჯგუფს დაურიგდა ინტერნეტ სივრცეში გავრცელებული ის ინგლისური ტერმინები, რომლებსაც ისინი ქართულად კომუნიკაციის დროს ხშირად იყენებენ. 19 გამოკითხულიდან 15 არ იცოდა სრულად ამ სიტყვების მნიშვნელობა.

სიტყვის ინფორმატიული პოტენციალის სიღრმისეული შესწავლა გვთავაზობს ტექსტის შინაარსის წარმოქმნისა და სტრუქტურული ორგანიზების ისეთ ძირითად პრინციპს, როგორცაა თვითრეგულირებადი ორგანიზების პრინციპი, როდესაც სიტყვის ინფორმაციული პოტენციალი მოიცავს ტექსტის, როგორც ერთ მთლიან კონსიდირებულად შეკუმშულ სტრუქტურულ კოდს, რომელიც იქცევა ამ ტექსტის შინაარსის სიმბოლოდ. განვიხილოთ რიგი ტერმინები და ვნახოთ თუ რამდენად გასაგები იქნება მკითხველისთვის ისინი თუკი მათ ქართული შესატყვისით ჩავანაცვლებთ:

კლასტერი- არის გარკვეული შემადგენლობის გროვა, სადაც ცალკეულ შემადგენელ ელემენტებს აქვთ სხვა თვისებები, ხოლო ჯგუფს სხვა თვისება. თუ დავტოვებთ კლასტერს, სტუდენტს უნდა განუმარტოთ, რომ ეს არის მოთხოვნის საინფორმაციო წყაროების ჯგუფი, რომელსაც უნდა მოემსახუროს სატელეკომუნიკაციო სისტემა და აქ გვესაჭიროება ტერმინი, ან სიტყვათა ერთობლიობა, რომელიც მიუთითებს, რომ კლასტერში შემავალი ცალკეული მოთხოვნის წყაროები გარკვეულ ხასიათს ამჟღავნებენ, ხოლო მთელი გუნდი განსხვავებული ხასიათის ხდება.

კლიენტი- ლექსიკონში განმარტებულია, როგორც კლიენტი, ჩვენს სახელმძღვანელოებში, კონსპექტებში და სამეცნიერო საქმიანობაში სიტყვა „კლიენტი” არავითარ შინაარსს არ ატარებს, ამიტომ სწორია, როდესაც ვი-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ყენებთ სიტყვას „მომხმარებელი“, ვინაიდან მის მიერ „მოხმარება“ დაკავშირებულია მის აქტიურობასთან სატელეკომუნიკაციო ქსელში, სადაც მოვლენას აქტიური/პასიური განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება.

@ - ნიშანი, რომელიც შემოკლებული ვარაზიტია „at“ სიტყვისა, რომელიც ქართულში „თან“, „ში“ თანდებულება. გამოხატავს, რომ გარკვეულ ვებ-გვერდში გახსნილია უნიკალური მისამართი. მართებული იქნება თუ ვიტყვი ჩემი ელექტრონული ფოსტის მისამართს შემდეგნაირად, მაგალითად, anakakabadze yahoo com-ში. რუსულ ლიტერატურაში ის დამკვიდრებულია, როგორც „сочака“, @- ნიშნის ძაღლთან მიმსგავსების გამო. დამახინჯებულად პირდაპირ ითარგმნა ქართულში, როგორც „ძაღლუკა“. ეს შესატყვისი ტერმინი კი დიდი მოცულობით გვხვდება ქართულ ენაში.

Host – ინგლისური სიტყვიდან მომდინარეობს, მეპატრონე, რომელიც ღებულობს სტუმრებს ანუ იგივე მასპინძელი. ქსელის კვანძში ხშირად Host-ის ქვეშ იგულისხმება ნებისმიერი კომპიუტერი, სერვერი, ჩართული ლოკალური ან გლობალური ქსელში. ეს სიტყვა თავისთავად წარმოადგენს ჟარგონულ ტერმინს და არ იძლევა არავითარ ინფორმაციას მოწყობილობისა და მისი ფუნქციონირების შესახებ. სიტყვა Host –ის გამოყენებას აზრი აქვს მხოლოდ მის გამარტებასთან ერთად. უმჯობესი იქნება თუკი მაგალითად, Host სერვერის ნაცვლად ვიტყვი მასპინძელ სერვერს.

როდესაც რაიმე სტრუქტურა შედგება მთლიანი სტრუქტურის მსგავსი ნაწილებისგან, მას ფრაქტალური სტრუქტურა ეწოდება. მაგალითად, ტონა წყალი, კასრი წყალი და წვეთი წყალი შეიძლება წარმოდგენილი იქნას წყლის ერთი და იგივე ქიმიური ფორმულით. ტელეკომუნიკაციაში ასეთი ფრაქტალური პროცესები სტოქასტურია. მაგალითად, ქსელში თუ შესწავლილია ბიტების ნაკადის ხასიათი და ეს ბიტები გარკვეულ ეტაპზე პაკეტების ნაკადად აგრძელებს გადაცემას, ფრაქტალურობის აღიარების საფუძველზე, შეიძლება პაკეტების ნაკადის შესწავლითვის იგივე წესები გამოვიყენოთ, რაც სამართლიანია ბიტების ნაკადისთვის. ფრაქტალურობისთვის იყენებენ სიტყვებს: ინგლისურენოვან ლიტერატურაში- self-similarity; რუსულენოვანში- саманаодннннн. ქართულენოვანში უნდა იყოს თვითმსგავსი, რაც არ არის გავრცელებული, ვინაიდან ასეთი საკითხებით ჯერ-ჯერობით მკვლევართა მხოლოდ ვიწრო წრეა დაინტერესებული.

ქვემოთ ჩამოთვლილ ნეოლოგიზმებს ქართულ ენაში მოეპოვებათ ბადალი სიტყვები, მაგრამ იშვიათად თუ იყენებენ მათ ქართულ შესატყვისებს.

Upload- ატვირთვა

Download- ჩამოტვირთვა

Save- შენახვა

Log out- გამოსვლა

Link- საბმული

Refresh- განახლება

Share- გაზიარება

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

- Print- ბეჭდვა
- Install- დაყენება
- Restart- ხელახლა დაწყება
- Email- ელექტრონული ფოსტა
- Search- ძებნა
- Inbox- ელექტრონული საფოსტო ყუთი
- Desktop- სამუშაო მაგიდა
- Password- კოდი, პაროლი

ტერმინთა დამკვიდრებისას ქართულ ენაში უნდა მოხდეს შემდეგი საკითხების გათვალისწინება:

1. არის თუ არა მისი ბადალი ქართულ ენაში;
2. რა შინაარსის გამომხატველია ორიგინალში და ჩვენში;
3. რამდენად სწორად არის ქართულ ენაში დამკვიდრებული გრამატიკული ნორმების დაცვით.

ამრიგად, ტერმინი ქართული სიტყვებით, ნათლად უნდა გადმოგვცემდეს იმ გააზრებას, რის გამოსახატავადაც დედანის სიტყვებია მოწოდებული. ყველა სხვა შემთხვევაში ვიყენებთ ტერმინს უცხოური სიტყვებით. თუ მოცემებით სიტყვასიტყვით შესაბამის თარგმანს, ისინი ვერ იქნებიან გამოყენებული, რაიმე გარკვეულის, გამიზნულის გამოსახატავად.

ლიტერატურა:

1. Клайнрок Л. Принципы и уроки пакетной связи //ТИИЭР, 1978, т.66, №11, с.30-42.

PROBABILITY SELECTION-COMBINING AND PREDICTION OF THE DIFFERENT MEANING OF THE WORD-CONCEPT

Kakabadze A.*, Kupatadze T.
Georgian Technical University

Summary

The goal of this work is to express informational potential of the word, Illustrate its correct realization. It's a very hard process to express correct reality by word.

სატრანსპორტო ქსელების ორბანიზების თავისებურებები
მობილური კავშირის LTE სისტემებისათვის

მურჯიკნელი გ., მურჯიკნელი გ.
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომში განხილულია ძირითადი მოთხოვნები სატრანსპორტო ქსელების მიმართ, რომლებიც მათ წაყენებათ LTE ტექნოლოგიაზე დაფუძნებული მობილური კავშირის ქსელების აგებისათვის. გაანალიზებულია ამ მოთხოვნების დაკმაყოფილების შესაძლებლობა და შემოთავაზებულია მადაღეფექტური სატრანსპორტო ქსელის ტოპოლოგია, რომელიც უზრუნველყოფს მათ მიმართ წაყენებული მოთხოვნების დაკმაყოფილებას.

LTE სისტემის არქიტექტურის თავისებურება იმაში მდგომარეობს, რომ იგი მთლიანად დაფუძნებულია IP ტექნოლოგიაზე და შესაბამისად ამისა მორგებულია

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

მონაცემების პაკეტურ ფორმატში გადაცემაზე. LTE სისტემის არქიტექტურის გამარტივებული ილუსტრაცია წარმოდგენილია ნახ.1-ზე. იგი შედგება ორი ძირითადი კომპონენტისაგან - Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) და Evolved Packet Core (EPC). E-UTRAN-ის დანიშნულებაა რადიოშეღწევადობის მართვა და უზრუნველყოფს მომხმარებლისა და მართვის სიბრტყეების მხარდაჭერას მომხმარებლის UE მოწყობილობისათვის (User Equipment). მომხმარებლის სიბრტყე არის პროტოკოლების ჯგუფი, რომელთა მიზანია ქსელში მომხმარებლის მონაცემების გადაცემის მხარდაჭერა, ხოლო მართვის სიბრტყე არის პროტოკოლების ერთობლიობა, რომელთა დანიშნულებაა მომხმარებლის მონაცემების გადაცემის კონტროლი და კავშირის მართვა UE-სა და ქსელებს შორის. ასეთი კავშირის მართვის ზოგიერთი ფუნქციაა: ჰენდოვერი, სერვისის დამყარება, რესურსების კონტროლი და ა.შ. E-UTRAN-ი მოიცავს საბაზო eNB სადგურებს (eNodeB-ებს). Evolved Packet Core (EPC) არის მობილური ქსელის ცენტრალური ნაწილი და მისი ძირითადი ფუნქციებია: მობილობის მართვა, პოლიტიკის მართვა და უსაფრთხოება. EPC მოიცავს MME-ს (Mobility Management Entity), S-GW-ს (Serving Gateway-ს) და P-GW-ს (Packet Data Network Gateway-ს). 3GPP არქიტექტურასთან შედარებით, ამ ახალ არქიტექტურას აქვს ნაკლები კვანძები და აქედან გამომდინარე უფრო ნაკლებია მომხმარებლის სიბრტყის ინფორმაციის დაგვიანება. თუმცა ეს თავის მხრივ გულისხმობს eNB-ს მიერ მომხმარებლის სიბრტყის დამატებითი ფუნქციების შესრულებას, რასაც ტრადიციულად არ ასრულებდა საბაზო სადგური, მაგალითად, როგორცაა დაშიფვრა. ორივე, E-UTRAN და EPC LTE-ში პასუხისმგებელი არიან მომსახურების ხარისხის (QoS) კონტროლზე.

სპეციფიკაციაში განსაზღვრულია ორი მთავარი ინტერფეისი სხვადასხვა LTE ობიექტებს შორის კავშირის უზრუნველსაყოფად - S1 და X2. X2 ინტერფეისი უზრუნველყოფს საბაზო eNB სადგურებს შორის კავშირს და გამოიყენება მომხმარებლისა და მართვის-სიბრტყეების ინფორმაციის გადასაცემად. მისი საშუალებით ხორციელდება eNB-ებს შორის ჰენდოვერის ინფორმაციის, გაზომვითი და ხელშეშლების კოორდინაციის შეტყობინებების, დატვირთვის გაზომვების, eNB-ების კონფიგურაციის პარამეტრების გაცვლა და მომხმარებლის მონაცემების გადაგზავნა. S1 ინტერფეისი გამოიყენება eNB-ების და EPC-ს შემადგენელ MME-ს ან S-GW კვანძებთან დასაკავშირებლად. eNB-სა და S-GW-ს შორის ინტერფეისს ეწოდება S1-U და გამოიყენება მომხმარებლის ინფორმაციის გადასაცემად, ხოლო ინტერფეისს eNB-სა და MME-ს შორის ეწოდება S1-MME ინტერფეისი და ის გამოიყენება მართვის სიბრტყის ინფორმაციის გადასაცემად.

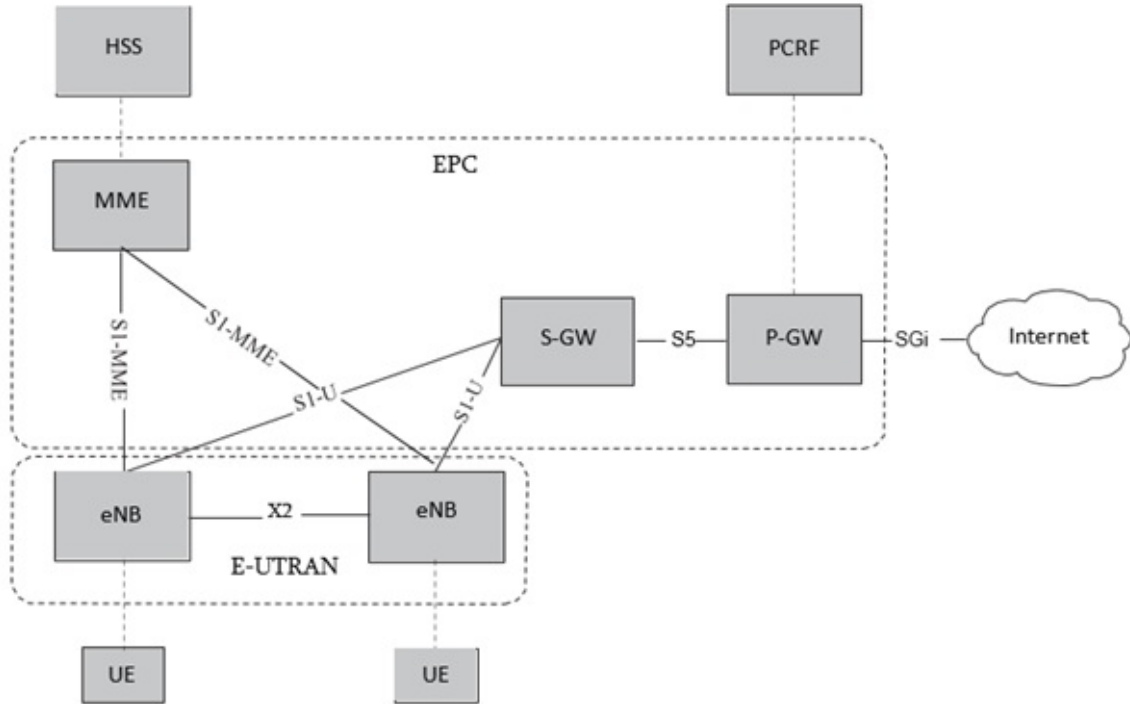
მართვის სიბრტყის ინფორმაციის მაგალითებია: მობილობის მხარდაჭერა, პეიჯინგი, მონაცემების მომსახურების მართვა, ადგილმდებარეობის მომსახურება და ქსელური მომსახურება [1, 2].

LTE ტექნოლოგიის ზეგავლენა სატრანსპორტო ქსელებზე

LTE ტექნოლოგიის საშუალებით მიიღწევა მობილური ფართოხოლოვანი მომსახურების სრულიად ახალი ხარისხი - 100 მბ/წმ-ზე მაღალი სიჩქარე და დაყოფნება არაუმეტეს 20 მლ/წმ-ისა (ეს მონაცემები შეესაბამება ფიქსირებული კავშირის შემთხვევას). მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ LTE ტექნოლოგიის რადიო ნაწილისა და ცენტრალური ნაწილის უზარმაზარი პროგრესიც კი ვერ მოგვცემს მაღალ შედეგს, თუ მათი დამაკავშირებელი სატრანსპორტო არქიტექტურა ვერ დააკმაყოფი-

**საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

ლებს ქსელის მუშაობის შეფასების იმ საკვანძო ინდიკატორებს (KPI), რომლებიც საჭიროა ასეთი მაღალი მაჩვენებლების შესათავაზებლად.



ნახ.1. LTE სისტემის არქიტექტურა

არსებობს შეხედულება, რომ პაკეტურ-გადაცემაზე დაფუძნებულ სატრანსპორტო ქსელს შეუძლია ამ მოთხოვნების დაკმაყოფილება. მაგრამ, ამასთან ერთად უნდა აღინიშნოს, რომ ჯერ კიდევ არსებობს ტრანსპორტირებასთან დაკავშირებული რამდენიმე გადაუჭრელი საკითხი და მათი გადაწყვეტა უნდა იძლეოდეს პასუხებს შემდეგ კითხვებზე:

- როგორ უნდა ვუზრუნველყოთ მომხმარებლის გამოცდილება? გამტარუნარიანობისა და დაყოვნების რა მნიშვნელობებია სავალდებულო და როგორ უნდა მივაღწიოთ მათ?
- როგორ მოვახერხოთ ამ მიზნის რენტაბელური რეალიზება და როგორ შევამციროთ თითო ბიტზე მოსული ხარჯი?
- რა არის ტრანსფორმაციის სწორი სტრატეგია? რა არის ოპტიმალური გამიზნული არქიტექტურული გადაწყვეტა და როგორ მივაღწიოთ მას?

ამ ნაშრომში ჩვენ ძირითადად ყურადღებას გავამახვილებთ პირველ შეკითხვაზე და განვიხილავთ LTE-სათვის საჭირო შესაძლებლობის მქონე სატრანსპორტო ქსელისადმი მოთხოვნებს, კერძოდ, სატრანსპორტო ქსელში სიგნალების გავრცელებისას დროით თანაფარდობებთან დაკავშირებულ პრობლემებს. მათგან უმნიშვნელოვანესია ტერმინალიდან ინფორმაციის შემცველ სერვერამდე ინტერნეტში და პირიქით პაკეტების მიმოცვლის დროითი დაყოვნება. ეს დაყოვნება შედგება რამდენიმე კომპონენტისაგან:

1. სისტემისათვის დამახასიათებელი დაყოვნება, რომელიც დამოკიდებულია გამოყენებულ რადიოტექნოლოგიაზე, მარშრუტიზატორებზე და ა.შ.);
2. დამატებითი დაყოვნებები, რომლებიც სატრანსპორტო ქსელში წარმოიქმნება საკომუნიკაციო მომსახურების პროვაიდერის ქსელსა და ინტერნეტს შორის კავშირისას;

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

3. დრო, რომლის განმავლობაშიც ხდება იმ სერვერთან დაკავშირება, რომელზეც მოთხოვნილი სერვისია გაშვებული;

4. რიგითობით განპირობებული დაყოფნება ქსელის სხვადასხვა კვანძებში, თუ არსებობს რაიმე გადატვირთულობა.

საკომუნიკაციო მომსახურების პროვაიდერების გადმოსახედიდან არსებობს ამ დაყოფნების ორი კომპონენტი. პირველი მათგანი გამოწვეულია ოპერატორის ქსელით და ეს არის დრო, რომლის განმავლობაშიც ხდება მომხმარებლის ტერმინალსა და ოპერატორის ინტერნეტთან დამაკავშირებელ მარშრუტიზატორს შორის მონაცემების მიღება-გადაცემა (RTT). საკომუნიკაციო მომსახურების პროვაიდერს შეუძლია ამ დაყოფნებაზე ზეგავლენა და მისი მინიმიზაცია. მეორე კომპონენტი არის დრო, რომლის განმავლობაშიც ხდება მონაცემის გაგზავნა-მიღება ამ მარშრუტიზატორიდან სასურველ სერვერამდე, და საკომუნიკაციო მომსახურების პროვაიდერს არანაირი პირდაპირი გავლენა არ აქვს ამ პროცესზე [3, 4].

რადიოტექნოლოგიისათვის დამახასიათებელი დაყოფნება

LTE-ს რადიოტექნოლოგიაში დაყოფნების მაჩვენებელი (ყველა გადაცემა-მიღების დროს) შემცირებულია 20 მწმ-მდე. ნაცვლად 60 მწმ-სა წინა HSPA ტექნოლოგიისა.

აღსანიშნავია, რომ ამ მნიშვნელობაში გათვალისწინებულია დაყოფნების მხოლოდ რადიო და ბირთვული კომპონენტები. უგულვებელყოფილია ის ფაქტი, რომ ფიზიკურ სატრანსპორტო არხს შეუძლია მნიშვნელოვანი ზეგავლენა მოახდინოს საერთო დაყოფნებაზე. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, LTE-ის მიერ დაპირებული მცირე დაყოფნების განხორციელება მომხმარებლისათვის შესაძლებელია მხოლოდ იმ შემთხვევაში თუ ნახსენები სატრანსპორტო არხიც უზრუნველყოფს მცირე დაყოფნებას [3, 4].

დაყოფნება სატრანსპორტო ქსელში

ელექტრომაგნიტური ტალღის გავრცელების სასრულო სიჩქარე (სინათლის სიჩქარე) განაპირობებს მონაცემის გადაცემა-მიღების დაყოფნებას 1 მწმ-ით ყოველ 300 კმ-ზე. აქედან ჩანს, რომ სატრანსპორტო ქსელის ტოპოლოგია ზეგავლენას მოახდენს მთლიან დაყოფნებაზე.

პაკეტური გადაცემის მოწყობილობებში ადგილი აქვს ბუფერულ და რიგითობის დაყოფნებას (რიგის ორგანიზებით გამოწვეული დაყოფნება). პაკეტური სატრანსპორტო სისტემები იყენებენ რამოდენიმე ბუფერულ და რიგითობის მექანიზმებს, ყველა მათგანი ქმნის დაყოფნებას. არხის სწორად დაგეგმარება ამ ეფექტის მინიმიზაციას ახდენს.

გადაცემის პროცესით განპირობებული დაყოფნება: მონაცემთა პაკეტს განსაზღვრული დრო სჭირდება გადასაცემად და ეს დრო დამოკიდებულია კავშირის სიგრძესა და გამტარუნარიანობაზე. დიდი ზომის პაკეტებისათვის დაყოფნება შეიძლება გაგრძელდეს რამდენიმე მწმ-მდე ტრაქტის დაბალი გამტარუნარიანობის დროს [4].

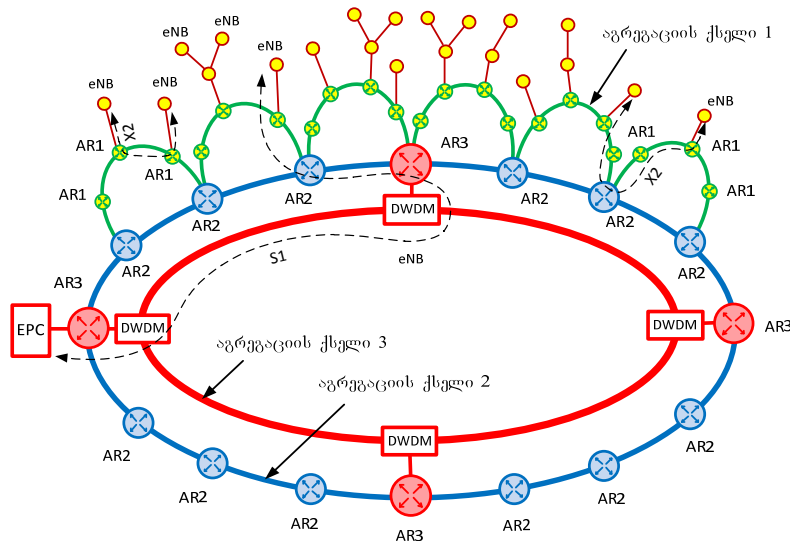
სატრანსპორტო ქსელის ტოპოლოგია LTE ქსელისათვის

მობილური კავშირის ქსელის საჭიროებისათვის ჩვენს მიერ დამუშავებულ იქნა სატრანსპორტო ქსელის ტოპოლოგია, რომელიც უზრუნველყოფს საბაზო eNB სადგურებიდან პაკეტური ქსელის ცენტრალურ EPC ნაწილამდე მონაცემების გადაცემას შემცირებულ დროში. მისი აგების პრინციპი ეფუძნება 4-შრიანი არქიტექტურის გამოყენებას, რაც იძლევა საშუალებას ნებისმიერი საბაზო სადგურიდან ქსე-

**საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

ლის ცენტრალურ ნაწილამდე ინფორმაციის გავლა მოხდეს შედარებით მცირე რაოდენობის რუტერების გავლით და თავიდან იქნას აცილებული ამ უკანასკნელეებით განპირობებული დამატებითი დაყოვნებები (იხ. ნახ. 2).

წარმოდგენილი სატრანსპორტო ქსელი შედგება სამი აგრეგაციის ქსელისგან და სადგურების მომსახურების ქსელისგან. აგრეგაციის ქსელი-1 ახორციელებს მომსახურების ქსელიდან შემოსული პაკეტების ნაკადების გაერთიანებას მისი შემადგენელი AR1 აგრეგაციის რუტერების საშუალებით. ნაკადების აგრეგაციის მომდევნო ეტაპი რეალიზდება აგრეგაციის ქსელ-2-ში ჩართული შედარებით მაღალი წარმადობის AR2 რუტერების საშუალებით. ნაკადების აგრეგაციის ბოლო - მესამე ეტაპი ხორციელდება უმაღლესი სწრაფქმედების აგრეგაციის AR3 რუტერების საშუალებით, რომლებიც ერთმანეთთან და ცენტრალურ საპაკეტო ქსელთან დაკავშირებულია ტალღის სიგრძის მიხედვით დაყოფით შემკვრივებული მულტიპლექსირების DWDM ალტურვილობის გამოყენებით. DWDM მოწყობილობის მთავარი უპირატესობა იმაში მდგომარეობს, რომ ტალღის სიგრძეების ფართო დიაპაზონის შესაძლებელია ჯგუფური ოპტიკური გამაძლიერების გამოყენება, და ერთმანეთისაგან დიდ მანძილზე განლაგებული AR3 რუტერების წრედებში არ არის საჭირო რეგენერატორებისა და დამატებითი რუტერების ჩართვა. ასევე,



ნახ.2. სატრანსპორტო ქსელის 4-შრიანი ტოპოლოგია

თითოეული AR3 რუტერისათვის შესაძლებელია DWDM-ის განსხვავებულ ტალღის სიგრძეებზე მომუშავე ტრაქტების გამოყენება, რაც უზრუნველყოფს ყველა მათგანიდან ცენტრალურ ინფორმაციის პარალელური მიმოცვლის შესაძლებლობას. ეს ორივე მომენტი განაპირობებს ზემოთ ჩამოთვლილი დაყოვნებების მნიშვნელოვნად შემცირებას და მიმოცვლის პროცესების მნიშვნელოვან დაჩქარებას. თითოეული აგრეგაციის ქსელის რუტერების ორი სხვადასხვა გზით ჩართვა ქსელში ამაღლებს სატრანსპორტო ქსელის საიმედოობას. რეალურ პირობებში ჩატარებულმა გაზომვებმა გვიჩვენა, რომ ერთმანეთისაგან არაუმეტეს 300 კმ-ით დაშორებული, 10 გბტ/წმ სიჩქარეზე მომუშავე AR3 რუტერების შემთხვევაში, პაკეტების გავლის დრო არ აღემატებოდა 2მწმ-ს.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ლიტერატურა

1. Ghosh A., Ratasuk R., Essentials of LTE and LTE-A, Cambridge University Press, 2011.
2. Dahlman E., Parkvall S., Skold J., 4G LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband, Elsevier Ltd. 2011.
3. Tabbane S., Evolution of communication technology from 2G to 4G LTE, 2013.
4. Nokia Siemens Networks - "LTE-capable transport: A quality user experience demands an end-to-end approach", 2011. www.nokiasiemensnetworks.com.

FEATURES OF THE ORGANIZATION OF TRANSPORT NETWORKS FOR MOBILE COMMUNICATION LTE SYSTEMS

Murjikneli Giorgi, Murjikneli Givi
Georgian Technical University

Summary

This paper focuses on the main requirements for transport networks, which are needed for building LTE technology-based mobile communication networks. It analyzes the opportunity to meet these requirements and finally offers high-performance transport network topology, which ensures to satisfy these requirements towards them.

მე-5 თაობის (5G) მობილური კავშირის სისტემებისა და ქსელების შემდგომი მდგრადობა და პერსპექტივა

ი. ცქვიტინიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ამჟამად მსოფლიოში მიმდინარეობს მობილური ფიჭური კავშირის ქსელების მე-4 თაობის (4G) ინტენსიური დანერგვა. ეს პირველ ყოვლისა LTE და LTE-Advanced ტექნოლოგიებია, მაგრამ ეს ტექნოლოგიები უკვე დღეს ვერ აკმაყოფილებენ მომხმარებელთა ზევისებურად მზარდი რაოდენობის მოთხოვნილებებს მათი ტრაფიკის მომსახურებაზე. გარდა ამისა იზრდება მოთხოვნილება ინფორმაციულ ურთიერთობებზე მანქანებსა და მოწყობილობებს შორის (M2M, D2D), ადამიანის ჩარევის გარეშე, თვით ორგანიზებადი სენსორული ქსელების შექმნაზე. ყოველივე ეს იწვევს ახალი მიდგომების გამოყენებებს 4G ქსელების შემდგომი განვითარებისაკენ. მოხსენებაში ჩამოყალიბებულია კონცეფტუალური მიდგომები 5G-ქსელების აგებისათვის. მოცემულია მათი მომავალი პარამეტრები, მახასიათებლები, ევოლუციური და რეგულაციური გარდაქმნების ხედვა და კრიტიკული ანალიზი. განსაკუთრებული ყურადღება გამახვილებულია კვლევებზე რადიო-ინტერფეისების შექმნის მიმართულებით.

მე-5 თაობის (5G) სტანდარტი არის მობილური კავშირის ტექნოლოგიების განვითარების ახალი ეტაპი, რომელიც უზრუნველყოფს ინდივიდუალურ მომხმარებელთა და მოწყობილობათა შედევვას ქსელებში ფაქტიურად მათი მოთხოვნილებების სრული დაკმაყოფილებით.

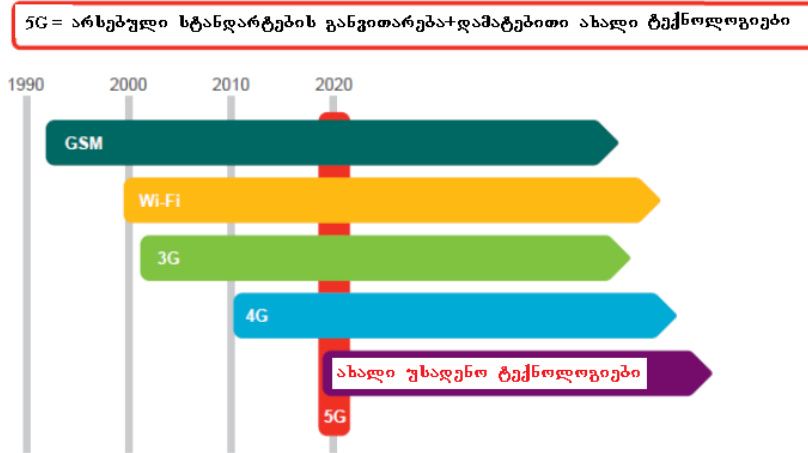
მობილური კავშირის ტექნოლოგიები ბოლო ათწლეულში გამოვიდნენ ბგერითი ტრაფიკის მომსახურების ჩარჩოებიდან და იქმნებიან ინფორმაციის მიმოცვლის ახალ-ახალი მეთოდები, ორიენტირებული ადამიანის, ბიზნესის ყოველდღიურ მოთხოვნილებაზე. ახალი ტიპის სამომხმარებლო მოწყობილობების გამოჩენამ (ნოუტბუკი, პლანშეტი, სმარტფონი), ინტერნეტ-მომსახურებით სარგებლობის გადაქცევამ ადამიანის საქმიანობის განუყრელ სფეროდ, გამოიწვია სატელეკომუნიკაციო ქსელებში ტრაფიკის ექსპონენციალური ზრდა. ასეთი უსწრაფესად მზარდი ტრა-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ფიკის მომსახურებისათვის საკმარისი არ აღმოჩნდა არსებული ტექნოლოგიების შესაძლებლობები და შესაბამისად ქსელების გამტარუნარიანობა, რამაც გამოიწვია მობილური კავშირის თაობების და ტექნოლოგიების ცვლა და ურთიერთდამატება (ნახ.1) [1].

მიღებულია, რომ მობილური კავშირის თაობები შეიცვალა ყოველ 10 წელიწადში. ასე, მაგალითად, გასული საუკუნის 80-იან წლებში შეიქმნა და ექსპლუატაციაში იყო ანალოგური 1G სისტემები და ქსელები, 90-იან წლებში ციფრულ 2G, XXI- საუკუნის პირველ ათწლეულში განხორციელდა 3G, მეორე ათწლეულში მიმდინარეობს სწრაფი გადასვლა 4G-ზე, 2020 წლიდან კი იგეგმება 5G – ზე თანდათანობითი გადასვლა.

მობილური ქსელებს განვითარებისა და მომხმარებელთა მოწყობილობების ახალ ნომეკლატურასთან ადაპტაციის პროცესში წაყვება ახალ-ახალი, ხშირად ერთმანეთისაგან ძალიან განსხვავებული მოთხოვნები. ამიტომ მიდგომა „ერთი ტექნოლოგია ყველასათვის“ შეუძლებელია ეფექტური იყოს მთლიანად საზოგადოების, ცალკეული მომხმარებლების, ბიზნესის მოთხოვნილებების დასაკმაყოფილებლად [2,3].



ნახ.1 მობილური კავშირის და ახალი უსადენო ტექნოლოგიების ინტეგრირება.

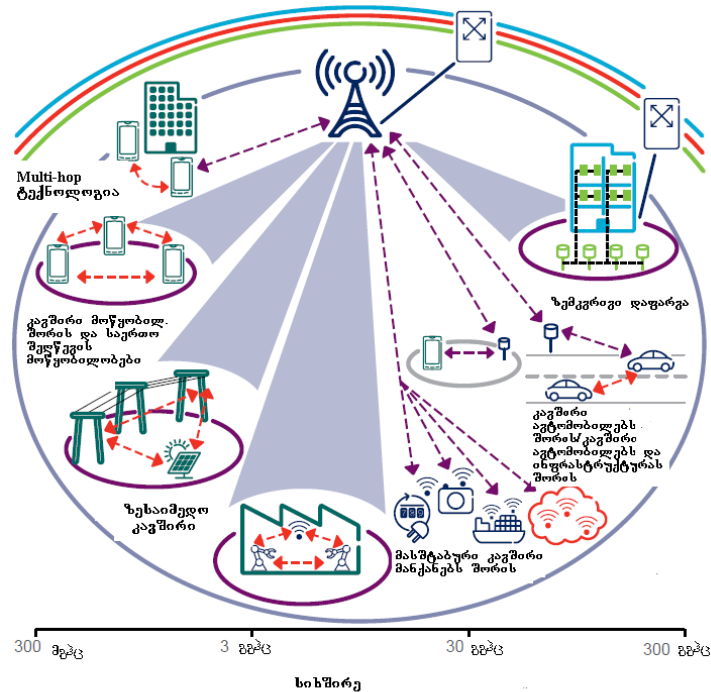
მობილური ტექნოლოგიები ვითარდება მაღალი მწარმოებლურობის (ეფექტურობის) მიღწევის მიმართულებით. რადიოშედწევის არსებული ტექნოლოგიების განვითარებასთან ერთად ჩნდება აქამდე უცნობი ახალი ტექნოლოგიები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ახალ მომსახურებებს, შეუძლებელს 3G და 4G – ტექნოლოგიებით. ამასთანავე შენარჩუნებულია არსებული და ახალი ტექნოლოგიების გამჭვირვალე ინტეგრაცია. ამის მაგალითია GSM, WiFi, 3G, 4G და WiMAX ტექნოლოგიების ინტეგრალური გამოყენების პერსპექტივა 2020 წლის შემდგომ პერიოდშიც (ნახ.1).

5G შეიძლება განხილული იქნას, როგორც რადიოშედწევის არსებული ტექნოლოგიების განვითარების შედეგი. მობილური ფართოხოლოვანი შედწევის არსებული ტექნოლოგიები HSPA და LTE შემდგომშიც ფართოდ განვითარდება და უზრუნველყოფენ 5G სტანდარტის საფუძვლის შექმნას. ამასთანავე ჩნდება ქსელების აგების ახალი სტანდარტები. კერძოდ, მცირე ფიჭების აგების სტრატეგია და მანქანებს, ხელსაწყოებს, ნივთებს შორის ურთიერთკავშირის სტრატეგია (ნახ.2).

ძალიან მაღალი სამომხმარებლო ტრაფიკის მომსახურებისათვის, მონაცემ-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

თა გადაცემის სისწრაფეების უზრუნველყოფისათვის ერთეული გბიტ/წმ და მეტი, კონკრეტულ ქსელებში შესაძლებელია ფიჭების ზემკვერივი განლაგების სცენარის გამოყენება. ასეთი ფიჭების საბაზო სადგურები იმუშავენ სისშირულ დიაპაზონში (10-100)გგჰც, რადიომიღწევის ახალი ტექნოლოგიების გამოყენებით.



ნახ. 2 სტანდარტი 5G - ტექნოლოგიები - გამოყენების და მოთხოვნების ფართო დიაპაზონი.

მომავლის მობილურ ქსელებში მომხმარებლებად ჩნდებიან ახალი ობიექტები – მანქანები, მოწყობილობები, სენსორული ელემენტები და სხვა, რომელთა რაოდენობამ 2020 წლისთვის შეიძლება მიაღწიოს 7 მილიარდს [4]. LTE და LTE-Advanced სტანდარტებს არ შეუძლიათ დააკმაყოფილონ ასეთი რაოდენობის მომხმარებლების ძალიან მაღალი მოთხოვნები, ამიტომ საჭიროა ალტერნატიული ტექნოლოგიების შექმნა (მაგალითად, დიდი შეზღუდვებით ენერგომომხმარების მიმართ, ინფორმაციის გავრცელების დროის მიმართ (<1 მწმ) და ა. შ.

5G – მობილური კავშირის შექმნა დაიწყო 2012 წელს სატელეკომუნიკაციო მოწყობილობების მსოფლიო წამყვანი მწარმოებლებისა და მობილური კავშირის ოპერატორების (Ericsson, Sumsung, Huawei, Vodafone და სხვ.) თაოსნობით. ამჟამად, 5G კონცეფციის შექმნაზე მსოფლიოში სპეციალიზებულია 3 სამეცნიერო კოლექტივი: ევროკომისიის (პროექტი METIS), სურეას (დიდი ბრიტანეთი) უნივერსიტეტის (პროექტი 5GIC) და კომპანია INTEL – ალიანსი (პროექტი – ISRA). პროექტის METIS (Mobile and communication Enable for the Twenty-twenty Information Society) დანიშნულებაა 5G მობილური და უსადენო კავშირების სისტემებისათვის საფუძვლის შექმნა. კერძოდ, არსებული ტექნოლოგიების ევოლუციისა და უსადენო კავშირის ახალი რადიო-ტექნოლოგიების შექმნა. გათვალისწინებულია 5G – ის კონცეფციის ფორმულირება, რომელიც უზრუნველყოფს საჭირო ეფექტურობას, უნივერსალურობას და მასშტაბურობას. პროექტის ფარგლებში შესწავლილი იქნება სისტემის მხარდამჭერი ძირითადი ტექნოლოგიური კომპონენტები, შეფასებული და ექსპერიმენტალურად დადასტურებული იქნება ძირითადი ფუნქციონალური მახასიათებლები.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

პროექტით 5GIC (5G Inovation Center) განსაზღვრულია 5G პროექტის კონცეფციის განვითარება სამი მიმართულებით:

- მონაცემების გადაცემის სისწრაფის გაზრდა 10 გგბიტ/წმ –მდე.
- ზემალაღი სიხშირის დიაპაზონის გამოყენება გამტარუნარიანობის გაზრდისათვის;
- ექსპლუატაციისათვის ოპერაციული დანახარჯების შემცირება;

პროექტი ISRA ძირითადი ამოცანებია:

- გამტარუნარიანობის მრავალჯერადი ამაღლება განუხრელად მზარდი მულტიმედია ტრაფიკის მომსახურების მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად;
- დამატებით მილიარდობით ახალი სამომხმარებლო მოწყობილობების ქსელთან მიერთების ამოცანის გადაწყვეტა.
- მომსახურების ხარისხის ადაპტაცია მომხმარებლების მიერ გამოყენებულ დანართებთან, ინფორმაციის გადაცემის მაქსიმალური ეფექტურობის მისაღწევად.

ევროკომისიის შეფასებებით, 5G პროექტის შექმნის წარმატებით დასრულებით, 2020 წლამდე მოითხოვება 27 მილიარდი ევროს ინვესტიციები, რაც ბიზნეს-ჩართულობის გარეშე შეუძლებელია. ამიტომ ამ პროექტში ფართოდ ერთვებიან ისეთი მსოფლიო სატელეკომუნიკაციო გიგანტები როგორებიცაა – ზემოთ დასახელებული Ericsson, Sumsung, Huawei და ასევე Alcatel-Lucent, Nokia, Deutsche Telekom, NTTDoCoMo, Telekom Italia, Intel და სხვა.

5G კონცეფციის შექმნასა და სამეცნიერო-კვლევით სამუშაოებში ფართოდ მონაწილეობენ სხვადასხვა ქვეყნების უნივერსიტეტები: სამხრეთ კალიფორნიის, ნიუ-იორკის, პრინსტონის, სტენდფორდის, ილიონისის, ტეხასის, კალიფორნიის (ლოს ანჯელესი), პერდიუს, კორნელიის, რაისის (ყველა აშშ), პომპეუ ფაბრას (ესპანეთი), მაკკოუსის (ავსტრალია) და სხვა.

ძირითადი მოთხოვნები, რომლებიც წაყვევება 5G სისტემებს და ქსელებს და რომელთა უზრუნველყოფა ვერ ხერხდება წინა თაობების (4G-ს ჩათვლით) ტექნოლოგიებით, შემდეგია:

- ზვავისებურად ზრდადი მობილური ტრაფიკის მომსახურება;
- შეერთებებიდან „ადამიანი-ადამიანი“ (H2H) გადასვლა შეერთებებთან - „მოწყობილობა-მოწყობილობასთან“ (D2D), „მანქანა-მანქანასთან“ M2M.
- ქსელების აგებაზე კაპიტალური დანახარჯების შემცირება წინა თაობების ქსელებზე დანახარჯებთან შედარებით და ეკონომიური ეფექტურობის ამაღლება საოპერაციო დანახარჯების შემცირებით.

5G – განვითარების გზაზე მნიშვნელოვანია გადაწყვეტილების მიღება თუ რა ხედვით მოხდება განვითარება – ევოლუციურით - LTE-Advanced – დან 5G – კენ თუ რევოლუციურით. დღეისათვის მიღებული გადაწყვეტილებების უმრავლესობა ემხრობა ევოლუციური განვითარების მიმართულებას, როგორც აქამდე იყო სხვა თაობების ცვლილებების პერიოდში. იმ განსხვავებით, რომ აქ ზრდის, გაუმჯობესების, ეფექტურობის ამაღლების ხარისხი ძალიან მაღალია, რაც ნათლად ჩანს მსოფლიო ვენდორული (მწარმოებელი) კომპანიების შეფასებებიდან, რომელთა აზრით 5G უნდა უზრუნველყოფდნენ:

- ქსელებით გადასაცემი მონაცემების მოცულობის ზრდას 1000-ჯერ (დღევანდელთან შედარებით) სპექტრული ეფექტურობის ამაღლებით, ახალი სიხშირული დიაპაზონის მოძიებით და ჰეტეროგენული ქსელების გამოყენებით;
- მობილური ქსელის კვანძებთან მიერთებული სააბონენტო მოწყობილობების რა-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ოდენობის გაზრდას 100-ჯერ და უფრო მეტად;

- გადაცემის სისწრაფის გაზრდას მომხმარებლისკენ/მომხმარებლისგან 100-ჯერ;
- მომხმარებელთა სააბონენტო მოწყობილობის მკვებავი კვების წყაროს მუშაობის ხანგრძლივობის გაზრდას 10-ჯერ;
- ჯაჭვში „საბოლოო მომხმარებელი – საბოლოო მომხმარებელი“ (end to end) და-ყოვნების (გაერცელების დრო) შემცირებას 1 მწმ-ზე ნაკლებ მნიშვნელობამდე (10 მწმ დაყოვნების დროსთან შედარებით LTE სისტემებში).

5G – განვითარების გზაზე მნიშვნელოვან ამოცანას წარმოადგენს სისშირულ რესურსებით უზრუნველყოფა.

ცხრილი 1

ტექნიკური მახასიათებლები	3G	HSPA+	LTE	LTE-A	5G
სისშირული ზოლი	5	5	20	100	100+
ფიჭის სპექტრალური ეფექტურობა ბიტ/წმ/ჰც	0,5	2	4	-8	10+
პიკური სიჩქარე მგბიტ/წმ	2	Doulink: 42; Uplink: 11	Doulink: 326; Uplink: 86	Doulink: 1000; Uplink: 375	Doulink: 10000+; Uplink: 5000+
დაყოვნება, მწმ	50	20	10	10	0,1-1

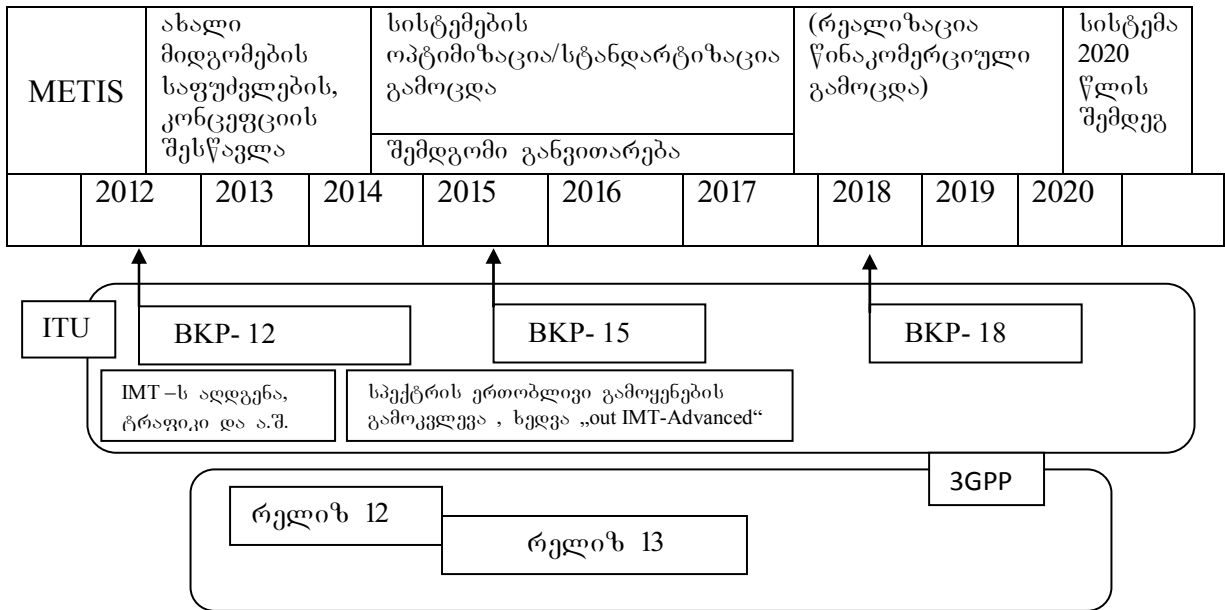
ცხრ.1 ნაჩვენებია გამოყენებული ტექნოლოგიების ძირითადი სისტემური მახასიათებლები და არხების გატარების ზოლები, როგორც არსებული სისტემებისთვის ასევე პერსპექტულობის. 5G – თვის საჭირო არხის გატარების ზოლი (>100 მჰც) შეიძლება შედგეს LTE – ტექნოლოგიის სისშირული არხების აგრეგირებით (გაერთიანებით) სპექტრული ეფექტურობის შეუცვლელად (ევოლუციური მიდგომა). რევოლუციური მიდგომით კი საჭიროა მოდულაციის ისეთი ახალი მეთოდების გამოყენება, რომლებიც სპექტრულ ეფექტურობას გაზრდიან რამოდენიმეჯერ.

ახალი სისშირული დიაპაზონის გამოყოფა რადიოტექნოლოგიებისთვის, მ.შ. 5G – თვის, როგორც წესი ხორციელდება მსოფლიო რადიოკონფერენციების (WRC) გადაწყვეტილებებით. ამ გადაწყვეტილებების შესაბამისად 3 GPP – საპარტნიორო პროექტის ფარგლებში მიიღება რელიზები (Relize), რომლებიც შეადგენენ საფუძველს ახალი სტანდარტების მისაღებად. ნახ.3. ნაჩვენებია WRC-ს ჩატარებისა და ახალი რელიზების მიღების ქრონოლოგია. ახალი მე-14 და მე-15 რელიზების მიღების ვადები დაკონკრეტებული იქნება WRC–15-ის ჩატარების შემდეგ (2015 წლის ოქტომბერ-ნოემბერში). მოსალოდნელია, რომ ახალი სისშირული დიაპაზონები მობილური ტექნოლოგიებისათვის გამოყოფილი იქნება Ku – დიაპაზონში (10,7-18გჰც) და Ka – დიაპაზონში (26,5 – 40 გგჰც) [5].

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, 5G – ს განვითარება განხორციელდება როგორც არსებული ტექნოლოგიების განვითარებით, ასევე ახალი ტექნოლოგიების შემოღებით. გამორიცხული არაა, რომ 5G-ს საბაზისო ტექნოლოგია განსხვავებული აღმოჩნდეს LTE-Advanced-გან ჰეტეროდინული და Mesh ქსელების ტიპის ახალი ტექნოლოგიების ახალი რადიოინტერფეისებით. 5G-ს კვლევის ერთ-ერთ ძირითად მიმართულებას წარმოადგენს ზემკერივი ქსელების შექმნის კონცეფციის დამუშავება. გარდა ამისა მიმდინარეობს კვლევები სააბონენტო მოწყობილობებისათვის ქსელის კვანძების ფუნქციების გადაცემის თაობაზე, რის შედეგადაც მომხმარებლის მოწყობილობები ერთმანეთთან დაკავშირებას და ინფორმაციის მიმოცვლას შეძ-

**საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

ლებენ უშუალოდ, საბაზო სადგურების გარეშე. ე.ი. შექმნიან გიგანტურ Mesh ქსელს. მსგავს მიმართულებას წარმოადგენს Mesh ქსელების „საავტომობილო“ ვარიანტი, ე.წ. V2V (Vehikle-to-Vehikle – სატრანსპორტო საშუალება-სატრანსპორტო საშუალება) – ტექნოლოგიის განვითარება. უნდა აღინიშნოს, რომ კვლევებში ამ მიმართულებით აქტიურ მონაწილეობას ღებულობს საავტომობილო კონცერნი BMW. ამ ტექნოლოგიის საბოლოო აზრია სატრანსპორტო საშუალების გადაქცევა საშუალოდ სატელეკომუნიკაციო კვანძად.



ნახ. 3. მსოფლიო რადიოკონფერენციების (WRC) და რელიზების ქრონოლოგია

5G-ს საბოლოო ჩამოყალიბების გზაზე მისი ზემოთმოყვანილი მახასიათებლების მისაღწევად დასახულია განვითარების შემდეგი მიმართულებები, რომლებიც დაფუძნებულია [6] :

- ახალი რადიოინტერფეისის გამოყენებაზე მცირე ზომების ფიჭებით (New Air Interface Small Cells). ეს რადიოინტერფეისი დაფუძნებული იქნება გადამტანი რხეების ახალი ფორმების New Wave form) გამოყენებაზე, ახალი სახის დუპლექსებზე (New Dulexing), მოდულაციის მაღალ რანგებზე (Higher Order modulation), შიდასისტემური ხელშეშლების ეფექტურ კომპენსაციაზე (Interference cancelation/uzilation) და მრავალგანზომილებიან საანტენო სისტემებზე (Massive MIMO);
- რადიოქსელის ახალი არქიტექტურაზე (New NW Architecture). ეს არქიტექტურა გულისხმობს რესურსების განაწილებას და მართვას ჰეტეროგენულ არქიტექტურაში, რეკონფიგურებად რადიო და საქსელო ელემენტებს (SDR – Software Defined Radio, SDR – Software Defined Networks) და სხვ.
- ახალი რადიოსიხშირული რესურსების გამოყენებაზე. აქ აქცენტი აღებულია ახალი - მილიმეტრული სიხშირული დიაპაზონის გამოყენებაზე, ლიცენზირების ახალ რეჟიმზე (ლიცენზირებული და არალიცენზირებული სპექტრების ერთობლივი გამოყენება), სპექტრის კომბინირებულ გამოყენებაზე შენობის შიდა და გარე სივრცეებში (Indoor-Outdoor operacion).
- ინტელექტუალური და ადაპტური ქსელების გამოყენებაზე (Intelligent and Adaptive

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

Networks). ასეთ ქსელებში გათვალისწინებულია საქსელო რესურსების სტოხასტური და ადაპტური გამოყენება, ხელმისაწვდომი სპექტრის აღმოჩენა და მისი გამოყენება კოგნიტური რადიოს პრინციპებით, თვითორგანიზებადი და თვით-მმართველი ქსელების შექმნა და სხვ.

მომავლის რადიოშედწევის ქსელებში (FRA – Future Radio Access) გათვალისწინებულია სპეციფიკური ტექნიკური გადაწყვეტილებები, რომელთა შორის მნიშვნელოვან ადგილს დაიჭერს მრავლობითი შედწევის არა ორთოგონალური მეთოდი (Non – orthogonal multiple access – NOMA). ამასთანავე, კვლევებით დადასტურებულია, რომ (FRA ქსელებში რადიოშედწევის სხვადასხვა მეთოდების სუპერპოზიცია (ერთობლივი გამოყენება) მნიშვნელოვნად გაზრდის მომავლის ქსელების გამტარუნარიანობას.

ლიტერატურა

1. ERICSSON, Аналитический доклад, Технология мобильной связи пятого поколения (5G). Июнь, 2013.
2. В. О. Тихвинский, Г. С. Бочечка. Концептуальные аспекты создания 5G. Электросвязь. 2013. № 10
3. В.Г. Скрынников, Будущий Облик 5G. , Электросвязь - 2013. № 10.
4. Сети связи пост –NGN/Б.С. Гольштейн Б. С. , А.Е. Кучерявый, - СПб.:БХВ – Петербург, 2013.
5. Azar Y., Wong G. N., Wang K. et al. 28 GHz Propagation Measurements for Outdoor Cellular Communication Using Steerable Beam Antennas in New York City: 2013 IEEE International Conference on Communications (ICC).- Budapesht, Hungary. June 9-13, 2013.
6. Shabram G. Niri. Toward 5G //LTE World Summit 2013. 5G Innovation Center, University of Surrey. June 2013.

Summary

In the process of generational change of mobile communication systems and networks, new period has come when in near future 4G technologies will not be able to meet customers increasing traffic demands and provide them with relevant service. Therefore, from 2012 scholar-research works have been progressing to create 5G conceptions. Because of this, three groups (alliances) of researchers were created: European Commission (METIS), UK Sureau University and Intel Corporation (ISRA). The scientific and technical works should be completed by 2020 and create a basis for the commercial use of 5G.

There is a number of works that should be done in the process of creation 5G conceptions. Firstly, 4G technologies LTE and LTE-Advanced - must be developed and improved and secondly, new wireless technology must be established. It's been set that 5G networks speed should reach 10 GB/Sc. mobile web will serve a specific traffic cell 160 GB per square meter. Delaying of information will decrease from 10 m/sc to 1 m/sc.

Nowadays, in internet usage systems there is a process of creation of a new direction – the subjects Internet (Internet of Things, IoT), which provides data exchange with equipments (D2D), machinery (M2M), transport (V2V) and other. 5G mobile phone networks must ensure a creation of IoT's technical base.

The creation of perfect 5G needs establishment of the new radio interfaces, which will work in networks with arranged base stations, using a new high-efficient coding and modulation methods in a new ultra-high frequency (Centimeter and millimeter) range.

თანამედროვე ოპტიკური სატრანსპორტო ქსელი

ხოშტარია კ., მოდებაძე ი.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სტატიაში განხილულია თანამედროვე OTN ქსელისა და კოპერენტული DWDM სისტემების შესაძლებლობები მაღალი სიჩქარის ციფრული ნაკადების გადაცემის თვალსაზრისით, ნაჩვენებია ამ უკანასკნელის აგების პრინციპები, სხვადასხვა ვარიანტებიდან გადაწყვეტილების არჩევა გადაცემის მაქსიმალური სიჩქარის მისაღწევად.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

იმისათვის, რომ უკეთესად ვიწინასწარმეტყველოთ რა მიმართულებით განვითარდება ოპტიკური სატრანსპორტო ქსელები, საჭიროა მოკლედ მიმოვიხილოთ განვითარების რა ეტაპები გაიარა აღნიშნულმა ქსელებმა დღემდე.

OTN შეიქმნა ოპტიკური ქსელების განხორციელებისათვის, რომლებიც იყენებენ ტალღის სიგრძით დაყოფასა და მულტიპლექსირებას (DWDM), განსხვავებით მისი წინამორბედი SDH-საგან. OTN-მა შეძლო ოპტიკური სატრანსპორტო სისტემებისთვის ტალღის სიგრძეების საფუძველზე იგივეს განხორციელება, რაც შეძლო SDH-მა 1980-ანი წლების ბოლოსა და 90 წლების დასაწყისის (PDH) პლეზიოქრონული ციფრული იერარქიის სისტემებისათვის. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ბევრი რამ შეიცვალა Ethernet ტრანსპორტის წარმოქმნითა და ნებისმიერი ტიპის მაღალსიჩქარული სიგნალების სხვადასხვა ტალღის სიგრძით გადაცემის აუცილებლობით.

OTN ტექნოლოგია დაფუძნებულია ITU-T-ს რეკომენდაციებზე, რომელთაგან ძირითადად შეიძლება ჩაითვალოს G.709. ეს უკანასკნელი განსაზღვრავს მოთხოვნებს ოპტიკური სატრანსპორტო იერარქიის (OTH) მიმართ, კადრების სტრუქტურას, თავსართებს, ბიტურ სიჩქარეებსა და ფორმატებს სასარგებლო ტვირთის განთავსებისათვის ოპტიკურ ქსელში [1].

2009 წლის დეკემბერში სტანდარტიზებული იქნა OTH იერარქიის სახაზო სიჩქარეები:

სიგნალი	სიჩქარე (გბიტი/წმ)	ტრანსპორტირება
OTU1	2,66	SONET OC-48 ან (SDH) STM-16 სიგნალი
OTU2	10,70	OC-192 STM-64 (WAN) ფიზიკური შრე (PHY) 10 გბიტი Ethernet (10GBASE-W)
OTU2e	11,09	(LAN) PHY მოსული IP/Ethernet კომუტატორ. ან მარ-შრუტიზ. სახაზო სიჩქარით 10,31გბიტი/წმ
OTU2f	11,32	10 Fiber Channel
OTU3	43,01	OC-768 ან STM-256 სიგნ. ან 40 გბიტ. Ethernet სიგნ.
OTU3e2	44,58	ოთხი OTU2e სიგნალი
OTU4	112	100 გბიტი Ethernet სიგნალი

OTN სიგნალების სტრუქტურა შეიცავს: ოპტიკური არხის სასარგებლო ტვირთის ბლოკს (Optikal channel Payload Unit – OPU), სადაც აისახება გადასაცემი სიგნალი; მონაცემების ბლოკს (ODU), რომელიც უზრუნველყოფს სამარშრუტო მონაცემების კონტროლს ერთი ბოლოდან მეორე ბოლომდე და ახორციელებს ტანდემური კავშირის მონიტორინგს – ძალზე სასარგებლო ფუნქციას დომენებს შორის ტრანსპორტირებისათვის; აგრეთვე სატრანსპორტო ბლოკს (OTU), რომელიც პასუხისმგებელია შეცდომების კორექციაზე (FEC) და OAM ფუნქციაზე ტრანსპორტისათვის ოპტიკური სიგნალების ტერმინირების წერტილებს შორის, სადაც ხდება სინქრონიზების, ფორმისა და სიმძლავრის აღდგენა (3R).

აღნიშნული სტრუქტურის საშუალებით შესაძლებელია რეალიზაცია OTN-ის სამი უმნიშვნელოვანესი შესაძლებლობის: მხარდაჭერა ოპერირების, ადმინისტრირებისა და მონიტორინგის (OAM) ფუნქციების ტალღის სიგრძეებისათვის, იმისდამიუხედავად თუ რა ტრაფიკი გადაიცემა მათი საშუალებით, შესაძლებლობა მიწვდომის ზონის გაფართოების, შეცდომების კორექციის ხარჯზე და დამცავი კომუტაცია ოპტიკურ დონეზე ისე, რომ გადართვის დრო არ აღემატებოდეს 50 მწმ-ს.

OTN-ის ფუნქციონირების მონიტორინგი უზრუნველყოფილია, როგორც ოპტიკური არხის დონეზე, ასევე OTN-ის მოწყობილობებისთვისაც. რაც ძალზე აადვი-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ლებს დაზიანებების ლოკალიზაციას თითოეული გადასაცემი ტალღის სიგრძისათვის. მონიტორინგის მონაცემები შეიძლება გადაეცეს EMS ან NMS მართვის სისტემებს.

ITU-T-ს რეკომენდაცია G.709 განსაზღვრავს სტანდარტულ მეთოდს შეცდომების წინმსწრები კორექციის, რაც საშუალებას იძლევა, გავზარდოთ ხაზის ოპტიკური ბიუჯეტი 6 დბ-ით, რაც შეესაბამება დამატებით 25–30 კმ-ს 1550 ნმ ტალღის სიგრძეზე. თანამედროვე სისტემებში შეცდომების გაუმჯობესებული კორექციის მეთოდის AFEC-ის გამოყენებით ოპტიკური ბიუჯეტი კიდევ უფრო გაზრდილია.

განსაკუთრებით აღსანიშნავია, რომ ODU-ს თავსართში აქვს ველები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ავტომატური დაცვის კომუტაციას (APS), რამაც შესაძლებელი გახადა Ethernet სიგნალების განთავსება OTN-ის კადრში დაცვითი კომუტაციის უზრუნველყოფით. ეს განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია, რადგან Ethernet-მა მიაღწია გადაცემის სიჩქარეს – 100 გბიტ/წმ, მაშინ როცა SDH-ს შეუძლია უზრუნველყოს მხოლოდ 40 გბიტ/წმ სიჩქარე, რის გამოც ამ უკანასკნელის გამოყენება Ethernet სიგნალებისათვის არის ეფექტური შედარებით დაბალ სიჩქარეებზე.

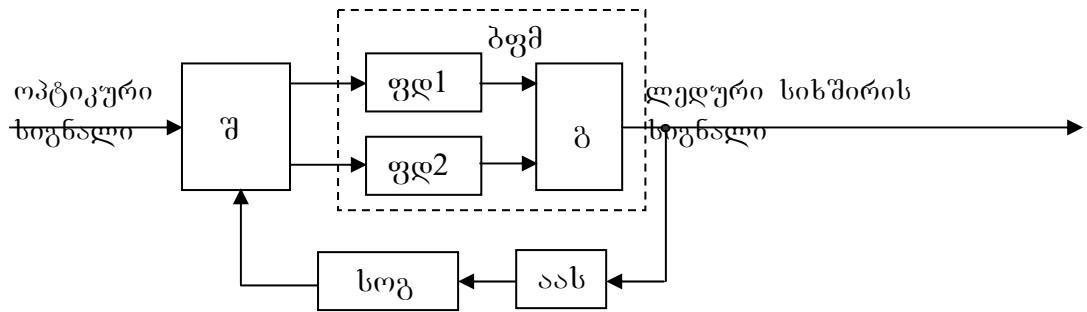
მეორე მხრივ, დღეისათვის დადგა აუცილებლობა DWDM სისტემების ცალკეული არხებით გადასაცემი ციფრული ნაკადების ტევადობის მკვეთრი ზრდის, რამაც გამოიწვია კავშირის ოპტიკური კოჰერენტული DWDM სისტემების შექმნა.

ინფორმაციის გადაცემის ჯამური სიჩქარის ზრდა კავშირის სისტემებში სპექტრული მულტიპლექსირებით ხორციელდება ინფორმაციის გადაცემის საარხო სიჩქარის, სპექტრული მონაკვეთების მუშა დიაპაზონების სპექტრული ეფექტურობისა და რეგენერაციის გარეშე გადაცემის მანძილის გაზრდით.

კავშირის ოპტიკურ სისტემებში 10 გბიტ/წმ საარხო სიჩქარით ძირითადად გამოიყენება მოდულაციის ბინარული ამპლიტუდური ფორმატები. 40 გბიტ/წმ სიჩქარის დროს მოდულაციის ეკონომიურად ეფექტური ფორმატია ადაპტური დიფერენციალური ფაზური მოდულაციის ფორმატი (ADPSK) [2]. ამასთანავე შეუძლებელია ბინარული ფაზური ფორმატის გამოყენება კავშირის სისტემებისათვის 100 გბიტ/წმ საარხო სიგნალებისათვის, რადგან აღნიშნული ფორმატის გამოყენების შემთხვევაში ციფრული დამუშავებისა და სიმბოლოების გადაცემის სიჩქარე იზღუდება ფიზიკური ფაქტორებით 50 გბიტ-ის დონეზე. ამის გამო 100 გბიტ/წმ და უფრო მეტი საარხო სიჩქარეების დროს უნდა იქნას გამოყენებული მოდულაციის მრავალდონიანი ფორმატები, რომლებსაც შეუძლიათ რამდენჯერმე შეამცირონ სიმბოლოების გადაცემის სიჩქარე [3].

მოდულაციის ნებისმიერი მრავალდონიანი ფორმატის რეალიზაცია შესაძლებელია კავშირის კოჰერენტულ სისტემებში. შესაბამისად ინფორმაციის გადაცემის სიჩქარე გაიზრდება რამდენჯერმე ფორმატის ტევადობაზე დამოკიდებულებით. მაგ. ფორმატი DPQPSK, ტევადობით 4 ბიტი/სიმბოლო, უზრუნველყოფს 2ბიტი/ჰც სპექტრულ ეფექტურობას, როცა ოპტიკურ არხებს შორის დაშორება 50 გკმ-ია.

ოპტიკური სიგნალების კოჰერენტული მიმღების მუშაობის პრინციპის თანახმად (სურ.1), შემრევში (შ) ოპტიკური სიგნალი ერევა საყრდენი გამოსხივების (სგ) სიგნალს და დეტექტირდება ბალანსური ფოტომიმღებით (ბფმ), რომელიც შეიცავს ორ ფოტოდოდს (ფდ1 და ფდ2) და გამოკლების (გ) სქემას. საყრდენი ოპტიკური გამომსხივებელის სინქრონიზაცია ხდება ავტომატური აწყობის სქემის (აას) საშუალებით.



სურ.1 ოპტიკური სიგნალების კოჰერენტული მიმღების გამარტივებული სტრუქტურული სქემა

აქ ორი შემთხვევაა შესაძლებელი:

1. როცა ხდება ოპტიკური სიგნალის სპექტრის გარდაქმნა ჰეტეროდინულ მიმღებში და შესაბამისად წარმოიქმნება გადამტანი ტალღისა და საყრდენი გამოსხივების სპექტრები. მიღებული შუალედური სიხშირე ბევრად უნდა აღემატებოდეს სიგნალების გადაცემის სიხშირეს, რის გამოც ამ მეთოდის გამოყენება 100 გბიტი/წმ სიჩქარის გადაცემის სისტემებში ნაკლებად სავარაუდოა.

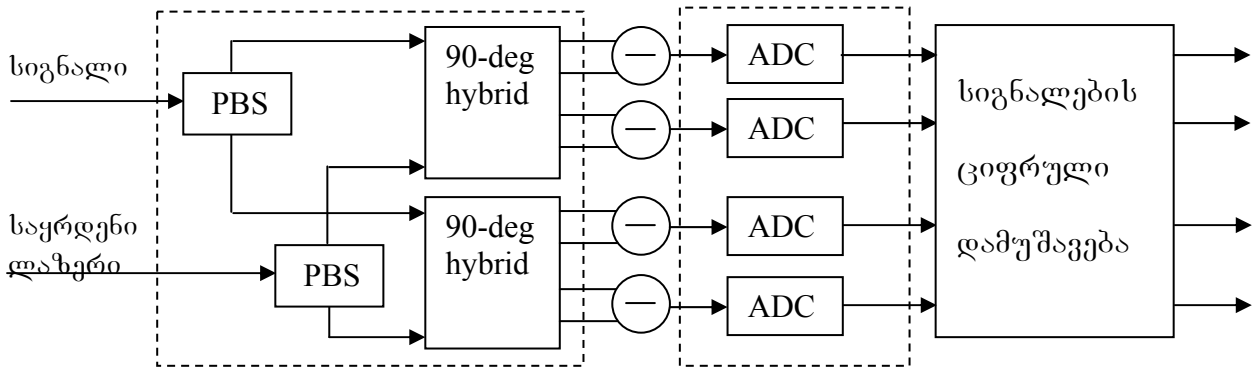
2. როცა ემთხვევა საყრდენი გამოსხივებისა და ოპტიკური სიგნალის გადამტანი ტალღის სიხშირეები ერთმანეთს, კოჰერენტულ სისტემას ეწოდება ჰომოდინური. ამ შემთხვევაში ძალზე რთულია ამ ორი სიხშირის ურთიერთსინქრონიზაცია. შეუძლებელი გახდა აგრეთვე სიხშირის ულტრამალაღი სტაბილურობის უზრუნველყოფა.

კავშირის კოჰერენტული სისტემების შექმნა მხოლოდ მას შემდეგ გახდა შესაძლებელი, როცა განხორციელდა მიმღები სიგნალების მაღალსიჩქარული დამუშავებით, სადაც ოპტიკური სიგნალის გადამტანის ფაზური დრეიფის აცილება შესაძლებელი გახდა ელექტრულ ფორმაში. კოჰერენტულ ოპტიკურ მიმღებში ოპტიკური სიგნალის ამპლიტუდური და ფაზური ინფორმაცია გარდაიქმნება ელექტრულ ფორმაში. სიგნალების ციფრული დამუშავების გარეშე ძალზე მკაცრი მოთხოვნები წაყენება ოპტიკური სიგნალის გადამტანსა და საყრდენი გამოსხივების სიხშირეებისა და ფაზების ურთიერთსინქრონიზაციას. ციფრული დამუშავებისას კი ეს უკანასკნელი არ არის საჭირო. ამ შემთხვევაში სრულდება მხოლოდ სინქრონიზაციის, ფაზური დიფერსიფიცირებისა და ციფრული ინფორმაციის დეკოდირების ფუნქციები. კოჰერენტული მიმღების სტრუქტურა ნაჩვენებია სურ.2-ზე.

შესასვლელი სიგნალი და საყრდენი გამოსხივება იყოფა ორ პოლარიზაციულ კომპონენტად პოლარიზაციული სელექციის ბლოკებით (PBS). ინფორმაციული სიგნალის ორი პოლარიზაციული კომპონენტი შეერევა უწყვეტი გამოსხივების ორ პოლარიზაციულ კომპონენტს საყრდენი ლაზერის 90°-ოპტიკურ შემრევში (Polarization-diversity, 90-degree optical Hybrid). საყრდენი ლაზერი რეგულირდება მიმღებზე სიგნალის ცენტრალური სიხშირის მიმართ დიაპაზონში ± 20 მჰც. გადამცემისა და საყრდენი გამოსხივების წყაროს ლაზერების სიგანეები უნდა იყოს 100 კჰც-ზე ნაკლები. ანალოგურ-ციფრულ გარდამსახში (ADC) ხდება ბალანსური ფოტომიმღებიდან გამოსული 4 წყვილის გაციფრულება, რომლებიც მიეწოდება სიგნალების ციფრული დამუშავების მოწყობილობას. ADC-ის გამოსასვლელზე ფორმირებული სიმბოლოების ოთხი ნაკადი ინტერპრეტირდება როგორც კომპლექსური სიგნალის ორი ნაკადის ნამდვილი და წარმოსავითი ნაწილები (R და I). თითოეული პოლარიზაცი-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ისტოვის თითო “კომპლექსური” ნაკადი დამუშავდება სიგნალების ციფრული ნაკადის ბლოკში.



სურ.2 პოლარიზაციული და ფაზური დიფერსიფიკაციით კოპერენტული მიმღების გამარტივებული სტრუქტურული სქემა

ინფორმაციის გადაცემის მაქსიმალური სიჩქარე კავშირის კოპერენტულ სისტემებში განისაზღვრება თანამედროვე ანალოგურ-ციფრული გარდამსახების შესაძლებლობით, რომელთა მუშაობის სიჩქარეც მიაღწია 56 გბოდ-ს. მათ საფუძველზე შესაძლებელი გახდა სიგნალების დამუშავების ციფრული სისტემების მუშაობის სიჩქარისა და შესაბამისად კოპერენტული მიმღების სიჩქარის გაზრდა 28 გბოდ-მდე.

კოპერენტული მიმღებების საშუალებით შესაძლებელია მოდულაციის სხვადასხვა ტიპის მრავალდონიანი ფორმატის დანერგვა. ყველაზე მისაღებ ფორმატად 100 გბიტ/წმ სიჩქარით ინფორმაციის გადასაცემად ითვლება DP-QPSK ფორმატი [2].

კომბინაცია პოლარიზაციული მულტიპლექსირებისა და კვადრატული ფაზური ძვრით მანიპულაციის (PM-QPSK ან DP-QPSK) ითვლება ყველაზე პერსპექტიულ გადაწყვეტად, რომ მიღწეული იქნას გადაცემის სიჩქარე 100 გბიტ/წმ ან უფრო მაღალი. თითოეულში ორი ორთოგონალურად პოლარიზებული მიმღებობიდან ინფორმაცია გადაიცემა ოთხდონიანი ფაზური მოდულაციის (QPSK) გამოყენებით. შედეგად თითოეულ პოზიციაში გადაიცემა 2 ბიტი სიმბოლოზე, სულ 4 ბიტი სიმბოლოზე. 28 გბოდ სიმბოლოების სიჩქარისას უზრუნველყოფილია ბიტური სიჩქარე 112 გბიტ/წმ, რომელიც საკმარისია ინფორმაციის გადასაცემად 100 გბიტ/წმ და 12%-იანი სიჭარბით FEC-ს გამოსაყენებლად.

ამასთანავე კოპერენტულ სისტემებში სიგნალების ციფრული დამუშავებით უზრუნველყოფილია ქრომატული და პოლარიზაციულ-მოდური დისპერსიების ადაპტური კომპენსაცია.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ რაც უფრო მეტდონიან ფორმატს გამოვიყენებთ, მით უფრო მოკლე მანძილზე შესაძლებელი სიგნალების გადაცემა. მნიშვნელოვანია ისიც, რომ ბევრად რთულდება ისეთი მნიშვნელოვანი პარამეტრის დადგენა, როგორცაა DWDM სისტემებისათვის OSNR. ეს სირთულე ძირითადად გამოწვეულია ხელშეშლის დონის დადგენის სიძნელეებით. საქმე იმაშია, რომ DWDM სისტემებით 10 გბიტ/წმ სიჩქარის ნაკადების გადაცემისას ხმაურის მნიშვნელობის დადგენა ხდება ინტერპოლაციის მეთოდით, რისთვისაც გამოიყენება ტალღებს შორის შუალედებში აღებული წერტილები, შემდეგ კი გამოითვლება ხმაურის საშუალო მნიშვნელობა, რომელზეც გაიყოფა მოცემული ტალღის (არხის) მნიშვნელობა. იგივეს გამეორება 50 გპც-ით დაცილებული 100 გბიტიანი არხებისათვის შეუძლებელია.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ბელია, რადგან ამ დროს არსებს შორის ხდება სიგნალების გადაფარვა და ხმაურის დონედ იძულებული ვიქნებით ავიღოთ სიგნალს დამატებული ხმაური. ამის გამო ასეთ სიჩქარეებზე აუცილებელია სრულიად ახალი ტიპის გამზომი ხელსაწყოების გამოყენება [4].

დასკვნა

კავშირის კოჰერენტული სისტემები ელექტრულ სიგნალად გარდაქმნის შემდეგ ინარჩუნებენ ოპტიკური სიგნალის ფაზურ და პოლარიზაციულ ინფორმაციას, რაც საშუალებას გვაძლევს, იქნას გამოყენებული მოდულაციის ნებისმიერი ფორმატი, განხირციელდეს პოლარიზაციული მულტიპლექსირება და როგორც ქრომატული, ასევე პოლარიზაციულ მოდური დისპერსიის კომპენსაცია.

დღეისათვის დამუშავებულია ინფორმაციის კოჰერენტული სისტემები სიმბოლოების გადაცემის 25 გბოდი სიჩქარით. ასეთი სისტემები ოთხდონიანი ფაზური მოდულაციისა და პოლარიზაციული მულტიპლექსირების გამოყენებით იძლევა საშუალებას გადავცეთ ინფორმაცია 100 გბიტ/წმ სიჩქარით OTN სატრანსპორტო ბლოკის, OUT-4-ის საშუალებით.

ოპტიკური სიგნალ/ხმაურის გასაზომად 100 გბიტ/წმ საარხო სიჩქარისას DWDM სისტემებში საჭიროა სრულიად სხვა მეთოდით მომუშავე გამზომი მოწყობილობების გამოყენება.

ლიტერატურა

1. კ. ხოშტარია, ი. მოღებაძე, ლ. კახელი ოპტიკური სატრანსპორტო ქსელების აგების ზოგიერთი ასპექტები //სტუ-ს შრომები, მართვის ავტომატიზებული სისტემები №1.(10). თბილისი, 2011 წ.
2. Н.В. Гуркин. В.Н. Трещиков. О.Н. Наний. Оптические когерентные DWDM 100 Гбит/с. Фотон-экспресс №4 (116), июль, 2014.
3. K. Kikuchi. Coherent Transmission System. //ECOC 2008, p. Th2A1.
4. Jean –Sebastian Tasse, 40/100G OSNR measurement with a Pol-Mux OSA. EXFO_ White-Paper028

MODERN OPTICAL TRANSPORT NETWORK

Summary

The article deals with the OTN network and coherent DWDM systems feature high-speed transfer of data flows, showing the latter's principles for designing, select solutions to transfer maximum speed.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

**სექცია 4 ენერჯისა და რესურსების დამზოგავი
ტიქნოლოგიები ენერგეტიკაში, მრეწველობაში,
მშენებლობასა და ტრანსპორტში**

**ენერგოდამზოგი ტექნოლოგიის დამუშავება და დანერგვა
საწარმოში შედუღება-დადუღებისას პლასტიკური
დეფორმაციის პროცესის ბამოყენებით**

ყიფიანი პ.ნ., მინდაძე ს.ო., გერაძე პ.
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ნაშრომში განხილულია შენადული შეერთების პლასტიკური დეფორმაცია, როგორც ენერგოდამზოგი საშუალება, რომელიც ცვლის შედუღების შემდგომ თერმულ დამუშავებას და ზრდის შენადული შეერთების მექანიკურ თვისებებს.

შედუღების პროცესს თან სდევს ლითონის მცირე მოცულობის ადგილობრივი გახურება მაღალ ტემპერატურებამდე მაღალკონცენტრირებული სითბის წყაროს ბამოყენებისას. ასეთი ზემოქმედების შედეგად შენადულ შეერთებებში მიიღება თერმული გაველების ზონა, რომლის სხვადასხვა უბანი ხასიათდება არაერთგვაროვანი სტრუქტურების წარმოქმნით. ამან კი შეიძლება გამოიწვიოს ლითონის მექანიკური თვისებების მნიშვნელოვანი ცვლილება და ბზარების წარმოქმნაც. თუმცა თვისებათა ცვლილება შესაძლებელია მიმდინარეობდეს თერმული გაველების ზონის უბნების სტრუქტურული ცვლილებების გარეშეც.

შენადულ კონსტრუქციაზე აღნიშნული ფაქტორების უარყოფითი გაველების შესამცირებლად შედუღებამდე ან შედუღების პროცესში მიღებული ზომები (შეთბობა, შუალედური მოშვება) სასურველ შედეგს ყოველთვის არ იძლევა. ამის ბამო ხშირად საჭირო ხდება შედუღების შემდგომი დამუშავების ბამოყენება, რომელიც წარმოადგენს შენადული კონსტრუქციის თერმული ან სხვა სახის დამუშავებას. სასურველია ისეთი დამუშავების ბამოყენება, რომელიც ხასიათდება ნაკლები ენერგო- და შრომატევადობით, ბამოყენებული მოწყობილობის სიმარტივით. შედუღების შემდგომი დამუშავების ენერგოდამზოგ ხერხად მივიჩნიეთ შენადული შეერთების პლასტიკური დეფორმირება, კერძოთ, გაჭედვა ჩაქუჩის მაგვარი იარაღით.

მოცემულ ნაშრომში განხილულია ერთგვაროვანი და სხვადასხვაგვარი შენადული შეერთებების სტრუქტურულ-მექანიკური არაერთგვაროვნების წარმოქმნის თავისებურებანი შედუღებისას და შედუღების შემდგომი დამუშავების პროცესში.

ბამოკვლეული იქნა 09F2C+09F2C პერლიტური კლასის და 12X18H10T+12X18H10T აუსტენიტური კლასის ფოლადის ერთგვაროვანი შენადული შეერთებები, ასევე ფოლადების 09F2C+12X18H10T შენადული შეერთებები.

შედუღების შემდეგ სწარმოებდა ნაკერის გაჭედვა, კრისტალიზაციის შემდეგ მისი გაცივების პროცესში, არა ნაკლებ 1000⁰C ტემპერატურისას, რათა თავიდან იქნას აცილებული ბზარების წარმოქმნის საშიშროება პლასტიკური დეფორმაციის დროს. დამუშავება უტარდებოდა დადუღებული ლითონის მხოლოდ მეორე და მესამე ფენებს.

დამუშავების გარეშე 09F2C ფოლადის შენადული შეერთებები ხასიათდება

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

მცირე რაოდენობის ფერიტის მქონე უხეში ნემსისებრი ბეინიტური სტრუქტურის წარმოქმნით. ნაკერის ლითონის პერიფერიაზე მიიღება ვიდმანშტედტის ფერიტისა და უხეში ნემსისებრი ბეინიტური სტრუქტურა, ხოლო ნაკერის ცენტრში - მარცვლოვანი ფერიტისა და ბეინიტის სტრუქტურა.

რადგან 12X18H10T ფოლადის შენადული შეერთებების ნაკერის ლითონი თავის შემადგენლობაში შეიცავს როგორც ფერიტწარმოქმნელ, ასევე აუსტენიტის წარმოქმნელ მალეგირებელ ელემენტებს, მათი ფაზური შედგენილობის ზუსტი განსაზღვრისათვის გამოყენებული იქნა შეფლერის დიაგრამა, რომელიც ითვალისწინებს ქრომისა და ნიკელის ექვივალენტს. გაანგარიშებამ აჩვენა, რომ ქრომის მაღალი შემცველობის შედეგად სტრუქტურაში წარმოიქმნა δ-ფერიტი (მიახლოებით 10% - O3L-6 ელექტროდის ლითონში და თითქმის 20% - LLI-11 ელექტროდის ლითონში). გაანგარიშებით მიღებული δ-ფერიტის შემცველობას ადასტურებს მიღებული სტრუქტურები.

12X18H10T ფოლადის ნაკერის ლითონის სტრუქტურა რთული აგებულებისა აღმოჩნდა - შენარჩუნდა კრისტალიზაციისას წარმოქმნილი პირველადი სტრუქტურა. უშუალოდ შედნობის ზონასთან განლაგებულ უბანზე წარმოიქმნა აუსტენიტის ძალიან წვრილი მარცვლები, რომელთაგან იწყებდა ზრდას სვეტისებრი კრისტალები. ნაკერის ცენტრალურ ნაწილში ლითონს ძირითადად ტოლდერმა სტრუქტურა ჰქონდა. ყველა ამ ზონისათვის დამახასიათებელია δ-ფერიტის უბნების არსებობა დენდრიტთა შორის სივრცეებში.

09Г2С+12X18H10T შენადული შეერთება ხასიათდება კვეთში სტრუქტურის მნიშვნელოვანი არაერთგვაროვნებით. ნაკერის ლითონში აღინიშნა მაღალი დისპერსიულობის მქონე აუსტენიტის განვითარებული სვეტისებრი კრისტალები, ამავე დროულად მათ შტოებს შორის განლაგებული მაღალტემპერატურული ფერიტის უბნებით. გარდა ამისა, კრისტალიზაციისას ხდება ასეთი უბნების გამდიდრება გოგირდისა და ფოსფორის ადვილდნობადი მინარევებით.

შენადული ნაკერის სხმული სტრუქტურის აღნიშნული ნაკლოვანებების აღმოსაფხვრელად სწარმოებდა ლითონის გაჭედვა ცხელ მდგომარეობაში შედუღების შემდეგ.

09Г2С ფოლადის შენადული შეერთების თერმული გავლენის ზონაში, დეფორმაციული ზემოქმედების შედეგად მიღებული იქნა სტრუქტურა ბეინიტის უფრო წვრილი ნემსისებრი აგებულებით, ფერიტის წვრილი მარცვლების შემცველობით. ნაკერმიმდებარე ზონაში სტრუქტურა კიდევ უფრო წვრილმარცვლოვანი გახდა და ნაკერის ლითონში ჩამოყალიბდა წვრილი ნემსისებრი სტრუქტურა, მის საზღვრებზე განლაგებული წვრილი ფერიტის ბადით.

ნაკერის ლითონში როგორც პერიფერიაზე, ასევე ცენტრალურ ნაწილშიც, წარმოიქმნა წვრილმარცვლოვანი ფერიტულ-აუსტენიტური ნარევი, რომელსაც უმნიშვნელო ორიენტაცია ჰქონდა დეფორმაციის მიმართულების გასწვრივ. ამავე დროს, სვეტისებრი კრისტალები არ შეინიშნებოდა.

ანალოგიური ცვლილებები მოხდა სხვადასხვაგვარი 09Г2С+12X18H10T შენადული შეერთების ლითონში. ნაკერის ლითონში სტრუქტურა წვრილმარცვლოვანი, ტოლდერმა და შედგენილობით აუსტენიტურ-ფერიტული იყო. 09Г2С ფოლადის მხრიდან შედნობის ზონაში წარმოიქმნა აუსტენიტის წვრილი მარცვლების თხელი შრე.

ამრიგად გამოსაკვლევი ფოლადების ყველა შემთხვევაში, როგორც ერთგვარო-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ვანი, ასევე სხვადასხვაგვარი ფოლადების შენადული შეერთებების მიღებისას, ნაკერის ლითონში მოხდა სტრუქტურის დაწვრილმარცვლოვნება და უხეში კრისტალების გაქრობა, კერძოდ:

- პერლიტური ფოლადის ნაკერის ლითონში წარმოიქმნა თხელი ფერიტის კრისტალების მქონე წვრილი ნემსისებრი ბენიტის სტრუქტურა;
- აუსტენიტური ფოლადის ნაკერის ლითონში არ არის სვეტისებრი კრისტალები, მთელს კვეთში მიღებულია აუსტენიტურ-ფერიტული ტოლდერძა სტრუქტურა, რომელსაც არ აქვს მკვეთრად გამოხატული ნაკერის ზონალობა კვეთში (სხვაობა სტრუქტურებს შორის ნაკერის კიდეზე შედნობის ზონის მახლობლად და ნაკერის ცენტრში);
- პერლიტური და აუსტენიტური ფოლადების არაერთგვაროვანი შენადული შეერთების ნაკერის ლითონში სხმული დენდრიტული სტრუქტურა მთლიანად დაშლილია და წარმოიქმნა ისევე ტოლდერძა წვრილმარცვლოვანი სტრუქტურა.

გამოსაკვლევი შენადული შეერთებების ლითონის მექანიკურ მახასიათებლებზე შედეგების შემდგომი დამუშავების ზემოქმედების გამოვლენისათვის, შესრულებული იქნა სისალის გაზომვა კვეთში, ასევე განისაზღვრა დარტყმითი სიბლანტე სხვადასხვა ზონებში (ძირითად ლითონში, თერმული გავლენის ზონაში და ნაკერის ლითონში). კვლევის შედეგად გამოირკვა, რომ 09Г2С ფოლადის ერთგვაროვანი და სხვადასხვაგვარი შენადული შეერთებები ხასიათდება სისალის განაწილების მნიშვნელოვანი არაერთგვაროვნებით, რაც თერმული გავლენის ზონაში წრთობის ბენიტური სტრუქტურის წარმოქმნის შედეგია. ნაკერების გაჭედვის შედეგად მიღებული იქნა სისალის გადიდება ყველა გამოკვლეულ შენადულ შეერთებაში.

ნაკერის ლითონის წვრილმარცვლოვანმა სტრუქტურამ გაჭედვის შემდეგ საშუალება მიგვცა აგვემადლებინა მისი დარტყმითი სიბლანტე, პლასტიკურად დაუმუშავებელ მდგომარეობასთან შედარებით.

ხშირად საწარმოო პირობებში დეტალების შედუღებისა თუ დადუღებისას, წრთობის სტრუქტურების თავიდან ასაცილებლად, აუცილებელია როგორც წინასწარი თუ თანმხვედრი გახურება, ასევე შედუღების შემდგომი თერმული დამუშავება, როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული. ეს გარემოება განსაკუთრებით საგრძნობია მაღალი სიმტკიცის ფოლადების შედუღება-დადუღებისას. მაგრამ ხშირ შემთხვევაში გარკვეული სირთულეები იქმნება ენერჯის დანახარჯების და დეტალების ზომების ზრდის გამო. გარდა ამისა, ზოგჯერ აუცილებელია დამატებითი საწარმოო ფართი და ამწეები დეტალების ტრანსპორტირებისათვის [1,2].

ზემოთქმულის ნათელი მაგალითია რკინიგზის ტრანსპორტის ნავთობპროდუქტების გადაამზიდი ცისტერნების გოგორათვლის გაცვეთილი ქიმის აღდგენის ტექნოლოგია. არსებული ტექნოლოგიით წინასწარ გახურებასთან ერთად აუცილებელია დეტალების შემდგომი თერმული დამუშავება, წრთობის სტრუქტურების თავიდან ასაცილებლად, რაც დადუღებული გოგორათვლების თერმოსტატში მოთავსებას ითვალისწინებს ისე, რომ გაცივების სიჩქარე 50 °C/სთ არ უნდა აღემატებოდეს, 6 სთ-ის განმავლობაში¹. რისთვისაც აუცილებელია თერმოსტატში 2 კვტ სიმძლავრის გამახურებლების ჩამონტაჟება და მათი წინასწარ ჩართვა საჭირო ტემპერატურის მისაღებად. თერმოსტატში გოგორათვლის ექვსი საათის შემდეგ გამახუ-

¹ აღნიშნული ტექნოლოგია დამუშავებულია და უბანი გაშვებულია ექსპლუატაციაში სტატიის ავტორების მიერ.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

რეზულტებს გამოერთავენ და შემდგომი ექვსი საათის განმავლობაში გოგორათვალთ თერმოსტატში რჩება. რაც ჯამში 12 სთ-ს შეადგენს. გარდა ამისა, თერმოსტატი თავისი ზომებით (1500×1500×2500 მმ) საკმაო ფართს იკავებს საამქროში. თუ გავითვალისწინებთ იმ გარემოებას, რომ აღნიშნული ტექნოლოგიით ერთი სამუშაო ცვლის განმავლობაში მინიმუმ ექვსი თერმოსტატია საჭირო, ადვილი წარმოსადგენია რამდენ ენერჯიას და საწარმოო ფართს მოითხოვს აღნიშნული ოპერაცია.

ლაბორატორიულ პირობებში მიღებული შედეგების საწარმოებში დასანერგად ექსპერიმენტები ჩატარებული იქნა ნატურალურ გოგორათვლებზე სამტრედიის სავაგონო დეპოში. გაცვეთილი გოგორათვლების ქიმის გეომეტრიული ზომების დადულებით აღდგენის ყველა ოპერაცია, გარდა საბოლოო თერმული დამუშავებისა, ჩატარებული იქნა ჩვენს მიერ დამუშავებული ტექნოლოგიით ამ სავაგონო დეპოსთვის. კერძოდ: გოგორათვლის ქიმი დადულების წინ გახურებული იქნა 180 °C-მდე. შედულების რეჟიმი: $I_{უედ}=300-320$ ა, $U_{რკ}=30-32$ ვ, $V_{უედ}=20$ მ/სთ, $d_{ელ}=3$ მმ. გამოყენებული იქნა საშემდულებლო მავთული Св-08ХГ2СМФ და ფლუსი АН-348А. დადულებული ლილვაკების რაოდენობა იცვლებოდა 6-დან 8-მდე ცვეთის სიდიდეზე დამოკიდებულებით. დადულების პროცესში, დაწყებული მე-2 ლილვაკიდან, ჩაქუჩის გამოყენებით ხდებოდა დარტყმა გოგორათვლის ქიმზე 3-8 სმ-ის ინტერვალით.

ექსპერიმენტებმა გვიჩვენა, რომ გოგორათვლიდან ამოჭრილ ყველა ნიმუშზე წვრილმარცვლოვანი სტრუქტურა შეინიშნებოდა და მარცვლის ზომა დამოკიდებული იყო დარტყმათა სისშირეზე და ნიმუშზე, სადაც დარტყმათა დიდი რაოდენობა მოდიოდა, უფრო წვრილმარცვლოვანი სტრუქტურა მიიღებოდა. შესაბამისად, ამ ნიმუშებზე დარტყმითი სიბლანტის სიდიდე უკეთესი იყო. რაც შეეხება სტრუქტურას, ის ძირითადად წვრილმარცვლოვანი სორბიტია, მცირედი წრთობის სტრუქტურებით. სისალე ნიმუშზე 300-330 HV ფარგლებში იცვლებოდა, რაც საკმარისი აღმოჩნდა კარგი ცვეთამდეგობის მისარებად.

მიღებულმა შედეგებმა გვიჩვენა, რომ საწარმოო პირობებში შეიძლება მნიშვნელოვნად შემცირდეს ენერგოდანახარჯები და გამონთავისუფლდეს საწარმოო ფართი ისე, რომ არ გაუარესდეს დადულებული ლითონის მექანიკური თვისებები, თუმცა პლასტიკური დეფორმაციის პროცესი საჭიროებს შემდგომ სრულყოფას.

ლიტერატურა

1. Кипиани П.Н., Павлов И.В. Износостойкость наплавленных гребней вагонных колес. /III Международная научно-техническая конференция «Проблемы сварки, металлургии и родственных технологий». Тбилиси, 1998, с.205-213.
2. Кипиани П.Н., Миндадзе С.О. и др. Влияние содержания углерода и серы на стойкость металла против образования горячих трещин при наплавке гребней вагонных и бандажей локомотивных колес. /X Международная научно-техническая конференция «Проблемы сварки, металлургии и родственных технологий». Тбилиси, 2005, с.67-75.

THE DEVELOPMENT AND INTRODUCTION OF ENERGY-SAVING TECHNOLOGY FOR WELDING AND SURFACING USING PLASTIC DEFORMATION

Kipiani P., Mindadze S., Geradze P.
Akaki Tsereteli State University

Summary

The paper considers plastic deformation of welds as an energy-saving method, which replaces post-weld heat treatment and increases their mechanical properties.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

**საავტომობილო გზების მშენებლობისა და ექსპლუატაციის
სტადიაზე ენერგო დანახარჯები და მისი შემცირების გზები**

ბარათაშვილი მ.

აკაკი წერეთელის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

სტატიაში განხილულია იმ ფაქტორების ერთობლიობა, რომლებიც საავტომობილო გზის მშენებლობისა და ექსპლუატაციის სტადიაზე ქმნიან ენერგო დანახარჯებს, შესწავლილია ამ ფაქტორების ხვედრითი წილი ენერგო დანახარჯების წარმოქმნაში და წარმოდგენილია ფაქტორების მიხედვით ამ დანახარჯების შემცირების გზები. მოცემულია გზის ეფექტურობის განსაზღვრის პირობები და ეფექტურობის განსაზღვრისას ენერგო დანახარჯების ხვედრითი წილის მნიშვნელობის შეფასების წესი.

თანამედროვე მსოფლიოში მშენებლობაში ჩადებული ინვესტიციების მოცულობა სამ ტრილიონ დოლარს შეადგენს, ეს კი მრეწველობის სხვა დარგებთან, მათ შორის სამხედრო სექტორის მოცულობასთან შედარებით გაცილებით მეტია. მშენებლობის სექტორში როგორც მშენებლობის ასევე ექსპლუატაციის სტადიაზე ინოვაციური და ენერგოეფექტური ტექნოლოგიების ინტენსიური დანერგვა, სერიოზულ ცვლილებებს გამოიწვევს ენერგო დანახარჯების შემცირების სასარგებლოდ. საავტომობილო გზების მშენებლობა სამშენებლო სექტორის მნიშვნელოვანი ნაწილია, ქვეყნების ეკონომიკის განვითარება ითხოვს თანამედროვე მაღალ რენტაბელური ახალი გზების სისტემატიურ მშენებლობას და ძველის რეკონსტრუქციას. საყურადღებოა რომ გზების მშენებლობის, რემონტისა და ექსპლუატაციის ხარისხის ამაღლების მიზნით საჭიროა გამოყენებული იქნას ახალი ტექნოლოგიები და თანამედროვე მასალები, ეს არ უნდა იწვევდეს მშენებლობის და რემონტის სტადიაზე ენერგო დანახარჯების ზრდას, ამასთან საიმედოობისა და ხარისხის ზრდამ უნდა უზრუნველყოფდეს ექსპლუატაციის სტადიაზე ენერგო დანახარჯების მნიშვნელოვანი შემცირება. გზების მშენებლობის რემონტის და ექსპლუატაციის ხარჯი მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული, მის კატეგორიაზე, გამტარუნარიანობაზე, მოძრაობის უსაფრთხოების ხარისხსა და მოძრაობის არსებულ ინტენსივობაზე. საავტომობილო გზების მშენებლობაზე და ექსპლუატაციაზე ენერგო დანახარჯების შემცირება პროექტირების სტადიაზე მნიშვნელოვანი ფაქტორია და ის გზის ეკონომიკური მაჩვენებლის ძირითადი შემადგენელი ნაწილია. ამ ეტაპზე წარმოებს გზის ტრასის და მისი ძირითადი პარამეტრების შერჩევა. გზის რელიეფზე მდებარეობაზე კი არსებითადაა დამოკიდებული მიწის სამუშაოების მოცულობა, რაზეც გზის მშენებლობისას ენერგო დანახარჯების მნიშვნელოვანი ნაწილი მოდის. პროექტირების სტადიაზე წარმოებს მიწის ყრილების მოსაწყობად საჭირო ინერტული მასალის კარიერების მოწყობა, კარიერიდან სამშენებლო უბანამდე მანძილი არსებითად განსაზღვრავს მშენებლობაზე გაწეულ ენერგო დანახარჯების მოცულობას. საავტომობილო გზის განივ და გრძივ პროფილის პარამეტრები, განივ და გრძივ სიბრტყეში მოხვევის რადიუსის მნიშვნელობები განაპირობებენ გზის კონსტრუქციის ხასიათს, განსაზღვრავენ მასზე თანაბარ რეჟიმში უსაფრთხოდ სატრანსპორტო ნაკადების გადაადგილების შესაძლებლობას, სატრანსპორტო საშუალებები ენერგო დანახარჯების მინიმიზაცია უზრუნველყოფილია მათ დამყარებულ თანაბარ რეჟიმში მუშაობის შემთხვევაში. ამ დროს მინიმალურია საწვავისა და საპოხი მასალების ხარჯი, საბურავების ცვეთა. ასეთი რეჟიმებში ტრანსპორტის მუშაობის უზრუნველყოფა კი გზის პარამეტრებზეა დამოკიდებული, პარამეტრები კი საპრო-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ექტო სამუშაოების წარმოებისას განისაზღვრება. მაღალი კატეგორიების გზების შემთხვევაში მოძრაობის სათანადო ინტენსივობის პირობებში, გზის სათანადო პარამეტრების სწორად შერჩევას, ტრანსპორტზე გადაადგილებაზე გაწეული ენერგო დანახარჯების შემცირების შედეგად, 20%-ით მცირდება გზის საერთო საქსპლოტაციო ენერგო დანახარჯების მაჩვენებელი.

მშენებლობის სტადიაზე ენერგიის ხარჯის უმნიშვნელოვანესი ნაწილი ასფალტბეტონის მომზადებაზე მოდის. ასფალტბეტონის ნარევის მომზადებისას ენერგია იხარჯება ინერტული მასალის მოპვებაზე, მსხვრევაზე, დახარისხებასა, ტრანსპორტირებაზე და ტექნოლოგიურ პროცესში მის გახურებაზე. ბიტუმის გაღვლაზე, ინერტული მასალის გახურებაზე, და ნარევის მომზადებაზე. საშუალოდ მიხნეულია რომ ერთი ტონა ასფალტბეტონის მასის მომზადებაზე იხარჯება 130 კვ.სთ ენერგია.

ამ დროს არსებობს ენერგიის ხარჯის შემცირების რეზერვები; ბიტუმის მასის ისეთ დახურულ რეზერვუარებში დასაწყობება სადაც შესაძლებელი იქნება ბიტუმის მასის მაქსიმალურად მაღალ ტემპერატურურის პირობებში შენახვა. ინერტული მასალის გახურებისას ახალი ტექნოლოგიების გამოყენება, მათ შორის მზის ენერგიით მასალის სათანადო ტემპერატურამდე წინასწარი გახურება. არსებულ პირობებში ერთი ტონა მასალის სათანადო ტემპერატურამდე გახურებისათვის 6-22 კვ. მაზუთია საჭირო.

ასფალტბეტონის მასალის მომზადებისას ენერგიის ხარჯის მნიშვნელოვან ეკონომიას პრაქტიკაში თვისობრივად ახალი თბილი ასფალტის ნარევის მომზადება იძლევა. ასეთი ასფალტბეტონის ნარევის მომზადებისას იზოგება 25%, ხოლო დაგების პროცესში 5% ენერგია. ამასთან მნიშვნელოვნად მცირდება წარმოების პროცესში დამაბინძურებელი გაზების გარემოში გატყორცნა.

საავტომობილო გზების მშენებლობისას და რემონტისას ასფალტბეტონის საფარის საიმედოობა და მისი მეორადი გამოყენება ენერგიის დანახარჯების მნიშვნელოვანი შემცირების შესაძლებლობას იძლევა. სავარაუდო ეკონომიის განსაზღვრის მიზნით საყურადღებოა რომ 1 კვ.მ ასფალტბეტონის საფარის მოწყობაზე ენერგიის ხარჯი 100-300 ვ/ჯ შეადგენს.

აშშ-ში 2011 წელს სამშენებლო სექტორში გამოყენებული იქნა 66.7 მლ.ტ ძველი ასფალტბეტონის მასა, ეს 19%-იტ მეტი იყო 2009 წლის იგივე მონაცემთან შედარებით.

სამშენებლო მანქანათა პარკის თანამედროვე ტექნიკური საშუალებებით განახლება ენერგო დანახარჯების შემცირების საუკეთესო საშუალებაა. პარკის განახლებაასთან ერთად მნიშვნელოვანია სამუშაოს მოცულობისა და ხასიათის მიხედვით მანქანათა კლასის შერჩევა, მათ რენტაბელურ ენერგოდამზოგ რეჟიმში მუშაობის მიზნით.

გზის სიგრძე და წაგრძელების კოეფიციენტი ნებისმიერი საავტომობილო გზის ძირითადი ტექნიკურ ეკონომიკური მახასიათებელია,

$$a = \frac{l}{l_1}$$

სადაც: l - ტრასის საერთო სიგრძეა ხოლო, l_1 - ტრასის საჭაერო ხაზით სიგრძეა.

გზის ეფექტურობის კოეფიციენტი დამოკიდებულია, მიმდინარე და კაპიტალური დანახარჯების თანაფარდობაზე,

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

$$E = \frac{C_1 - C_2}{K_2 - K_1}$$

სადაც; C_1, C_2 - ტრასის ვარიანტების მიხედვით მიმდინარე დანახარჯებია,

K_1, K_2 - ტრასის ვარიანტების მიხედვით კაპიტალური დანახარჯებია.

ეფექტურობის კოეფიციენტის ნორმატიული მნიშვნელობა $E = 0,17$.

გზის მშენებლობაზე გაწეული დანახარჯების გამოწყიდვის ვადა იანგარიშება;

$$T = \frac{K_2 - K_1}{C_1 - C_2}$$

ტვირთბრუნვის მაჩვენებელი ტოლია; $G = Q.L$

სადაც; Q - გადაზიდვების წლიური მოცულობაა;

$$Q = \frac{307 N_i g_s \beta \eta}{k}$$

სადაც; N_i - გზაზე მოძრაობის ინტენსივობაა.

g_s - სატრანსპორტო საშუალების საშუალო ტვირთამწეობაა,

β - ავტომობილის გარბენის გამოყენების კოეფიციენტი,

η - ავტომობილის ტვირთამწეობის გამოყენების კოეფიციენტი,

k - დაუტვირთავობის გამათვალისწინებელი კოეფიციენტი.

ტრასის ვარიანტების შერჩევა წარმოებს დაყვანილი ჯამური დანახარჯების მიხედვით, $P = KE + C$

სადაც; K - ერთობლივი დანახარჯების, C - კი კაპიტალური დანახარჯების ოდენობაა. აღნიშნულის შეფასებით შესაძლებელია ენერგო დანახარჯების სტრუქტურის ანალიზი, ენერგო დანახარჯების შემცირების გზების გამოძებნის მიზნით, ისე რომ არ დაზარალებს მშენებლობის ხარისხი და შენარჩუნებული იქნას გზის, პროექტით გათვალისწინებული ტექნიკურ ეკონომიკური მაჩვენებელი.

ლიტერატურა

1. მბარათაშვილი. ასფალტბეტონის საფარის მექანიკური დამუშავების ენერგოეფექტური რეჟიმები. პირველი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია. ენერგეტიკა: "რეგიონალური პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები". აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი. 2010, 21-02 მაისი.
2. მბარათაშვილი. ენერგოეფექტურობა და მისი უზრუნველყოფის პერსპექტივები. მე-2 საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია. ენერგეტიკა: "რეგიონალური პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები". აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი. 2013 მაისი.
3. მბარათაშვილი. საავტომობილო გზის პროექტირება, ოპტიმალური ვარიანტის შერჩევის შესაძლებლობები. პერიოდული სამეცნიერო პერიოდული სამეცნიერო ჟურნალი "ხანძთა". 2013.8(13)

Baratashvili M.

Akaki Tsereteli State University

Summary

The article deals with the totality of the factors that determine the amount of energy expenditure in the phase Building and operation of highways. Presented ways to reduce the energy costs of construction and operation of highways. The technique that determine the effectiveness of road. Determine the value of the energy component in the costs construction of highways.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

**აბრეზატების რესურსდამოკიდებული გამოყენების სისტემური
მიდგომის პრინციპების საკითხისათვის**

თავბერიძე ს., ციხაძე ზ., კილასონია ე.
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

აგროსაქონელწარმოებაში მეურნეობრიობის მრავალფორმიანობის პირობებში უმნიშვნელოვანესია სამანქანო-სატრაქტორო აგრეგატების (სსა) ეფექტური ექსპლუატაცია ენერგოდამოკიდებული ტექნოლოგიების გამოყენებით. ამავდროულად შეუძლებელია სსა-ის რესურსდაზოგვით გამოყენების პრობლემის კომპლექსური გადაჭრა ოპტიმალურობის რომელიმე ერთი კრიტერიუმის მიხედვით. აღნიშნული პრობლემის გადასაჭრელად წარმოდგენილ ნაშრომში მოცემულია მისი გადაჭრის ეფექტური გზა – სისტემური მიდგომის გამოყენების აუცილებლობა და შემოთავაზებულია სსა-ისა და ტექნოლოგიური კომპლექსების რესურსდაზოგვით გამოყენების იერარქიული სტრუქტურული სქემა სისტემური მიდგომის პრინციპების გათვალისწინებით.

საბაზრო ეკონომიკისა და მეურნეობრიობის მრავალფორმიანობის პირობებში განსაკუთრებულ აქტუალობას იძენს ცალკეული აგრეგატების, ტექნოლოგიური კომპლექსებისა თუ მთლიანი მანქანა-ტრაქტორთა პარკის (მტპ) რესურსდაზოგვით გამოყენების ამოცანების გადაჭრა.

მეურნეობრიობის თანამედროვე პირობებში (გლეხური, ფერმერული და სხვა) მტპ გამოყენება არსებითად განსხვავდება მეურნეობრიობის წინა ფორმებისაგან. ეს განსხვავება გამოიხატება დასამუშევრელი ფართობების სიდიდით, მექანიზატორთა რაოდენობით, ფინანსური შესაძლებლობებითა და სხვა ფაქტორებით.

ცალკეული სამანქანო-სატრაქტორო აგრეგატი, სსა ტექნოლოგიური კომპლექსები და მტპ წარმოადგენენ რთულ მობილურ ტექნიკურ სისტემებს, რომლებმაც მუშაობის პროცესში უნდა დააკმაყოფილონ, როგორც აგროტექნიკური და ეკონომიკური მოთხოვნები, ასევე უნდა იქნეს გათვალისწინებული აგრეგატების მუშაობის სხვადასხვა რეჟიმები (სამუშაო სვლა, უქმი სვლა, გაქანება, დამუხრუჭება და ა. შ.), აგრეგატების მუშაობისას რესურსების მრავალფეროვნება (შრომითი, ფინანსური, მატერიალური, საწვავ-ენერგეტიკული და ა. შ.), გარემოს დაცვის საკითხები და სხვა.

სსა-ის ქვეშ იგულისხმება ყველა მობილური სასოფლო-სამეურნეო აგრეგატები, რომლებიც შედგენილნი არიან ტრაქტორების, თვითმავალი შასებისა და სხვა მობილური ენერგეტიკული საშუალებების ბაზაზე თვითმავალი სასოფლო-სამეურნეო მანქანების ჩათვლით

რესურსდაზოგვის უდიდესი ეფექტი მიიღწევა აგრეგატების შედგენისას ანალიზისა და სინთეზის ამოცანის კომპლექსურად ურთიერთკავშირში გადაწყვეტისა და მათი ოპტიმალურ რეჟიმში გამოყენებისას.

შესადგენ აგრეგატთა კონსტრუქციულმა პარამეტრებმა უნდა უზრუნველყონ ოპტიმალური წევით-ენერგეტიკული თვისებები რესურსდაზოგვისა და მწარმოებლურობის საუკეთესო მაჩვენებლების მისაღწევად.

სსა-ის დაკომპლექტება და გამოყენება გულისხმობს შემადგენლობის (ენერგომანქანების, ჩამჭიდი მოწყობილობების, მუშა მანქანების რაოდენობის შერჩევა) და მათი მუშაობის რეჟიმების (მუშა და უქმი სვლები, ტექნოლოგიური მომსახურება და სხვა) დასაბუთებას.

ხშირად სსა გამოიყენებიან ტექნოლოგიური კომპლექსების შემადგენლობაში. ამასთან დაკავშირებით რესურსდაზოგვის პრობლემის კომპლექსური გადაწყვე-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ტისათვის აუცილებელია ასეთი ტექნოლოგიური კომპლექსების რაოდენობრივი შემაჯავებლობისა და გამოყენების რეჟიმების დასაბუთება. საჭიროა ერთიანი მეთოდოლოგიური კონცეფციის შემუშავება, როგორც ცალკეული აგრეგატის, ასევე ტექნოლოგიური კომპლექსების რესურსდაზოგვით გამოყენებისათვის. დღეისათვის მოცემულ სფეროში არსებული მეცნიერული კვლევები ძირითადად ეძღვნება ცალკეული აგრეგატების და მათი მუშაობის რეჟიმების რესურსდაზოგვის კერძო ამოცანების გადაჭრას. რესურსდაზოგვის გამოყენებული კრიტერიუმები და მათ მიხედვით ოპტიმიზირებული პარამეტრები თუ აგრეგატის მუშაობის რეჟიმები (სამუშაო და უქმი სვლები, ტექნოლოგიური და ტექნიკური მომსახურების რეჟიმები და სხვა) ხშირად მნიშვნელოვნად განსხვავდებიან. ასევე განსხვავებულია აგრეგატების მუშაობისას გამოყენებული რესურსებიც (შრომითი, მატერიალური, საწვავ-ენერგეტიკული და სხვა).

არსებული შრომების ანალიზის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ ერთი მათემატიკური მოდელის ზღვრებში შეუძლებელია სსა-ის რესურსდაზოგვით გამოყენების პრობლემის კომპლექსური გადაჭრა ოპტიმალურობის რომელიმე ერთი კრიტერიუმის მიხედვით.

გამომდინარე აქედან განსახილველი პრობლემის გადასაჭრელად ყველაზე ეფექტურია სისტემური მიდგომა, რომლის დროსაც მიზანშეწონილია კვლევების ჩატარება შესაბამის ურთიერთდაკავშირებული ქვესისტემების მიხედვით. ამასთან სისტემის ელემენტების (ქვესისტემის) როლში შეიძლება განხილულ იქნას აგრეგატის ფუნქციონირების ძირითადი რეჟიმები ს.ს. კულტურების მოვლა-მოყვანის ტექნოლოგიის მთელი მასშტაბით (სამუშაო სვლა, უქმი სვლა, გაქანება, დამუხრუჭება, ტექნოლოგიურ მომსახურებათა რეჟიმი და სხვა).

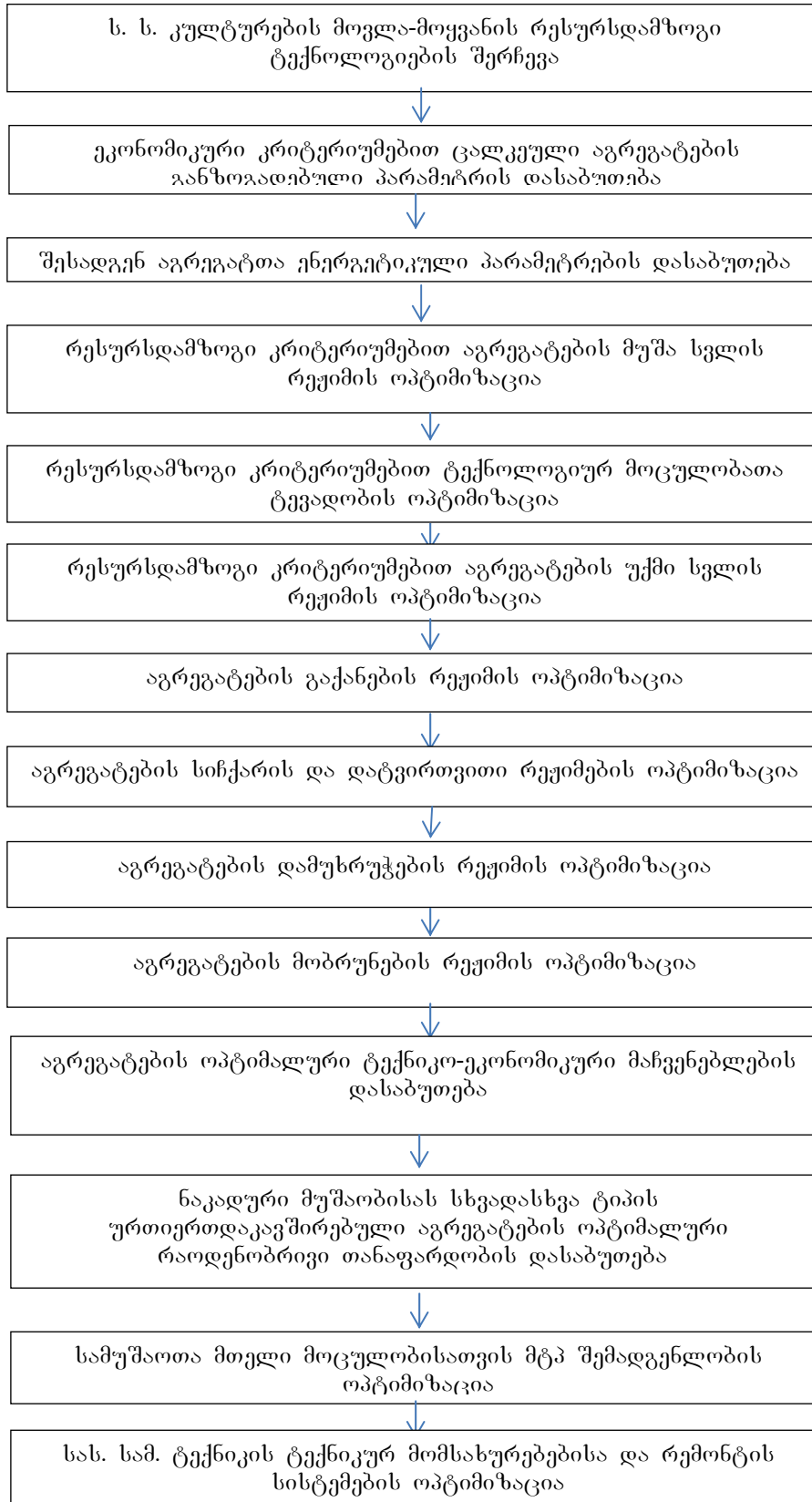
ნახსენები თავისებურებანი ადასტურებენ იმას, რომ აგრეგატების ფუნქციონირების პროცესი, როგორც რთული სისტემა ხასიათდება იერარქიული სტრუქტურით ურთიერთდაკავშირებული ქვესისტემების ვერტიკალური დეკომპოზიციის შესაძლებლობით. ამასთან ძირითადი ამოცანა მდგომარეობს ქვესისტემის ოპტიმალურობის კრიტერიუმის შესაბამისობასთან მეცნიერულ დასაბუთებაში, რომლებიც კომპლექსში უზრუნველყოფენ განზოგადებული კრიტერიუმის რეალიზაციას – ყველა ძირითადი სახის რესურსის დანახარჯის მინიმიზაციას, რომლებიც გამოყენებულ იქნა სსა და მასთან ურთიერთდაკავშირებულ ს. ს. მანქანებისა და აგრეგატების მუშაობისას.

ნახ. 1-ზე წარმოდგენილია სსა-სა და ტექნოლოგიურ კომპლექსების რესურსდაზოგვით გამოყენების იერარქიული სტრუქტურული სქემა სისტემური მიდგომის პრინციპების გათვალისწინებით.

პრობლემის კომპლექსური გადაწყვეტა ხორციელდება რესურსდაზოგვის დონეზე ს. ს. კულტურების მოვლა-მოყვანის ტექნოლოგიიდან დაწყებული ცალკეული აგრეგატების ფუნქციონირების კერძო რეჟიმებითა და თვით ტექნიკური ექსპლუატაციის ამოცანების ჩათვლით დამთავრებული. რესურსდაზოგვის ამოცანები ყოველ დონეზე ისე ფორმულირდება, რომ ყოველი წინა დონის გამოშვებული შედეგები გამოყენებულ იქნას იერარქიული სტრუქტურის მომდევნო დონის საწყის ინფორმაციად. ფუნქციონირების თითოეული დონისათვის დგება შესაბამისი მათემატიკური მოდელი რესურსდაზოგვის კონკრეტული კრიტერიუმებით (საექსპლუატაციო და შრომითი დანახარჯების მინიმიუმით, საწვავის ხარჯითა და სხვა). ამავდროულად ხდება ოპტიმიზაციის ყველა დონის რესურსდაზოგვის ეფექტურობის შეკრება. საუკეთესო შედეგი მიიღება ყველა ურთიერთდაკავშირებული დონის ოპ-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ტიმიზაციის რეალიზებისას.



ნახ. 1. სას. სამ. ტექნიკისა და ტექნოლოგიურ კომპლექსების რესურსდამზოვიტო გამოყენების იერარქიული სტრუქტურა

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

რესურსდაზოგვის ამოცანების გადაჭრის მეთოდები მისაღებია, როგორც მანქანებისა და აგრეგატების ახალი კონსტრუქციების დამუშავების სტადიაზე, ასევე არსებული ს. ს. ტექნიკის საწარმოო ექსპლუატაციის პირობებში.

ლიტერატურა

1. ჭაბუკიანი რ. – სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის ექსპლუატაცია. ქუთაისი „მოწამეთა“. 2008 წ. 176 გვ. ილ.
2. Самсонов В. А., Зангиев А. А., Дидманидзе О.Н., - Автоматизированное проектирование ресурсосберегающих машинно-тракторных агрегатов. Москва «Колос». 1997 г. 231 стр. ил.
3. Зангиев А. А., Лышко Г. П., Скороходов А. Н. – Производственная Эксплуатация машинно-тракторного парка. Москва «Колос». 1996 г. 320 стр. ил.

**THE PRINCIPLES OF SYSTEMIC APPROACH TO RESOURCE-SAVING
UTILIZATION OF AGGREGATES**

S. Ch. Tavberidze, Z.G. Tsibadze, E.O. Kilasonia

Akaki Tsereteli State University

Summary

In agricultural commodity producing efficient exploitation of machine and tractor aggregates by using power inputs technologies is very important. At the same time it's impossible to solve problem of resource-saving utilization of the machine and tractor aggregates according to any criteria of optimality. For solving the problem there are given the efficient ways – necessity of systemic approach utilization and there is offered hierarchical structural scheme of resource-saving utilization of machine and tractor aggregates and technologies considering the principles of systemic approach.

**მატიერიალური და ენერგორესურსების დამზოგბი
მოწყობილობის გამოყენება ლითონების წებრტილოვანი
შედულებისათვის**

მინდაძე ს., ყიფიანი პ., გერაძე პ.

აკაკი წებრეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ნაშრომში განხილულია შენადული შეებრთებისათვის სამშენებლო-სამონტაჟო დამზახების გამოყენება აფეთქებით შედულების ენერგოდამზოგი შესაძლებლობის გამოყენებით, რაც ზრდის შენადული შეებრთების მექანიკურ თვისებებს. მიღებულია პროცესის პარამეტრების გაანგარიშების სქემა.

ბოლო პებრიოდში მნიშვნელოვნად გაიზარდა ლითონის კონსტრუქციების გამოყენების წილი სხვადასხვა სახის სამრეწველო თუ სამოქალაქო ობიექტების მშენებლობისას. ამის ნათელი მაგალითია ბოლო წლებში ქ.ქუთაისში აგებული სპორტის სასახლე და პარლამენტის შენობა, რომლებიც მთლიანად ლითონის შენადულ კონსტრუქციებს წარმოადგენს. ლითონის კონსტრუქციები თითქმის შეუცვლელია შენობა-ნაგებობების რეკონსტრუქცია-გაძლიებრების დროს. თუმცა, ხშირ შემთხვევაში აუცილებელია რთული ენერგოტეკვადი მოწყობილობის გამოყენება, რომელთა გამოყენება, სხვა სირთულეებთან ერთად, დაკავშირებულია დიდ ენერგოდანახარჯებთან.

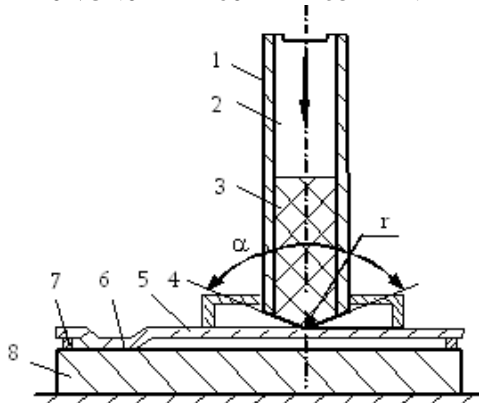
ხშირ შემთხვევაში კონსტრუქციის შედულებით აგებისას საჭიროა თხელი 1-3 მმ სისქის ფურცლების მიდულება შედარებით დიდი სისქის დეტალებთან, რაც,

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

საკმაოდ რთულია შედუღების თვალსაზრისით (არ უნდა მოხდეს ფურცლების გაწვა და არ უნდა დაგვრჩეს შეუდუღებელი ადგილები). გარკვეული სირთულე იქმნება იმ შემთხვევაში, თუ სხვადასხვა ქიმიური შედგენილობის მასალებია გამოყენებული [1].

მოცემულ სამუშაოში განხილულია ენერგოდამზოგი ტექნოლოგიის გამოყენება სხვადასხვაგვარი ლითონების პირგადადებითი წერტილოვანი შენადული შეერთებების მისაღებად სამშენებლო-სამონტაჟო დამბაჩის მეშვეობით. განხილულია პროცესის ისეთი ოპტიმალური პარამეტრების შერჩევა, რომლებიც უზრუნველყოფს ძირითადი ლითონისა და წერტილოვანი შეერთებების თანაბარსიმტკიცეს. ნაშრომში ასევე განხილულია შენადული წერტილების მექანიკური თვისებები და მათი ფორმირების თავისებურებანი.

თვით წერტილოვანი შედუღების სქემა მოყვანილია ნახ.1-ზე.



ნახ.1. წერტილოვანი შედუღების სქემა: 1-დამბაჩა; 2-ლუღა; 3-სარტყამი; 4-დამცველის ბუნიკი; 5-ფირფიტა; 6-ღრწოს ფიქსატორი; 7-საყრდენი; 8-ფუძეშრე.

მისაღულებელი ფირფიტა 5 განლაგებულია რაღაც ღრწოთი ლითონის ფუძის (ფუძეშრის) 8 ზემოთ. ფირფიტის ზედაპირის მიმართ პერპენდიკულარულად განლაგებულია დამცველის ბუნიკის 4 მქონე დამბაჩა 1, რომლის ლუღაში 2 მოთავსებულია სარტყამი 3. ამ უკანასკნელის მდგომარეობა დამბაჩის ლუღას არხში, რომელიც ფიქსირდება დანაყოფების მქონე სპეციალური ზუმბის მეშვეობით, განსაზღვრავს წვის კამერის მოცულობას და სარტყამის სასრულ სიჩქარეს (რამდენიმე ასეულ მეტრს წამში) შესაღულებელ ფირფიტასთან მისი შეხების მომენტში. ფირფიტასთან შეჯახების შემდეგ სარტყამის შემდგომი მოძრაობა ხდება შესაღულებელი ფირფიტის უბანთან ერთად ფართობზე, რომელიც მიახლოებით მისი განივი კვეთის ფართობის ტოლია. ფუძეშრესთან მათი შეჯახების შედეგად წარმოიქმნება პირობები, რომლებიც საჭიროა წერტილოვანი შენადული შეერთების 6 წარმოქმნისათვის. ისევე, როგორც აფეთქებით შედუღების ჩვეულებრივი ბრტყელ-პარალელური სქემის შემთხვევაში, შეერთების წარმოქმნის პირობა მდგომარეობს საკმარისი სიდიდის წნევის შექმნაში და საჭირო ხარისხის პლასტიკური დეფორმაციის განვითარებაში.

ლითონების შედუღებისათვის საჭირო წნევა მიიღწევა მძლავრი დენის მუხტების გამოყენების ხარჯზე და ფოლადის სარტყამის მასის ვარირების ხარჯზე. პლასტიკური დეფორმაციის საკმარის ხარისხს განაპირობებს ღრწოები შესაერთებელ ფირფიტებს შორის, რომლებიც მერყეობს 0,5 მმ-დან 4 მმ-მდე და სარტყამის კონუსური ფორმა წვეროს კუთხით $\alpha=150-160^\circ$. ამ პირობების შემთხვევაში ფირფიტისა და ფუძეშრის სარტყამის ქვეშ მდებარე უბნების შეჯახება ძვრის დეფორმა-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ციას წარმოქმნის, რომელიც ამ ზონაში დინების სახეს იღებს.

შედულების პროცესი შესწავლილი იქნა სამოდელო კონსტრუქციაზე, რომელიც დამზადებული იყო 12X18H10T ფოლადისაგან. მისადულებელი ნამზადის სისქე იყო 1-3 მმ, ფუქეშრისა - 3-20 მმ. ფუქე მზადდებოდა ფოლადებისაგან Cт3, Cт7цп, AМr6 შენადნობისაგან, ბეტონისა და მერქნისაგან. ოპტიმალურ რეჟიმზე შედულებული 12X18H10T+12X18H10T ფოლადის შეერთებების მექანიკური გამოცდებისა და მეტალოგრაფიული ანალიზის შედეგად დადგენილია შემდეგი.

თხელფურცლოვანი მასალების წერტილოვანი შედულებისას, ფუქეშრე უნდა იყოს საკმაოდ დამყოლი, რათა მიღებული იქნას საკმარისი ხარისხის პლასტიკური დეფორმაცია, და საკმაოდ ხისტი, რათა წინააღმდეგობა გაუწიოს ზედმეტ დათხელებას (იხ. ცხრილი 1).

ცხრილი 1

პარამეტრი	ფუქეშრის მასალა				
	Cт3 (130 HB)	Cт7цп (250 HB)	AМr6 (70 HB)	ბეტონი	მერქანი
ფუქის ფარდობითი დეფორმაცია, %	33	23	73	40	203
სიმტკიცის ზღვარი ჭრაზე, მპა	210	125	196	121	30

ოპტიმალურ რეჟიმზე შედულებისას წერტილოვანი შეერთებების რღვევა მიმდინარეობს ზედა ფირფიტის ლითონიდან წერტილების ამოგლეჯის გზით 170-210 მპა წნევისას და წერტილის მიმდებარე ზონის დათხელებით 15-25%-ით. პროცესის ოპტიმალური პარამეტრების გადამეტება იწვევს მიკროზარების წარმოქმნას ინტენსიური დეფორმაციის ზონებში და ზედა ფირფიტის მნიშვნელოვან დათხელებას. ოპტიმალური პარამეტრების შემცირება კი არ უზრუნველყოფს პლასტიკური დეფორმაციის საჭირო ხარისხს.

პლასტიკური დეფორმაციის ინტენსივობა არ არის ერთნაირი წერტილოვანი შეერთების პროფილის მიხედვით, ის აღწევს მაქსიმუმს წერტილის ცენტრში და თანდათან მცირდება პერიფერიისაკენ.

სისაღის განაწილებას აქვს საწინააღმდეგო ხასიათი: მისადულებელი ფირფიტის მხრიდან პერიფერიაზე ის მაქსიმალურია და შეადგენს 4300 მპა-ს, ფუქის მხრიდან - 3540 მპა-ს, წერტილის ცენტრში -3300 და 3800 მპა-ს.

შესაერთებელი ზედაპირების ადიაბატური გახურება პლასტიკური დეფორმაციის შედეგად იწვევს მათ შემოღობვასა და ცვლადი სისქის სხმული სტრუქტურის მთლიანი ფენის წარმოქმნას. წერტილის ცენტრში გამდნარი ლითონის სისქე მცირეა და შეადგენს 0,09 მმ-ს, ცენტრიდან 1,5 მმ მანძილზე - 0,05 მმ-ს, ხოლო 2,8 მმ მანძილზე - პრაქტიკულად არ არსებობს. წერტილის ბირთვში სხმული სტრუქტურის მაქსიმალური სისაღე შეადგენს 3970 მპა-ს, ხოლო ძირითადი ლითონის საზღვარზე მცირდება 2710 მპა-მდე.

12X18H10T ფოლადის კვლევის შედეგად გამოვლენილმა კანონზომიერებებმა საშუალება მოგვცა მიგველო ხარისხოვანი წერტილოვანი შეერთებები სხვადასხვაგვარი ლითონების შედულებისას - M1+M1, M1+AД1, M1+Cт3, 12X18H10T+12X18H10T, 12X18H10T+Cт3, AД1+12X18H10T.

დადგენილი იქნა, რომ წერტილოვანი შეერთებებისა და ძირითადი ლითონის თანაბარსიმტკიცის უზრუნველყოფისათვის სარტყამის სიჩქარე უნდა იყოს არა

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ნაკლებ

$$v_y = (\delta_y + \delta_{II}) / \delta_y v_C,$$

სადაც δ_y - სარტყამის სიგრძეა; δ_{II} - ელემენტის ლითონის სისქეა; v_C - სატყორცნი და უძრავი ელემენტების შეჯახების ოპტიმალური სიჩქარეა [2]. ამასთან

$$v_C \geq (1 + \rho_M C_M / \rho_T C_T) \sqrt{\sigma_{TM} / \rho_M},$$

სადაც ρ_M , C_M , ρ_T , C_T - შესაბამისად, ბგერის სიმკვრივე და სიჩქარე ნაკლებად და მეტად მტკიცე ფოლადში; σ_{TM} - ნაკლებად სალი ლითონის დენადობის ზღვარი.

ღრეწო შესადუღებელ ელემენტებს შორის

$$h = R \operatorname{tg} \alpha,$$

სადაც R - სარტყამის რადიუსია; α - ალესვის კუთხეა.

α -ს მნიშვნელობა უნდა იყოს ინტერვალში

$$180 - 2 \arcsin v_C / 2 C_M, < \alpha < 180 - 2 \arcsin v_C / C_M,$$

სარტყამის მასალა კი უნდა შეესაბამებოდეს სატყორცნი ელემენტის მასალას.

ამრიგად, არსებული სამშენებლო-სამონტაჟო დაზღაწის მეშვეობით წერტილოვანი შენადული შეერთებების მიღების დამუშავებული ხერხი საშუალებას იძლევა გადაეწყვიტოს ერთგვაროვანი და სხვადასხვაგვარი ლითონების საიმედო შეერთების საკითხი ძვირადღირებული სპეციალური მოწყობილობის გამოყენების გარეშე.

ლიტერატურა

1. Сварка в машиностроении. Т.1. /Под ред.Н.Ольшанского. –М.:Машиностроение, 1978. – 420с.
2. Влияние исходной прочнгости свариваемых взрывом материалов на свойства получаемых соединений /В.С.Седых, А.П.Соннов, В.Я.Смелянский, В.Г.Шморгун //Сборник докладов 7-го Муждუნაროდного симпозиума по использованиюэнергии взрыва для производства металлических материалов с новыми свойствами. ЧССР, Пардубице, 1988, с.96-101.

USE OF THE MATERIAL- AND ENERGY-RESOURCES SAVING DEVICE FOR A SPOT WELDING OF METALS

Mindadze S., Kipiani P., Geradze P.

Akaki Tsereteli State University

Summary

The paper dwells on the use of construction and mounting gun for obtaining the welded joint by using the energy-saving capabilities of explosion welding that increases the mechanical properties of welded joints. There has been obtained the scheme for calculating the process parameters.

**თბუბრი რეჟიმების ბავლენა საავტომობილო
ძრავის საიმედოობაზე**

კამლაძე ა. ფურცხვანიძე გ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ავტომობილის დაღმართზე მოძრაობისას, ძრავი ძირითადად მუშაობს როგორც მუხრუჭი ან კიდევ მცირე დატვირთვებით, რის გამოც იცვლება ტემპერატურული რეჟიმი და ძრავი „ცივდება“.

ძრავის გადაგრილებით ზეთის შესქელების გამო, იზრდება მექანიკური დანაკარგები, ცილინდრების კედლებზე კონდენსირებული საწვავის წვეთები ჩამოირეცხავს ზეთის თხელ

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ფენას და იწვევს გაზრდილ ცვეთას.

*ნაშრომში განხილულია თბური რეჟიმების გავლენა, საავტომობილო ძრავის საიმედო-
ბასა და ეკონომიურობაზე.*

ექსპლუატაციის პერიოდში, საავტომობილო ტრანსპორტზე უწყვეტად მოქმედი ცვლადი პირობები, მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ ძრავის სადატვირთო რეჟიმებზე და ტექნიკურ მდგომარეობაზე. მაგალითად, ავტომობილის დაღმართზე მოძრაობისას, ძრავი ძირითადად მუშაობს მცირე დატვირთვებით ან კიდევ როგორც მუხრუჭი, რის გამოც იცვლება ტემპერატურული რეჟიმი და ძრავა „ცივდება“, რაც არღვევს მისი ნორმალური მუშაობის პირობებს. ექსპერიმენტალური კვლევა გვიჩვენებს, რომ ავტომობილის მოძრაობა დაღმართზე ან იძულებით უქმ სვლაზე იწვევს ძრავას „გაცივებას“ და გამაგრებელი სითხის 30°C ტემპერატურაზე, ძირითადი დეტალების ცვეთა 6-ჯერ მეტია, ვიდრე 80°C ტემპერატურის დროს.

ძრავის გადაგრძობით ზეთის შესქელების გამო, იზრდება მექანიკური დანაკარგები, ხოლო ცილინდრების კედლებზე კონდენსირებული საწვავის წვეთები ჩამორეცხავს ზეთის თხელ ფენას და იწვევს გაზრდილ ხახუნს.

ცივი ძრავის გაშვება და შეთბობა წარმოადგენს რთულ არასტაციონალურ თბოცვლის პროცესს, რომლის დროსაც მკვეთრად იცვლება მოხახუნე წვეთების მუშაობის პირობები. აღსანიშნავია, რომ ძრავის გაშვება-შეთბობის პროცესში მოხახუნე წვეთების გაზრდილ ცვეთასა და საიმედობის შემცირების მიზეზებზე არსებობს სხვადასხვანაირი მოსაზრება. ექსპლუატაციის პროცესებში მსხვილი ცილინდრების საერთო ცვეთაში (40÷70%) და გაშვების რეჟიმში (2,5÷24%) არის აბრაზიული ცვეთა.

როგორც ანალიზი გვიჩვენებს გაშვებისა და შეთბობის პროცესში, ძრავის დეტალების ცვეთის ძირითადი სახეა მოლეკულურ-მექანიკური ცვეთა, რომელიც ძირითადად გამოწვეულია საწვავში ტექნიკური მინარევების არსებობით. საწვავში მყარი მექანიკური მინარევები (მტვერი, ქვიშა და სხვ.) იწვევს ძირითადი დეტალების აბრაზიულ ცვეთას. მაგალითად, დიზელის საწვავში მექანიკური მინარევების არსებობა იწვევს: ყვინთას ადგილობრივი ცვეთის 30÷35 მკმ-ით; 15÷17 მკმ-ით იცვითება ცილინდრების მასრები და 25÷30 მკმ-ით დამჭირხნი სარქველი. ამასთან ცვეთა მფრქვევაში და დამჭირხნი სარქველში უარყოფით გავლენას ახდენს ძრავის მუშაობაზე. ცვეთის ამ სახის შემცირება შესაძლებელია ზეთის მიწოდების დაგვიანების შემცირებით საწვავი ნარევის გაუმჯობესებით და შეთბობის ოპტიმალური რეჟიმის შერჩევით [1].

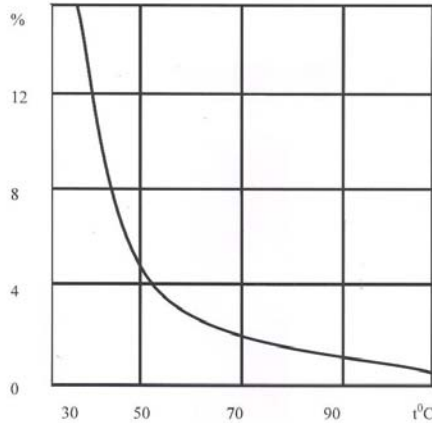
გამოკვლევები გვიჩვენებენ, რომ დიდი სიმძლავრის ძრავის გაშვებისას ცილინდრების ცვეთის 75÷80% გამოწვეულია მოხახუნე წვეთებთან ზეთის მიღწევის დაგვიანების მიზეზით; 11÷16% დაბალ ტემპერატურულ რეჟიმზე ძრავის მუშაობით, 9÷11% ცილინდრების კედლებზე მიმდინარე კოროზიული პროცესებით.

ექსპერიმენტალური კვლევებით, გაშვების რეჟიმში ძრავას ცვეთაზე არსებით გავლენას ახდენს გაგრძელების სისტემის კონსტრუქცია, ხელის ძრავის შეთბობის რეჟიმი განსაზღვრავს ცილინდრებში ზეთის აფსკის სისქეს, რაც არსებით გავლენას ახდენს ცილინდრების საიმედოობაზე.

ძრავის გაშვება შეთბობის პროცესში ცილინდრების ცვეთის შემცირების ერთ-ერთი ღონისძიებაა, გამაგრებელი სითხის ტემპერატურის რეგულირება და შეთბობის დროის შემცირება, როგორც გაგრძელების სისტემაში თერმოსტატის,

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ვენტილატორის და ჟალუზების თერმორეგულირებით, ასევე ანთების ავტომატური დაგვიანებისა და შეთბობის რეჟიმის შერჩევით. ნახ. 1-ზე მოცემულია ღიზელის ძრავის ცილინდრების ცვეთის დამოკიდებულება გამაგრილებელი სითხის ტემპერატურაზე გაშვება-შეთბობის რეჟიმში, საიდანაც ნათლად ჩანს, რომ ძრავში ტემპერატურის შემცირებით იზრდება ცვეთის სიდიდე.



ნახ. 1. ცილინდრების ცვეთის დამოკიდებულება გამაგრილებელი სითხის ტემპერატურაზე.

ძრავის გაგრილების პერანგებში თბური რეჟიმი დამოკიდებულია გამაგრილებელი სითხისა და ზეთის ტემპერატურაზე. როგორც წესი გამაგრილებელი სითხის ოპტიმალური ტემპერატურაა $80\pm 95^{\circ}\text{C}$ და ამ ზღვრებიდან სითხის ტემპერატურის გადახრით მკვეთრად უარესდება ძრავის წვეთი და ეკონომიური მაჩვენებლები, მცირდება მისი საიმედოობა. ამიტომ გაგრილების სისტემის მიმართ წაყენებული მოთხოვნები მდგომარეობს ოპტიმალური თბური რეჟიმის უზრუნველყოფაში, ძრავის მუშაობის პირობებისაგან დამოუკიდებლად.

ძრავის შეთბობის რეჟიმი ისე უნდა შეირჩეს, რომ უზრუნველყოფილ იქნეს მისი საიმედო მუშაობა, ცილინდრებისა და მუხლა ლილვის საკისრების მინიმალური ცვეთა, მოხახუნე წვეილებთან ზეთის მიწოდების დაჩქარება, კარტერში აირების გაპარვისა და ზეთის დამაჭუჭყიანებელი პროდუქტების შემცირება. ამასთან უნდა შემცირდეს ძრავის შეთბობის ხანგრძლივობა.

ძრავის შეთბობის ოპტიმალური რეჟიმის შერჩევის გამოკვლევები გვიჩვენებს, რომ უქმ სვლაზე მუხლა ლილვის სისშირის გაზრდით და ძრავის დატვირთვის ქვეშ შეთბობით იზრდება გამაგრილებელი სითხის შეთბობის სიჩქარე. ყველა შემთხვევაში, კარტერში ზეთის ტემპერატურა $10\pm 30^{\circ}$ -ით ნაკლებია გამაგრილებელი სითხის ტემპერატურაზე. ძრავის შეთბობა მუხლა ლილვის გაზრდილი სისშირით უზრუნველყოფს მოხახუნე წვეილებთან ზეთის მიწოდებას, ნარეგვარმოქმნის და წვის პროცესის გაუმჯობესებას.

გამოკვლევები გვიჩვენებს, რომ ღიზელის ძრავის შეთბობა მუხლა ლილვის უქმი სვლის მინიმალურ სისშირეზე არ არის მიზანშეწონილი, რადგან ამ დროს უარესდება მუხლის ტურბულენტობა, მცირდება წნევა და ტემპერატურა კუმშვის ტაქტის ბოლოს, მცირდება შეფრქვევის წნევა და საწვავის დენადობა იზრდება წვეთის ზომები და გაფრქვევის ხანგრძლივობა მაქსიმალურ მნიშვნელობამდე იზრდება ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტი და უარესდება საწვავის სრული წვის პრო-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ცესი. იზრდება კარტერში აირის გაპარვა, ჭვარტლიანობა და ძრავის შეთბობის ხანგრძლივობა.

ცივი ძრავის შეთბობისას, მუხლა ლილვის ბრუნთა სისშირის გავლენა ცვეთაზე გვიჩვენებს, რომ ცვეთა და აირების გაპარვა იცვლება ერთი და იგივე კანონზომიერებით. გამოკვლევებით და ექსპლუატაციის გამოცდილებით მტკიცდება, რომ უქმ სვლაზე ცივი ძრავის შეთბობის პროცესი შეიძლება შეწყვეტილი იქნეს, როგორც კი თბური მდგომარეობა საშუალებას მოგვცემს, ძრავამ მიიღოს დატვირთვა, იმ პირობით, რომ მოხახუნე წყვილებში ზეთის წნევა მიაღწევს მაქსიმალურ მნიშვნელობას. ეს უკანასკნელი კი უზრუნველყოფს ბენზინზე მომუშავე ძრავში 4 ± 6 , ხოლო დიზელებში 2 ± 3 წთ-ის შემდეგ.

უქმ სვლასთან შედარებით დიზელის შეთბობა დატვირთვაზე არ იწვევს ცილინდრების ინტენსიურ ცვეთას. უფრო მეტიც, დატვირთვის რეჟიმში დიზელის შეთბობით მცირდება ცილინდრების ცვეთა. აღნიშნულის გათვალისწინებით დაუშვებელია დიზელის გაშვების შემდეგ უქმ სვლაზე ხანგრძლივი მუშაობა. ავტომობილმა მოძრაობა უნდა დაიწყოს მას შემდეგ, რაც ძრავის შეზეთვისა და პნეუმოსამუსრუჭო სისტემაში მიღწეული იქნება საჭირო წნევა.

ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ძრავას თბური რეჟიმი არსებითად აისახება ეფექტურ სიმძლავრეზე, რაც თავის მხრივ გავლენას ახდენს ავტომობილის ისეთ მახასიათებლებზე, როგორცაა საშუალო ტექნიკური სიჩქარე და საწვავის ხარჯი. ძრავის თბური რეჟიმის ტემპერატურის შემცირებით იზრდება ტრანსპორტის დატვირთვა დაბალ გადაცემებზე. ასეთ შემთხვევაში ძრავის მახრუნი მომენტი მცირდება $1,5\pm 2$ -ჯერ, ხოლო ეფექტური სიმძლავრე $40\pm 50\%$ -ით. მოცემულ სიჩქარეზე გაქანების დრო და მანძილი იზრდება 2 ± 3 -ჯერ. მაღალ გადაცემით გაქანებაზე მაქსიმალური სიჩქარე მცირდება დაახლოებით 2-ჯერ და იცვლება მახრუნი მომენტის მნიშვნელობების (მისი მაქსიმალური მნიშვნელობა გადაინაცვლებს მუხლა ლილვის ბრუნვის დაბალი სისშირისაკენ). ძრავის საწვავის ხვედრითი ხარჯი იზრდება $40\pm 50\%$ -ით, ხოლო ავტომობილის საწვავის ხარჯი 30 ± 40 -ით. ამიტომ ძრავის ოპტიმალური თბური რეჟიმის უზრუნველყოფა კონსტრუქციის გაუმჯობესებით, წარმოადგენს აქტუალურ ამოცანას, რითაც იზრდება საიმედოობა და მცირდება საწვავის ხარჯი.

ლიტერატურა

1. Остриков В., Нагориов С., Клейменово. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости. Тамбов: изд. ТГТУ, 2008. — 304 С.

THERMAL REGIMES INFLUENCE OF ENGINE RELIABILITY

Kamladze A., P Purtskhvanidze G.

Akaki Tsereteli state university

Summary

Cold engine start-up and warming is a complex non-stationary process, which dramatically changing working conditions involves couples. Research shows that the vehicle rolled down the movement or forced idle along the path causes the engine "cooling" and cooling fluid temperature of 30°C , the basic details of the depreciation of 6 times higher than the temperature at 80°C .

Engine optimal thermal regime of the pressing task of improving the structure, thus increasing reliability and reduced fuel consumption.

ТЕРМОСТОЙКАЯ КОМПОЗИЦИЯ ДЛЯ МЕЖСЛОЙНОЙ ИЗОЛЯЦИИ В ГИБРИДНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМАХ

Ормоцадзе Н.*, Бибилеишвили Д.*, Гветадзе Н.***

*Государственный Университет Акакия Церетели,

**Грузинский Технический Университет

Для получения предложенных термостойких композиционных материалов используется полимер-аминоимидного типа, который отличается от практической использованной диоксида кремния со своей эластичности и хорошей адгезионными свойствами это композиция используется для формирования межслойной изоляции в гибридных интегральных схемах по двухслойной технологии, позволяет получать разрешенный высокотермостойкий рельеф, обладающий хорошими электроизоляционными свойствами, выдерживающий температуру 500-520 °С кратковременно.

На полученной в процессе первой ступени гетероциклизации полимер-аминоимидного типа [1-7] наносят негативный фоторезист, в нем формируют рельеф, затем в образовавшихся окнах травят полимер с помощью специальных травителей, снимают фоторезист с аминоимидного полимера с помощью специальных удалителей и полученный рельеф термозадубливают.

Поли(о-амино)фенилнафталымид (ПАНИ) хорошо растворим в травителях: гидразин-гидрате, смеси гидразин-гидрата и этилендиамина, а также смеси, состоящей из пиридина, диметилсульфоксида и тетраэтиламмоний гидроксида, а в то время как полинафтоиленбензимидазол растворим лишь концентрированной серной кислоте. Поскольку в процессе выделения в присутствии остаточного растворителя, сушки и хранения в полимере происходит частичное образование нафтоиленбензимидазолных фрагментов, то для получения хороших результатов при травлении важно знать содержание нафтоиленбензимидазолных фрагментов в молекуле и найти оптимальное их количество, котором полимерная пленка растворялась бы травителем с достаточной скоростью.

Для этой оценки был использован метод ЯМР ^{13}C - $\{^1\text{H}\}$ спектроскопии, позволяющий однозначно идентифицировать различные типы ядер атомов углерода карбониллов (о-амино)фенилнафталымидных и нафтоиленбензимидазолных фрагментов. Высаженный из реакционного раствора полимер растворялся в 25% растворе серной кислоты и измерялась интегральная интенсивность полосы сигнала при 146,5 м.д. Предварительно была построена коливровочная кривая, выражающая зависимость интегральной интенсивности при 146,5 м.д. от соотношения нафталымидных и нафтоиленбензимидазолных фрагментов в искусственно приготовленной смеси модельных соединений: продуктов взаимодействия о-фенилендиамина и нафталевого ангидрида, на первой стадии (о-амино) фенил-нафталымид и после термоциклизации 1,8-нафтоилен-1,2-бензимидазол.

Из образцов полимера содержащих различные количества нафталымидных и нафтоиленбензимидазолных фрагментов были получены пленки на кремниевой подложке и контролировалось время травления пленки толщиной 1,5 мкм (таблица 1). В качестве травителя использовался травитель следующего состава: пиридин – 40 об.ч., диметилсульфоксид -10 об.ч., тетраэтиламмоний гидроксид – 20 об.ч.

Было установлено, что пленка толщиной 1,5 мкм травится в этом травителе в течение 30-45 секунд в этом случае, если содержание нафтоиленбензимидазолных фрагментов в полимере не превышает 25%.

При большем, чем 25% содержании нафтоиленбензимидазолных фрагментов пленка травится более чем 60 с, при этом происходит ее набухание, частичное отслаивание и

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

остается вуаль, которая приводит к отсутствию контактов в окнах при последующем напильнике металла. При меньшем чем 10% содержании нафтоиленбензимидазолных фрагментов травление протекает очень быстро, вуаль после травления отсутствует, однако при этом резко увеличивается число пор в пленке после задубливания, т. к. При термоциклизации выделяется значительное количество паров воды, приводящее появлению пор, которые впоследствии не затекают и приводит к дефектности.

Если содержание нафтоиленбензимидазолных фрагментов превышает 25%, то такой полимер не пригоден для использования, т.к. он практически не растворим в травителе.

Если в полученном по реакционной поликонденсации аминокимидной полимере (контролируется по ЯМР ^{13}C - $\{^1\text{H}\}$ спектрам, образец осажденного полимера) содержание нафтоиленбензимидазолных фрагментов ниже 10%, то его следует донести до этой величины, т. к. в противном случае резко увеличивается число пор в пленке за счет выделения большого количества воды. Увеличение количества нафтоиленбензимидазолных фрагментов в полимерной пленке можно достичь путем увеличения времени сушки пленки при 95°C до 30-40 мин или повышенном температуре сушки до $105-110^\circ\text{C}$. В последнем случае термоциклизация протекает очень быстро за 5-7 минут на 20-25%.

Таблица 1

Зависимость скорости травления, дефективности пленок наличия вуали при травлении от соотношения о-аминофенил нафталимидных и нафтоиленбензимидазольных фрагментов в полимере

Содержание о-аминофенил нафталимидных фрагментов, % мас	Содержание нафтоиленбензимидазольных фрагментов, % мас	Температура сушки $^\circ\text{C}$, время, мин,	Температура термоциклизации $^\circ\text{C}$	Время термоциклизации $^\circ\text{C}$	Время травления, сек	Наличие вуали при травлении высушенной пленки	Число пор на 1cm^2
95	5	95/15	350	30	30	отсутствует	10
92	8	95/15	350	30	32	отсутствует	5-7
90	10	95/15	350	30	35	отсутствует	2,5-3
85	15	95/15	350	30	40	отсутствует	2,5-3
80	20	95/15	350	30	40	отсутствует	2-2,5
75	25	95/15	350	30	45	отсутствует	2
70	30	95/15	350	30	60	Вуал /слабая/	2
50	50	95/15	350	30	180	Вуал /сильная/	1-2
25	25	95/15	350	30	Практически и не травится		1-2

Список литературы

1. Коршак В.В., Берестнева Г.Л., Петровский П.В., Ормоцадзе Н.Ш., Русанов А.Л. и др. Исследование постадийного синтеза поли(нафтоиленбензимидазолов)// Высокомолек. соед. М. 1981. т.(А), 23. с.730-735
2. Ормоцадзе Н.Ш., Синтез форполимеров полинафтоиленбензимидазолов и исследование пленок полученных на основе этих полимеров// Тезисы докладов V-ой республиканской конференции по химии.Тбилиси, 2004. с.142 полинафтоиленбензимидазолов для получения термостойких покрытий// Тезисы докладов международной научной конференции «КОЛХА»б Кутаиси, 2009. с.155-157
4. Ормоцадзе Н.Ш. Получение и исследование покрытий на основе форполимеров полинафтоиленбензимидазолов// Тезисы докладов республиканской научно-технической конференции «Современные достижения прикладной химии и технологии» Кутаиси, 2009. с.300-304
5. Ормоцадзе Н.Ш., Бибилеишвили Д.В. Получение и исследование покрытий на основе

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

ფორპოლიმეროვ полинафтоиленбензимидазолов// Тезисы докладов международной научной конференции «საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „ენერგეტიკა: რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები“ Кутаиси, 2010. с.126-129

6. Ормоцадзе Н.Ш., Бибилеишвили Д.В. Получение и исследование покрытий на основе фторполимеров полинафтоиленбензимидазолов// Международный журнал Научные новости Грузии, 2010. №2 (6) с. 51-54.

7. Н.Ш. Ормоцадзе., Бибилеишвили Д.В. Получение и исследование покрытий на основе термостойких полимеров// 2 საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „ენერგეტიკა: რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები“ ქუთაისი 2013, გვ. 238-241

HEAT-RESISTANT COMPOSITION FOR INTERLAMINATION INSULATION IN HYBRID INTEGRATED CIRCUITS

N. Ormotsadze*, D. Bibileishvili N.Gvetadze***

*Akaki Tsereteli State University,

**Georgian Technical University

Summary

To obtain the proposed heat-resistant composite materials there is used the aminoindan-type polymer. which differs from the practically used silicon dioxide. with its elasticity and good adhesive properties. This composition is used for the formation of interlamination insulation in hybrid integrated circuits according to the double-layer technology, allows for obtaining the high-heat-resistant relief, which has good electrical insulation properties, and withstands the temperature at 500-520 °C for the short moment.

ТЕРМОСТОЙКАЯ КОМПОЗИЦИЯ

Ормоцадзе Н.Ш.*, Бибилеишвили Д.В.**

* Государственный Университет Акакия Церетели,

** Грузинский Технический Университет

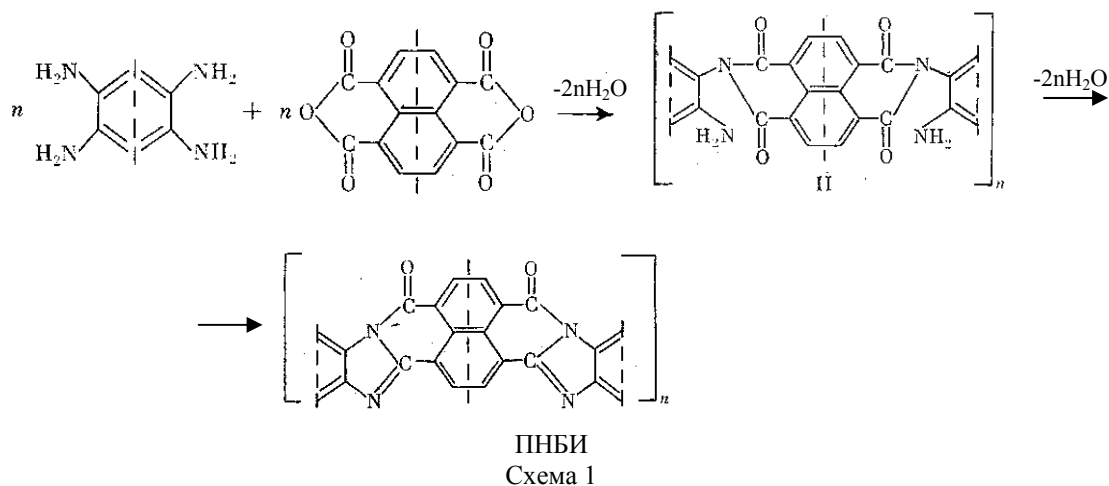
Целью данного исследования является уменьшение дефективности слоя, снятие вуали при травлении полимерного лака и повышение его стабильности при хранении. Поставленная цель достигается тем, что используется композиция на основе полимера аминокимидного типа разноразветвленного строения содержащей о-аминофенилнафталимидные и нафтоиленбензимидазольные фрагменты с блокированными концевыми ангидридными группами

Используемый полимер получается реакцией поликонденсации диангирида нафталин-1,4,5,8-тетракарбоновой кислоты и 3,3¹,4,4¹-тетрааминодифенилоксида в амидном растворителе в присутствии катализатора – ледяной уксусной кислоты. Синтез фторполимера поли(о-амино)фенилнафталимидов (ПНБИ) проводили постадийным методом в среде аргона. Образующихся на первой стадии реакции поли[(о-амино)фенил-перикарбоксамиде] легко замыкается шестичленный имидный цикл и образуется достаточно стабильный при комнатной температуре поли(о-амино)фенилнафталимид. Последний содержит пространственно удобно расположенные о-аминогруппы, способные с расположенными по соседству карбонильной группой замыкать энергетически выгодный шестичленный цикл, образуя нафтоиленбензимидазольную структуру, схема 1.

Одним из узких мест в технологии при использовании полимеров такого типа является малый срок хранения полимерных растворов. Это объясняется тем, что после окончания реакции в полимере остаются свободные ангидридные группы, которые могут реагировать с аминогруппами (о-амино)фенилнафталимидных фрагментов, образуя сшитые нерастворимые системы. Поэтому нами предлагается блокировать эти свободные ангидридные группы вводя в реакционную смесь дополнительное количество о-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

фенилендиамина или любого амина с о-расположенными аминогруппами, в частности в данный полимерный раствор мы вводили 3,3',4,4'-тетрааминодифенилоксид. При расчете необходимого количества вводимого о-амина учитывалось количество свободных ангидридных групп, которое принималось равным количеству свободных аминогрупп. Содержание свободных аминогрупп определялось аналогично количественной реакцией с п-диметиламинобензальдегидом и последующим определением количества образовавшегося вещества спектрофотометрическим методом. Как видно из данных Таблица 1, блокирование концевых ангидридных групп резко увеличило сроки хранения полимерных растворов, причем следует отметить, что термостойкость полимерных пленок при этом не меняется.



Как правило содержание концевых ангидридных групп в полимере не превышает 10^{-3} мол/г на грамм сухого полимера. Для связывания как правило, добавлялось несколько больше количества $5 \cdot 10^{-3}$ г/мол о-диамина. Избыток удаляли из полимера при высаживании и экстракций.

Таблица 1

Зависимость сроков хранения раствора предварительно осажденного полимера в N-метил-2-пирролидоне (N-МП) от количества 3,3',4,4'-тетрааминодифенилоксида (ТАДФО), введенного для связывания концевых ангидридных групп.

Количество ангидридных групп в г-мол/г-мол полимера	Количество введено ТАДО /г-мол	Время реакции, ч	Температура, °C	Срок хранения, суток	примечание
$1 \cdot 10^{-3}$	-	-	-	Менее 1	Образуется геле-образная нетекучая масса, нерастворимая в амидных растворителях
$1 \cdot 10^{-3}$	$0.5 \cdot 10^{-3}$	3	60	2	Раствор полимера, вязкость во времени увеличивается
$1 \cdot 10^{-3}$	$0.7 \cdot 10^{-3}$	3	60	5	Раствор полимера, вязкость во времени увеличивается
$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	3	60	20	Раствор полимера, постоянной вязкости
$1 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	3	60	25-30	Раствор полимера, постоянной вязкости
$2 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	3	60	25-30	Раствор полимера, постоянной вязкости

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

Отличительными признаками предлагаемом методе является то, что (о-амино)-фенилнафталымидные и нафтоиленбензимидазольные фрагменты должны содержаться в используемом полимере в соотношении от 90-10 до 75-25 масс % и для блокирования концевых ангидридных групп используют ароматический о-диамин.

Список литературы

1. Коршак В.В., Берестнева Г.Л., Петровский П.В., Ормоцадзе Н.Ш., Русанов А.Л. и др. Исследование постадийного синтеза поли(нафтоиленбензимидазолов)// Высокомолек. соед. М. 1981. т.(А), 23. с.730-735
2. Ормоцадзе Н.Ш., Синтез форполимеров полинафтоиленбензимидазолов и исследование пленок полученных на основе этих полимеров// Тезисы докладов V-ой республиканской конференции по химии. Тбилиси, 2004. с.142 полинафтоиленбензимидазолов для получения термостойких покрытий// Тезисы докладов международной научной конференции «КОЛХА»б Кутаиси, 2009. с.155-157
4. Ормоцадзе Н.Ш. Получение и исследование покрытий на основе форполимеров полинафтоиленбензимидазолов// Тезисы докладов республиканской научно-технической конференции «Современные достижения прикладной химии и технологии» Кутаиси, 2009. с.300-304
5. Ормоцадзе Н.Ш., Бибилеишвили Д.В. Получение и исследование покрытий на основе форполимеров полинафтоиленбензимидазолов// Тезисы докладов международной научной конференции «საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „ენერგეტიკა: რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები“ Кутаиси, 2010. с.126-129
6. Ормоцадзе Н.Ш., Бибилеишвили Д.В. Получение и исследование покрытий на основе форполимеров полинафтоиленбензимидазолов// Международный журнал Научные новости Грузии, 2010. №2 (6) с. 51-54.
7. Н.Ш. Ормоцадзе., Бибилеишвили Д.В. Получение и исследование покрытий на основе термостойких полимеров// 2 საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „ენერგეტიკა: რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები“, ქუთაისი 2013, გვ. 238-241

HEAT-RESISTANT COMPOSITION

N. Ormotsadze*, D. Bibileishvili**

*Akaki Tsereteli State University,

**Georgian Technical University

Summary

The paper aims to reduce the defectiveness of layer, remove the veil when etching the polymeric lacquer and increase its shelf stability. Said aim is attained by fact that there is used the composition based on aminoindan-type polymer of different-section construction containing the o-aminophenyl-naphthalimide and naphthoyl-benzo-imidazole fragments with the blocked terminal anhydride groups.

თესლის დახარისხება გვირგვინული განმუხტვის ველში

წიქორიძე მ., ებანოძე ი., ციბაძე ზ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

მექანიკურ მანქანებში თესლის დახარისხება აბსოლუტური წონით არ წარმოებს, ამიტომ დახარისხება არაა ეფექტური, რადგან თესლის ხარისხის მაჩვენებლები პირდაპირ კავშირშია აბსოლუტურ წონასთან. აბსოლუტური წონით თესლის დახარისხების საუკეთესო საშუალებაა გვირგვინული განმუხტვის ელექტრულ ველში დახარისხება.

გვირგვინული განმუხტვის ელექტრულ ველში თესლის დიფერენციალური შედარებით დაზოგადებულია ტენთან განსაზღვრულია თესლის ნაწილაკების ტრაექტორიით.

თესლის დახარისხებას ატარებენ მაღალხარისხოვანი სათესლე მასალის მიღების მიზნით, თესლს ახარისხებენ ზომის, წონის, აეროდინამიკური თვისებების

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

და სხვა ნიშანთვისებებით.

თელის საწმენდი მანქანა ერთი გატარებით უნდა იძლეოდეს გაწმენდილ თესლს, რომელიც უნდა პასუხობდეს სათესლე ან სასურსათო მარცვლის მოთხოვნილებებს. მანქანის მუშა ორგანოები და მექანიზმები არ უნდა აზიანებდეს გასაწმენდ და დასახარისხებელ მარცვალს, მანქანა უნდა იყოს უნივერსალური, ე.ი. უნდა შეძლოს სხვადასხვა კულტურის თესლის გაწმენდა მინარევებისა და სარეველა მცენარეების თესლისაგან.

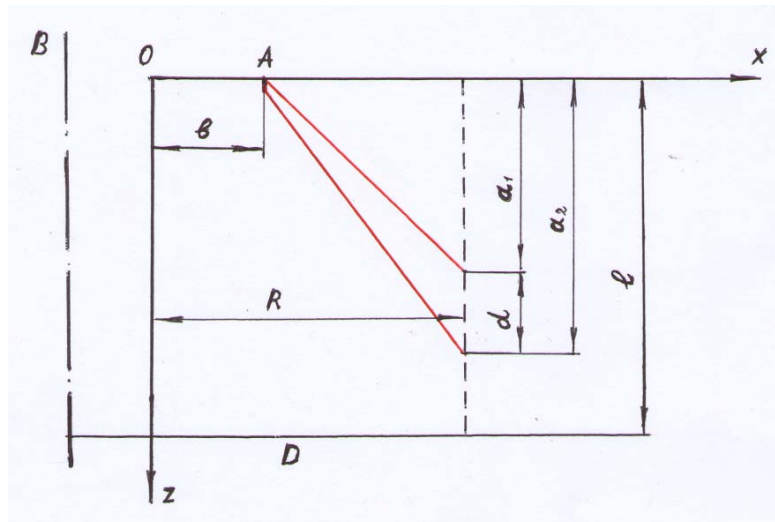
აგრეთვე თესლგამწმენდმა მანქანამ უნდა უზრუნველყოს თესლის დახარისხება აბსოლუტური წონით.

აბსოლუტური წონით თესლის დახარისხების საუკეთესო საშუალებას წარმოადგენს მაღალი ძაბვის ელექტრულ ველში გვირგვინული განმუხტვის გამოყენებით დახარისხება. გარდა ხარისხის მაჩვენებლების გაუმჯობესებისა, ელექტრული დახარისხების დროს სორციელდება თესლის გათანაბრება ზომებით, აბსოლუტური წონით და სხვა ნიშანთვისებებით.

ელექტრული დახარისხების პროცესში გარდა ფიზიკო-მექანიკური პარამეტრებისა, მონაწილეობენ თესლის ნაწილაკის ელექტრული თვისებები, როგორცაა დიელექტრიკული შეღწევადობა, ელექტრული წინაღობა, გამტარობა და სხვა.

თესლის დიელექტრიკული შეღწევადობა მის ტენტან დამოკიდებულებით იცვლება ფართო ფარგლებში, რამდენიმე ერთეულიდან-უსასრულობამდე, როცა თესლის სინოტივე (სინესტე) -16% -ზე მეტია, თესლს თვლიან გამტარობის უნარით. ხოლო სათესლე მასალის (თესლის) წინაღობა იმყოფება ზღვრებში $10-16\%$, მაშინ თესლი გაუმტარია. $10-16\%$ -მდე ტენტის დროს თესლი ითვლება ნახევარგამტარად, ამის შესაბამისად წინაღობა იმყოფება ზღვრებში 13^3-10^{10} .

გვირგვინული განმუხტვის ელექტრულ ველში დახარისხების ხარისხი დამოკიდებულია ნაწილაკის ზედაპირულ ფორმაზე. რაც უფრო წახნაგოვანია თესლის ნაწილაკი, მით მეტია მასზე მოქმედი ელექტრული ძალის სიდიდე და შესაბამისად თესლის გადახრის მანძილი. ერთი და იგივე ელექტრული ველის დაძაბულობის დროს სხვადასხვა გეომეტრიული ფორმის და წახნაგოვანი თესლის ნაწილაკების მოძრაობა წარმოებს სხვადასხვა ტრაექტორიით.



თესლის ნაწილაკების დახარისხება გვირგვინულ სახარისხებელში

ვარდნილი ნაწილაკების მოძრაობის ტოლობის გამოყვანის დროს, გვირგვინ-წარმომქმნელი ელექტროდის მიმართულება აღებულია Z - ღერძად, ხოლო X-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ღერძი მიღებულია უარყოფითი ელექტროდის მართობულად.

სურათზე აღნიშნულია: R - სახარისხების რადიუსი, D - დიამეტრი, I-სი-
 მალე, B - დადებითი ელექტროდი, A - ელექტროდებს შორის თესლის ჩამოყრის
 ადგილი, a_1, a_2 - ნაწილაკების დადებით ელექტროდთან შეხების ადგილი.

გვირგვინული განმუხტვის ელექტრულ ველში თესლის ნაწილაკზე მოქმედებს
 ელექტრული ველის ძალები, რომლებიც შემდეგნაირად გამოისახება:

$$m \frac{d^2 r}{dt^2} = F = (1 + 2 \frac{[E] - 1}{[E] + 2}) E^2 \frac{[E]}{1 + [E]^2} \quad (1)$$

- სადაც m - ნაწილაკის მასაა,
 d - მანძილი თესლის მიმდებ ბუნკერებს შორის,
 F - ელექტრული ველის ძალა
 $[E]$ - თესლის დიელექტიკური შეღწევადობა
 E - თესლის აბსოლუტური წონა
 E - ელექტრული ველის დაძაბულობა

აღსანიშნავია $[E]$ -ის ცვლილების დროს $(1 - \frac{[E]}{[E]})$ -მდე ნაწილაკის მუხტი
 იცვლება. ამიტომ ნაწილაკის მუხტი გვირგვინული განმუხტვის ველში პირდაპირ
 პროპორციულია ველის კვადრატისა და ნაწილაკების დაყოფა სხვადასხვა დიე-
 ლექტრიკული შეღწევადობით შესაძლებელია მხოლოდ ვიწრო კლასიფიკაციით.

თუ დაუშვებთ, რომ გვირგვინული განმუხტვის ელექტრულ ველში თესლის ნა-
 წილაკები მოძრაობენ სწორხაზოვნად, მაშინ მისი კუთხის კოეფიციენტი გამოით-
 ვლება შემდეგი გამოსახულებით:

$$\tan \theta = \frac{3}{8} \frac{(1 + 2 \frac{[E] - 1}{[E] + 2}) E^2}{[E]^2} \quad (2)$$

ხოლო თესლის ნაწილაკის ელექტრული თვისებების გამოსახვისათვის
 გვაქვს შემდეგი დამოკიდებულება:

$$X = \frac{1 + 2 \frac{[E] - 1}{[E] + 2}}{[E]^2}$$

სადაც γ - თესლის ნაწილაკის სიმკვრივეა.

მანძილი ნაწილაკის ვარდნის ადგილიდან დადებითი ელექტროდის შეხების
 წერტილამდე გამოითვლება ფორმულით:

$$a = \frac{8 [E]^2 \gamma (R - b)}{3 E^2} \quad (3)$$

თუ დასახარისხებელი თესლის ელექტრულ თვისებებს აღვნიშნავთ X1, გამო-
 ფიტული და სხვადასხვა მინარევების ელექტრულ თვისებები იქნება X2, მაშინ და-
 ხარისხება მით უკეთესი იქნება, რაც მეტია მათი ელექტრული თვისებების სხვაო-
 ბა.

ნაწილაკის დახარისხებისათვის დამახასიათებელი სხვაობა a_1 -სა და a_2 -ს
 შორის, რომელიც გვიჩვენებს რა მანძილით ცვივა თესლის ნაწილაკები დადებითი
 ელექტროდის გარეთ.

$$d = a_2 - a_1 = 1,302 \frac{[E]^2 (R - b)}{E^2} (\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1}) \quad (4)$$

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

სადაც d -წარმოადგენს მანძილს წერტილებს შორის, რომელც ფლობენ სხვადასხვა X_1 და X_2 .

ბოლო მე-4 განტოლებიდან გამომდინარე ელექტორდებს შორის მანძილის გაზრდით იზრდება d . ამიტომ დახარისხება მით უფრო ეფექტურია, რაც უფრო დიდია მანძილი ელექტორდებს შორის. ხოლო ამ უკანასკნელის ზღვარი განისაზღვრება დანადგარის სიმძლავრით, კვების წყაროს ძაბვის მოთხოვნით. რაც დიდია d -ს სიდიდე, მით კარგია დახარისხება. ხოლო როცა d მცირეა, მაშინ ნაწილაკების უკეთ დახარისხების მიზნით საჭიროა გავზარდოთ ელექტორდზე მოდებული ძაბვა და მივუახლოვოთ ერთმანეთს მიმღები ბუნკერები.

როდესაც განსაზღვრულია ელექტორდებს შორის მანძილი $R=200$ მმ, $l=200$ მმ, $d=250$ მმ, მაშინ დახარისხება წარმოებს ოთხ ფრაქციად.

ლიტერატურა:

1. Олофинский Н.Ф. - электрические методы обогащения. Гостехиздат 1972.
2. Балабанов Е.Н. Боровик М.Г. - электрическая сепарация форявовочных песков. М. машгиз-1970 г.

SEED SORTING IN CORONA DISCHARGE FIELD

M. Tsikoridze, I. Ebanoidze, Z. Tsibadze

Akaki Tsereteli State University

Summary

Seed sorting in mechanical machines isn't made with absolute weight. Therefore, sorting isn't effective as the quality coefficient of seed is directly connected to the absolute weight. The best way of sorting seed with absolute weight is the sorting in corona discharge field.

The relation of dielectric access of seed with moisture in the corona discharge field is determined by path of seed particles.

ადსორბირებული ბუნებრივი გაზი სატრანსპორტო სექტორში

ანანიაშვილი გ.

ვისოლ პეტროლიუმ ჯორჯია

ნაშრომში წარმოდგენილია ადსორბირებული გაზის ტექნოლოგიის გამოყენების უპირატესობა დაწინააღმდეგებელი ბუნებრივი გაზთან შედარებით. განხილულია მეთანის, როგორც ბუნებრივი გაზის უმთავრესი შემადგენელი კომპონენტის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები. ნახვევებია მოტორული საწვავის სიმკვრივესა და ენერგოეფექტურობას შორის დამოკიდებულება. წინამდებარე ნაშრომის მიზანია ადსორბირებული ბუნებრივი გაზის მრავალფაქტორული პოტენციალის მოკლე ანალიზი.

დღეისათვის ბუნებრივი გაზს, როგორც ენერჯის წყაროს, დომინანტური მდგომარეობა უჭირავს და თანამედროვე ენერჯეტიკის მნიშვნელოვან ამოცანას მისი რაციონალური გამოყენების, ტრანსპორტირებისა და შენახვის ტექნოლოგიის შემუშავება წარმოადგენს.

ენერჯის წყაროდ ბუნებრივი გაზის გამოყენება საშუალებას იძლევა, ქვეყნისთვის ერთდროულად ორი სახის პრობლემა გადაიჭრას: ეს არის ეკოლოგიური და ენერჯეტიკული უსაფრთხოება. პირველი გულისხმობს ავტომობილის მავნე გამონახობლქვი აირებისა და მყარი ნაწილაკების ჰაერში ემისიას, მეორე კი - სტაბი-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ღურ ხელმისაწვდომობასა და გონივრულ ფასებს.

დღეისათვის საავტომობილო სექტორში ბუნებრივ გაზს დაწნეხილი (კომპრესირებული) სახით იყენებენ. ბუნებრივი გაზი მილსადენის საშუალებით ხვდება გაზგასამართ სადგურზე და გადის გაფილტვრის, გაშრობისა და დაწნეხვის ეტაპებს. ბუნებრივი გაზის 70-98%-ს მეთანი შეადგენს [1], ხოლო დანარჩენი ნაწილი მინარევის სახით ნახშირწყალბადების, აზოტისა და ნახშირორჟანგისგან შედგება. ძრავული მეთოდის მიხედვით, მეთანის ოქტანური რიცხვი 110-ია. ზოგიერთი მონაცემებით, ბუნებრივი გაზის ოქტანური რიცხვი შემადგენლობის მიხედვით შეიძლება 136,9-საც კი აღწევდეს [2]. შედარებისთვის, სტანდარტული ბენზინის ოქტანური რიცხვი მხოლოდ 87-ია. მაღალი ოქტანური რიცხვი მეთანს დეტონაციურ მდგომარეობას ანიჭებს და ძრავის კუმშვის ხარისხის გაზრდის საშუალებას იძლევა, რაც ძრავის სიმძლავრის მნიშვნელოვან მომატებასა და ეფექტიანობის გაუმჯობესებას განაპირობებს [3]. მეთანის კრიტიკული ტემპერატურა -82°C -ია; ამის გამო, ჩვეულებრივ ტემპერატურაზე წნევის ვერცერთ მნიშვნელობაზე მეთანი თხევად მდგომარეობაში ვერ გადავა, შესაბამისად, შენახვისა და მილსადენის გარეშე ტრანსპორტირებისთვის უნდა მოხდეს მისი ძვირადღირებული გათხევადება -163°C ტემპერატურაზე, რომლის დროსაც მეთანის მოცულობა 600-ჯერ მცირდება, ან წნევის ქვეშ დაწნევა კომპაქტურ მოცულობამდე. დაწნეხილი ბუნებრივი გაზის საცავი არის მაღალი წნევის ბალონი, რომელსაც განსაზღვრული გეომეტრიული ფორმა აქვს: ცილინდრული და სფეროსებრი. თეორიულად, ერთი და იგივე კედლის სისქის მქონე სფეროსებრი ბალონს 2-ჯერ უფრო მეტი სიმტკიცე აქვს ცილინდრული ფორმის მქონე ბალონთან შედარებით, მაგრამ სფეროსებრი ბალონების წარმოება უფრო რთულია და შესაბამისად, ძვირადღირებულიც; ამის გამო, მაღალი წნევის ჭურჭელს, ძირითადად, ცილინდრული ფორმა აქვს. ცილინდრული და ნახევრადსფეროსებრი ფორმები უძლიერესი სტრუქტურით გამოირჩევა, რადგანაც ასეთი გეომეტრია ბალონის მთელ შიდა სივრცეზე გაზის წნევის მიერ გამოწვეული დაძაბულობის თანაბარ განაწილებას განაპირობებს. ბალონის მოუხერხებელი ფორმა, რომელსაც საბარგულის სასარგებლო მოცულობის მნიშვნელოვანი ნაწილი უჭირავს და მოცულობის ერთეულზე მოსული თბოუნარიანობის დაბალი მაჩვენებელი ბუნებრივი გაზის მნიშვნელოვან ნაკლს წარმოადგენს. შედარებისთვის: 20მეგაპა წნევაზე დაწნეხილი ბუნებრივი გაზის 1მ^3 5ლ მოცულობას იკავებს და მოცულობის ერთეულზე მოსული საშუალო ბენზინის თბოუნარიანობასთან შედარებით, ბუნებრივი გაზის თბოუნარიანობა 0.09%-ს შეადგენს. სათბობის ენერჯის დაბალი მოცულობითი სიმკვრივე ავტომობილის მცირე გარბენს განაპირობებს, შესაბამისად გარბენის გაზრდა გაზის საცავის მოცულობასა და ტევადობაზე დამოკიდებული. ბუნებრივი გაზის შემადგენლობა და შესაბამისად, სიმკვრივეც საბადოს ადგილმდებარეობაზე დამოკიდებული. ბენზინის სიმკვრივე, ასევე, ცვალებადია და დამოკიდებულია პროდუქტის ხარისხზე. ცხრილში №1 მოყვანილია საშუალო მაჩვენებლები ჩვეულებრივ პირობებში [4,5].

ცხრილი №1. გაზისა და ბენზინის სათბობის შედარებითი თბოუნარიანობა.

საავტომობილო სათბობი	სიმკვრივე, კგ/მ ³	თბოუნარიანობა, მეგჯ/კგ	თბოუნარიანობა, მეგჯ/ლ	თანაფარდობა გაზი/ბენზინი, %
გაზი	0,76	39	0,03	0,09
ბენზინი	710	46	32,66	

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

20მეგაპა წნევაზე დაწნეხილი გაზის სიმკვრივე საწყის მნიშვნელობას 200-ჯერ აღემატება და დაახლოებით 150გ/სმ³-ს უტოლდება, რაც ბენზინის სიმკვრივის 21%-ს შეადგენს. წნევის ქვეშ გაზის მიღება მრავალსაფეხურიან დაწნეხვას მოითხოვს მაღალი წნევის კომპრესორში, რაც, თავის მხრივ, ძვირადღირებული პროცესია. მიიქმება თვითონ გაზის ბალონებიც, რაც ავტომობილის ტვირთამწეობას ამცირებს. ესე, მაგალითად, თუ ფოლადის (I ტიპი) ბალონის წონას კილოგრამებში გავეყოფთ მისივე მოცულობაზე ლიტრებში m/v , ეს თანაფარდობა დაახლოებით 1.1 - 2.0-ს გაუტოლდება, რადგან მეტალის ბალონებში წონის მნიშვნელობა მოცულობის მნიშვნელობაზე ყოველთვის მეტია. ბევრად უფრო მსუბუქია IV ტიპის, კომპოზიტური მასალისგან შემდგარი ბალონი ($m/v = 0.6 - 0.8$), მაგრამ ის ყველაზე ძვირია და ამის გამო, საქართველოში გავრცელებული არ არის [6].

საავტომობილო გაზის ბალონების მსოფლიო მასშტაბით გამოყენება რამდენიმე ათწლეულს ითვლის და ამ ხნის განმავლობაში მოგროვილი სტატისტიკა გაზის ბალონების ხანგამძლეობას, სიმტკიცესა და უსაფრთხოებას ადასტურებს, მაგრამ, მიუხედავად ამისა, დაწნეხილი აირის ენერჯის შესაძლო გათავისუფლებასთან დაკავშირებული რისკები კვლავ აქტუალური რჩება. გაზის ბალონის გასკდომის ინციდენტების ძირითადი მიზეზი ადამიანური ფაქტორია – შემთხვევები, როდესაც ადგილი აქვს გაზბალონიანი სისტემების ექსპლუატაციის ნორმების დაუცველობას მძღოლის არაინფორმირებულობის გამო ან არაკვალიფიციური მემონტაჟ-სპეციალისტების მხრიდან უხეში ტექნიკური შეცდომების დაშვებას [7]. თეორიულად, წნევის ქვეშ მყოფი აირის ადიაბატური გაფართოებისას შესრულებული მუშაობის ფორმულის თანახმად, 120ლ მოცულობისა და 20მეგაპა-ზე ბუნებრივი აირით გამართული ბალონის გასკდომის სიმძლავრე 7,5მეგაპა-ს აღწევს, რაც დაახლოებით 1,8კგ ტროტილის ეკვივალენტურია. გარდა ამისა, წნევის ქვეშ მყოფი ჭურჭლის, მაგალითად, მზის სხივებით 15⁰C-დან 45⁰C-მდე გათბობისას, წნევის მნიშვნელობა 10%-ით იზრდება, რაც, თავის მხრივ, ზრდის დაძაბულობას ჭურჭლის კედლებში.

დაწნეხილი ბუნებრივი გაზის სათბობად გამოყენების, ტრანსპორტირებისა და შენახვის ჩამოთვლილი სირთულეების გადაწყვეტას შესაძლებელს ხდის ადსორბენტის გამოყენება. მაღალფოროვანი ადსორბენტი გაზის ბალონში თავსდება და გაზის დიდი მოცულობის შენარჩუნებით, ბალონის სამუშაო წნევის მრავალჯერ შემცირების საშუალებას იძლევა. დაბალი წნევისა და ადსორბენტის გამოყენებისას, გაზის მოლექულებს ბევრად ნაკლები ენერჯია გააჩნიათ, რაც წნევის ქვეშ მყოფი ჭურჭლის დეჰერმეტიზაციასთან დაკავშირებულ რისკებს მნიშვნელოვნად ამცირებს. ადსორბირებული გაზის სისტემების გამოყენების უპირატესობა დიდია, რადგანაც ბალონის დამზადებისთვის ნაკლები რაოდენობის ლითონია საჭირო (თხელკედლიანი ბალონები) და შესაბამისად, ბალონის წონაც მცირდება; აგრეთვე, მცირდება გაზის დასაწნეხად საჭირო ენერჯოდანახარჯებიც, რადგან ადსორბენტი დიდი კუთრი ზედაპირის გამო თავის მოცულობასთან შედარებით ბევრად მეტი მოცულობის ადსორბირებს შთანთქმავს [8]. კუთრი ზედაპირი ადსორბენტის 1 გრამზე მოსული მ² რაოდენობით განისაზღვრება. დიდი კუთრი ზედაპირი აქვს მეტალორგანულ ნაერთებს, რის გამოც მათი მეთანის ადსორბენტად გამოყენება დიდ ინტერესს წარმოადგენს. მაგ., მეტალორგანული ნაერთის სავაჭრო სახელწოდებით “ბაზოლაითი”, ქიმიური ფორმულით **Cu₃(btc)₂**, კუთრი ზედაპირი 2200მ²/გ-ია და 3,5მეგაპა წნევაზე 1 მოცულობა ამ ადსორბენტს 220-მდე მოცულობის მეთანის შთანთქმა შეუძლია [9]; შესაბამისად, თუ 50 ლიტრის მოცულობის ცარიელი ბა-

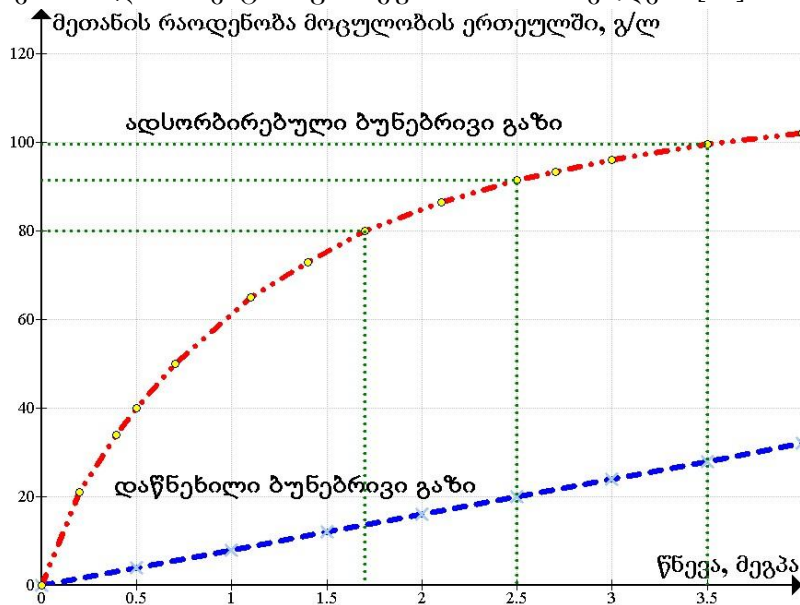
საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ლონი იტევს 10^{მ³} მეთანს 20მეგაა წნევაზე, მაშინ აღსორბენტიანი, იმავე მოცულობისა და თითქმის 1,5-ჯერ მსუბუქი ჭურჭელი იმავე რაოდენობის გაზს 6-ჯერ ნაკლებ წნევაზე დაიტევს. გაზის რაოდენობის დიდ ნაწილს ბალონში აღსორბენტი შთანთქავს, რაც ჭურჭლის ტევადობას მნიშვნელოვნად ზრდის. აღსორბცია ხდება შედარებით დაბალ, 3,5მეგაა წნევაზე, რომლის მიღწევა კომპრესორში შესაძლებელია ერთსაფეხურიანი დაწნევის პირობებშიც. აღსორბენტის წარმოებულობა და აღსორბციული ტევადობა აღსორბენტის კლასსა და მის თვისებებზეა დამოკიდებული. აღსორბციის პროცესი დიდი რაოდენობის სითბოს გამოყოფით მიმდინარეობს და ეს მოვლენა გაზის დამატებითი რაოდენობის შთანთქმას უშლის ხელს. აღსორბციის პროცესის გააქტიურება შეიძლება მოხდეს აღსორბენტის მაცივარ აგენტით გაცივების შედეგად, გასამართი გაზის წნევის გაზრდით, ან გამართვის ნელი ტემპის შერჩევით გამოყოფილი სითბოს სივრცეში გაფანტვის სინქარესთან შესაბამისობაში. თბომიმოცვლის გაუმჯობესებისთვის შესაძლებელია მრავალი სხვა საშუალების გამოყენებაც. აღსორბენტიდან გაზის აორთქლება ხდება თვითდინების საშუალებით, ხოლო, როცა გაზის წნევა ატმოსფერულს უტოლდება, დარჩენილი მეთანის გამოყოფა და ამით აღსორბენტის სრული აღდგენა ხდება გახურებით, მაგალითად, რამდენიმე ასეულ გრადუსამდე გაცხელებული კლაკნილი მილის საშუალებით ცირკულირებადი თბოაგენტის მეშვეობით ან აღსორბენტზე ქიმიური რეაგენტებით (მაგ., ტუტის გაზავებული ხსნარი, ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებები) ზემოქმედების შედეგად. დესორბციისთვის ეფექტურია, აგრეთვე, ელექტროგამტარიანობის მქონე აღსორბენტზე (მაგ., ნახშირბადოვანი ბოჭკოს ბრიკეტი) დაბალვოლტიანი ელექტრული სტიმულაციის გამოყენება [10]. შესაძლებელია, რომ უკანასკნელი ვარიანტი სატრანსპორტო სექტორში გამოყენების კუთხით ყველაზე მოსახერხებელი იყოს. დესორბციის დროს აღსორბენტის ტემპერატურა ვარდება. ტემპერატურის ძლიერი ვარდნა ხელს უშლის სრულ დესორბციას. მრავალმა კვლევამ აჩვენა, რომ აღსორბენტის შემცველი ბალონის გაზით სწრაფი გამართვა, ისევე, როგორც სწრაფი დაცლა დაბალ წარმოებულობას იძლევა. მაღალ წნევაზე მრავალჯერადი ციკლური გამოყენების დროს აღსორბენტის სტრუქტურა ზიანდება და შესაბამისად, აღსორბციული უნარიც ქვეითდება. აღსორბენტის გამოყენების მრავალჯერადობა ბუნებრივი გაზის სიწმინდეზეა დამოკიდებული, რადგან მექანიკური მინარევები აღსორბენტს აბინძურებს. ქვემოთ მოცემული გრაფა აღსორბირებული ბუნებრივი გაზის ეფექტურობას ასახავს [11]. გრაფაზე წითელი და ლურჯი პუნქტირი, შესაბამისად, აღსორბენტიანი და ცარიელი საცავის ტევადობას აღნიშნავს. აღსორბენტად გამოყენებულია გააქტიურებული ნახშირი. მწვანე პუნქტირი ამ ორი მეთოდის ეფექტურობის შედარებით მაჩვენებელს აღნიშნავს.

აღსორბენტით საესე საცავის გამოყენების უპირატესობა, დაწნეხილი ბუნებრივი გაზის ბალონთან შედარებით, დამატებით, მდგომარეობს იმაში, რომ აღსორბენტიანი საცავის ფორმა შეიძლება შეიცვალოს და ავტომანქანის ბენზობაკს დაემსგავსოს, რაც ავტომანქანის სასარგებლო მოცულობის ეკონომიის საშუალებას იძლევა. . აღსორბირებული ბუნებრივი გაზის ტექნოლოგიაში აღსორბციის მოვლენას იყენებენ, როგორც რაიმე სივრცის ტევადობის გაზრდის საშუალებას. მყარ, ფოროვან სხეულზე გაზის აღსორბცია ხორციელდება აღსორბატის მოლეკულებით აღსორბენტის ფორების შევსების მექანიზმით. ფიზიკურად აღსორბენტი შეიძლება სფეროსებრი გრანულების, ღეროების, ჩამოსხმების ან დაპრესილი ბრიკეტების სახით იყოს. თეორიულად, მეთანის აღსორბენტის ფორების ოპტიმალური დიამეტრი 11,4 Å-ს უნდა შეადგენდეს და ამ მნიშვნელობიდან 2-3 Å-ის გადახრაც კი ფორე-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ბის ადსორბციის თვისებას საკმაოდ ამცირებს [12]. მეთანის მოლეკულის ზომა არის 3,8 Å; ეფექტური ადსორბენტის ერთი ფორის მოცულობა მეთანის 3 მოლეკულას იტევს. ადსორბენტის განვითარებული ზედაპირი, უპირატესად, მიკროფორებისგან უნდა შედგებოდეს, მეზოფორებს ნაკლებად უნდა შეიცავდეს, მაკროფორები კი საერთოდ არ უნდა იყოს სახეზე. ადსორბენტებს შორის ხშირად გამოიყენება გააქტიურებული ნახშირი, თერმოგაფართოებული ნახშირი, გააქტიურებული ალუმინის ოქსიდი, პოლიმერული ფისი და მეტალორგანული ნაერთები. ადსორბენტი, რომელიც მეთანის ადსორბციის დროს სითბოს მცირე რაოდენობას გამოყოფს და მაღალი თბოტევადობა აქვს, შთანთქმისას ნაკლებად ხურდება და დესორბციისას მეტად ინარჩუნებს სითბოს (ნაკლებად ცივდება). ცხრილში №2 მოყვანილია ზოგიერთი ადსორბენტის ფიზიკური მახასიათებლები [11].



ცხრილი 2. ხშირად გამოყენებადი ადსორბენტის ფიზიკური მახასიათებელი.

ადსორბენტი	სიმკვრივე, კგ/მ ³	კუთრი ზედაპირი, მ ² /გ	ფორების საშუალო ზომა, Å	დესორბციის ტემპერატურული დიაპაზონი, °C
გააქტიურებული ნახშირი	300 – 500	600 – 1500	20 – 40	100 – 150
სილიკაგელი	400 – 800	600 – 800	20 – 50	120 – 250
გააქტიურებული ალუმინის ოქსიდი	700 – 850	100 – 400	30 – 50	150 – 320
კრისტალური ალუმოსილიკატები	600 – 900	500 – 1000	3 – 10	200 – 300
პოლიმერული რეზინები	300 – 320	550 – 800	90 – 100	80 – 140

აღსანიშნავია, რომ ჭურჭელში მყოფი მყარი ნივთიერების ადსორბციის თვისებაზე მნიშვნელოვან ზეგავლენას ახდენს ადსორბენტის შემკვრივება. ერთი მხრივ, ფხვნილის ძლიერი შემკვრივება მოცულობის ერთეულში მეტი რაოდენობის ადსორბენტის მოთავსების საშუალებას იძლევა, მეორე მხრივ კი შემკვრივებისას წარმოქმნილმა მექანიკურმა დაძაბულობამ შესაძლოა დამაზიანებელი ეფექტი მო-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

ახდინოს ადსორბენტის ფოროვან სტრუქტურაზე, შესაბამისად ბუნებრივი გაზის ადსორბენტი მექანიკური ზემოქმედებისადმი გამძლეობის მოთხოვნასაც უნდა აკმაყოფილებდეს.

ადსორბირებული სახით გაზის შენახვისა და ტრანსპორტირების ტექნოლოგიას დიდი პრაქტიკული პოტენციალი გააჩნია. ადსორბირებული ბუნებრივი გაზის ტექნოლოგიის განვითარებისა და დანერგვისთვის მნიშვნელოვან ამოცანას საუკეთესო ფიზიკურ-ქიმიური მანქანების მქონე ადსორბენტის მიღება და დამუშავება წარმოადგენს.

ლიტერატურა:

1. მაჭავარიანი, ე., რუსიშვილი, ჯ., ანანიაშვილი, გ. საავტომობილო ძრავების ალტერნატიული საწვავი - ბუნებრივი გაზი: მითები და რეალობა// ენერჯია. თბილისი, 2014. 3 (71), გვ. 50-54.
2. Ly, H., Effects of Natural Gas Composition Variations on the Operation, Performance and Exhaust Emissions of Natural Gas - Powered Vehicles// NGV 2002 Conference Paper– Effects of Gas Composition. Washington, 2002. pp. 7-8.
3. ანანიაშვილი გ. საავტომობილო ბუნებრივი გაზის გამოყენების სარგებლიანობის ასპექტები// ენერჯია. თბილისი, 2015. 1 (73), გვ. 41-46.
4. Davis, S.C., Diegel, S.W., Boundy, R.G. Transportation Energy Data Book: Edition 33. Tennessee. Oak Ridge National Laboratory, 2014. pp. 8-21.
5. Wallner, T., Lohse-Busch, H., Ng, H., Peters, R. Results of Research Engine and Vehicle Drive Cycle Testing during Blended Hydrogen/Methane Operation// NHA Annual Hydrogen Conference. UChicago Argonne LLC. San Antonio, 2007. pp. 6-8.
6. Report on CNG Cylinders for Automotive Vehicle Applications. Chennai. Ashok Leyland Ltd, 2012. pp. 17-19.
7. ანანიაშვილი გ. საავტომობილო ბუნებრივი გაზი: საქართველო და მსოფლიო// ენერჯია. თბილისი, 2014. 4 (72), გვ. 31-36.
8. ანანიაშვილი, გ., საავტომობილო ბუნებრივი გაზის ბალონები: განვითარების ისტორია, კლასიფიკაცია და სამომავლო პერსპექტივები// ენერჯია. თბილისი, 2014. 4 (72), გვ. 37-40.
9. Mason, J. A., Veenstra, M., Long J. R. Evaluating metal-organic frameworks for natural gas storage// Chemical Science, Cambridge, 2014. 5 (1), pp. 32-51.
10. Burchell, T. Carbon Fiber Composite Adsorbent Media for Low Pressure Natural Gas Storage// Energetics, Lexington, 2002. Vol. 13, No. 3, pp. 2-5.
11. Zakaria, Z., George, T. The development of adsorbent based natural gas storage for vehicle application// Universiti Teknologi Malaysia. Johor Bahru, 2006. pp. 19-21.
12. Sun, J., Brady, T. A., Rood, M. J., Rostam-Abadi, M., Lizzio, A. A. Absorbed Natural Gas Storage with Activated Carbon// preprints of papers-american chemical society division fuel chemistry, Illinois, Urbana-Champaign, 1996. 41, pp. 246-250.

ADSORBED NATURAL GAS IN THE TRANSPORTATION SECTOR

Giorgi Ananiashvili

Wissol Petroleum Georgia

Summary

The work discusses one of the methods of storing and transporting natural gas as an alternative motor fuel - adsorption of natural gas on solid adsorbent at low pressure. The author discusses high prospects of using the mentioned method in the transportation sector. Technical difficulties of using the method are also discussed which require to be solved in order to implement the method in the transportation sector so that it can substitute the existing compressed natural gas.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

**ელექტროდიალიზის პროცესის მათემატიკური მოდელის
რიცხვითი კვლევების შედეგები**

რუსაძე შ., აფციაური ა., აფრიდონიძე მ.
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

სტატიაში მოცემულია წყლის გაწმენდის ელექტრომემბრანული სისტემის გამტკნარების საკანში გრავიტაციული და იძულებითი კონვექციის ერთდროული მოქმედების პირობებში, მასა და სითბო გადატანის არასტაციონალური არაიზოთერმული პროცესების მატემატიკური მოდელის რიცხვითი კვლევების შედეგები. მოყვანილია რიცხვითი ექსპერიმენტები ახლ ხსნარისათვის ისეთი პარამეტრების ფართო სპექტრისათვის, როგორცაა საწყისი კონცენტრაცია, ხსნარის ტემპერატურა და გადტუმბვის სიჩქარე, მემბრანებს შორის დაცილება, გამტკნარების არხის სიგრძე და დახრის კუთხე და ელექტრო დენის სიმკვრივე (გალვანოსტატიკური მოდელისათვის), ან ელექტრული პოტენციალის ნახტომი ამ არხში (პოტენციოსტატიკური მოდელისათვის).

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გარანტის №31/71 ფარგლებში ჩვენს მიერ აგებულია ორი საკმაოდ ზოგადი ელექტრო მემბრანულ სისტემებში განხავებულ ხსნარებში ბინარული ელექტროლიტის არასტაციონალური არაიზოთერმული გადატანის მათემატიკური მოდელი, ელექტრო ნეიტრალობის პირობების შესრულების დროს, გრავიტაციული და იძულებითი კონვექციის ერთდროული მოქმედების გათვალისწინებით. ეს მოდელები წარმოადგენენ სასახდვრო ამოცანებს კერძო წარმოებულნი არა წრფივი განტოლებათა სისტემისათვის. პირველ მათგანს ვუწოდეთ პოტენციოსტატიკური, ხოლო მეორეს-გალვანოსტატიკური [1,2,3].

გალვანოსტატიკური რეჟიმში განისაზღვრება პირობით, რომელიც აღნიშნავს, რომ დენის საშუალო ინტეგრალური სიმკვრივე \bar{I}_{av} სისტემაში მუდმივია. პოტენციოსტატიკურს შეესაბამება პირობა, რომელიც აღნიშნავს, რომ მემბრანებს შორის სიგრძეში პოტენციალის ვარდნის სიდიდე $\Delta\varphi$ მუდმივია.

მიღებული მათემატიკური მოდელებით წყლის გამტკნარების პროცესში გრავიტაციული და იძულებითი კონვექციის ერთდროული მოქმედების მექანიზმის ანალიზისათვის ჩავატარეთ რიცხვითი ექსპერიმენტი. ქვემოთ მოყვანილია რიცხვითი ექსპერიმენტების ზოგიერთი შედეგი, ჩატარებული $NaCl$ ხსნარისათვის შემდეგ შემავალ პარამეტრებზე:

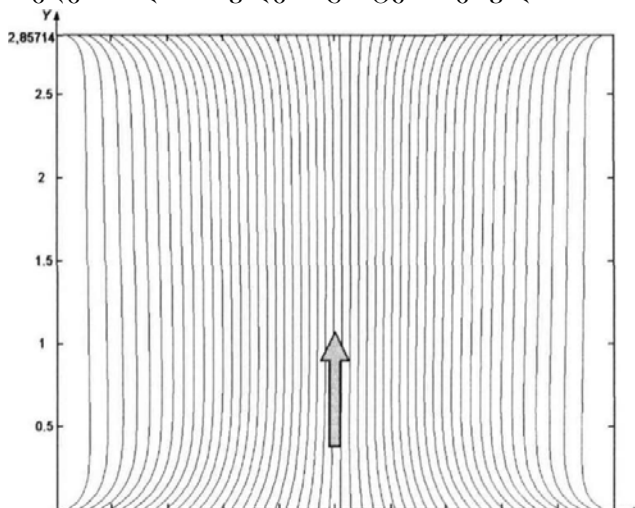
- გამტკნარების არხის სიგანე $H^{(d)} = 7$ მმ, უგანზომილებო სიგრძე $H=1$;
- არხის სიგრძე $L^{(d)} = 20$ მმ, უგანზომილებო სიგრძე $L=2.85714$;
- არხის დახრის კუთხე ა) $\gamma=0^\circ$ (ვერტიკალური განლაგება, ხსნარი გადაიტუმბება ქვემოდან-ზემოდ), ბ) $\gamma=-90^\circ$ (ჰორიზონტალური განლაგება, ხსნარი გადაიტუმბება მარცხნიდან-მარჯვნივ);
- ხსნარის გადტუმბვის სიჩქარე ა) $V_0^{(d)}=0.1$ მმ/წმ, ბ) $V_0^{(d)}=0.5$ მმ/წმ, გ) $V_0^{(d)}=3$ მმ/წმ, უგანზომილებო სიჩქარე $V_0=1$;
- ხსნარის საწყისი კონცენტრაცია $C_0^{(d)}=0.1$ (100 მოლი/მ³), უგანზომილებო კონცენტრაცია $C_0=1$;
- ხსნარის საწყისი ტემპერატურა $T_0^{(d)}=20^\circ C$, უგანზომილებო ტემპერატურა $T_0=1$;
- ხსნარის საწყისი სიმკვრივე $\rho_0^{(d)}=1002.5$ კგ/მ³, უგანზომილებო სიმკვრივე $\rho_0=1$;

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

- კოეფიციენტები: კინემატიკური სიბლანტის $\gamma^{(d)}=1006 \cdot 10^{-9}$ მ²/წმ, დიფუზიის კათიონის და ანიონის შესაბამისად $D_1^{(d)}=1.33 \cdot 10^{-9}$, $D_2^{(d)}=2.051.33 \cdot 10^{-9}$, ტემპერატურაგამტარებლობის $\alpha^{(d)}=142.5$.
- ელექტრული დენის სიმკვრივე ა) $i_{av}^{(d)}=70$ ა/მ², ბ) $i_{av}^{(d)}=50$ ა/მ², უგანზომილებო მნიშვნელობები დამოკიდებულია $D_1^{(d)}, D_2^{(d)}, C_0^{(d)}, H^{(d)}$ (გალვანოსტატიკური მოდელი);
- ელექტრული პოტენციალის ვარდნა მემბრანებს შორის სივრცეში ა) $d_{\phi}^{(d)}=-0.4$ ვ, უგანზომილებო მნიშვნელობა $d_{\phi} \approx -15.8432$, ბ) $d_{\phi}^{(d)}=-0.3$ ვ, უგანზომილებო მნიშვნელობა $d_{\phi} \approx -11.8824$ (პოტენციოსტატიკური მოდელისათვის).

სიმკვრივეების და კოეფიციენტების მნიშვნელობები აღებულია საცნობარო მასალიდან და ექსპერიმენტული მონაცემებიდან. ყველა შედეგი ქრონოპოტენციოგრამის გარდა წარმოდგენილია უგანზომილებო სახით. კოორდინატები $x=0$ და $x=1$ შესაბამებიან ანიონ- და კათიონცვლადი მემბრანების ზედაპირებს შესაბამისად. t_{lim} აღნიშნავს ზღვრულ დენს, რომელიც მიიღწევა სისტემაში გრავიტაციული კონვექციის არ არსებობის შემთხვევაში და განისაზღვრება ფორმულით $t_{lim} = \frac{1.48F C_0^2 / \gamma^{(d)}}{L^2 H^2 / (t_1 - t_2)}$

იონების გადატანის რიცხვი მემბრანებში არსებითად მეტია ვიდრე ხსნარში. კერძოდ, გაანგარიშებებში მიღებულია $t_{1K} = t_{2K} = 0,99$, და გამოითვლებიან $t_1 \approx 0,39, t_2 \approx 0,61$, სადაც t_1, t_{1K}, t_{2K} - შესაბამისად, i-რი სორტის იონების გადატანის რიცხვები ხსნარში და აგრეთვე ანიონცვლად და კათიონცვლად მემბრანებში. ამიტომ ელექტროდენის გავლისას ხდება ხსნარის გამტკნარება (კონცენტრაციის შემცირება) მემბრანების ზედაპირის მახლობლობაში (ნახ.2), რასთანაც მიყვავართ ხსნარის ჯოჯოღურ გაცხელებას და მისი სიმკვრივის შემცირებას ამ არეში. ამ დროს აღძრული არქიმედეს ძალა აიძულებს გამტკნარებულ ხსნარს აიწიოს რაღაც სიჩქარით.

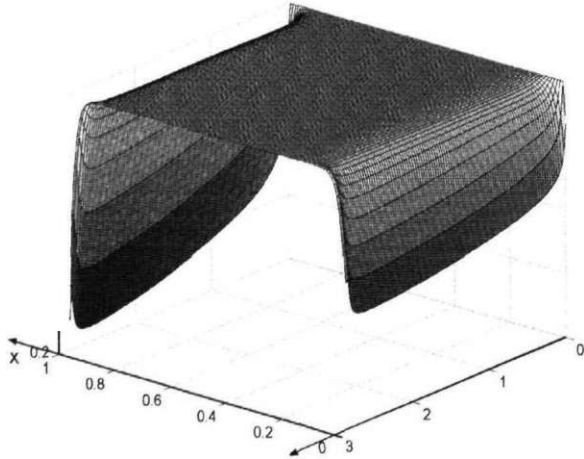


ნახ. 1 - გამტკნარების არხში სითხის დინების წირები, გაანგარიშებული პოტენციოსტატიკური მოდელით, არხის ვერტიკალური განლაგების დროს.

ნახაზი 1 აჩვენებს, რომ გადტუმბვის საკმაოდ მაღალი ($V_0^{(d)} = 3 \text{ mm/wm}$) სიჩქარის დროს ხსნარის «ამოცურვის» სიჩქარე შედარებით მცირეა და გრავიტაციული კონვექცია არ შეიმჩნევა. შეიძლება ითქვას, რომ ის ითრგუნება იძულებითი კონვექციით. ამ პირობებში სისტემაში მყარდება სტაციონალური რეჟიმი, ადგილი აქვს სითხის დინების ლამინარულ ხასიათს, ხოლო კონცენტრაციის განაწილება გამტკნარების არხში

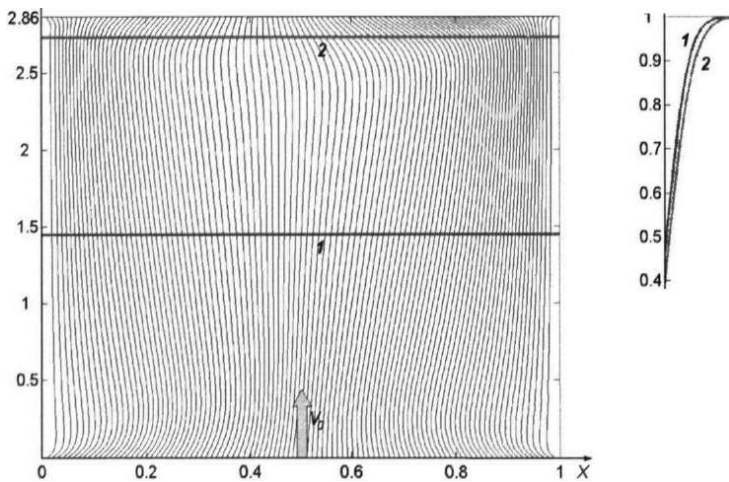
საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

(ნახ.2), საკმარისი სიზუსტით ემთხვევა გაანგარიშებას, წარმოებულს კონვექციურ დიფუზიური მოდელით [4,5]. გადატუმბვის სიჩქარის შემცირებისას აღიძვრება სიტუაცია, როცა გამტკნარებული ხსნარი აიწვევს ცოტათი სწრაფად, ვიდრე ხსნარი, რომელიც უფრო მეტადაა დაცილებული მემბრანებიდან (ნახ.3ა). ამ დროს დიფუზიური ფენის ნაწილი «ირეცხება» ნაკადით, მისი სისქე მცირდება (ნახ.3ბ), ხოლო სისტემაში ზღვრული დენი იზრდება ზღვრულ ელექტროდიფუზიურ დენთან I_{lim} შედარებით.



ნახ.2 - კონცენტრაციის ველი გამტკნარების არხში, გაანგარიშებული პოტენციოსტატიკური მოდელით, ელექტრო დენის ჩართვიდან 60 წამის შემდეგ, არხის ვერტიკალური განლაგებისას.

სითხის დინების წირები, გაანგარიშებული პოტენციოსტატიკური მოდელის დახმარებით, რომლებიც გამოსახულია ნახ. 4, მოწმობენ, რომ შემაჯავალი სიჩქარის შემდგომი შემცირება ($V_0^{(a)} \leq \frac{200m}{mm}$) იწვევს შეწყვეილებული გრიგალის აღძვრას. გრიგალებიდან ერთი განლაგებულია ანიონცვლად მემბრანასთან, ხოლო მეორე კათიონცვლად მემბრანასთან.

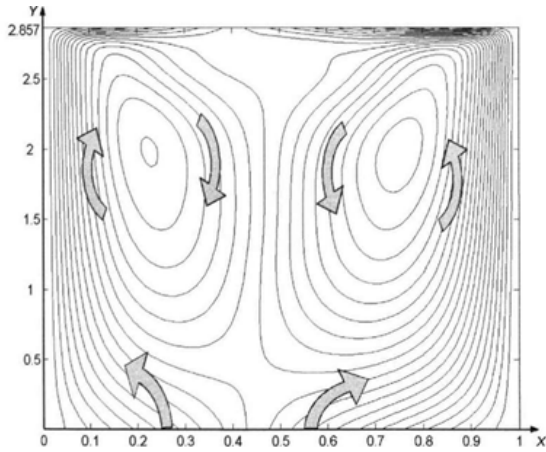


ნახ.3 - სითხის დინების წირები, გაანგარიშებული გალვანოსტატიკური მოდელით, დენის ჩართვის მომენტიდან 20 წთ შემდეგ.

ჩატარებული გაანგარიშებები გვიჩვენებენ, რომ ელექტროდიალიზის პროცესის წარმართვიდან უკვე 60 წამის შემდეგ სითხის დინების სიჩქარეები ამ გრიგალების შიგნით შეიძლება შეადგენდნენ 1,7-მდე (გრიგალი ანიონცვლად მემბრანასთან) და 2,0 (გრიგალი კათიონცვლად მემბრანასთან). ხსნარის მოცემული იძულებითი კონვექციის სიჩქარისა $V_0^{(a)}$ და გამტკნარების არხის მოცემული გეომეტრიული პარამეტრების დროს დაწყვილებული გრიგალი იკავებს მემბრანებს შორის მთლიან სივრცეს და ამაყდროულად სითხის დინების სიჩქარე თითოეულ გრიგალში იზრდება ხსნარის კონცენტრაციის C შემცირებით და ფაზებს შორის საზღვრის მახლობლობაში ტემპერატურის

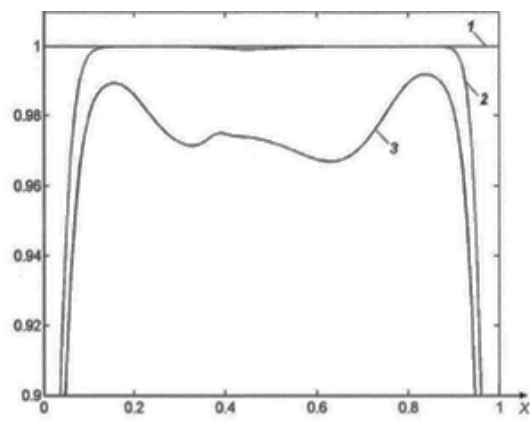
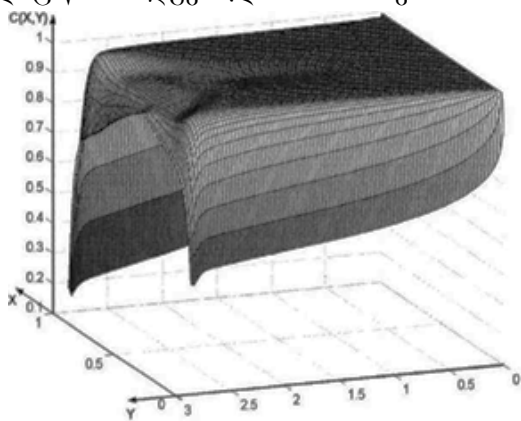
საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

T გაზრდით. თითოეული გრიგალი ანხორციელებს ხსნარის არევას, ნივთიერების მიწოდებას მისი სიღრმიდან ფაზებს შორის საზღვარზე მემბრანა/ხსნარი, არღვევს რა ამით დიფუზიურ ფენას, ზრდის ზღვრულ დენს და უზრუნველყოფს გამტკნრების პროცესის ინტენსიფიკაციას.



ნახ. 4 - სითხის დინების წირები გამტკნარების არხში, გაანგარიშებული პოტენციოსტატიკური მოდელით, ელექტროდების ჩართვიდან 60 წამში, არხის ვერტიკალური განლაგების დროს.

სითხის გრიგალური ნაკადის მოქმედებით ფორმირდება კონცენტრაციის ველი, რომელიც წარმოდგენილია ნახაზზე 5.



ა

ბ

ნახ. 5- კონცენტრაციის ველი (ა) და კონცენტრაციის პროფილი (ბ) გამტკნარების არხში, გაანგარიშებული პოტენციოსტატიკური მოდელით, ელექტრული დენის ჩართვიდან 60 წამის გასვლის შემდეგ არხის ვერტიკალური განლაგების დროს. ხსნარის გადატუმბვის სიჩქარე

$V_0^{(a)} = 0,1 \text{ mm/wm}$ და პოტენციალის ნახტომი $d\psi^{(a)} = -0,4 \text{ v}$ ($\frac{I_{\text{max}}}{I_{\text{lim}}} \approx 2,5$); 1-შესასვლელში ($y = 0$), 2-შუაში ($y = 0,5L$), 3-არხის გამოსასვლელში ($y = 0,95L$)

ცხადია, რომ ამ დროს გამტკნარების არხში კონცენტრაციის განაწილება განსხვავდება კონვექციურ-დიფუზიური მოდელის ჩარჩოებში მიღებულისაგან, რასაც ადგილი ჰქონდა გადატუმბვის მაღალი სიჩქარის დროს. კონვექციურ-დიფუზიური მოდელის დროს კონცენტრაციის ველის კვეთი Oy ის მიმართ წარმოადგენს პარაბოლის მსგავს მრუდს (ნახაზი 6.2, [6], გვ.267), დაძრულს ანიონცვლადი მემბრანისაკენ. ასეთი კონცენტრაციული პროფილი განპირობებულია კათიონის დიფუზიის კოეფიციენტის D_1 უფრო მაღალი მნიშვნელობით ვიდრე ანიონის D_2 . განსახილველ სისტემაში კონცენტრაციუ-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ლი პროფილი ტრანსფორმირდება მრუდში, რომელსაც აქვს ტრაპეციისმაგვარი ფორმა, ერთი ლოკალური მინიმუმით როცა $x \approx 0,43$ (ნახ.5ბ, მრუდი 2) გამტკნარების არხის გამოსასვლელში ($2,5 < y < L$) ფაზებს შორის საზღვრიდან სითხის ნაკადის მიერ გამტკნარებული ხსნარის მის სიღრმეში გადატანის შედეგად. სითხის არევის მაღალი სიჩქარის ზონაში ($1 < y < L$) ნივთიერების მიწოდება არხის ბოლოში ($2,5 < y < L$) ფაზებს შორის საზღვრიდან ხსნარის სიღრმეში არის მიზეზი კონცენტრაციული პროფილის ორი ლოკალური მინიმუმის (ნახ. 5ბ, მრუდი 3).

უკანასკნელი მრუდის კორელაცია ხდება მონაცემებთან, რომლებიც მიღებულია ლაზერული ინტერფერომეტრით [7].

ზემოდ წარმოდგენილი შედეგები მიღებულია ცხად სხვაობით სქემებზე დაფუძნებული ალგორითმებისაგან. არაცხადი სქემების გამოყენებით მიღებულმა გაანგარიშებებმა პირველად საშუალება მოგვცეს მიგველო შედეგები დროის მნიშვნელოვნად მაღალი მონაკვეთისთვის (3 საათი და მეტი დენის ჩართვის მომენტიდან). ამ შედეგების ანალიზმა გვიჩვენეს, რომ დროის გასვლასთან ერთად (როცა $t \rightarrow \infty$) გამტკნარების საკანში გრავიტაციული კონვექციით აღძრული პროცესები გადიან სტაციონალურ რეჟიმზე არხის ვერტიკალური განლაგების დროს და არ გადიან მასზე პორიზონტალური განლაგების დროს. ორივე შემთხვევაში სითხის გრიგალური მოძრაობის განვითარებას და მარილის კონცენტრაციის შესაბამის ცვლილებას აქვს რამდენიმე ფაზა.

ლიტერატურა:

1. Shota Rukhadze, Megi Apridonidze «Mathematical Modeling of Electro-Membrane Processes with Account for the Gravity Convection». 6th International Conference «Physics of Liquid Matter: Modern problems» Collection of reports. Kiev,Ukraine, 2014, p.94-95
2. Sh.Sh.Rukhadze,A.K.Tvalchrelidze,M.D.Apridonidze ««THE MATHEMATICAL MODEL OF SEPARATION PROCESS IN THE DUCTS OF ELECTROMEMBRANE APPARATUS», IV INTERNATIONAL CONFERENCE ON COLLOID CHEMISTRY AND PHYSICOCHEMICAL MECHANICS.COLLECTION OF WORKS, Moscow, Russia , 2013
3. შოთა რუხაძე, მეგი აპრიდონიძე, «ელექტრომემბრანული პროცესების მათემატიკური მოდელირება გრავიტაციული კონვექციის გათვალისწინებით», აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მოამბე №2, 2013, გვ.102-111
4. Гнусин Н.П. Конвективно-диффузионная модель процесса электродиализного обессоливания. Предельный ток и диффузионный слой / Н.П. Гнусин, В. И. Заболоцкий, В.В. Никоненко, М.Х. Уртенюв // Электрохимия. - 1986. Т.22, № 3. - С.298-302.
5. Заболоцкий В.И. Конвективно-диффузионная модель процесса электродиализного обессоливания. Распределение концентраций и плотности тока / В.И. Заболоцкий, Н.П. Гнусин, В.В. Никоненко, М.Х. Уртенюв // Электрохимия. - 1985. -Т.21, №3. С.296-302.
6. Заболоцкий В.И. Перенос ионов в мембранах / В.И. Заболоцкий, В.В. Никоненко. - М.: Наука, 1996. - 390 с.
7. Смагин В.Н. Обработка воды методом электродиализа. - М.: Стройиздат,1986.-172 с.

THE RESULTS OF QUANTITATIVE STUDIES OF THE MATHEMATICAL MODEL OF ELECTRODIALYSIS PROCESS

Rukhadze Sh.Sh., Aptsiauri A.Z., Apridonidze M.D.

Akaki Tsereteli State University

Summary

The paper dwells on the results of quantitative studies of the mathematical model of mass- and heat-transfer non-stationary non-isothermal processes under conditions of gravitational and forced convection in the desalination chamber of water purification electro-membrane system. There are given the quantitative experiments for the wide range of those parameters of NaCl solution, such as initial concentration, the temperature of the solution and pumping speed, the distance between membranes, length and the inclination angle of desalination channel and the electric current density (for the galvanostatic model), or a jump of electrical potential in this channel (for the potentiostatic model).

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

The given results have been obtained from the algorithms based on the explicit difference schemes. The calculations obtained by using the implicit difference schemes for the first time enabled us to obtain the results for the considerably large length of time (3 hours and more since the moment of current switching) - the analysis of these results has shown that at the time progress (when $t \rightarrow \infty$), the processes triggered by gravitational convection in the desalination chamber occur in a stationary mode during the vertical arrangement of channel, and do not occur during its horizontal arrangement.

**მრავალკომპონენტიანი აზოტროპული ხსნარების გაყოფა
მემბრანების გამოყენებით**

რუსაძე შ., აფციაური ა., აფრიდონიძე მ., შოთაძე ა.
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

არსებობს სპირტების რეგენერაციის ბევრი ტრადიციული მეთოდი. ხლოს მადულარი და აზოტროპული ნარეგების შემთხვევაში, როგორც არის წყალ-სპირტის სისტემები, ამ მეთოდების გამოყენება წარმოადგენს განსაკუთრებულ სირთულეს. მის გამო ამ პრობლემაზე მიძღვნილ ბევრ სამუშაოში ნახვენებია მემბრანული გაყოფის პროცესის-პერვაპორაციის (დიფუზიური აორთქლება მემბრანის გავლით) შესაძლებლობა.

პერვაპორაციის პროცესის აღმწერი არსებული მათემატიკური მოდელები არ არიან უნივერსალური. ბინარულ ნარეგებში სხვა და სხვა დანამატების გავლენა პროცესზე და მრავალკომპონენტიანი ნარეგების გაყოფა გამოკვლეულია მცირედ, არ გვაქვს ასეთი სისტემების პრაქტიკული გაანგარიშების მეთოდოლოგია. ვინაიდან მრავალკომპონენტიანს მიეკუთვნება წარმოებაში გასაყოფი ნარეგების უმრავლესობა, ამიტომ ამ პროცესის ღრმა შესწავლა და პერვაპორაციის აპარატების რაციონალური კონსტრუქციის დამუშავება აქტუალური ამოცანაა როგორც თეორიული ისე მეთოდის საწარმოებში ფართო პრაქტიკული დანერგვის თვალსაზრისით.

თხევადი ნარეგების გაყოფის და სუფთა ნივთიერებების მიღების მეთოდებს უკავიათ მნიშვნელოვანი ადგილი კვების, ქიმიურ და ფარმაცევტულ მრეწველობებში. უკანასკნელი 50 წლის განმავლობაში გაყოფის ტრადიციულ მეთოდებთან (რექტიფიკაცია, დისტილაცია, სორბცია და სხვა) ერთად ფართოდ იკვლევენ და გამოიყენება თხევადი ნარეგების გაყოფა ნახევარგამტარი მემბრანების საშუალებით. მემბრანული დისტილაციის (უკუოსმოსის), დიალიზის და ელექტროდიალიზის გარდა, მათ შორის განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს ჯერ კიდევ არასაკმარის შესწავლილ - მემბრანის გავლით დიფუზიური აორთქლების პროცესს - პერვაპორაციას [1].

ამ პროცესის ძირითადი ღირსება, რაც იწვევს მისდამი მეცნიერების დიდ ინტერესს, არის მისი საშუალებით მახლობელი დუდილის ტემპერატურის მქონე და აზოტროპული ნარეგების გაყოფის შესაძლებლობა, რომელთა გაყოფა ტრადიციული მეთოდებით შეუძლებელია ან ძვირია.

თანამედროვე პირობებში პერვაპორაცია გამოიყენება წყალ-სპირტის ნარეგების გასაყოფად.

უფრო მემბრანების გამოყენება ხსნის მათი პერიოდული გარეცხვის აუცილებლობას, ამარტივებს ტექნოლოგიურ პროცესს.

ლიტერატურული მონაცემების ანალიზი გვიჩვენებს პროცესის არასაკმარის თეორიულ შესწავლას, არსებული მათემატიკური მოდელები არ არიან უნივერსალური, უკანასკნელ დრომდე კვლევები უმთავრესად ეხებოდა ბინარული ნარეგების გაყოფას. ბინარულ ნარეგებში სხვადასხვა დანამატების გავლენა პროცესზე და მრავალკომპონენტიანი ნარეგების გაყოფა გამოკვლეულია მცირედ, არ გვაქვს ასეთი სისტემების პრაქტიკული

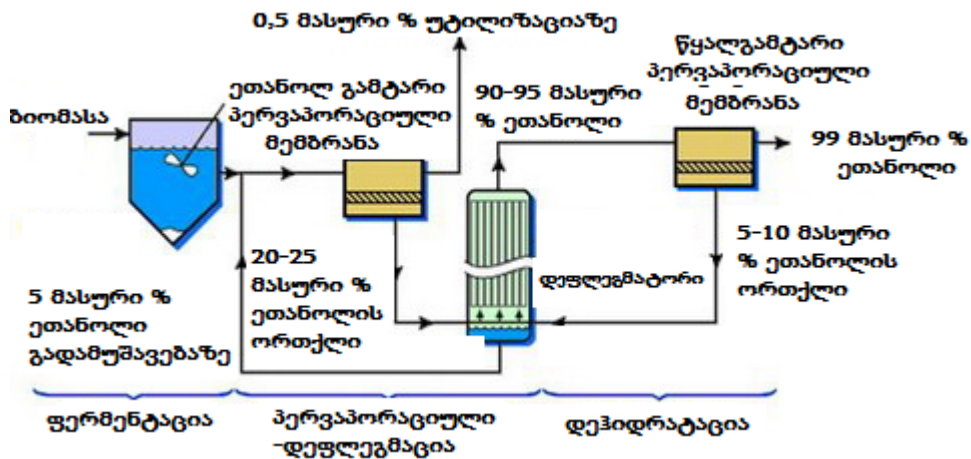
საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ტიკული გაანგარიშების მეთოდები. ვინაიდან მრავალკომპონენტის მიეკუთვნება წარმოებაში გასაყოფი ნარეგების უმრავლესობა, ამიტომ ამ პროცესის დრმა შესწავლა აქტუალური ამოცანაა როგორც თეორიული ისე მეთოდის საწარმოებში ფართო პრაქტიკული დანერგვის თვალსაზრისით.

მემბრანის გავლით აორთქლების პროცესზე, უკანასკნელი დროის პუბლიკაციებიდან, უმრავლესი ეძღვნება მემბრანის მასალებისა და პერვაპორაციის აპარატების სრულყოფას, რომლებიც დანიშნულია ეთანოლის და სხვა სპირტების წყლიდან სეპარაციისათვის [3]. ეს აიხსნება სხვა და სხვა ქვეყნების მისწრაფებით გამოიყენონ ადვილად აღდგენადი ენერგიების რესურსი, ნაწილობრივ ეთანოლი, მიღებული ფრმენტირებული ნედლეულისაგან, რომელის რაოდენობა ბიოტექნოლოგიების ინტენსიურ განვითარებასთან ერთად უწყვეტად იზრდება. ასე მაგალითად ბელგიაში იყენებენ ბენზინს 20% ეთანოლის დანამატით. გაყიდვაში გაჩნდა ავტომობილები, რომლებიც ბენზინის ნაცვლად მოიხმარს 99% ეთანოლს, მაგრამ თანამედროვე პირობებში საწვავი ეთანოლი ძვირია, რადგან მას იღებენ, ახეოტროპული რექტიფიკაციის გამოყენებით. ამ დროს დანამატად, რომელიც არღვევს ახეოტროპულ ნარეგს (95,6% ეთანოლი და 4,4% წყალი) ფართოდ გამოიყენება ბენზოლი. ახეოტროპული რექტიფიკაცია მაღალმწარმოებლური პროცესია, მაგრამ აქვს უარყოფითი თვისებები: ეთანოლის კონცენტრირებაზე დახარჯული მთელი ენერგიის 70%-ის შთანქმე და გარემოს დაბინძურება ბენზოლით.

ამასთან დაკავშირებით რიგ ქვეყნებში ინტენსიურად ამუშავებენ გაყოფის ენერგოდამზოგ მეთოდებს, მათ შორის მემბრანულს, რომელიც უზრუნველყოფს ახეოტროპული რექტიფიკაციის შეცვლას.

იყო მცდელობა ეთანოლის კონცენტრირება მოეხდინათ უკუოსმოსის, მემბრანის გავლით აორთქლების და მემბრანული დისტილაციის საშუალებით. აღმოჩნდა, რომ უკუოსმოსით შეიძლება მივაღწიოთ კონცენტრაციას 20-30%-მდე, მემბრანაზე 100-150 ატმ წნევათა სხვაობით. ეთანოლის შემდგომი კონცენტრირება უკუოსმოსით, მოითხოვს კიდევ უფრო დიდი წნევების გამოყენებას და ტექნიკურად რთულად განსახორციელებელია.



ნახ.1 ფერმენტაციული სითხიდან ეთანოლის მიღების ტექნოლოგიური სქემა

უკანასკნელ წლებში ბიომასის უწყვეტი ფერმენტაციის წარმართვისათვის ინტენსიურად დამუშავებდა მიდგომებს შორის ერთ ერთია სპირტების გამოყოფის სტადიის ინტეგრირება ფერმენტაციის პროცესთან, ეგრეთ წოდებული ექსტრაქციული ფერმენტაცია. პროცესის წარმართვა ასეთი ტექნოლოგიით საშუალებას გვაძლევს მოვახდინოთ სპირტების მიკროორგანიზმებზე დამრთუნავი ზემოქმედების მინიმიზაცია, გავ-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ზარდოთ რეაქტორის მწარმოებლობა და შევამციროთ ენერგო დანახარჯები მიზნობრივი პროდუქტის შემდგომი კონცენტრირებისათვის. ამ მიზნებისათვის პერვაპორაციული მემბრანული ბიორეაქტორის გამოყენება ხსნის პერსპექტიულ გზას ბიოეთანოლის და ბიოჰუტანოლის ეკონომიური მიღებისათვის. ამის სადემოსტრაციოდ შეიძლება მოვიყვანოთ ფერმენტაციული სითხიდან ეთანოლის მიღების საორიენტაციო ტექნოლოგიური სქემა (ნახ. 1).

ფერმენტაციული სითხე თავიდან შეიცავს 5-10% ეთანოლს. პროცესის პირველ სტადიაზე გაფილტრული ფერმენტაციული სითხე ხვდება პირველ პერვაპორაციულ დანადგარზე (ჰიდროფობური პერვაპორაცია), რომლიდანაც გამოდის ორთქლი ეთანოლის 20-25% შემცველობით. დეფლემატორის გავლის შემდეგ, ეთანოლი 90-95% კონცენტრაციით ხვდება მეორე პერვაპორაციულ დანადგარზე (ჰიდროფილური პერვაპორაცია), სადაც ხდება სპირტის დეჰიდრატაცია. გამოსასვლელში ეთანოლს აქვს სისუფთავე 99%-ზე მეტი.

ახელორობული რექტიფიკაციის შემცველ პერსპექტიულ პროცესად გვესახება აორთქლება მემბრანის გავლით. ამ პროცესის განმასხვავებელი თავისებურება არის სითბოს მიწოდება პერმეატის ასაორთქლებლად. ამასთან ერთად მემბრანამ შეიძლება მოგვცეს მნიშვნელოვანი მოგება სელექციურობაში, როცა რექტიფიკაციის დროს ორთქლ-სითხის წონასწორობა ფიქსირებულია. ამ ორი პროცესის შედარებისათვის გამოყენებულ იქნა ექსპერგეტიკული ანალიზი, რომელშიაც ენერჯის დონეები ენერგოგადამცემი და ენერგომომღები პროცესებისათვის, იზომება ტრანსფორმირებული ენერჯის რაოდენობისაგან დამოკიდებულებით. ჩატარებული ექსპერგეტიკული ანალიზის შედეგებმა გვიჩვენეს, რომ მემბრანის გავლით აორთქლების ენერგო მოთხოვნილება მცირეა და საერთო ტემპერატურული დონე დაბალი. გამაცივებელ აგენტად წყლის გამოყენების დროს მემბრანის გავლით აორთქლების პროცესი განსაკუთრებით ეფექტურია. ეფექტურია აგრეთვე მემბრანის გავლით აორთქლების კომბინაცია რექტიფიკაციასთან და კონცენტრაციული პოლარიზაციის შესამცირებლად წნევის პულსაციის გამოყენება [2]. ამ დროს შესაძლებელია ენერგომოსხმარების შემცირება პერვაპორაციის მამოძრავებელი ძალის გაზრდასთან ერთად.

ლიტერატურა:

1. რუხაძე შ.შ., აფრიდონიძე მ.დ. «თხევადი პროდუქტების პერვაპორაციით გაყოფის ზოგიერთი ასპექტები». საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენციის “ ფუნქციონალური დანიშნულების კვების პროდუქტების წარმოების ინოვაციური ტექნოლოგიები” შრომათა კრებული. ქუთაისი 2015, გვ. 490-493.
2. Рухадзе Ш.Ш. Старов В.М. Апридонидзе М.Д. Интенсификация процесса мембранного разделения при наложении пульсации давления в межмембранном канале. Материалы международной научно-практической интернет-конференции. Кутаиси, 2011, с. 90-95
3. A. Bemnowska, R. Petech, E. Milchert, Adsorption from aqueous solutions of chlorinated organic compounds onto activated carbons, Journal of Colloid and Interface Science, Vol. 265, # 2, 2003, pg. 276-282.

SEPARATION OF MULTICOMPONENT AZEOTROPIC SOLUTIONS USING MEMBRANES

Rukhadze Sh.Sh., Aptsiauri A.Z., Apridonidze M.D., Shotadze A.G.

Akaki Tsereteli State University

Summary

There are many traditional methods for alcohol recovery. In case with mixtures having close boiling temperatures and azeotropic ones like the water-alcohol systems, use of these methods is especially complex. Thereat, in many papers devoted to these problems there is described the possibility of using the membrane separation process, particularly, the pervaporation (diffusive evaporation through the membrane).

The mathematical models describing the pervaporation process are not universal. The influence of diffe-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

rent additives in the binary mixtures on this process and separation of multicomponent mixtures are underinvestigated so far, and we have no the practical calculation methodology for such systems. Due to fact that the majority of mixtures to be separated in the production pertain to multicomponent ones, the in-depth study of this process and developing the rational designs of pervaporation apparatus is an important and urgent problem, as a theoretical one and so as a method with view to wide practical manufacturing application.

**გაზის გათხევადების ტექნოლოგიები,
გათხევადებული გაზის ბიზნესის-პოტენციალი
საქართველოში**

შოშიაშვილი თ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

დღეს მსოფლიოში გამოიყენება ბუნებრივი გაზის გათხევადების, ტრანსპორტირებისა და რეგაზიფიკაციის თანამედროვე ტექნოლოგიები. გაზის გათხევადების მეთოდები კლასიფიცირებულია ვაცივების ციკლების სახეების მიხედვით, რომლებიც უზრუნველყოფენ დიდი და მცირე ზომის გაზის გამათხევადებელი ტერმინალების კომერციულ საქმიანობას. სტატიაში მოცემულია გათხევადებული გაზის გადატანის საშუალებების კვლევა და მისი რეგაზიფიკაციის ტექნოლოგიური ციკლის ანალიზი. ამასთან, განხილულია საქართველოში თხევადი გაზის ბიზნესის პოტენციალი, აზერბაიჯანი-საქართველო-რუმინეთის ინტერკონექტორის პერსპექტივები და მცირე ზომის ტერმინალების უპირატესობა მასშტაბულ გამათხევადებელ წარმოებასთან შედარებით.

ბუნებრივი გაზის გათხევადების ტექნოლოგიების დამუშავება მე-19 საუკუნეში ბრიტანელმა მეცნიერმა მაიკლ ფარადეიმ დაიწყო. გაზის პირველი გამათხევადებელი საწარმო ამერიკაში აშენდა 1917 წელს. მას შემდეგ გაზის გათხევადების ტექნოლოგიების განვითარებამ ეს ბიზნესი კომერციულად მომგებიანი გახადა.

LNG (ბუნებრივი გაზის გათხევადება)-ის ბიზნესი საქმიანობის რამდენიმე სეგმენტს მოიცავს: გაზის მოპოვება, გათხევადება, ტრანსპორტირება და რეგაზიფიკაცია.

გაზის მოპოვება

მოიცავს გეოლოგიური სტრუქტურისა და სპეციალურ სეისმურ ანალიზს, რითაც ირკვევა ნახშირწყალბადების შესაძლო არსებობა. დადებითი შედეგის შემთხვევაში იწყება ბურღვის პროცესი ნახშირწყალბადების აღმოჩენის მიზნით. ძებნა-ძიების პროცესის წარმატებით დასრულების შემდეგ იწყება მოპოვება.

გაზის გათხევადება

თხევადი გაზი მიიღება ბუნებრივი გაზის დაბალ ტემპერატურამდე ვაცივებით გათხევადების სტადიამდე. ატმოსფერული წნევის პირობებში გაზის გათხევადება ხდება -162°C დროს. გათხევადებისას ხდება მოცულობის 600-ჯერ შემცირება, რაც იმას ნიშნავს, რომ თხევადი გაზის ხვედრითი სიმკვრივე 600-ჯერ უფრო მაღალია ბუნებრივ გაზთან შედარებით ატმოსფერულ მდგომარეობაში. მაქსიმალური წნევა გათხევადებული გაზის ტრანსპორტირებისას შედაგენს 25 კილოპასკალს. ჰაერთან შერევისას თხევადი გაზი შეიძლება აფეთდეს მხოლოდ იმ შემთხვევაში თუ გაზისებრი მეთანის კონცენტრაცია 5-15%-ია. იმის გამო, რომ გაზის გათხევადებისათვის საჭიროა დიდი რაოდენობის ენერჯია, მნიშვნელოვანია რამდენით შეიძლება გასაცივებლად გამოყენებული ენერჯიის შემცირება. ამჟამად მსოფლიოში დანერგილი გაზის გათხევადების ტექნოლოგიები ერთმანეთს კონკურენციას სწორედ ამ

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

კუთხით უწევენ.

არსებობს გაზის გათხევადების რამდენიმე ტექნოლოგია, რომელსაც ოკლაჰომას უნივერსიტეტის მეცნიერები, გაცივების ციკლების მიხედვით, ოთხ ტიპად ყოფენ:

გაცივება ერთი ციკლით

გაზის გათხევადებისთვის გამოიყენება გაცივების ერთი ტექნოლოგიური სახი, რომელიც გაზს აცივებს საჭირო ტემპერატურამდე. ამ დროს ჩვეულებრივ საჭიროა ნაკლები მოწყობილობები და როგორც წესი შესაძლებელია მცირე საბაზისო დატვირთვით მუშაობა. პროცესი გამოირჩევა დაბალი კაპიტალური ხარჯით და მაღალი ეფექტურობით.

გაზის გათხევადების ამ ტექნოლოგიას იყენებს ამერიკული კომპანია “Black & Veatch“-ის მიერ დაპატენტებული „PRICO“ მეთოდი, რომელიც ამჟამად მსოფლიოს 20 ტერმინალში გამოიყენება. მისი გამოყენება კომპანიამ 1970 წლიდან დაიწყო.

გაცივების კომბინირებული ციკლი

გაზის გათხევადებისათვის გამოიყენება გაცივების ორი არ ორზე მეტი ციკლი. გამაცივებლად კი გამოიყენებენ ან ნარეკ ან მხოლოდ ერთი სახის გამაცივებელს. ზოგიერთი ციკლის დროს გაზის გაცივებამდე ხდება თავად გამაცივებლის ხელახალი გაცივებაც. ამ დროს საჭიროა მეტი მოწყობილობა და შესაძლებელია დიდი საბაზისო დატვირთვით მუშაობა. პროცესს გააჩნია მაღალი კაპიტალური ხარჯები, ხოლო მისი წლიური ოპტიმალური სიმძლავრე 5 მილიონი ტონაა.

გაზის გათხევადების ამ ტექნოლოგიას მიეკუთვნება C3MR მეთოდი, რომელიც კომპანია „Air Products & Chemicals, Incorporation“-ს ეკუთვნის. აღნიშნული მეთოდის დროს გაზის გაცივებისთვის გამოიყენება ჯერ პროპანი, ხოლო შემდეგ ციკლზე კომბინირებული შემადგენლობის გამაცივებელი (შემადგენლობა: ნიტროგენი, მეთანი, ეთანი და პროპანი[7],[8]. პირველ ეტაპზე გაზი ცივდება $-35-40^{\circ}\text{C}$ -მდე, ხოლო მეორე ეტაპზე კომბინირებული შემადგენლობის გამაცივებით – 162°C -მდე. მსოფლიოში მოქმედი LNG ტერმინალების 68% გაზის გათხევადებისთვის ამ ტექნოლოგიას იყენებს.

შიდა გაცივების ციკლი

გაზის გათხევადებისთვის ხდება გაზის შემადგენლობაში შემავალი ნახშირწყალბადების გაცივება. გათხევადებისთვის საჭირო ტემპერატურის მისაღწევად ნახშირწყალბადების გაცივება ხდება მრავალჯერადად. მიუხედავად იმისა, რომ განიხილება, ყველაზე უსაფრთხო მეთოდად (არ საჭიროებს დამატებით გამაცივებლებს) ითვლება როგორც ყველაზე ძვირადღირებული, რადგან საჭიროებს დიდ კაპიტალურ ხარჯებს, მოიხმარს დიდი ოდენობით ელექტროენერგიას და გამოირჩევა დაბალი მწარმოებლობით (51%). მისი წლიური ოპტიმალური სიმძლავრე 1.3 მილიონი ტონაა. გაცივების ეს მეთოდი ბრიტანულმა კომპანია “BP“-მ დააპატენტა 2002 წელს.

კასკადური გაცივება

კასკადური გაცივების დროს სამი ციკლი გამოიყენება. თითოეულ მათგანზე ხდება სხვადასხვა გამაცივებლის გამოყენება, გამოირჩევა მაღალი კაპიტალური ხარჯით და შესაძლებელია დიდი საბაზისო დატვირთვა. მისი წლიური სიმძლავრე 5 მილიონი ტონაა. პირველი ციკლის დროს გამოიყენება პროპანი, მეორე ციკლის დროს ეთილენი, ხოლო მესამეზე მეთანი. გაზის გათხევადების ეს მეთოდი ამერიკულმა კომპანია „ConocoPhillips“-მა 40 წლის წინ დანერგა. მეთოდი წლების განმავ-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

ლობაში პერიოდულად იხვეწება.

ტრანსპორტირება

თხევადი გაზის ტრანსპორტირებისთვის იყენებენ სპეციალურ გემებს, სპეციალიზებული ცისტენებით აღჭურვილ დიდ სატვირთო მანქანებს და რკინიგზას.

თხევადი გაზის სატრანსპორტო საშუალებები აღჭურვილია გაზის გაჟონვისა და ხანძრის აღმოჩენის სისტემებით, აგრეთვე, ასეთი შემთხვევების დროს მათი აღმოფხვრის სისტემებით. უსაფრთხოების ამ სისტემის გააქტიურება იწყება იმ შემთხვევაში თუ ტრანსპორტირების დროს წინასწარ დადგენილი კრიტიკული პარამეტრები დაფიქსირდება. ამასთან, თხევადი გაზის სატრანსპორტო საშუალებები აღჭურვილია რადართა და ძიების სისტემებით, რომლებიც შეტყობინების სიგნალს გადასცემენ მომსახურე პერსონალს, თუ ისინი პოტენციურად საშიშ ადგილებში გადაადგილდებიან.

თხევადი გაზის საზღვაო სატრანსპორტო საშუალებები სფერული ან მემბრანული ტიპის რეზერვუარებია. გემზე ჩვეულებრივ ოთხი ან ექვსი რეზერვუარია, რომლებიც გემის ცენტრშია განთავსებული, მათ გარშემო კი კოფედრამები, ბალასტის ავზები და სივრცეა. გემები სხვადასხვა სიმძლავრის შეიძლება იყოს. მათ შორის ყველაზე მძლავრები „Q-Flex“ და „Q-Max“ გემებია.

სატვირთო ავტომობილებით თხევადი გაზის გადატანა ხდება იმ შემთხვევაში, როცა გაზის მიწოდება ხორციელდება ლოკალურ სადისტრიბუციო ქსელში. თხევადი გაზის ტრანსპორტირების სპეციალიზებული ცისტენები ჩვეულებრივად თერმოსის მსგავსი ორკედლიანი ვაკუუმით იზოლირებული ცისტენებია. მათი მეშვეობით შესაძლებელია 36 000მ³ ბუნებრივი გაზის ტრანსპორტირება. ერთი მიმართულებით გადაზიდვა შესაძლებელია მაქსიმუმ 8 დღეში, გააჩნია მანძილს. ცისტენაში მაქსიმალური დასაშვები წნევა 5-დან 12 ბარამდე მერყეობს.

თხევადი გაზის რკინიგზით ტრანსპორტირების ტექნოლოგია იაპონელებმა შეიმუშავეს 2000 წელს. მათ შექმნეს სპეციალური კონტეინერი, რომლითაც შესაძლებელი გახდა 10 ტონა LNG-ის (14 600 მ³) ტრანსპორტირება რკინიგზით, სულ მცირე 350 კილომეტრის მანძილზე.

რეგაზიფიკაცია

რეგაზიფიკაციის ტერმინალში შესული გათხევადებული გაზითა ვაპირველად რეზერვუარში თავსდება და მისი აირად მდგომარეობაში გადაყვანა საჭიროების შემთხვევაში ხდება. პროცესი მიმდინარეობს აორთქლების სისტემაში LNG-ის გათბობით.

რეგაზიფიკაციის ტერმინალებში გაზისებრ მდგომარეობაში დაბრუნებული ბუნებრივი გაზი მისაღდენის სისტემით გაზგამანაწილებელ სისტემას მიეწოდება. რეგაზიფიკაციის ტერმინალებს გააჩნიათ ნაემისადგომი, სანიაღვრები, LNG შენახვის რეზერვუარები, აორთქლების სისტემა, რომელიც რეზერვუარებიდან გაზს აორთქლებისგან იცავს.

არსებობს გათბობის ორი ტექნოლოგია - პირდაპირი და არაპირდაპირი. პირდაპირი გათბობის დროს გამოიყენებენ წყალს, არაპირდაპირი გათბობის დროს კი - პროპანს.

არსებობს დიდი და პატარა ზომის გაზის გამათხევადებელი და რეგაზიფიკაციის საწარმოები, სადაც მსგავსი ტექნოლოგიები გამოიყენება, განსხვავება მათ შორის წარმოების მასშტაბსა და საქმიანობის ღირებულებაშია.

მცირე ზომის LNG საწარმოებად ითვლება საშუალოდ წელიწადში 1 მილიონი

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ტონა ან უფრო ნაკლები LNG-ის წარადობის ქარხნები. მცირე ზომის ტანკერებად (გადასახიდი მოწყობილობა) კი მიიჩნევა 18 000 მ³ ან ნაკლები მოცულობის მქონე ტანკერები. მცირე ზომის LNGსაწარმოები ძირითადად შენდება მილსადენის ახლოს, ხოლო მათ მიერ წარმოებული LNG-ით ხდება იმ დასახლებული პუნქტების ან საწარმოების მომარაგება, რომლებიც მილსადენისგან მოშორებით მდებარეობს. აგრეთვე, მცირე ზომის LNG საწარმოების მიერ წარმოებული თხევადი გაზი გამოიყენება როგორც საწვავი სატვირთო ავტომანქანებისა და საზოგადოებრივი ტრანსპორტისთვის[1] [2].

მცირე ზომის LNG საწარმო ძირითადად 10 კონტეინერისგან შედგება[3], სადაც გაზის გათხევადება დიდი ზომის LNG ტერმინალებში დანერგილი ტექნოლოგიით ხდება. კერძოდ, მონტაჟდება მცირე ტურბინა ელექტროენერჯის გენერაციისთვის; ორი, საშუალოდ 100მ³ ზომის რეზერვუარი, გაზის გამწმენდი, გამაცივებელი კომპრესორი და გათხევადების სისტემა.

მცირე ზომის საწარმო დიდი ზომის ტერმინალთან შედარებით ნაკლებ კაპიტალდაბანდებას მოითხოვს და გამოირჩევა მაღალი ენერგოეფექტურობით, მისი წარმოებული LNG-იაფია დიზელთან და მაზუტთან შედარებით.

თხევადი გაზის პერსპექტივები საქართველოში

LNG-ის დიდი მასშტაბის პროექტებში საქართველო უკვე ჩართულია. ევროპის გაზის სამხრეთ კორიდორის პროექტის ფარგლებში განიხილება გათხევადებული გაზის ტრანზიტის პროექტიც (AGRI LNG), რომელიც ითვალისწინებს საქართველოს ზღვისპირეთში გაზის გამათხევადებელი ტერმინალის, ხოლო რუმინეთში რეგაზიფიკაციის ტერმინალის მშენებლობას. პროექტის ინიციატორებმა აზერბაიჯანმა, რუმინეთმა და საქართველომ 2010 წელს ერთობლივი კომპანია შექმნეს, რომელსაც მოგვიანებით უნგრეთიც შეუერთდა. კომპანიამ 2011 წელს ტენდერით შეარჩია ბრიტანული საკონსულტაციო კომპანია „Penspen Limited“-ი, რომელსაც პროექტის ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთების მომზადება დაუკვეთა.

საქართველოსთვის გაზის ნებისმიერი ნაკადი, რომლის ტრანსპორტირებაც მისი ტერიტორიის გავლით მოხდება, მომგებიანია. გარდა ტრანზიტის საფასურისა, „AGRI LNG“-ის პროექტის განხორციელების შემთხვევაში, გამოყენებული იქნება საქართველოს მაგისტრალური გაზსადენების სისტემა, ტერმინალის მშენებლობა და მისი ექსპლუატაცია კი ქვეყნის ეკონომიკურ განვითარებას წაადგება.

პერსპექტივები საქართველოში მცირე ზომის LNG-ის ბიზნესისთვისაც იკვეთება. საქართველოს მაღალმთიანი რეგიონები და საზღვრისპირა ტერიტორიები, რაც ქვეყნის ტერიტორიის დაახლოებით 30%-ია, მცირე LNG-ის საწარმოებისთვის ხელსაყრელი გარემოა. ამასთან, LNG-ის გამოყენების შესაძლებლობას განიხილავენ ავტოპარკის საწვავად. აგრეთვე, პერსპექტიულია დიდ ქალაქებში საზოგადოებრივი ტრანსპორტის გაზზე გადაყვანა. ეს, ერთის მხრივ, ეკონომიკური ზრდის წინაპირობა გახდება (ახალი ბიზნესი ქვეყანაში მთლიანი შიდა პროდუქტის ზრდას გამოიწვევს) და, მეორეს მხრივ, ეკოლოგიურად სუფთა საწვავის გამოყენებით შემცირდება ნახშიროჟანგის ემისიები, რაც საერთაშორისო გარემოსდაცვითი ორგანიზაციების მთავარი მოთხოვნაა.

ლიტერატურა

4. <http://www.slideshare.net/BlueCorridorRally/solbus-lng-buses-economical-ecological>
5. <http://www.lngglobal.com/mini-lng/mini-lng-plant-details.html>. 2014

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

6. თ.კოხიძე-შვილი. „ბუნებრივი გაზის მიწოდების ახალი მარშრუტები და თანამედროვე ტექნოლოგიები“. ენერგოეფექტურობის ცენტრი - საქართველო. თბილისი. 2004
7. Valerie Rivera;Ayema Aduku;Oluwaseun Harris. „Evaluation of LNG Technologies.“University of Oklahoma. April. 2008. ელექტრონული ვერსია
8. Akersolutions. Natural Gas Processing. Qualifications and Experience. 2010 ელექტრონული ვერსია

GAS LIQUEFACTION TECHNOLOGIES AND THEIR POTENTIAL IN GEPORGIA

Shoshiashvili T.

Summary

Article represents research on natural gas liquefaction, its transportation and regasification technologies, which is currently mostly relevant in the world. Gas liquefaction methods are classified by cooling cycles types, which enables large and small scale gas liquefaction terminals commercial activity. The article presents research on liquefied gas transportation opportunities and its regasification technological cycles analysis. In addition, article contains discussion about liquefied gas potential in Georgia, Azerbaijan-Georgia-Romania interconnector infrastructure prospects and advantages of small scale terminals over large scale liquefaction plants.

**ენერგომატარებლების ტრანსპორტირების პერსპექტივები
კასპიის რეგიონიდან ევროპაში**

კოჩიაძე თ., თოფურია რ., შოთაძე ზ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

სტატიაში განხილულია კასპიის რეგიონიდან ევროპის მიმართულებით ენერგომატარებლების ტრანსპორტირების პერსპექტიული პროექტები და მათი განხორციელების ეტაპები. აღწერილია ნავთობის გათხევადებული გაზის ტრანსპორტირების ტრანსანატოლიური პროექტის მნიშვნელობა.

სადღეისოდ კასპიის ნავთობის და ნავთობპროდუქტების ძირითადი მოცულობები გადაიზიდება ოთხი ძირითადი სატრანსპორტო არტერიით:

1. ევროპულ ბაზრებზე რუსეთის ჩრდილოეთის და დასავლეთის მილსადენებით და სარკინიგზო მაგისტრალებით რუსეთის ტერიტორიის გამოყენებით;
2. ევროპულ ბაზრებზე აზერბაიჯანის და საქართველოს სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის გამოყენებით ;
3. აზიის ბაზრებზე ირანის სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის გამოყენებით ;
4. ჩინეთის მიმართულებით მილსადენით

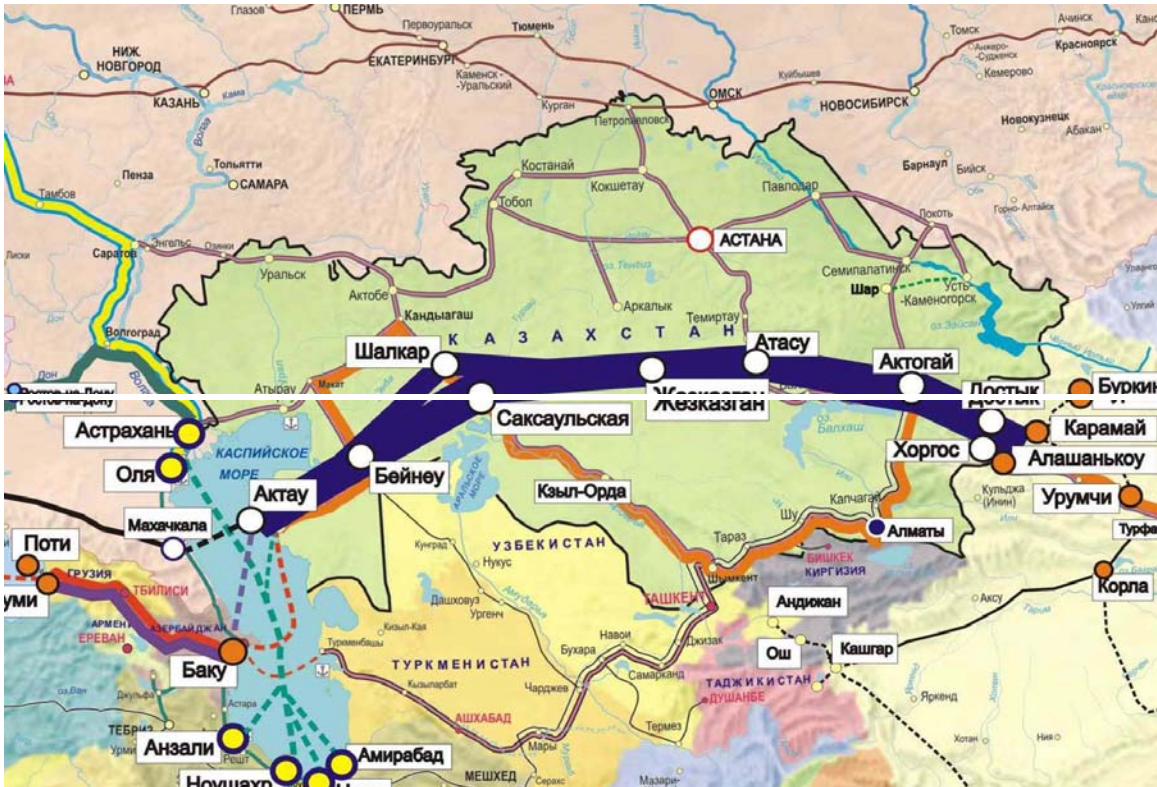
ბოლო ათწლეულში საქართველოზე გამავალი ენერგოდერეფნებით ნავთობ-ნაკადის მოცულობების ზრდის პერსპექტივებმა, პარალელურად კი ახალი მილსადენების სისტემების ექსპლუატაციაში გაშვებამ, მნიშვნელოვნად შეცვალა სამხრეთ კავკასიის რეგიონში ენერგომატარებლების ტრანსპორტირების თანაფარდობის სურათი. საქართველოზე გამავალი ახალი ენერგოდერეფნების ამოქმედება არა მხოლოდ კასპიის რეგიონში ნავთობის ექსპორტის ზრდითაა გამოწვეული, არამედ გან-პირობებულია როგორც ყაზახეთის და აზერბაიჯანის, ისე მსხვილი დასავლური ნავთობკომპანიების

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

სურვილით მოახდინონ ნავთობნაკადების დივერსიფიკაცია, რათა რაც შეიძლება ნაკლებად იყვნენ დამოკიდებულნი რომელიმე ერთ მიმართულებაზე (ნახ.1).

არსებული ენერგოსატრანსპორტო სისტემები ჯერ კიდევ არ არიან სათანადოდ აღჭურვილნი, რათა უზრუნველყონ მომავალში კასპიის რეგიონიდან მოსალოდნელი გაზრდილი ნავთობნაკადების ტრანსპორტირება. საპროგნოზო გათვლებით ამ რეგიონიდან 2005 წლიდან 2010 წლამდე ნავთობნაკადის ექსპორტი 80 მლნ-დან 152 მლნ. ტონამდე გაიზარდა, ხოლო 2015 წლისათვის 200 მლნ. ტონას მიაღწევს. აქედან გამომდინარე მომავალში საჭირო იქნება მილსადენების და სატრანსპორტო სისტემების სიმძლავრეების საპროგნოზო მონაცემების და ბაზრის მოთხოვნილების შესაბამისად გაზრდა. ექსპერტთა ვარაუდით ნავთობნაკადების სრულად ტრანსპორტირება ძირითადად დამოკიდებული იქნება ორი მილსადენის გამტარუნარიანობის გაზრდის და დატვირთვის პერსპექტივებზე.

ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანის (BTC) სრულად დატვირთვის შემთხვევაში და რუსეთზე გამავალი კასპიის მილსადენის კონსორციუმის (CPC) გამტარუნარიანობის გაზრდის შემთხვევაში, შესაძლებელი იქნება 2015 წლისათვის დაგეგმილი საპროგნოზო ნავთობნაკადების შეუფერხებელი მიწოდება მსოფლიოს ბაზარზე, ხოლო (CPC) არსებული გამტარუნარიანობის შენარჩუნების შემთხვევაში ნავთობის დაუბრკოლებლად ტრანსპორტირების განხორციელების მიზნით აუცილებელი იქნება დამატებით, შედარებით მცირე გამტარუნარიანობის მქონე სხვადასხვა სატრანსპორტო სისტემების - სიმძლავრეების (მილსადენი, რკინიგზა) გაფართოება.



ნახ.1. ენერგომატარებლების ტრანსპორტირების დერეფანი „კასპიის რეგიონი-სამხრეთ კავკასია - ევროპა“.

პერსპექტივაში ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანის მილსადენის გარდა ყაზახური ნავთობის ტრანსპორტირება ბაქოდან გახორციელდება ბაქო-სუფსის და ბაქო-ნოვოროსიისკის მილსადენის საშუალებით. გარდა ამისა, კავკასიის რეგიონის რკინიგზებით ნავთობნა-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

კადების ტრანსპორტირების ზრდის ტენდენცია გავლენას მოახდეს საქართველოს და შავი ზღვის ნავსადგურების ინფრასტრუქტურის განვითარებაზე.

დღეს საქართველოს რკინიგზა კასპიური ნავთობის მსოფლიო ბაზარზე გადაზიდვას ახორციელებს. ის მნიშვნელოვანი არტერიაა, რომელიც ცენტრალურ აზიას ევროპასთან ალტერნატიული გზით აკავშირებს. საქართველოს გავლით რკინიგზის ტვირთბრუნვის პოტენციალის სამომავლო გათვლა საკმაოდ რთულია, რადგანც ძირითადი ტვირთბრუნვა მოდის ტრანზიტზე, რაც მას გარე ფაქტორებზე მნიშვნელოვნად დამოკიდებულს ხდის. ამასთან, სარკინიგზო ტვირთების ძირითად ნაწილს ნავთობპროდუქტები შეადგენს, რაც ტრასეკას სამხრეთ კავკასიის მონაკვეთის სპეციფიკურობას განაპირობებს.

2018 წლისთვის პესიმისტური პროგნოზის სცენარის განვითარების და აზერბაიჯანის ნავთობსაბადოებში ნავთობის მოპოვების შემცირების შემთხვევაშიდაც კი ნავთობის ექსპორტის ზრდა კომპენსირებული იქნება კაშაგანის (ყაზახეთის) საბადოში მოპოვების გაზრდით.

ამ სცენარით უმნიშვნელოდ შეიცვლება ნავთობის ტრანსპორტირების სურათი. (BTC) მილსადენი დარჩება ერთ-ერთ მთავარ და სტაბილურ სატრანსპორტო სისტემად რეგიონში. არსებული სიტუაციით საქართველო-აზერბაიჯანის სატრანსპორტო სისტემებით (რკინიგზა-მილსადენი) ტრანსპორტირებული აზერბაიჯანის ნავთობის 90%-ის ნაცვლად 2018 წლისათვის დაახლოებით 40-50% იქნება ყაზახური ნავთობი. ამგვარად, რუსეთის წილი საერთო ექსპორტში მოსალოდნელია შემცირდეს 30%-მდე.

ბაქო-სუფსის მილსადენი - ცნობილია დასავლეთის მარშრუტის სახელწოდებით. მილსადენის დიამეტრი 530 მმ-ია, ხოლო გამტარუნარიანობა 7 მლნ. ტონა. დამატებითი საქაჩი სადგურების დამონტაჟების შემთხვევაში, შესაძლებელია გამტარუნარიანობის გაზრდა დაახლოებით 10 მლნ. ტონამდე.

ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანის (BTC) მილსადენის საშუალებით ხორციელდება ნავთობის ტრანსპორტირება ბაქოდან საქართველოს ტერიტორიის გავლით თურქეთისკენ, რომლის საბოლოო პუნქტს ხმელთაშუა ზღვაზე არსებული თურქეთის ნავსადგური ჯეიჰანი წარმოადგენს, რის შემდგომაც ტანკერების საშუალებით ნავთობი ევროპულ ბაზარს მიეწოდება. პროექტის განხორციელება მიზნად ისახავდა რუსეთის სატრანსპორტო სისტემათა ალტერნატივის შექმნას.

მილსადენის სიგრძე 1780 კმ-ია და შესაძლებელია 50 მლნ. ტონა ნედლი ნავთობის ტრანსპორტირება წელიწადში. დამატებითი საქაჩი მოწყობილობების დამონტაჟების შემთხვევაში გამტარუნარიანობა შესაძლებელია გაიზარდოს 60-65 მლნ. ტონამდე წელიწადში.

არსებული ენერგოსატრანსპორტო სისტემები არ არიან სათანადოდ აღჭურვილნი, რათა უზრუნველყონ მომავალში კასპიის რეგიონიდან მოსალოდნელი გაზრდილი ნავთობნაკადების ტრანსპორტირება. საპროგნოზო გათვლებით კასპიის რეგიონიდან ნავთობნაკადის ექსპორტი გაიზრდება და 2015 წლისათვის 200 მლნ. ტონას მიაღწევს. აქედან გამომდინარე მომავალში საჭირო იქნება მათ შორის საქართველოზე გამავალი მილსადენების და სატრანსპორტო სისტემების სიმძლავრეების საპროგნოზო მონაცემების და ბაზრის მოთხოვნილების შესაბამისად გაზრდა. ექსპერტების გათვლებით, ეკონომიკური, პოლიტიკური და ეკოლოგიური ფაქტორების გათვალისწინებით მილსადენი კასპიის რეგიონის აზერბაიჯანის და ყაზახეთის სექტორიდან ნედლი ნავთობის მსოფლიო ბაზრებზე ტრანსპორტირების ყველაზე მოსახერხებელ ალტერნატივადაა

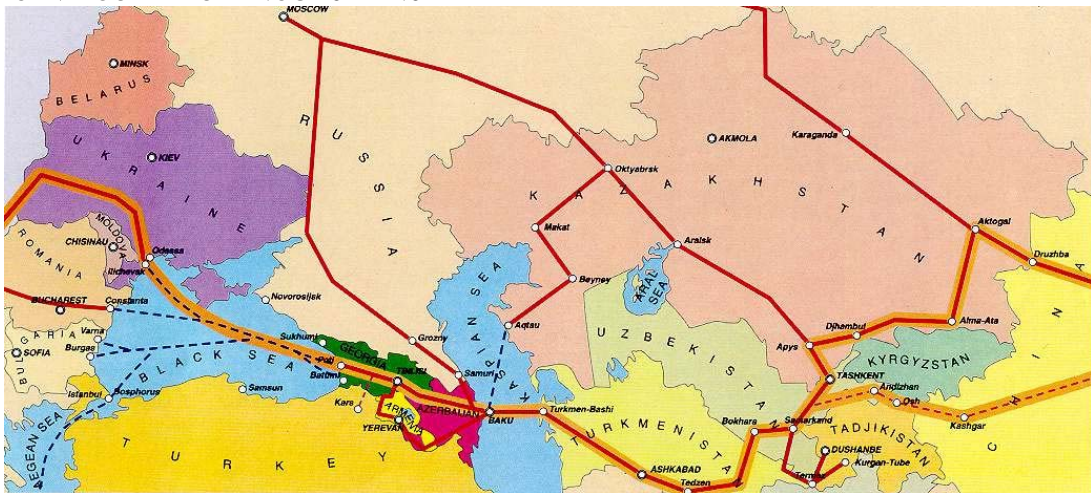
საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

მინეული. აგრეთვე თუ გავითვალისწინებთ იმ ფაქტორს, რომ კასპიის რეგიონში მოპოვებული ნავთობის და გაზის ძირითადი მომხმარებლები ევროპის ქვეყნები არიან და რომლებსათვისაც ენერგომატარებლების მიწოდების ყველაზე მიმზიდველ მარშრუტად სამხრეთ კავკასიის ქვეყნებზე და შავ ზღვაზე გამავალი სატრანსპორტო ტრასები წარმოადგენენ, გამორიცხული არ არის კვლავ დღის წესრიგში დადგეს ე.წ. “ნაბუქოს” პროექტის აღორძინება, ან შეიქმნას კასპიის რეგიონის შავ ზღვასთან დამაკავშირებელი ახალი მძლავრი მილსადენური პროექტები.

არსებობს იმის შესაძლებლობა, რომ ბაქო-სუფსის ნავთობსადენის (WREP) პარალელურად აშენდეს კიდევ ერთი მილსადენი ნავთობს გათხევადებული გაზის ტრანსპორტირებისათვის. ნახ.2.

ნავთობის გათხევადებული გაზის ტრანსპორტირება „ტრასეკას“ რეგიონში (ყაზახეთიდან და თურქმენიდან) ხდება შემდეგი სახით:

- ავტოტრანსპორტით, პროექტის წარმოების ადგილიდან უახლოეს სარკინიგზო გადამტვირთავ სადგურებამდე;



ნახ.2. კასპიის რეგიონიდან ნავთობის გათხევადებული გაზის ევროპაში მიწოდების სამხრეთის მარშრუტი

- სარკინიგზო გადამტვირთავი სადგურებიდან ნავთობის გათხევადებული გაზის ტრანსპორტირება ხდება სპეციალიზირებული სარკინიგზო ცისტერნებით და კასპიის ზღვის ბორანით ბაქომდე, შემდგომში სარკინიგზო ტრანსპორტირებით საქართველოს შავი ზღვისპირა პორტებამდე ტრანზიტული გადატვირთვების მიზნით.

ნავთობის გათხევადებული გაზის გადასატვირთი ერთადერთი ტერმინალი საქართველოს სანაპიროზე ბათუმში მდებარეობს (ნახ. 3). ტერმინალი აღჭურვილია თანამედროვე ევროპული ტექნოლოგიებით და სტანდარტებით. ამ ეტაპზე ბათუმის ტერმინალიან ხორციელდება მხოლოდ აზერბაიჯანული გათხევადებული გაზის ექსპორტი. ასევე აღსანიშნავია, რომ ევროკავშირი “სამხრეთ გაზის დერეფნის” პროექტის მარშრუტის გაზრდას გეგმავს, რეალიზაციის პროცესშია ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანის არსებული ნავთობსადენის პარალელურად გათხევადებული გაზის გასატარებლად ახალი მილსადენის მშენებლობის პროექტი, რომელიც აზერბაიჯანიდან იღებს სათავეს და იტალიის სამხრეთ ნაწილში სრულდება. ნახ.4. “სამხრეთ დერეფნის” პროექტი 2019 წლისათვის TANAP-TAP(ტრანს-ანატოლიის და ტრანს-ადრიატიკის მილსადენები) გახსნის შემდეგ სისტემის მშენებლობას გულისხმობს, რომელიც აზერბაიჯანის შავ

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

დენიზის საბადოდან საქართველოს, თურქეთს, საბერძნეთს, ალბანეთს და სამხრეთ იტალიას გაივლის. ამ მილსადენებით იგეგმება წელიწადში თურქეთისათვის 6 მილიარდი კუბური მეტრის, ევროპისათვის კი 10 მილიარდი კუბური მეტრის გაზის მიწოდება. შაჰ-დენიზი 2-ის ფარგლებში 735 მილიონ დოლარიან კონტრაქტს მოეწერა ხელი "შაჰ-დენიზის" აზერბაიჯანის კასპიის სექტორში საბადოს დამუშავების მეორე სტადიის პარტნიორებმა 735 მლნ აშშ დოლარის ღირებულების კონტრაქტი გააფორმეს. კონტრაქტს ხელი მოეწერა ერთობლივ საწარმო Saipem/Azfen-თან (Saipem Contracting Netherlands BV და Azfen BM), სამხრეთ კავკასიური მილსადენის სამშენებლო და გასაფართოებელი სამუშაოების ჩასატარებლად. კონტრაქტის პირობების თანახმად, მათ უნდა ააშენონ 428 კილომეტრის სიგრძის მილსადენი და სახმელეთო მოწყობილობები აზერბაიჯანისა და საქართველოს ტერიტორიაზე, ასევე, 59 კილომეტრის სიგრძის მილსადენი საქართველოს ტერიტორიაზე. სამუშაოების დაიწყო 2015 წლის იანვარში, რომლებიც საქართველოს ტერიტორიაზე 2016 წლის, ხოლო აზერბაიჯანის ტერიტორიაზე 2017 წლის ბოლომდე დასრულდება. პროექტი შესაძლებელს გახდის დამატებით 16 მილიარდი კუბური მეტრი გათხევადებული ბუნებრივი აირის ტრანსპორტირება განხორციელდეს აზერბაიჯანიდან ევროპისკენ.



ნახ.3. ნავთობის თხევადი გაზის ტერმინალი ბათუმში

. აზერბაიჯანული გაზის ევროპისთვის მიწოდება 50 მილიარდ დოლარზე მეტი დაჯდება „შაჰ დენიზის“ საბადოს დამუშავების მეორე სტადიის ფარგლებში მოპოვებული გაზის ევროპისთვის მიწოდების პროექტის განხორციელება 50,6 მლრდ აშშ დოლარად არის შეფასებული. შესაძლებელია მომავალში ეს მაჩვენებელი გაიზარდოს, განსაკუთრებით საქონლისა და მომსახურების ბაზარზე ფასების შესაძლო ცვლილების გათვალისწინებით კასპიის რეგიონიდან ევროპისაკენ ენერგომატარებლების ახალი მარშრუტების შექმნის იდეას 2014 წლის მაისში საქართველოში ოფიციალური ვიზიტით ყოფნისას დადებითად გამოეხმაურა საფრანგეთის პრეზიდენტი ფრანსუა ოლანდი. მან ქართულ-ფრანგულ ბიზნესფორუმზე სიტყვით გამოსვლისას განაცხადა: საქართველო არ აწარმოებს ენერგიას, მაგრამ ენერგია გადის საქართველოზე. სწორედ ეს არის კოხირი თქვენთვის და პერსპექტივა და შანსი ევროპისთვის, რომ უფრო მრავალი გახადოს ენერგიის წყაროები საქართველოში, შეიძინოს გაზი და ა.შ. აქედან გამომდინარე, თქვენს ქვეყანაში ინვესტიციების

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ჩადება, ეს მნიშვნელოვანი პოზიციაა ევროპისთვის. მსურს ევროპას ჰქონდეს დაახლოებით 10 წლიანი, 20 წლიანი ენერგეტიკული პოლიტიკა საქართველოსთან მიმართებაში. ეს შესაძლებლობას მოგვცემს, რომ იყოს საუკეთესო ფასები, დავიცვათ გარემო და ა.შ. ევროპას უნდა ჰქონდეს თავისი ენერგეტიკული პოლიტიკა, რათა უზრუნველყოს მისი ენერგეტიკული დამოუკიდებლობა. ევროპას შეუძლია ამის გაკეთება საქართველოსთან ერთად.



ნახ.4. "სამხრეთ გაზის დერეფნის" პროექტის მარშრუტი

ლიტერატურა

1. თურქული ინტენეტგამოცემა www.salom.com.t-ის მასალა.
2. www.tabula.ge/ge/topic/ტრანსანატოლიური-გაზსადენი.

Summary

This paper deals with the transportation of energy resources from the Caspian region to Europe promising projects and their implementation stages. TRACECA corridor for transit of energy is important to the region for use Estimated value of the project for liquefied gas transportation.

საქალაქო სამგზავრო ტრანსპორტში ენერგორესურსების შემცირების ძირითადი ასპექტები

გოგიაშვილი ფ., ლეკვეიშვილი გ.

(აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი)

საქალაქო სამგზავრო ტრანსპორტი უნდა ასრულებდეს თავის ძირითად ამოცანას – დააკმაყოფილოს ქალაქის მოსახლეობის მოთხოვნილება გადაყვანაზე. შესაბამისად, ჯამური საექსპლუატაციო დანახარჯების შემცირების მიზნით უნდა გადაიხედოს საქალაქო სამგზავრო ტრანსპორტის (სსტ) საწარმოთა მომსახურების ორგანიზების, კონტროლის და მართვის მთელი ჯაჭვი, ამასთანავე უნდა შენარჩუნდეს სატრანსპორტო მომსახურების მაღალი ხარისხი.

რადგანაც სხვადასხვა მარშრუტებზე მგზავრთა ნაკადების ვარდნის პერიოდები არ შეესაბამება ერთმანეთს, განვიხილოთ მგზავრთა მომსახურების ორგანიზების შესაძლებლობა, რომლის დროსაც მოძრავი შემადგენლობის კონკრეტული ერთეული მკვეთრად არ არის მიბმული განსაზღვრულ მარშრუტზე, ანუ მუშაობის

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

პერიოდში ხდება მარშრუტებს შორის სატრანსპორტო საშუალებების ოპერატიული გადანაწილება.

მარშრუტებს შორის სატრანსპორტო საშუალებების გადანაწილება წარმოადგენს სატრანსპორტო საშუალებების მოძრაობის დისპეტჩერული მართვის ერთ-ერთ ხერხს (მართვის ოპერატიული სტრატეგია) [1]. თუმცა, როგორც დისპეტჩერული მართვის მეთოდი, მოცემული გადანაწილება ატარებს დროებით ხასიათს და გამოიყენება დაუგეგმავი სიტუაციების წამოჭრისას მგზავრთა ნაკადის ცვლილების გამო სამარშრუტო ხაზის ცალკეულ მონაკვეთებზე.

სამარშრუტო ქსელის გამოყენების ოპტიმიზაციის ამოცანა მარშრუტებს შორის მოძრავი შემადგენლობის გადანაწილების გზით მდგომარეობს წყვილში შედარებული მარშრუტების სატრანსპორტო მუშაობის მაქსიმალურად მომგებიანი ვარიანტის პოვნაში [2].

საავტობუსო მარშრუტების ორგანიზების რაციონალურ საფუძველს წარმოადგენს მოძრავი შემადგენლობის მოთხოვნილების განსაზღვრა ავტობუსების მოძრაობის მარშრუტზე. მოძრავი შემადგენლობის მოთხოვნილება რიგ ფაქტორებზეა დამყარებული და მუდმივად იცვლება არა მარტო ხანგრძლივი დროის განმავლობაში (წლის დრო, სეზონურობა), არამედ დღის განმავლობაშიც კი. ძირითადი ფაქტორი, რომელიც მოძრავი შემადგენლობის რაოდენობას განსაზღვრავს, არის მარშრუტზე მგზავრთა ნაკადის ინტენსივობა. მოძრავი შემადგენლობის მოთხოვნილებას განსაზღვრავს ცენტრალური სადისპეტჩერო პუნქტი, ის გამოდის თითოეულ მარშრუტზე განსაზღვრული მგზავრთა ტევადობის რაოდენობის ავტობუსების დაყენების აუცილებლობიდან, რომელიც უზრუნველყოფს გადაყვანის მინიმალურ დანახარჯებს, სატრანსპორტო მომსახურების ხარისხის ნორმატიული მოთხოვნების დაცვისას მგზავრთა ნაკადის ათვისების პირობით.

მოძრავი შემადგენლობის მოთხოვნილების გათვლა დამოკიდებულია მგზავრთა ნაკადის ინტენსივობის შესაბამისობის ნორმატივების გამოყენებაზე მარშრუტის ყველაზე მოთხოვნად მონაკვეთზე და ავტობუსების ტევადობაზე. მარშრუტის ერთი მიმართულებით მგზავრთა რაოდენობიდან გამომდინარე, რომელიც 1 საათის განმავლობაში ყველაზე მგზავრმრავალ მონაკვეთზე გაივლის, ირჩევენ შემდეგი სახის ავტობუსებს (ცხრ. 1)

ცხრილი 1.

გამოყენებული ავტობუსის ტიპის დამოკიდებულება მგზავრის ნაკადის ინტენსივობაზე

<i>> მგზ/სთ</i>	<i>ავტობუსის ტიპი</i>
500-მდე	მცირე
500-1000	საშუალო
1000-1800	დიდი
1800-ზე მეტი	ძალიან დიდი

მოცემული შესაბამისობა მგზავრთა ნაკადის ინტენსივობასა და გამოყენებული ავტობუსის ტევადობას შორის უნდა განვიხილოთ როგორც სანიმუშო. საერთოდ ხელმძღვანელობენ მგზავრთათვის მისაღები ავტობუსების მოძრაობის 3-12 წუთიანი ინტერვალით და ავტობუსების ექსპლუატაციის ხარჯებით.

ეს ხარჯები ავტობუსის მგზავრთა ტევადობის პროპორციულად იზრდება, მაგრამ მისი გაზრდისას ავტობუსების ნაკლები რაოდენობაა საჭირო, რის გამოც ავტობუსთა სხვადასხვა ტიპებისათვის ხარჯები განსხვავდება.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

ამოცანა ამოიხსნება ორ ვარიანტად: ავტობუსის მიცემული და ავტობუსის სხვადასხვა ტევადობებისას. პირველი ვარიანტი განკუთვნილია გადაყვანების მიმდინარე ორგანიზებისათვის, მეორე – მოძრავი შემადგენლობის პერსპექტიული პარკის ფორმირებისათვის. ავტომატიზირებული სადისპეტჩერო დაგეგმარების სისტემაში ივარაუდება გარკვეულ დროში ამა თუ იმ მარშრუტზე ავტობუსის სწორედ მოთხოვნადი ტევადობის განსაზღვრა. ამავე დროს ივარაუდება, რომ ინტერვალებით ოპერირებას განახორციელებს განსაზღვრული ალგორითმით მოქმედი კომპიუტერი, ხოლო სხვადასხვა მარშრუტებზე ავტობუსებს გადაიყვანს დისპეტჩერი ან გადაწყვეტილების მიმღები სხვა პირი.

გაანგარიშებისას შეზღუდვის სახით გამოიყენებენ ავტობუსების მოძრაობის მინიმალურ და მაქსიმალურ დასაშვებ ინტერვალებს და გადაყვანების ხარისხის ნორმატივების შესაბამისად პიკის საათებში მგზავრთა მომსახურებისათვის საკმარისი სამგზავრო ადგილების რიცხვის მიწოდების დაცვის მოთხოვნებს.

მგზავრთა ნაკადების შესახებ ახალი ინფორმაციის მიღებისას, რეისების შესრულებაზე დროის ნორმების განახლებისას, საგზაო სიტუაციის შეცვლისას პიკის საათებში ავტობუსებს გადავანაწილებთ ტევადობის მიხედვით მგზავრთა ნაკადის სიდიდიდან გამომდინარე.

საქალაქო სამგზავრო ტრანსპორტის მომსახურების შეთავაზების ორგანიზებისა და დაგეგმარების მიზნებისათვის არსებული სამარშრუტო ქსელის ოპტიმიზაცია მოძრავი შემადგენლობის გადანაწილების გზით მარშრუტებს შორის სსტ-ის სისტემის მუშაობის დროს ეფექტური იქნება იმ შემთხვევებში, როცა მოცემული გადანაწილების შედეგად ხდება ან ჯამური საექსპლუატაციო ხარჯების შემცირება, ან მგზავრთა სატრანსპორტო მომსახურების ხარისხის მაჩვენებლების გაუმჯობესება. მაშასადამე, სავარაუდო კრიტერიუმების სახით უნდა გამოდიოდეს საექსპლუატაციო ხარჯების ჯამური შემცირება და სატრანსპორტო მომსახურების ხარისხის მაჩვენებლების გაუმჯობესება.

ლიტერატურა

1. Спирин, И.В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками / И.В. Спирин. - М.: Изд. центр «Академия», 2003. - 250 с.
2. Митаишвили, Р.Л. Система показателей хозяйственной деятельности на пассажирском автомобильном транспорте / Р.Л. Митаишвили. - М.: Транспорт, 1987. - 87с.

THE MAIN ASPECTS OF URBAN PASSENGER TRANSPORT ENERGY REDUCTION

Gogiashvili P., Lekveishvili G.

Akaki Tsereteli State University

Summary

In this article is considered the problem of rational organization of bus routes, which aims to determine demand for vehicle type on the route of buses.

The problem is solved in two ways: at a given bus capacity and the capacity of buses, selected from the range of values. The first option is for the current organization of transport, the second for the formation of long-term vehicle. In computer-aided dispatch planning involves determining precisely of the required capacity of the bus on a particular route at a certain time.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

**კურსების ტექნიკის ქვის ჭრით დამუშავების
ენერგოეფექტიანობის შესახებ**

ბოლთაშვილი ნ., სახანბერიძე ნ.
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ნაშრომში წარმოდგენილი მასალა ეხება ალმასური ქვისმჭრელი იარაღის მედეგობისა და წარმადობის გაზრდით ენერგოდანახარჯებზე მიღებულ ეფექტს

ენერგიის დაზოგვის მიზანს წარმოადგენს ენერგოეფექტიანობის გაზრდა მრეწველობის ყველა დარგში ქვეყნის ეკონომიკის განვითარებისა და ეკოლოგიური სიტუაციის გაუმჯობესებისათვის.

ენერგოეფექტიანობის ზრდაში და ენერგორესურსების რაციონალურ გამოყენებაში ძირითად როლს თამაშობს ენერგიის დამზოგავი ტექნოლოგიები.

წარმოებაში ენერგომომარაგების პოტენციალის 2/3 ზე მეტი იმყოფება ენერგომოცულობითი დარგების მოხმარების სფეროებში, კერძოდ ქიმიურ, სამშენებლო, მძიმე, მსუბუქ და ა.შ. წარმოებებში. აღნიშნულ დარგებში ენერგიის ეკონომიის მნიშვნელოვანი რეზერვების არსებობა რიგ სხვა მიზეზებთან ერთად განპირობებულია ტექნოლოგიური პროცესებისა და მოწყობილობების არასრულყოფით, ასევე ახალი ენერგო კვების სქემების, ენერგოდაზოგვისა და უნარჩენო ტექნოლოგიების დანერგვის არასაკმარისობით.

სამშენებლო მასალების ჭრით დამუშავებისას ენერგოეფექტიანობის თვალსაზრისით დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მჭრელი იარაღის მედეგობას. იარაღის ცვეთა იწვევს ჭრის ძალების ზრდას, რაც თავის მხრივ ზრდის ჭრის პროცესის განხორციელებისათვის და შესაბამისად ელექტროძრავის საჭირო სიმძლავრეს. აღნიშნულიდან გამომდინარე ახალი, ცვეთამედეგი საიარაღო მასალების შექმნას არსებითი მნიშვნელობა ენიჭება ჭრის პროცესში ელექტრული ენერგიის დაზოგვის თვალსაზრისით.

ტექნიკი-ანალციმური გაბრო, რომელიც სოფელ კურსების საბადოს ეკუთვნის, მაგმური ქანისაა. მოსაპირკეთებელი ნაკეთობების წარმოების ტექნოლოგიურ პროცესში არსებითი ადგილი უჭირავთ ოპერაციებს, რომლებიც სრულდებიან ალმასური გადასატრელი ქარგოლებით. ქვისდამამუშავებელ საწარმოებში ეს ოპერაციები ამ დროისათვის პრაქტიკულად წარმოებს მხოლოდ ალმასური იარაღით. ამ ოპერაციების წარმატებით შესრულება მნიშვნელოვან წილად დამოკიდებულია ალმასური იარაღის სწორად შერჩევაზე.

ალმასის შემცველობის შემცირება, ალმასური ქვისმჭრელი იარაღის მედეგობისა და შესაბამისად ჭრის პროცესის ენერგოეფექტიანობის გაზრდა, ხერხების კონსტრუქციის შეცვლა – ქვის დამამუშავების მრეწველობის მნიშვნელოვანი ამოცანაა.

კურსების ტექნიკის ქვის ჭრის მთავარ პრობლემას წარმოადგენს ალმასური იარაღის ადჰეზიული შემკვრელის ოპტიმალური შემადგენლობის შერჩევა.

დასმული ამოცანის გადაწყვეტის მიზნით, სპეციალურად შექმნილ აპარატურაში, მაღალ ვაკუუმში წარმოებდა ალმასი-ლითონის კომპოზიციის თხევადფაზური შეცხობით ალმასური იარაღის დამზადება, მისი ცვეთის კვლევა და დიაგნოსტიკა.

კურსების ტექნიკის ქვის ჭრისათვის ახალი M50-G შემკვრელის გამოყენე-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ბით (იგი ფლობს აუცილებელი თვისებების განსაზღვრულ კომპლექსებს: სისაღეს, ცვეთამდეგობას, თვითაღესვის უნარს, ადჰეზიული თვისებების გაუმჯობესებას მისი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შენარჩუნებით) მიიღწევა იარაღის მუშაობისუნარიანობის მნიშვნელოვანი ზრდა. აღნიშნული საიარაღო მასალის მიღების ხერხი ითვალისწინებს ლითონებისა და ალმასის ფხვნილის შერევას, ნარევის დაწნეხვას 196-392 მპა წნევით, მიღებული ბრიკეტების შეცხოებას 800°C ტემპერატურამდე და გაცივებას. განსხვავდება იმით, რომ დამატებით ხორციელდება შეცხოვრილი ბრიკეტების დაწნეხვა 98-196 მპა. წნევით და შეცხოება მიმდინარეობს წყალბადის გარემოში 30-40 წთ-ის განმავლობაში.

შენადნობში შეყვანილი დანამატი TiH₂, ძლიერი აღსორბციული ეფექტის გამო მკვეთრად ცვლის დასველების ხარისხს, ფაზათაშორის დაჭიმვას და ადჰეზიას ზღვარზე ალმასი-ლითონი. გარდა აღნიშნულისა, ფხვნილისებრ შემკვრელში შეყვანილია სპილენძი-კალის (Cu-Sn) შენადნობი. ამ შემკვრელის შემადგენლობაში დამატებულია ძნელდნობადი სალი აბრაზიული შემადგენელი: ბორისა და ქრომის კარბიდი BK ტიპის შენადნობი, რითაც იზრდება მატრიცის ცვეთამდეგობა ოპტიმალურ ზღვრებში სისაღის შენარჩუნებით.

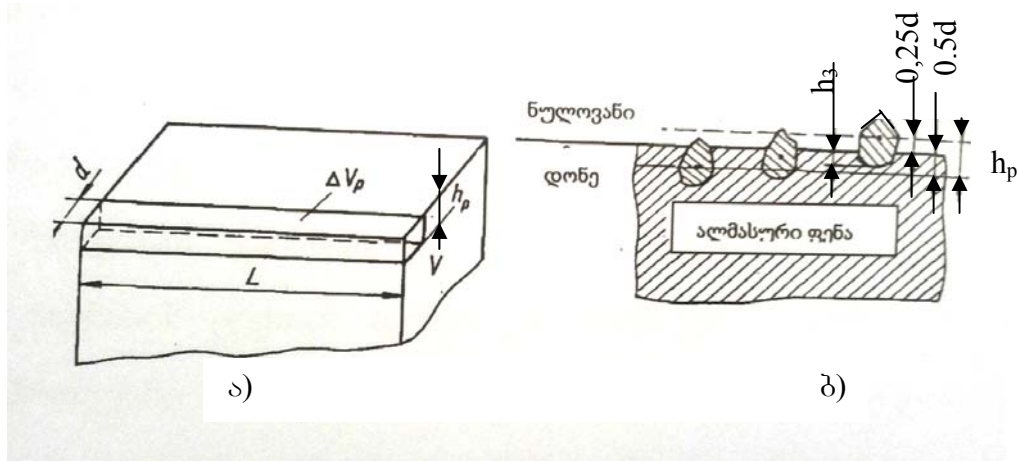
საუკეთესო შედეგები იქნა მიღებული ტიტანურ შემკვრელზე იარაღით მუშაობისას (შემცველობა: Cu-Sn შენადნობი 4:1; Ti-10%, BK-25%, ალმასის პირობითი კონცენტრაცია-50%).

განსაკუთრებით საუკეთესოა შემკვრელი ტიტანის ფუძით (Co=36,2-44,8; Ti=13,0-14,0; Cu=40-32; Sn=10-8; FeS=0,8-1,2), რომელშიც ალმასის კუთრი ხარჯი 1,5-2 ჯერ მცირეა, ვიდრე არსებულ ქარგოლებში.

ალმასურ-აბრაზიული იარაღების დამუშავების ტექნოლოგიის და დასამუშავებელ მასალასთან მათი ურთიერთქმედების თავისებურებების გამოკვლევების შედეგების ანალიზის საფუძველზე მოხერხდა ალმასური დისკური სეგმენტური ხერხის ჭრაში უშუალოდ მონაწილე (აქტიური) მარცვლების რიცხვის ანალიტიკური დამოკიდებულების მიღება d სიგანის ჭრის ერთი ხაზისათვის. ნახაზიდან 1 ჩანს, რომ ΔK_{IC} მუშა მოცულობაში hp სიმაღლეზე მოხვდებიან მარცვლები გეომეტრიული ცენტრებით, რომლებიც განლაგებულნი არიან როგორც შემკვრელის ნულოვანი დონის ქვემოთ, ასევე მის ზემოთ. მარცვლების რიცხვი, რომელთა გეომეტრიული ცენტრები იმყოფებიან ნულოვანი დონის ზემოთ, განისაზღვრება შემკვრელის მაკავებელი უნარით, დასამუშავებელი მასალის თვისებებით და რეჟიმების პარამეტრებით. ერთობლიობაში ყველა ეს პარამეტრი განსაზღვრავს მინიმალურ h₃ ჩადრმავეების სიდიდეს. ჩამაგრების სიღრმე შესაძლოა განისაზღვროს ექსპერიმენტალურად და ზემოთ წარმოდგენილი თვისებების ცოდნისას გამოითვალოს. რღვევის პროცესში მონაწილე მუშა მარცვლების რიცხვის ანგარიში, რომელიც განსაზღვრავს ჭრის სიგანეს და არსებითი მნიშვნელობა აქვს ოპტიმალური ჭრის რეჟიმების დადგენისას, დაიყვანება გადანაჭერის სიგანისაგან დამოკიდებულებით მათი განაწილების ალბათობის კანონის დადგენაზე.

თუ მივიღებთ ათვლის საწყისად შემკვრელის ზემოთ მაქსიმალურად გამოშვებული მარცვლის დონეს [1,2,3], ჭრაში უშუალოდ მონაწილე ალმასური და დისკური სეგმენტური ხერხის მარცვლების რიცხვის განსაზღვრა შესაძლებელია ანალიტიკური დამოკიდებულებიდან

$$N_k = \frac{1,65n_1 K d^2 l c z \phi h}{2\pi 10^5} \cdot \frac{[1 + \Phi(t_1)]}{2} \quad (1)$$



ნახ.1. ა-ალმასნადები ფენის ჭრის ერთი საზის მუშა მოცულობა; ბ- ხერხის ალმასნადები ფენის მუშა მოცულობაში მარცვლების გეომეტრიული ცენტრების მდებარეობები სიმაღლით.

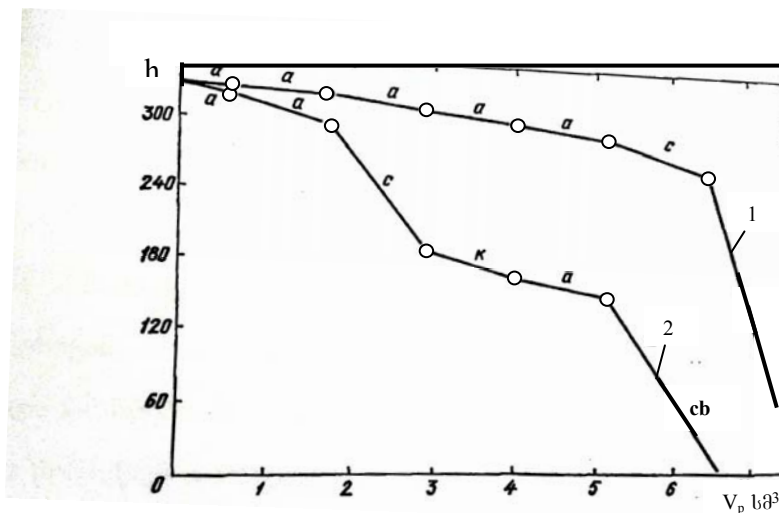
სადაც: n_1 -ალმასური ფხვნილის მარცვლების საშუალო რიცხვია 1 კარატში ათასი ცალი; l_c - სეგმენტის სიგრძე, მმ; z -ხერხში სეგმენტების რიცხვი; φ_h -ნაკეთობასთან იარაღის კონტაქტის კუთხე; $\Phi(t_1)$ - გაუსის ინტეგრალური ფუნქცია; t_1 - განაწილების ნორმალური კანონის სტანდარტიზირებული პარამეტრი;

$$t_1 = (a_{max} - b) / \sigma \quad (2)$$

სადაც: a_{max} -ცალკეული გადანაჭერის მაქსიმალური სიგანეა, რომელიც აიღება ხერხის კონტაქტური რეალის ზედა წერტილში, მმ; σ - რიგის საშუალოკვადრატული გადახრაა შვერზე, მმ.

$$a_{max} = S_{კარატ} \cdot R \cdot \varphi \cdot h \cdot \sin \varphi_n / 60V_{კარატ}$$

სადაც R - იარაღის რადიუსია, მმ; φ - იარაღის ნაკეთობასთან კონტაქტის კუთხის მიმდინარე მნიშვნელობა.



ნახ.2. 460 მკმ ზომის ბუნებრივი (1) და სინთეზური (2) ალმასის მარცვლის ცვეთის დამოკიდებულება დარღვეული მასალის მოცულობასთან: a-აბრაზიული ცვეთა; κ-კომბინირებული ცვეთა; c- მოხლეჩა-მყიფე რღვევა; cb- მარცვლის ამოვარდნა. დასამუშავებელი მასალა - გრანიტი.

ექსპერიმენტალურად დადგენილია, რომ M50-G ალმასური საიარაღო მასალის საშუალო კუთრი ცვეთა, ჭრის ოპტიმალური რეჟიმებით მუშაობისას, მისი პროტოტიპისაგან განსხვავებით 0.07 მგ/სმ³ -დან მცირდება 0.03 მგ/სმ³ - მდე, ხოლო

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

ჭრის სიჩქარე იზრდება 6 სმ/წმ-დან 20სმ/წმ-მდე. წარმადობა 1-1,5-ჯერ მეტია მის პროტოტიპთან შედარებით.

უნდა აღინიშნოს, რომ სხვა ხასიათი აქვს ალმასური იარაღის ურთიერთქმედებას ისეთი მაღალი სისაღის მქონე დასამუშავებელ მასალასთან, როგორცაა გრანიტი, რომლის შემადგენლობაში შედის 30% -ზე მეტი კვარცი.

სალი ქანების დამუშავებისას, ძალური და ტემპერატურული ფაქტორების მოქმედებით, როგორც სინთეზური, ასევე ბუნებრივი ალმასები ცვდებიან დაბლაგვის ფართის წარმოქმნით. ამ დროს მარცვლების სიმტკიცე და ფორმა, სისაღე და შემკვერელის შემაკავებელი უნარი არსებით გავლენას ახდენს იარაღის მუშაობისუნარიანობაზე და ჭრის სიმძლავრეზე.

ექსპერიმენტალურად დადგენილია (ნახ.2), რომ ბუნებრივი ალმასებით მუშაობისას მარცვლების ცვეთის ფართის საშუალო დიამეტრი 15-20%-ით და მარცვლის შემაკავებლის წილი მხოლოდ 5-8%-ით მეტია, ვიდრე სინთეზური ალმასებით მუშაობისას. ანუ ბუნებრივი ალმასების დიდი ცვეთისა და მცირე სიმეიფის გამო, მათი ჭრის უნარი გაცილებით დაბალია, ვიდრე სინთეზურისა.

ძირითადი დასკვნები

1. რეკომენდირებული M50-G ალმასური საიარაღო მასალის შემკვერელი, რომელიც შეიცავს კობალტისა და სპილენძ-კალის შენადნობის, ლეგირებული FeS და ტიტანის ჰიდრიდის (TiH₂) სახით ტიტანის ფხვნილის ნარევის გარკვეულ თანაფარდობას, ხასიათდება ადჰეზიური თვისების მკვეთრი გაუმჯობესებით;
2. TiH₂-ის დაშლისას წყალბადის გამოყოფით აღმდგენი გარემოს შექმნისა და ფხვნილების ზედაპირის უანგიანი აფსკისაგან გათავისუფლებით მნიშვნელოვნად უმჯობესდება შემკვერელის ფიზიკო-მექანიკური თვისებები, რაც ზრდის აბრაზიული იარაღის მედეგობას, სისაღეს და თვითაღვსვის უნარს, ჭრის სიჩქარეს და დამუშავების წარმადობას 1,5-2 ჯერ ჭრის სიმძლავრეზე ერთი და იგივე დანახარჯების შემთხვევაში;
3. აბრაზიული იარაღის ცვეთამედეგობისა და წარმადობის გაზრდა მინიმალური ცვეთის პირობებში წარმადობის პროპორციულად ამცირებს ელექტროენერჯის დანახარჯებს ჭრით დამუშავებაზე.

ლიტერატურა

1. Александров В.А., Мифлиг Д.М. Износ синтетических алмазов и связки при шлифовании природного камня. – Синтет. алмазы, 1977, №5, с. 36-41.
2. А.с. 722773 (СССР). Устройство для распиловки труднообрабатываемых материалов / В.А. Александров, М.Д. Левин, А.П. Пирогов. – Опубл. в Б.И., 1980, №11.
3. Кичигин А.Ф., Игнатов С.Н., Климов Ю.Н., Арема В.Д. Алмазный инструмент для разрушения крепких горных пород.- М.: Недра, 1980.

ON ENERGY-EFFICIENCY OF STONECUTTING PROCESSING OF KURSEBI'S TESCHENITE STONE

Bolatashvili N., Sakhanberidze N.

Akaki Tsereteli State University

Summary

The paper dwells on the technological process for producing binder from diamond tool materials for the M-150G type stonemiller, which in contrast to its prototype is characterized by high physical and mechanical properties, wear resistance, self-whetting capacity and limit cutting speed. It has been experimentally established that in case of the same cutting power, the productivity increases by 1,5-2 times when processing granite by using the stonemiller diamond tool made of the mentioned binder that ensures the electric power saving proportionally to productivity.

**РАЗРАБОТКА РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ХОЛОДНОЙ ОБЪЕМНОЙ
ШТАМПОВКИ ИЗ МАЛОПЛАСТИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Зивзивадзе Б.Л.

Государственный Университет Акакия Цуретели

Работа посвящена разработке, исследованию и внедрению методов холодного выдавливания деталей из малопластичных сплавов (литье вторичные алюминиевые сплавы и литье бронзы) и порошковых полуфабрикатов.

На основе результатов теоретических и экспериментальных исследований разработаны ресурсосберегающие технологические процессы холодного выдавливания с противодавлением малопластичных материалов и спеченных порошковых полуфабрикатов и научно обоснованная методика их проектирования.

В металлообработке все более значительное место занимает разработка и внедрение ресурсосберегающих технологии. Особенно быстрыми темпами развивается холодная объемная штамповка (ХОШ), обеспечивающая высокий коэффициент использования металла и высокое качество изделий. В тоже время широкому внедрению ХОШ препятствует ряд факторов, к основным из которых относятся повышенное сопротивление деформированию и невысокая пластичность металлов в холодном состоянии.

Рост объемов производства поковок и деталей прогрессивными методами холодной объемной штамповки, и в частности выдавливанием, во многом зависит от вовлечения в обработку пластическим деформированием большой номенклатуры малопластичных сплавов и порошковых полуфабрикатов. Интенсивное развитие порошковой металлургии во многом зависит от эффективных методов пластического деформирования компактированных спеченных заготовок. Однако сдерживающим факторь внедрения технологии ХОШ деталей из этих нетрадиционных заготовок является отсутствие научно-обоснованных рекомендаций по оптимизации процессов, протекающих в условиях всестороннего неравномерного сжатия с целью деформирования без разрушения.

Проблема выдавливания деталей из этих материалов успешно решается путем создания схем, обеспечивающих всестороннее неравномерное сжатие при формообразовании деталей главным образом типа втулок, фланцев и других деталей с небольшим отношением высоты к диаметру. Отдельные исследования по выдавливанию деталей стержневого типа не систематизированы и требуют специального анализа с целью выработки практических рекомендаций. Также относится и к деталям типа стакана с высотой в пределах одного-двух диаметров полости.

При разработке и совершенствовании процессов исследовали напряженно-деформированное состояние малопластичных материалов и влияние на них различных технологических параметров.

Способность металла пластически деформироваться без разрушения, определяется не только его физическими и физико-химическими свойствами, но и условием обработки, под которым понимается схема напряженного и деформированного состояния.

Повышение гидростатического давления и, таким образом, повышение пластичности малопластичных материалов может быть достигнуто путем приложения противодействия в направлении противоположном течению металла [1].

Сущность метода выдавливания с противодавлением заключается в том, что при истечении металла через матрицу со стороны ее выходного конца создается

противодавление.

Исследование осуществляли с помощью метода полуобратного решения и планирования эксперимента, а также измерением твердости поляризационно-оптическим методом, микроструктурным анализом и анализом остаточных напряжений [2-5]. В пластической области, в том числе в зоне локализации деформации, были определены такие параметры напряженно-деформированного состояния как скорость, компоненты и степень деформации, компоненты тензора напряжений, интенсивность напряжений, показатель напряженного состояния. Оценку деформируемости малопластичных материалов осуществляли с помощью феноменологической теории разрушения.

По результатам исследований выявлены и реализованы пути улучшения деформируемости малопластичных материалов, факторы обеспечивающие устойчивость деформирования, параметры гарантирующие высокое качество изделий [6].

С целью экспериментальных исследований является оценка приемлемости теоретических предпосылок по возможности холодного выдавливания деталей из малопластичных материалов без разрушения, определение оптимальных параметров технологического процесса получения изделий с требуемыми физико-механическими свойствами и выработки рекомендаций для разработки новых технологических процессов ХОШ.

В работе на технологическую деформируемость исследовались три группы малопластичных материалов: Литейные вторичные алюминиевые сплавы; Спеченные порошковые полуфабрикаты; Литейные малопластичные бронзы.

Из первой группы исследовались два вида вторичных алюминиевых сплавов – заготовки, полученные кокильным литьем из наиболее распространенных в машиностроении сплава АК5М2 и заготовки из сплава АК3МЖМг, полученных полунепрерывной разливкой с использованием электромагнитных кристаллизаторов. Сплав АК3МЖМг имеет мелкозернистую структуру (35-40 мкм) и лучшие, чем у кокильного литья, механические показатели. Он обладает большей пластичностью, чем более качественный по химсоставу сплав АК5М2, но имеющий величину зерна 120 мкм. Пластичность этих сплавов позволяет использовать их для холодной объемной штамповки только при наличии схемы всестороннего неравномерного сжатия.

Представителями второй группы материалов являлись спеченные порошковые полуфабрикаты марки ПЖ2, ПЖГр042 пористостью 15-20%, химический состав которых примерно соответствует химсоставу малоуглеродистых и низколегированных сталей, и порошковые полуфабрикаты на основе бронзы.

Представителями третьей группы были литые оловянные бронзы марки ОЦС5-5-5 и О10С2НЗ.

Исследование процесса холодного выдавливания с механическим противодавлением проводили в специальном штампе установленном на одностоечном гидравлическом прессе модели П3234А. Прессы усилием от 250 до 2500 кН этого типа поставляются с гидроподушкой с регулируемым усилием противодавления (0-1000 кН), благодаря которой создается противодавление в штампе.

Выдавливались заготовки из сплавов АК5М2, АК3МЖМг, ОЦС5-5-5, О10С2НЗ и порошковые полуфабрикаты марки ПЖ2, ПЖГр042 с диаметром 33 мм со степенью деформации $\varepsilon_1=0,50$ и $\varepsilon_2=0,65$. Противоупаунсон имел диаметр 23 см. Плотность исходных порошковых заготовок составляла $6,3 \text{ г/см}^3$. Заготовки перед выдавливанием смазывались дисульфидом молибдена.

При выдавливании заготовок без противодавления у получаемых стержневых поковок

обнаруживается нарушение сплошности в виде кольцевых трещин и надрывов по всей длине стержня, что свидетельствует о наличии растягивающих напряжений. Приложение противодавления величиной 480 Мпа резко повышает пластичность малопластичных сплавов и порошковых полуфабрикатов и предотвращает появление трещин.

С целью выяснения характера распределения деформации при выдавливании с противодавлением стержневых изделий из спеченных порошковых полуфабрикатов исполбзован метод измерения твердости. Так как твердость повышается с увеличением степени наклепа металла, то, определяя твердость в различных точках деформируемого тела, можно получить представление о степени неоднородности деформации и, следовательно, можно судить о неоднородности напряжении деформированного тела.

Полученные результаты измерения твердости показали, что наиболее деформированной является область стержня, находящаяся между зонной очага деформации и противополоуансона. Максимальная твердость в этой зоне равна HB257. В зоне очага деформации твердость равна HB246. В жесткой зоне, контактирующей с рабочей поверхностью пуансона уплотнение происходит менее интенсивно, чем в остальных зонах стержня и твердость составляет HB222. Полученные значения твердости показывают, что деформации по объему поковки распределены неравномерно. Твердость и плотность поковок значительно повышается по сравнению с исходными заготовками. Твердость повышается в два и более раз (исходная твердость HB120). Плотность поковок после выдавливания составляет $7,8 \text{ г/см}^3$, что говорит о том, что полученные поковки максимально уплотнены и практически не имеют пор (исходная пористость 15%).

Технологические возможности гидромеханического выдавливания деталей стержневого типа из вторичных алюминиевых сплавов исследовали на экспериментальных устройствах для гидромеханического выдавливания деталей стержневого типа и гилбз со сквозным отверстием. В схеме этого устройства заложен принцип саморегулирования давления в камере противодавления за счет перемещения матрицы навстречу пуансону под действием столба жидкости над плунжером. Величина давления в камере противодавления зависит от диаметра плунжера и усилия, необходимого для деформирования металла. Удлинение выдавленного изделия проводится жидкостью путем силового перемещения контейнера вниз.

На этом устройстве выдавливали заготовки из сплава АК3МЖМг и сплава АК5М2 с диаметром 30 мм с разными степенями деформации ($\varepsilon_1=0,65$ и $\varepsilon_2=0,90$). При выдавливании без противодавления конечная часть прутка имела трещину на участке выхода из матрицы из-за возникновения в прутке растягивающих напряжений. При наложении противодавления величиной 95 Мпа поковки не разрушались. Это свидетельствует о том, что при прямом выдавливании с противодавлением пластичность вторичных алюминиевых сплавов значительно повышается.

На основе этих экспериментов и анализа конструктивных решения различных устройств разработали и изготовили конструкцию устройства, реализующую схему всестороннего неравномерного сжатия на которую получена авторское свидетельство на изобретение.

Преимуществом этого устройства является возможность получения длинномерных изделий круглого и профильного сечения, высокая производительность, сокращение расхода металла и обеспечение непрерывности процесса выдавливания.

Для определения возможности выдавливания с активными силами трения нами в лаборатории кафедры МТ6 МГТУ им. Н.Э.Баумана были проведены эксперименты по выдавливанию с активными силами трения предварительно обжатых в газостате вторичных алюминиевых сплавов.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

Экспериментально было установлено, что для схемы обратного выдавливания при изготовлении деталей типа стакана со степенью деформации $\epsilon=0,50$ благоприятный режим течения металла без разрушения достигается за счет противодействия, создаваемого силами сухого трения по стенке матрицы. Для определения возможности выдавливания еще с большими степенями деформации выдавливание проводилось на специализированном прессе ПАСТ. Пресс имеет два независимых привода: перемещения плунжера и перемещения подвижной траверсы, в которой расположена матрица. Усилие развиваемое плунжером - 1600 кН, а траверсой - 800 кН. Принудительное перемещение матрицы в направлении, противоположном направлению движения пуансона, вызывает активное действие сил трения, что способствует появлению сжимающих напряжений в стенке стакана и тем самым созданию схемы всестороннего неравномерного сжатия.

По этой схеме выдавливались заготовки диаметром 42 мм со степенью деформации $\epsilon=0,65$. При наличии активных сил трения предварительно обработанные в газостате заготовки не имели нарушения сплошности. У поковок, выдавливаемых без применения активных сил трения, на наружной цилиндрической поверхности появляются поверхностные трещины.

Из проведенных экспериментов следует, что контактное трение при выдавливании с активными силами трения оказывает благоприятное влияние на качество поверхности изделий.

На основе результатов экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

- Оптимальным способом изготовления деталей из малопластичных вторичных алюминиевых сплавов, малопластичных бронз, спеченных порошковых полуфабрикатов является выдавливание с противодействием, что обеспечивает благоприятные условия всестороннего неравномерного сжатия;
- При небольших степенях деформации ($\epsilon < 0,50$) преимущество следует отдавать схемам выдавливания с противодействием от механического противопуансона, связанного с гидродушкой прессы;
- Максимальную степень деформации ($\epsilon=0,90$) при выдавливании деталей стержневого типа и типа гильз из малопластичных сплавов можно получить путем использования жидкостей высокого давления в гидромеханических и гидростатических устройствах;
- Изготовление деталей типа стакана из малопластичных сплавов следует вести обратным выдавливанием с использованием активных сил трения;
- Внедрение новых процессов выдавливания с противодействием повышает эффективность производства, качество деталей и сокращает расход черных металлов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обработка давлением тугоплавких металлов и сплавов / Н.И.Корнеев, С.Б.Певзнер и др. – М.: Металлургия, 1967. -267 с.
2. Смирнов В.С. Теория обработки металлов давлением. –М.: Металлургия, 1973. -496 с.
3. Колмогоров В.Л. Механика обработки металлов давлением. –М.: Металлургия, 1986. -688 с.
4. Новик Ф.С., Арсов Я.Б. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов. –М.: Машиностроение, 1980. -304 с.
5. Степанский Л.Г. Расчет процессов обработки металлов давлением. –М.: Машиностроение, 1979. - 216 с.
6. Зивзиадзе Б.Л. Холодное выдавливание малопластичных алюминиевых сплавов // Кузнечно-штамповочное производство. 1990, №1. С. 31-33

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

**DEVELOPMENT OF LOW-WASTE TECHNOLOGICAL PROCESSES OF COLD FORGING
PRODUCED FROM LOW-DUCTILITY MATERIALS**

Zivzivadze B.L.

Akaki Tsereteli State University

Summary

The paper is devoted to the development, testing and introduction of the method of cold extrusion of parts from low-ductility alloys (casting of secondary aluminum alloys and bronze) and powdery semi-finished products.

There are established the relationships of strain stress state of low-ductility materials under the conditions of full non-uniform compression with physical and mechanical characteristics of these materials and kinematics of cold extrusion with backpressure.

There are experimentally obtained relationships of the influence of deformation relative degrees, angle of matrix conical funnel and percent elongation of material on specific efforts of backpressure.

There are developed the designs of custom device for hydro-mechanical extrusion with a backpressure of parts made of low-ductility materials and powdery semi-finished products.

Based on the results of theoretical and experimental investigations there are developed the low-waste technological processes of cold extrusion with a backpressure of low-ductility materials and sintered powdery semi-finished products, and scientifically grounded methods of their testing.

ახალი შეღბენილობის მინის ბოჭკოს სინთეზის აქტუალობა

ბაკურაძე ე., ზივზივაძე ბ., ვადაჭკორია ზ., ბაკურაძე კ., აბესაძე ნ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ნაშრომი ეძღვნება ჩვენი ქვეყნის მეტელურგიული და ქიმიური წარმოებების მყარი ნარჩენებიდან ახალი სახის მინის ბოჭკოს მიღების აქტუალურ საკითხებს. განხილულია არსებული მინის ბოჭკოების დადებითი და უარყოფითი თვისებები. ავტორების მიერ დასმულია ამოცანა ახალი სახისა და თვისებების მინის ბოჭკოს სინთეზის შესახებ ზესტაფონის ფეროშენადნობთა და ქუთაისის ლითონის ქარხნების ნარჩენების ბაზაზე, მაკორექტირებელი დანამატების გამოყენებით. დადგენილია, რომ ახალი სახისა და თვისებების ბოჭკოს წარმოებასთან ერთად გადაწყდება ეკოლოგიური საკითხიც, რადგანაც საქარხნო ნარჩენებს უჭირავთ ტერიტორიის მნიშვნელოვანი ნაწილი და აბინძურებს გარემოს.

საფეიქრო მრეწველობა ყოველთვის იყო და დარჩება მსოფლიოს ეკონომიკური და სტრატეგიული მნიშვნელობის ერთ-ერთ ძირითად დარგად. ის მუდმივად აფართოებს თავის გამოყენების სფეროს მრავალი ასორტიმენტის, როგორც საყოფაცხოვრებო, ასევე ტექნიკური და კომპოზიციური მასალების წარმოებით.

XXI საუკუნე აშშ მეცნიერთა შეფასებით, კომპოზიტთა ერაა, რომლის წარმოების უმეტესი ნაწილი, თავიანთი უნიკალური თვისებების გამო, საფეიქრო ფუძეზე დამზადებულ კომპოზიტებზე მოდის. კომპოზიტების უდიდეს მნიშვნელობაზე მიუთითებს ის, რომ ახალი სახის საფეიქრო ბოჭკოს გამომუშავებას, მათი თვისებების კვლევის საკითხებს და მათ ფუძეზე კომპოზიციური მასალების წარმოების დარგს აშშ-ში კურატორობს აერონავტიკის და კოსმოსური სივრცის კვლევის ნაციონალური სამმართველო (NASA) და ქვეყნის საჰაერო სამხედრო ძალები (BBS) [1]. საფეიქრო და კომპოზიციურ მასალებზე მსოფლიო მასშტაბით პროგრესულად მზარდი მოთხოვნილება ნათლად მიუთითებს ჩვენს მიერ მიღებული ახალი სახის მაღალი ტექნოლოგიური თვისებების, თერმო და აგრესიული გარემოსადმი მდგრადი საფეიქრო ბოჭკოს გამომუშავების უდიდეს მსოფლიო აქტუალობაზე.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

ამჟამად მსოფლიო ბაზარზე შეიმჩნევა ქიმიურ ბოჭკოებზე და მათ ფუძეზე დამზადებულ საფეიქრო კომპოზიტებზე მზარდი მოთხოვნილება. მსოფლიოში ქიმიური ბოჭკოების ბაზრის მოცულობა ყოველწლიურად იზრდება. კომპოზიციური მასალების მსოფლიო ბაზარი ამჟამად შეადგენს 26 მილიარდ ევროს, თანაც მსოფლიო ბაზრის ზრდის საშუალო ტემპი შეადგენს 4-5%-ს წელიწადში. მსოფლიო თბოსაიზოლაციო კომპოზიციური მასალების ბაზარი შეფასებულია 4.1 მილიარდ ევროდ.

მსოფლიო მრავალი მეცნიერული შრომები [2-4] მიგვითითებენ ისეთი ნედლეულის და რეცეპტურის ძიების აქტუალობაზე, რომელიც ბოჭკოს მიანიჭებს თერმომდგრადობას და ქიმიურ მედეგობას. აღნიშნავენ, რომ მუავამდეგობის მაღალი მაჩვენებელი მიიღწევა ნაზავში BaO–30%-ს თანაობისას, ხოლო ნაზავში MnO – 10% არსებობით იზრდება ქიმიური მდგრადობა. ასევე აღნიშნავენ, რომ ბოჭკოს ქიმიური და ტემპერატურის მიმართ მდგრადობის ასამაღლებლად ნაზავში ითვალისწინებენ MnO და FeO ჟანგეულების შეტანას 20%-ის ფარგლებში.

ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია კონკურენტუნარიანი ქიმიური ბოჭკოს მიღება ინოვაციური ტექნოლოგიის გამოყენებით (ტექნოლოგია დაცულია პატენტით) [5]. კვლევის სიახლეა ახალი ქიმიური ბოჭკოს მიღების ტექნოლოგია, ახალი ქიმიური რეცეპტურით ჩვენი ქვეყნის მეტალურგიული და ქიმიური საწარმოების ტექნოლოგიური მყარი ნარჩენების (რომლებიც ამ დანიშნულებით ადრე არ იყვნენ გამოყენებული) და მაკორექტირებელი იაფფასიანი დანამატების გამოყენებით.

ძვირადღირებული ქიმიური რეაგენტების გარეშე მაღალი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების ქიმიური ბოჭკოების მიღების ანალოგი მსოფლიოში არ არსებობს.

ახალი სახის ბოჭკოს ფორმირებისათვის ჩვენს მიერ შერჩეული ნედლეული (მეტალურგიული და ქიმიური ქარხნის სამრეწველო ტექნოლოგიური ნარჩენები) ბუნებრივად შეიცავს ზემოთ აღნიშნული სახის ჟანგეულებს, აუცილებელია სწორად შევირჩიოთ მათი კომპოზიციური ნაზავი საჭირო თვისებების ბოჭკოს ფორმირებისათვის. პერსპექტივაში ამ ბოჭკოებს გამოვიყენებთ სხვადასხვა დანიშნულების საფეიქრო მასალების და კომპოზიტთა დასამზადებლად.

მიღებული ბოჭკოს საექსპლუატაციოდ გამოყენების ტემპერატურული ზღვარი წინასწარი ექსპერიმენტის საფუძველზე იქნება 700 °C, მუავამდეგობა ხსნარებში pH (H₂SO₄, NaOH, HCl) 92-95%, წყლის მიმართ მედეგობა – 99,9%, ბოჭკოს საწყისი სიმაგრე 2050 მპა. გამომუშავებული ელემენტარულ ბოჭკოს დიამეტრი სავარაუდოთ იქნება 6-18 მკმ, შესაძლებელია ბოჭკო გამომუშავდეს საჭირო სიწვრილის ბოჭკო ეკოლოგიურად სუფთაა.

ბოჭკოს უნიკალური თვისებების გამო კომპლექსური ბოჭკოებისა (როვინგი) და ძაფებისაგან გამომუშავებულ საფეიქრო მასალებს (ქსოვილი, ტრიკოტაჟი, უქსოვადი მასალები და სხვა) ექნებათ ფართო გამოყენების სფერო სახალხო მეურნეობის და მრეწველობის მრავალ დარგში, ბავშვთა სათამაშოებიდან დაწყებული კოსმოსის ჩათვლით. მისგან შეიძლება გამომუშავებული იქნას მრეწველობის გამონაბოლქვი აირების გამფილტრაჟი ეკოლოგიური ფილტრები, თბო და ბგერასა-იზოლაციო მასალები, თერმომდგრადი მუყაო, მილსადენები, შენობის სახურავის ბრტყელი და რელიეფური დამფარი მასალები, აირის და თხევადი მასალების რეზერვუარები, მანქანის მთლიანკომპოზიციური ძარის კორპუსი, თვითმფრინავების, კოსმოსური ხომალდების, გემის კორპუსის სხვადასხვა ნაწილები და ა.შ.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

ახალი სახის ბოჭკოს წარმოებას ქვეყნისათვის ექნება დიდი ეკონომიკური და ეკოლოგიური მნიშვნელობა. შესაძლებელია ნებისმიერი სიმძლავრის წარმოების შექმნა, რის საშუალებასაც იძლევა ნარჩენების არსებული რაოდენობა და ყოველწლიურად მათი მატება. ასეთ წარმოებაში დასაქმდება ადგილობრივი მოსახლეობა და სამეცნიერო-ტექნიკური კადრები. ნარჩენებისაგან გამოთავისუფლება მნიშვნელოვანი ტერიტორიები და გაუმჯობესდება ეკოლოგიური მდგომარეობა. რეალურია იმის პროგნოზირება, რომ უნიკალური თვისებების გამო ახალი სახის საფეიქრო მასალებზე იქნება დიდი მოთხოვნილება როგორც ჩვენს ქვეყანაში, ასევე საზღვარგარეთ. ახალი სახისა და თვისებების ბოჭკოს წარმოებასთან ერთად გადაწყდება ეკოლოგიური საკითხიც, რადგანაც საქარხნო ნარჩენებს უჭირავთ ტერიტორიის მნიშვნელოვანი ნაწილი და აბინძურებს გარემოს.

ლიტერატურა

1. Любина Дж. Справочник по композиционным материалам. Том 1, перевод с английского. Москва: 1988. –
2. Дубров С.К. Стекло для лабораторных изделий и химической аппаратуры. Москва: Наука, 1995. -105 с.
3. Лапсин Р.Р. Влияние добавок некоторых окислов на свойства безборных безщелочных стекол и стекловолокон. Москва: Наука, 1997. -200 с.
4. Патент США №4363878 СОЗ 13/00. Щелочно и термостойкое неорганическое волокно. Т. 1025, №2, 1988.
5. Бакурадзе К.Е., бакурадзе Е.И. Патент №93813. Композиция для изготовления минерального волокна. Украина 10.03.2011.

THE URGENCY OF THE SYNTHESIS OF NOVEL GLASS FIBER **Bakuradze E., Zivivadze B., Vadachkoria Z., Bakuradze K., Abesadze N.** AAkaki Tsereteli State University

Summary

The paper dwells on urgent issues of producing of novel glass fiber from solid waste of metallurgical and chemical enterprises. There are considered the positive and negative properties of the existing glass fibers. The authors claimed the objective of synthesis on the basis of waste of Zestaphoni Ferroalloy and Kutaisi Lithpone plants by using the corrective additives. It has been established that along with the production of novel fibers there will be resolved the environmental problem as well, since the industrial waste products cover significant part of the territory and they pollute the environment.

სექცია 5. ენერგეტიკის ეკონომიკა და მენეჯმენტი.
ენერგეტიკის რეზულტირება

მსოფლიო ენერგეტიკის ბანკითარების ეკოლოგიური და
რესურსული შეზღუდვები

მუსელიანი თ., შარიქაძე მ., არაბიძე მ., მთვარელაშვილი გ.
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომში განხილულია ენერგეტიკული პრობლემები და მისი კომპლექსურად გადაწყვეტის გზები, რომელმაც ასახვა უნდა ჰპოვოს გრძელვადიან ენერგეტიკულ პოლიტიკაში.

მასში დაწვრილებით არის განხილული მსოფლიო ენერგეტიკის რესურსული ბაზა; ნავთობის, გაზის, ქვანახშირის, ურანის რესურსები და განახლებადი ენერგეტიკის პოტენციალი. ასევე დიდი ყურადღება აქვს დათმობილი მსოფლიო ენერგეტიკის განვითარების ეკოლოგიურ ფაქტორებს, გლობალური კლიმატის ცვლილების პრობლემებს, საერთაშორისო შეთანხმებას გლობალური კლიმატის ცვლილების თაობაზე, განახლებადი ენერჯის სტიმულირების საკითხებს.

21 საუკუნის დასაწყისიდან კაცობრიობამ ფეხი შედგა გლობალური ენერგეტიკული გამოწვევების პერიოდში. მდგრადი განვითარების მიღწევისათვის საჭირო ქმედებებში ენერგეტიკამ დაიჭირა ცენტრალური ადგილი.

პრობლემის არსი მდგომარეობს ენერგიაზე მზარდი მოთხოვნის დაკმაყოფილებასა და ბუნებრივი რესურსების ბაზაზე ენერგეტიკის გავლენას შორის ბალანსის უზრუნველყოფის მეთოდების ძიებაში.

ენერგეტიკული პრობლემები უნდა გადაწყდეს კომპლექსურად, წყლის, სასურსათო და სოციალური პრობლემების გათვალისწინებით. ამან ასახვა უნდა ჰპოვოს გრძელვადიან ენერგეტიკულ პოლიტიკაში, რომელსაც ატარებს მსოფლიო თითოეულისა და ყველას ინტერესების გათვალისწინებით.

ენერგეტიკის განვითარების გარეშე ფაქტორებად, მაკროეკონომიკის და მაკროსოციოლოგიური დინამიკის გარდა, ასევე გვევლინება ხელმისაწვდომი ბუნებრივი რესურსები და ეკოლოგიური შეზღუდვები.

არსებობს განსხვავებული განსაზღვრებები მარაგებისა“ და „რესურსების“ გაგებებს შორის. ამერიკის ინჟინერ-მენავთობეების საზოგადოების, მსოფლიო ნავთობის საბჭოს, ამერიკის გეოლოგ-მენავთობეების ასოციაციისა და შემფასებელი ინჟინერ-მენავთობეების საზოგადოების კლასიფიკაციის ბაზაზე 2007 წელს შემუშავებული იქნა გაერთიანებული სისტემა Petroleum Resources Management System (PRMS), რომლის თანახმადაც არსებობს კატეგორიების მთელი რიგი, მათ შორის 1P – დამტკიცებული მარაგები და ამოღებადი (მოპოვებადი) რესურსები.

ცხრილი 1-ში მოცემულია ინფორმაცია მსოფლიო ენერგომატარებლების მარაგებისა და რესურსების შესახებ [1]. როგორც ცხრილიდან ჩანს, ნავთობის დამტკიცებული მარაგი შეადგენს 190,4 მლრდ.ტნ-ას, რაც დღევანდელი მოპოვების დონის შესაბამისად საკმარისია დაახლოებით 48 წელი [1] (თეთრი წიგნი).

ნავთობის ამოღებადი (მოპოვებადი) რესურსის მოცულობა შეადგენს - 500,3 მლრდ.ტნ, რაც დღევანდელი მოპოვების დონის შესაბამისად საკმარისია დაახლო-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ბით 127 წელი [1] (თეთრი წიგნი).

ცხრილი 1.

მსოფლიო ენერგეტიკული მარაგები და რესურსები

დასახელება	დამტკიცებული მარაგები მლრდ. ტნ.	მოპოვებადი რესურსი მლრდ. ტნ
ნავთობი	190,4	500,3
გაზი	182 400	404 400
ქვანახშირი	826,0	6 500
ურანი	0,0055	0, 0134

ბუნებრივი გაზის მსოფლიო მარაგები შეადგენს 182,4 ტრლნ.კუბ.მეტრს, რაც არსებული მოპოვების დონის პირობების შესაბამისად 60 წლის მანძილზე იქნება საკმარისი.

თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით, როგორც ტრადიციული ისე არატრადიციული რესურსები გათვალისწინებით, საერთო მოპოვებადი გაზის მოცულობა შეადგენს 858 ტრლნ.კუბ.მეტრს, რომლისაგანაც უკვე 66 ტრლნ.კუბ.მეტრი მოპოვებულია, ხოლო დარჩენილის ნახევარი მოითხოვს ახალი ტექნოლოგიების დამუშავებას, ახალი საბადოების დამუშავებას.

ამ მონაცემებში შესული არ არის გაზჰიდრანტის მოცულობები. გაზჰიდრანტი წარმოადგენს მეთანისა და წყლის მყარ (არქტიკული საბადო) ან თხევად (ზღვის საბადო) ნაერთს, რომლის რესურსი მიახლოებითი შეფასებით შეადგენს 1000 – 5000 ტრლნ.კუბ.მეტრს. ჯერჯერობით მისი მოპოვება არ მიმდინარეობს.

როგორც წესი, ქვანახშირის მარაგების მონაცემები უფრო სანდოა, ვიდრე ნავთობისა და ბუნებრივი გაზის მონაცემები. რაც განპირობებულია მისი ჩამოყალიბების თავისებურებებით. ამავდროულად ნახშირი ხასიათდება თბოუნარიანობის ფართო დიაპაზონით. ნახშირის მსოფლიო რესურსი შეადგეს 6,5 ტრლნ.ტნ-ას, ხოლო დამტკიცებული მარაგი – 826 მლნ.ტნ-ას. აქედან 85% შეადგენს ქვანახშირი.

ბუნებრივი ურანის რესურსები პირობითად დაყოფილია ორ სახედ: 1. ურანი - 235, რომელსაც იყენებენ თბურნეიტრონებიან რეაქტორებში და 2. ურანი -238, რომელსაც იყენებენ სწრაფ რეაქტორებში, როგორც პლუტონიუმზე დანამატს. ურანის დაძიებული მარაგი შეადგეს 5,5 მლნ.ტნ-ას. ჯამური რესურსი შეადგენს 13,4 მლნ.ტნ-ას, მათ შორის დაძიებული მარაგი – 5,5 მლნ.ტნ.

ტრადიციული ბირთვული ტექნოლოგიების გამოყენების შემთხვევაში ურანის რესურსი მცირეა. თუმცა თუ გამოყენებული იქნება პერსპექტიული ტექნოლოგიების გამოყენების პირობებში და ბირთვული სათბობის უნარჩენო ციკლის შემთხვევაში, ურანი - 238-ის რესურსი შესაძლებელია მსოფლიო ენერგეტიკას ეყოს ასობით წელი.

ცხრილი 2.

ურანის მსოფლიო ენერგეტიკული მარაგი და რესურსი
(მლრდ.კვტ.სთ/წელიწადში)

განახლებადი ენერჯის წყარო	ბიომასა	ჰიდრო	მზე	ქარი	გეოთერმული
ტერავატ.სთ/წელიწადში	25 590	7 779,0	12 765	14 695	5 860

ცხრილ 2-ში წარმოდგენილია განახლებადი ენერჯის წყაროების მსოფლიო რესურსები.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

მიღებულია განვასხვავოდ ენერგორესურსების თეორიული, ტექნიკური და ეკონომიკური პოტენციალი.

თეორიული პოტენციალი ეს არის მაქსიმალური შესაძლო მოცულობა. ხოლო ტექნიკური პოტენციალი ეს არის თეორიული პოტენციალის ნაწილი, რომელიც შესაძლებელია პრაქტიკულად იქნეს გამოყენებული, ის როგორც ყოველთვის თეორიულის ნახევარზე ნაკლებს შეადგენს. ეკონომიკური პოტენციალი ეს არის ტექნიკური პოტენციალის ნაწილი, რომლის ათვისება ეკონომიკურად გამართლებულია იმ დროისათვის არსებული ტექნოლოგიების განვითარების მიხედვით და იგი ცვალებადია.

ტექნიკურად განხორციელებადი ბიომასის მსოფლიო რესურსი ენერგეტიკისათვის შეადგენს 2,2 მლრდ.ტნ.ნ.ეკ./წელიწადში.

ჰიდრორესურსის მსოფლიო მარაგი შეადგენს 7 779 მლრდ.კვტ.სთ/წელიწადში.

საშუალო წლიური მზის გამოსხივება დედამიწაზე დაახლოებით 160 ვტ/მ². თუმცა ის მკვეთრად იცვლება ადგილმდებარეობის მიხედვით. მაგ. აფრიკის, ავსტრალიის, ამერიკის უდაბნოებში ეს სიდიდე აღწევს 250 ვტ/მ², სხვა მაღალ განედებში კი 90 ვტ/მ² –ს შეადგენს. მზის ენერჯის ეკონომიკური რესურსი შეადგენს 12, 8 მლრდ.კვტ.სთ/წელიწადში.

დაახლოებით მზის რადიაციის 25 %, რომელიც აღწევს დედამიწის ატმოსფეროს დაბალ ფენებში, გარდაიქმნება ქარის კინეტიკურ ენერჯიად, მხოლოდ მისი უმნიშვნელო ნაწილი შეიძლება იქნას გამოყენებული. ხელმისაწვდომი რესურსი შეზუღულია სიმაღლისა და ხმელეთის მოცულობის გამო.

მსოფლიო ქარის ტექნიკური პოტენციალი შეფასებულია 14,7 მლრდ.ტნ.ნ.ეკ./წელიწადში, 30%-იანი მარგი ქმედების კოეფიციენტის პირობებში.

მსოფლიოს გეოთერმული ენერჯის ტექნიკური პოტენციალი შეფასებულია 5 მლრდ.ტერაჯოული/წელიწადში (119 მლრდ.ტნ.ნ.ეკ./წელიწადში). ფაქტიურად ეს რესურსი არის ამოუწურავი. გეოთერმული რესურსი შეიძლება დაიყოს ოთხ ჯგუფად. 1. ტრადიციული; 2. არატრადიციული; 3. პეტროთერმული (სითბო, რომელიც აკუმულირებულია მთის მშრალ ქანებში); 4. მაგმის თბური ენერჯია.

მათ შორის ყველაზე იაფად ითვლება 1 კატეგორიის რესურსი. მთლიანად მსოფლიო ეკონომიკური რესურსი შეფასებულია 5,9 მლრდ.კვტ.სთ/წელიწადში. ამასთან უნდა აღინიშნოს, რომ მსოფლიო ენერგეტიკის განვითარება წარმოშობს ეკოლოგიური პრობლემების კომპლექსს, როგორც გლობალურ, ასევე ლოკალურ დონეზე. შესაბამისად, 2010 - 2050 წწ ეკოლოგიურმა პრობლემებმა შესაძლებელია წამყვანი ადგილი დაიკავონ სახელმწიფოს მიერ ენერგეტიკის დარგის რეგულირების სისტემაში.

ლოკალურ ენერგეტიკულ პრობლემებს მიეკუთვნება:

- ნავთობპროდუქტების, ქვანახშირისა და ბუნებრივი გაზის წვის შედეგად დიდ ქალაქებში ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურება;

- საწვავ-ენერგეტიკული რესურსების მოპოვების შედეგად ნიადაგის დაზიანება;

- ნავთობის დაღვრა მთლიანი ტექნოლოგიური პროცესის მანძილზე (მოპოვებიდან მოხმარებამდე);

- სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვებით ან დიდი ჰესების მშენებლობით გამოწვეული შესაძლო გეოლოგიური შედეგები.

ზემოთხსენებული პრობლემები გავრცელებულია მთელი მსოფლიოს მასშტა-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ბით და გავლენა აქვს მთლიანი რეგიონის ეკოლოგიაზე.

ცალკე ყურადღების საგანია რადიაციული უსაფრთხოების საკითხი, რომელიც აერთიანებს როგორც აესის მუშაობის, ასევე ბირთვული საწვავის და რადიაციული ნარჩენების უტილიზაციისა და კონსერვაციის თემებს. ამ ეტაპზე ეს საკითხი არ არის ბოლომდე დარეგულირებული.

გლობალური კლიმატის ცვლილება ძირეული ეკოლოგიური პრობლემაა მსოფლიო ენერგეტიკაში. ეს უკვე მეცნიერულად დადგენილი ფაქტია და ბოლო საუკუნის მანძილზე აისახება $0,6^{\circ}\text{C}$ გლობალური ტემპერატურის ზრდაში. თავის მხრივ, ამას მოჰყვება წყალდიდობებისა და გვალვის სიხშირის დინამიკის ცვლილება, ნალექების კლება და ა.შ.

კლიმატის ცვლილების პრობლემის გადასაჭრელად, 1992 წელს გაეროში მიღებული იქნა კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენცია (კიოტოს პროტოკოლი), სადაც გაიწერა ადამიანისა და გარემოსთვის დამანგრეველი კლიმატის ცვლილების შეჩერების მიზანი, ამ მიზნის მისაღწევად საჭირო ძირითადი პრინციპები და ამ კუთხით სახელმწიფოების ვალდებულებები. ამ კონვენციამ თითოეული ქვეყნისთვის კონკრეტულად განსაზღვრა ვალდებულებები და შექმნა თანამშრომლობის საერთაშორისო მექანიზმები.

კიოტოს პროტოკოლის №2 დანართში ჩამოთვლილია ყველაზე მნიშვნელოვანი ზომები კლიმატის ცვლილებების შესაჩერებლად: ენერჯის გამოყენების ეფექტურობის ზრდა, განახლებადი ენერჯის წყაროების გამოყენება, ენერგოეფექტურობა და ა.შ.

- 2050 წლისათვის ემისიების ორმაგი შემცირება, 1990 წლის დონემდე დაბრუნება. განვითარებულმა ქვეყნებმა 80%-ით და მეტით უნდა შეამცირონ საკუთარი მაჩვენებელი 1990 წლის დონის მისაღწევად.

- 2020 წლისათვის ემისიები უნდა შემცირდეს 25 - 40 %-ით, 1990 წლის დონის მისაღებად.

ამჟამად არ არის შემუშავებული ახალი დოკუმენტი, რომელიც ჩაანაცვლებს კიოტოს პროტოკოლს. ყველაზე კარგად ენერგეტიკის და გარემოს თემებს ერთმანეთში ათავსებს ევროკავშირი. მისი წევრი 28 ქვეყანა ვალდებულია 2020 წლისათვის 20% - ით შეამციროს ემისიების რაოდენობა 1990 წლის მონაცემების დონემდე. ასევე ენერგომოხმარება უნდა შემცირდეს 20% - ით 2005 წლის მაჩვენებლის გათვალისწინებით.

ჩინეთი არც ჩარჩო კონვენციის და არც კიოტოს პროტოკოლის ხელმძღვარი არ არის, თუმცა მან თავად იკისრა ვალდებულებები კლიმატის ცვლილების ეროვნული პროგრამის ფარგლებში.

აშშ – მა თავის მხრივ მიიღო კანონი სუფთა ენერჯისა და უსაფრთხოების შესახებ (ვაქსმან-მარკეის ბილი). ეს დოკუმენტი ქვეყნის ეროვნული და ენერგეტიკის დეტალური განვითარების გეგმაა. ის ითვალისწინებს 17 % - იან შემცირებას 2020 წლისათვის და 2050 წლისათვის 83 % - იან კლებას 2005 წლის დონესთან მიმართებაში.

მსოფლიო გამოცდილება ადასტურებს, რომ სახელმწიფო მხარდაჭერის გარეშე წარმოუდგენელია განახლებადის კუთხით მნიშვნელოვანი შედეგების მიღწევა. განახლებადი ენერჯის წყაროების სტიმულირების სახელმწიფო პოლიტიკის მნიშვნელოვანი კომპონენტია სამიზნე მაჩვენებლების განსაზღვრა და მათი განვითარება. ყველაზე თანმიმდევრული ამ მხრივ ევროკავშირია. 2020 წლისათვის, ის გეგმავს განახლებადის ჯამური წილი ენერჯის მოხმარებაში 20 % - მდე

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

გაიზარდოს, მაშინ როდესაც ეს მონაცემი 2007 წელს 6,7 % - ს შეადგენდა. ამავე დროულად ევროკავშირი, ამ მიზნის მიღწევასთან ერთად, ცდილობს გაზარდოს ენერგეტიკული უსაფრთხოება გარე მომწოდებლებზე დამოკიდებულების შემცირებით და შეამციროს ემისიების გამოფრქვევა.

კვლევებმა დაადასტურა, რომ განახლებადი ენერჯის გავრცელებაში პირველადი მნიშვნელობა აქვს სამართლებრივ რეგულირებას, პოლიტიკური გადაწყვეტილებების არსებობასა და ეკონომიკური მხარდაჭერის ზომებს.

ლიტერატურა

1. Мировая энергетика-2050 (Белая книга). Под ред. В.В. Бушуева, В.А. Каламанова. – М. : Изд. „Энергия“, 2011;
2. <http://www.climatechange.ie/>
3. <http://www.unece.org/energy>

Museliani T., Shariqadze M., Arabidze M., Mtvarelashvili G.
Georgian Technical University

Summary

The paper deals with the complex energy problems and solutions, which should reflect the long-term energy policy.

World oil and gas industry is provided with at least 2050. Natural resources provide a significant increase in gas production 50-60 years perspective.

Perspective usage of resources in nuclear energy is depending on creation and utilization of new generation reactors, which promote to use the uranium-28. Such a solution will allow us 99% usage of the resource.

Renewable energy resources are quite large, but its use is limited by existing technologies, their further development will enable us to rapidly utilize the resource.

In addition the focus on environmental factors in the development of the world energy, stimulating renewable energy issues and global problems of climate change. Obligations under international agreements must be implemented.

საქართველოს ენერგეტიკის მდგრადი განვითარების ეკონომიკური ასპექტები

ჩომახიძე დ.*, ცხაკაია ქ., ზივზივადე ა.*****

*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,
**აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
*** საჯარო სამართლის მაგისტრი

ვანხილულია საქართველოს ენერგეტიკის განვითარების მნიშვნელოვანი ფაქტორები ქვეყნის ეკონომიკის მოთხოვნილებათა გათვალისწინებით. არსებული სიმძლავრეების გამოყენების კრიტიკული ანალიზის საფუძველზე მოცემულია რეკომენდაციები ენერგეტიკული კომპლექსის განვითარებისათვის, რათა უზრუნველყოფილი იქნას ქვეყნის ეკონომიკის მდგრადი ფუნქციონირება.

ენერგეტიკა ქვეყნის განვითარების ერთ-ერთ მთავარ მამოძრავებელ ძალას წარმოადგენს. ქვეყნის საიმედო და მდგრადი ენერგოუზრუნველყოფა განსაკუთრებულ აქტუალობას იძენს თანამედროვე ეტაპზე. ზოგიერთი ექსპერტის შეფასებით, არსებული გლობალიზაციის ეკონომიკურ სისტემაში „ბიოსფერო-საზოგადოება-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ეკონომიკა“, ეკონომიკის განვითარების დასახასიათებლად ენერგომოხმარების დონე და დინამიკა გაცილებით უფრო მნიშვნელოვან მაჩვენებელს წარმოადგენს, ვიდრე ქვეყნის მთლიანი შიგა პროდუქტი.

ამაზე მიუთითებს საქართველოს სახელმწიფოებრივი დამოუკიდებლობის პირველი წლების (1991-1995წწ.) გამოცდილება. ცნობილია, რომ საქართველოში 1990 წლიდან მოყოლებული ელექტროენერჯის წარმოება და მოხმარება მკვეთრად შემცირდა, რამაც თავისი ასახვა ჰპოვა ეკონომიკის განვითარებაზე. 1994 წელს, ქვეყანაში წარმოებულ იქნა მხოლოდ 7 მლრდ კვტ.სთ ანუ 1989 წელს მიღწეული მაქსიმალური დონის 43%. ელექტროენერჯის წარმოების 1994 წლის დონე კი საქართველოში ჯერ კიდევ 1968 წელს - 26 წლის წინ აღინიშნა. ე.ი. ამ სფეროში ქვეყანამ მეოთხედ საუკუნეზე მეტი ხნით დაიხია უკან. უმთავრესად სწორედ ამან დასწია ეკონომიკა 36 წლით, ხოლო ზოგიერთი მისი დარგი - ნახევარი საუკუნით და მეტადაც (ცხრილი 1).

ცხრილი 1

საქართველოში ელექტროენერჯის წარმოების შემცირებისა და ეკონომიკის დაქვეითების მაჩვენებლები 1994 წელს

მაჩვენებელი	1994 წლის დონე შეესაბამება	დაქვეითება 1994 წელთან შედარებით	კოეფიცი- ენტი
ელექტროენერჯის წარმოება.	1968 წელს	26 წელი	1,0
წარმოებული ეროვნული შემოსავალი	1961 წელს	33 წელი	1,27
მრეწველობის პროდუქცია	1958 წელს	36 წელი	1,38
სოფლის მეურნეობის პროდუქცია	1945 წელს	49 წელი	2,08
რკინიგზის ტრანსპორტით ტვირთის გაგზავნა	1940 წელს	54 წელი	2,08
საზოგადოებრივი შრომის ნაყოფიერება	1961 წელს	33 წელი	1,27

თანამედროვე მონაცემებით საქართველოს სათბობ-ენერგეტიკულ კომპლექსში თავმოყრილია მთელი მრეწველობის ძირითადი ფონდების ნახევარზე მეტი (52,8%), ხოლო იწარმოება პროდუქციის თითქმის 15%. პროდუქციის მიხედვით ენერგეტიკის დარგობრივ სტრუქტურაში წამყვანია ელექტროენერგეტიკა -75,3%. ნავთობზე მოდის -7,3%, გაზზე - 13,3%, ნახშირზე - 3,9%.

2013 წლის შედეგებით საქართველოს ენერგეტიკაში ფუნქციონირებდა 66 საწარმო, სადაც დასაქმებული იყო 19123 ადამიანი, წარმოებული იყო 1077,6 მლნ ლარის პროდუქცია, ხოლო ძირითადი აქტივების (ფონდების) ღირებულება შეადგენდა 3052,1 მლნ ლარს. ეს მაჩვენებლები კი მრეწველობის ანალოგიურ პარამეტრებში შესაბამისად უდრიდა 2,3%, 17,0%,14,8%, 52,8%.

2013 წლის მდგომარეობით, საქართველო თავის მოთხოვნილებას საკუთარი ენერგორესურსებით იკმაყოფილებს მხოლოდ 34,5%-ით, ანუ იმპორტულ რესურსებზე 65,5%-ით არის დამოკიდებული. საკუთარი წარმოების ენერგორესურსების ფორმირებაში წამყვანია ჰიდროენერჯია 711,2 ათ ტ.პ.ს (49,85), მეორე ადგილზეა ბიოსაწვავი (შეშა და დანარჩენები) – 481,1ათ. ტ.პ.ს. (33,6%), მესამეზე - ქვანახშირი 168 ათ ტ.პ.ს (11,8%) და ა.შ. რაც შეეხება ბალანსის ხარჯვით ნაწილს საბოლოო მოხმარების მიხედვით, აქ პირველ ადგილზეა ნავთობპროდუქტები 1077,6 ათ ტ.პ.ს (28,9%), მეორეზე - ბუნებრივი გაზი 1058,7 ათ. ტ.პ.ს (28,4%) და მესამეზე - ელექტროენერჯია 780,3 ათ ტ.პ.ს (20,9%).

აღსანიშნავია, რომ საქართველოში ყველაზე მეტად მოხმარებადი ენერგო-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

რესურსი (ნავთობპროდუქტები, ბუნებრივი გაზი) მთლიანად იმპორტულია და მისი ადგილობრივით ჩანაცვლება ნაწილობრივ მაინც, ქვეყნისათვის განსაკუთრებული მნიშვნელობისაა (ცხრილი 2).

ცხრილი 2

**საქართველოს აგრეგირებული ენერგეტიკული ბალანსი,
 2013 წ. (ათ. ტ ნავთობის ექვივალენტი)**

მაჩვენებლები	რაოდენობა	% ჯამთან
წარმოება	1428,7	34,4
იმპორტი	2831,5	86,3
ექსპორტი	110,8	-2,6
მარაგის ცვლილება	-3,6	-0,1
შიდა მიწოდება	4145,8	100,0
ენერჯის გარდაქმნა, დანაკარგები და საკუთარი მოხმარება	419,5	10,1
საბოლოო მოხმარება მათ შორის	3726,3	89,9
მრეწველობა	582,7	14,1
მშენებლობა	71,4	1,7
ტრანსპორტი	963,1	23,2
სოფლის მეურნეობა	13,7	0,3
არაენერგეტიკული მიზნებისათვის	296,6	7,2
სხვა	1798,8	43,4

საქართველოს ელექტრობალანსი საბჭოთა პერიოდში ძირითადად დეფიციტური იყო. ამ მხრივ გამონაკლისს შეადგენდა მხოლოდ რამდენიმე წელი (1970-1975, 1979-1980).

დამოუკიდებლობის პირველ წლებში საქართველოს ელექტრობალანსი კვლავ, მაგრამ უფრო ღრმა დეფიციტური გახდა. განსაკუთრებით ეს ითქმის 1990-2005 წლების შემოდგომა-ზამთრის პერიოდებზე. 2000 წელს კი ელექტროენერჯის ფაქტობრივმა დეფიციტმა საქართველოში 400 მლნ კვტ.სთ შეადგინა. მცირდებოდა ელექტროენერჯის წარმოებაც (თითქმის 2-ჯერ), რამაც განაპირობა ელექტროენერჯის მოხმარების იძულებით შემცირება. მრეწველობაში იგი შემცირდა 11,5-ჯერ, ტრანსპორტზე - დაახლოებით 4-ჯერ. იგივე ტენდენცია იყო სოფლის მეურნეობაში (2000 წელს სოფლის მეურნეობაში ელექტროენერჯის წლიურმა მოხმარებამ 7,2 მლნ კვტ.სთ შეადგინა), მშენებლობაში (2000 წლის მოხმარება 9,0 მლნ კვტ.სთ) და ა.შ.

2014 წელს, მიუხედავად იმისა, რომ წინა წელთან შედარებით ელექტროენერჯის წარმოება თითქმის 3%-ით გაიზარდა, დეფიციტი მაინც მოხმარების უფრო სწრაფმა ზრდამ (7,3%) განაპირობა. ამ წელს იმპორტის საჭიროებამ 248,3 მლნ კვტ.სთ-ით გადააჭარბა ექსპორტს.

დეფიციტის ზემოთ აღნიშნული ოდენობა გამოხატავს ხილულ დეფიციტს. იგი სრულებით არ უწევს ანგარიშს იმას, თუ რამდენად პასუხობს იგი ეკონომიკის განვითარების ამოცანებს. იგივე ითქმის ენერჯოსისტემის სიმძლავრის ბალანსზედაც. ამდენად მხოლოდ ამ ბალანსების მიხედვით შეუძლებელია მსჯელობა ელექტროენერჯით ქვეყნის ნამდვილ საჭიროებათა დაკმაყოფილების ხარისხზე.

რეალური ელექტრობალანსისათვის განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ფარული დეფიციტი, რომელიც წარმოადგენს იმ რაოდენობას, რომელიც ფაქტიურად წარმოებული ელექტროენერჯის ზევით უნდა გამოთქმავებულიყო მეურნეობის შიგნით აუცილებელი პროპორციების დაცვისა და მისი მთელი ქვეყნის ეკონომი-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

კის მიმართ პროპორციულად განვითარების უზრუნველსაყოფად. აუცილებლობას წარმოადგენს ორივე სახის დეფიციტის გათვალისწინება ენერგოსისტემის სიმძლავრის ბალანსშიც. ცხადია, ფარული დეფიციტი ბალანსში თავისი რაოდენობრივი მნიშვნელობით ასახავს ელექტროენერგეტიკის განვითარების ფაქტობრივად მიღწეულ და ოპტიმალურ საჭირო დონეთა სხვაობას.

2005 წელს ელექტროენერგის დეფიციტი 96,2 მლნ კვტ.სთ-მდე შემცირდა, ხოლო 2007 წლიდან 2014 წლამდე ბალანსი უდეფიციტო იყო (ცხრილი 3).

ცხრილი 3

საქართველოს ელექტრობალანსი 2005-2014 წლებში, მლნ კვტ.სთ

დასახელება	2005წ.	2007წ.	2010წ.	2011წ.	2012წ.	2013წ.	2014წ.
წარმოება (სალტედან გაშვება)	6 880,8	8 169,5	9 919,2	9 912,2	9 471,9	9 860,6	10153,7
მათ შორის:							
ჰესი	5 850,2	6 724,5	9 263,3	7 788,7	7 122,1	8 163,5	8221,1
თესი	1 030,6	1 445,0	655,9	2 123,4	2 349,8	1 697,1	1932,6
იმპორტი	1 398,6	433,3	222,1	470,9	614,6	484,1	851,9
- რუსეთიდან	615,7	176,9	211,9	447,6	517,05	460,5	665,6
- სომხეთიდან	752,9	-	-	-	408,0	-	2,1
- თურქეთიდან	9,3	149,0	0,0001	2,8	629,0	-	-
- აზერბაიჯანიდან	20,7	107,4	4	23,4	97,54	23,6	184,2
ექსპორტი	121,8	625,5	1 524,2	930,6	528,2	450,4	603,6
-რუსეთში	-	-	1 117,	588,6	369,43	370,6	218,6
- აზერბაიჯანში	-	300,3	14,31	5,9	11,79	6,6	8,0
- თურქეთში	121,8	215,6	303,4	218,6	79,0	-	236,5
- სომხეთში	-	109,6	89,5	117,5	67,9	73,2	140,5
წმინდა მოხმარება, სულ	7 842,8	7 812,6	8 422,0	9 256,6	9 379,4	9 690,1	10 402,0
ბალანსი (±)	-96,2	+356,9	+1477,2	+655,6	+92,5	+170,5	-248,3

ქვეყნის საიმედო ენერგოუზრუნველყოფის და, მაშასადამე, ენერგეტიკული უსაფრთხოების საქმეში დიდი როლი ეკუთვნის მყარ საგარეო ენერგეტიკულ კავშირებს. ენერგეტიკაში, კერძოდ ელექტროენერგეტიკაში ამას განაპირობებს მინიმუმ შემდეგი ოთხი ფაქტორი:

- დანახარჯების ეკონომია ელექტროენერგის წარმოებაში
- მაკროეკონომიკური უპირატესობანი
- მაკროეკონომიკური უპირატესობანი
- ენერგეტიკული სექტორის რეფორმის შესაძლებლობა
- ევროკავშირის შიდა ბაზარში მონაწილეობის შესაძლებლობა

საქართველოში ელექტროენერგის იმპორტი ცვალებადი დინამიკით ხასიათდება. უკანასკნელი 14 წლის მანძილზე იმპორტის მოცულობა 39,3%-ით გაიზარდა. იმპორტის მაქსიმალური დონე აღინიშნა 2005 წელს (1398,6% მლნ კვტ.სთ), მინიმალური 2010 წელს (222,1 მლნ კვტ.სთ)

საქართველოსათვის ელექტროენერგის მთავარ იმპორტიორად კვლავ რუსეთი რჩება. ამ ქვეყნის წილი იმპორტის საერთო მოცულობაში 2000 წლის 39,0%-დან (233,9 მლნ კვტ.სთ) 2008 წლისათვის 86,3%-მდე გაიზარდა (560,1 მლნ კვტ.სთ). საქართველო ელექტროენერგიას ღებულობს ყველა მისი მეზობელი ქვეყნიდან. ამ მხრივ 2007-2008 წლებში გამონაკლისია სომხეთი, რომელიც ზოგიერთ წლებში რუსეთსაც კი უსწრებდა (2006 წ.), ან მეორე ადგილზე იყო, რუსეთის შემდეგ (2005 წ.). გასული საბჭოთა წლებისგან განსხვავებით, საქართველოსათვის ელექტროე-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ნერგიის იმპორტიორი სახელმწიფო გახდა თურქეთი. 2001 წელს თურქეთიდან მიღებული იქნა 523 მლნ კვტ.სთ ელექტროენერგია, რომელიც იმპორტის საერთო მოცულობაში თითქმის 40%-ს შეადგენდა.

რაც შეეხება ექსპორტს, მისი მაქსიმალური ოდენობა აღინიშნა 2010 წელს (1,5 მლრდ კვტ.სთ), მინიმალური - 2006 წელს (84,4 მლნ კვტ.სთ). რუსეთი ამ სფეროშიც საქართველოსათვის ელექტროენერგიის არამარტო მსხვილი მომწოდებელია, არამედ მას მნიშვნელოვანი რაოდენობით გააქვს ენერგია საქართველოდანაც - 2010 წელს 1117,1 მლნ კვტ.სთ, ანუ ჩვენი ექსპორტის საერთო რაოდენობის 73,3%, 2014 წელს - 218,6 მლნ კვტ.სთ, ანუ 36,2%.

ცნობილია, რომ ელექტროენერგიის იმპორტი საქართველოში ხორციელდება შემოდგომა-ზამთრის პერიოდში, ხოლო ექსპორტი - გაზაფხული-ზაფხულის თვეებში. საქართველოს მდიდარი ჰიდროენერგორესურსების არსებობა საშუალებას იძლევა, რომ ქვეყანამ მნიშვნელოვნად გაზარდოს ელექტროენერგიის ექსპორტი.

საქართველოს ენერგეტიკის განვითარების ამჟამინდელი მაჩვენებლები სხვა ქვეყნების ანალოგიურ პარამეტრებთან შედარებით სახარბიელო არ არის. ქვეყანათაგან მოთხოვნილებას ენერგორესურსებზე ძირითადად იმპორტით იკმაყოფილებს, დაბალია დარგის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები.

საქართველოში მოსახლეობის 1 სულზე ელექტროენერგიის მოხმარება ახლა 2000 კვტ.სთ-ის ფარგლებშია, მაშინ, როცა ეს მაჩვენებელი სხვა ქვეყნებში გაცილებით მაღალია (ცხრილი 4). მაგ., საქართველოში თითოეული ადამიანი წლიურად მოიხმარს თითქმის 7,0-ჯერ ნაკლებ ელექტროენერგიას, ვიდრე აშშ-ში, 3,4-ჯერ ნაკლებს, ვიდრე რუსეთში და ა.შ. საქართველო ამ მხრივ ჩამორჩება მსოფლიოს საშუალო მაჩვენებელსაც, უსწრებს მხოლოდ აფრიკას, აზიას, ყირგიზეთს და სხვ. შესაბამისად, ამ ქვეყნებში და მათ შორის საქართველოში დაბალია ეკონომიკური განვითარების მაჩვენებლებიც, კერძოდ, მშპ, 1 სულზე საქართველოში იწარმოება 21,6-ჯერ ნაკლები, ვიდრე აშშ-ში, 3,4-ჯერ ნაკლები ვიდრე რუსეთში და ა.შ.

ცხრილი 4

საქართველოს მაკროეკონომიკური და ელექტროენერგეტიკული მაჩვენებლების შედარება მსოფლიოს ზოგიერთი ქვეყნის პარამეტრებთან, 2011წ.

ქვეყნის დასახელება	მოსახლეობა, მლნ კაცი	მშპ წარმოება, მლრდ აშშ დოლარი	ელ.ენერგიის მოხმარება, მლრდ კვტ.სთ	ელ.ენერგიის მოხმარება მოსახლეობის 1 სულზე, კვტ.სთ
აშშ	312,0	13225	1784,8	13227
რუსეთი	141,9	947,2	927,2	6533
სომხეთი	3,1	6,18	5,2	1678
საქართველო	4,49	8,81	8,6	1917
გაერთიანებული სამეფო	61,74	2386,63	346,16	5518
გერმანია	81,78	3048,69	579,21	7083
იაპონია	127,83	4621,97	1003,09	7847
თურქეთი	73,95	614,68	197,94	2677
უკრაინა	45,71	95,29	167,4	3662
ყაზახეთი	16,56	83,04	81,01	4892
ყირგიზეთი	5,51	3,23	9,05	1644
თურქმენეთი	5,11	15,22	12,48	2445
აზერბაიჯანი	9,17	28,6	15,61	1706
მსოფლიო	6958	52486	20407	2933
აზია	2313	3386	1904,0	823
აფრიკა	1045	1267	619,0	592

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

მიუხედავად იმისა, რომ საქართველოში მიმდინარეობს მდიდარი ჰიდროენერგორესურსების ათვისების ფართომასშტაბიანი პროგრამა, სახეზეა არსებული სიმძლავრეების არადაამაკმაყოფილებელი ათვისება (ცხრილი 5).

ცხრილი 5

**საქართველოს ელექტროსადგურებში დადგმული სიმძლავრეების
გამოყენების დონე 2010-2014 წლებში, %**

ელექტროსადგურების დასახელება	წლები				
	2010	2011	2012	2013	2014
ენგურჰესი	37,5	28,4	27,6	31,4	29,3
ვარდნილჰესი	37,2	30	29,8	33,7	32,9
ვარციხეჰესი	49,3	53,8	44	52,6	55,0
ლაჯანურჰესი	42,6	35,1	26,9	45,2	41,5
შაორჰესი	36,6	32,7	33,9	35,7	43,8
ძვერულაჰესი	22,3	20,3	14,1	15,3	20,7
გუმათჰესი	54,8	44,3	37,8	57	56,3
რიონჰესი	72,8	63,7	64,7	72	75,5
ხრამჰესი I	29,8	29,9	26	18,6	20,8
ხრამჰესი II	37,9	40,4	36,4	29,4	31,6
ჟინვალჰესი	45,8	35,1	25,7	34,2	33,2
ზაჰესი	59,9	45,9	36,9	51,5	59
ორთაჭალაჰესი	60,9	52,6	43,8	52,6	57
აწჰესი	31,4	49,9	52,1	56,4	57,3
ხადორიჰესი	66,1	55,7	63,3	68	62
თბილსრესი	3,8	31,4	46,4	34,3	32,8
მტკვარი-ენერგეტიკა	20,9	49,2	42,5	32,5	46
ჯიფაუერი (ენერჯი ინვესტი)	1,7	8,6	13,2	2,7	4,6

როგორც ცხრილიდან ჩანს, სიმძლავრეების გამოყენების მხრივ ცალკეულ ელექტროსადგურებში დიდი რეზერვებია, ხოლო 2010-2014 წლებში ზოგიერთ ელექტროსადგურებში სიმძლავრის გამოყენება გაუარესდა (ენგურჰესი, ვარდნილჰესი, ძვერულაჰესი, ჟინვალჰესი და ა.შ.). თუმცა ეს მაჩვენებელი გაუმჯობესდა ვარდნილჰესში, შაორიჰესში, გუმათი ჰესში, რიონჰესში, აწჰესში, თბოსადგურებში. მარტივი გაანგარიშება გვიჩვენებს, რომ ქვეყნის მასშტაბით სიმძლავრის გამოყენების მხოლოდ 1%-ით გაუმჯობესება 2014 წელს გაზრდიდა ელექტროენერჯის გამომუშავებას 305,2 მლნ კვტ.სთ-ით ანუ 3,0%-ით. ეს კი დაახლოებით იგივეა, რაც 2014 წელს გამოიმუშავეს რიონჰესმა (317,5 მლნ კვტ.სთ), ან ხრამჰესი II-მა (316,8 მლნ კვტ.სთ). მაშასადამე, ქვეყნის მასშტაბით დადგმული სიმძლავრის გამოყენების მხოლოდ 1%-ით გაუმჯობესება ელექტროსისტემაში ერთი საშუალო სიმძლავრის ელექტროსადგურის შემომატებას ნიშნავს.

ენერგეტიკის მდგრადი განვითარებისათვის განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ენერგოდაზოგვის ფაქტორს. საექსპერტო გათვლებით ენერგოეფექტიანობის გამოყენებელი ტექნოლოგიური პოტენციური ქვეყნის მთლიანი ენერგომომარაგების დაახლოებით ერთი მესამედის ტოლია. ამდენად იგი შეიძლება თამამად ჩაითვალოს ახალ ენერგეტიკულ რესურსად.

საქართველოს ენერგეტიკის მდგრადი განვითარებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს საკანონმდებლო ბაზის სრულყოფას. აუცილებელია ისეთი კანონების მი-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

დება, როგორცაა “ენერგოდაზოგვის შესახებ”, “არატრადიციული ენერგეტიკის შესახებ” და ა.შ.

საქართველოში კი ელექტროტენდენცია, მართალია ბოლო წლებში მცირდება, მაგრამ მისი დონე ჯერ-ჯერობით მაინც არასახარბიელოა.

საქართველოს ეკონომიკის ნორმალური ფუნქციონირებისათვის აუცილებელია ეფექტიანი ღონისძიებების გატარება ენერგეტიკული კომპლექსის განვითარებისათვის. კერძოდ,

1. გარემოსდაცვით მოთხოვნათა გათვალისწინებით რაციონალურად გამოვიყენოთ ტერიტორიაზე არსებული სათბობ-ენერგეტიკული რესურსების მთელი კომპლექსი - ჰიდროენერჯია, ქვანახშირი, ნავთობი და განახლებადი წყაროები;

2. ჩამოყალიბდეს საქართველოს პირობებისათვის შესაფერისი სათბობ-ენერგეტიკული კომპლექსის ოპტიმალური სტრუქტურა. სათბობ-ენერგეტიკულ კომპლექსში, ენერგეტიკულ, ეკოლოგიურ და სოციალურ-ეკონომიკურ მოთხოვნათა გათვალისწინებით, თავიანთი ადგილი უნდა მიეკუთვნოს როგორც ჰიდრო, ისე თბოსიმ-ძლავრებს და ენერჯის სხვა ალტერნატიულ წყაროებს;

3. აუცილებელია რესპუბლიკის ენერგოუზრუნველყოფის საქმეში დიდი როლი შეასრულოს ამ რესურსების ეკონომიურმა და რაციონალურმა გამოყენებამ;

4. საქართველომ საიმედო და ხელსაყრელი საგარეო ენერგეტიკული კავშირები უნდა დაამყაროს მსოფილოს მოწინავე, მათ შორის მეზობელ სახელმწიფოებთან.

საქართველოს ენერგოსისტემა იზოლირებული არ არის. იგი ჩართულია სხვა სისტემებთან და ეს ხელსაყრელ პირობებს ქმნის საჭიროების შემთხვევაში ენერჯის ექსპორტ-იმპორტის სწორი მანევრირებისათვის, მაგრამ ეკონომიკურად უთუოდ გამართლებულია ის გარემოება, რომ საქართველომ ენერჯიაზე, პირველ რიგში, ელექტროენერჯიაზე მოთხოვნილება თავადვე დაიკმაყოფილოს საკუთარი წარმოებით.

ლიტერატურა

1. ჩომახიძე დ. საქართველოს ენერგეტიკული ყსაფრთხოება. თბილისი, 2003.
2. ჩომახიძე დ., ცხაკაია ქ. საქართველოს ელექტროენერგეტიკის განვითარების ტენდენციები და ამოცანები. მე-2 საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია “ენერგეტიკა: რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები“. ქუთაისი, 2013.
3. საქსტატი. საქართველოს ენერგეტიკული ბალანსი. 2014.
4. სემეკის წლიური ანგარიში. 2014.

THE ECONOMIC ASPECTS OF GEORGIA'S POWER INDUSTRY SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Chomakhidze D., Tskhakaia K., Zivivadze A.

Georgian Technical University
Akaki Tsereteli State University

Summary

The paper dwells on the important factors of the development of Georgia's power industry with a view to the needs of the country's economy. On the basis of the critical analysis of utilization of the existing capacities, there are given the recommendations for the energy complex development, in order to ensure the country's sustainable economic development.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

**საქართველოს ჰიდროენერგეტიკის მდგრადი განვითარების
წინაპირობები**

კერესელიძე თ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

როგორც ანგარიშები ცხადყოფენ ჰიდროენერგეტიკის როლი ქვეყნის ეკონომიკაში უმნიშვნელოვანესია, სწორედ ამიტომ საქართველოს ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის ათვისებას სჭირდება ადგილობრივი და უცხოური ინვესტიციების მოზიდვა, ხოლო სახელმწიფოს მხრიდან ხელშეწყობა და სპეციალური ღონისძიებების გატარება.

ენერგეტიკა ნებისმიერი ქვეყნის საწარმოო ძალთა და მთლიანად ქვეყნის ეკონომიკის განვითარების საფუძველია. ენერგეტიკა უზრუნველყოფს მრეწველობის, სოფლის მეურნეობის, ტრანსპორტის, კომუნალური მეურნეობის, ტურიზმის სტაბილურ ფუნქციონირებას. ეკონომიკის მდგრადი განვითარება წარმოუდგენელია ენერგეტიკის მუდმივი განვითარების გარეშე. არ არსებობს მეორე დარგი, რომლის პარალიზება ისეთ კატასტროფულ გავლენას ახდენდეს ქვეყნის ცხოვრების ნებისმიერ მიმართულებაზე (მათ შორის თავდაცვისუნარიანობაზე), როგორც ენერგეტიკა. ამიტომ სათბობ-ენერგეტიკული კომპლექსი სახელმწიფოს ხელისუფლების განსაკუთრებული კონტროლის ქვეშ უნდა იყოს (მიუხედავად საკუთრების ფორმისა). სათბობ-ენერგეტიკული კომპლექსის მდგომარეობაზე დიდწილად და მოკიდებული მთლიანად ქვეყნის უსაფრთხოება. ეს კი სახელმწიფოს მართვის ორგანოებისაგან ენერგეტიკის მიმართ განსაკუთრებულ ყურადღებას განაპირობებს.

სწორედ ამიტომ ენერგეტიკული პოლიტიკის მეცნიერულად დამუშავებასა და სწორედ განხორციელებას ყველა ქვეყანაში უდიდესი ყურადღება ექცევა. გამონაკლისი არც საქართველო უნდა იყოს.

ენერგეტიკული პოლიტიკა სახელმწიფოს ეკონომიკური პოლიტიკის ერთერთი უმნიშვნელოვანესი შემადგენელი ნაწილია. ენერგეტიკული პოლიტიკის მიზანია სათბობ-ენერგეტიკული რესურსების მაქსიმალურად ეფექტიანი გამოყენებით ეკონომიკის ყველა სფეროს და მოსახლეობის ენერგეტიკული რესურსებით დაკმაყოფილების ღონისძიებების დაგეგმვა და განხორციელება, ენერგეტიკული უსაფრთხოებისა და შესაძლო დამოუკიდებლობის უზრუნველყოფა.

ქვეყნის ენერგეტიკული დამოუკიდებლობა და ენერგეტიკული უსაფრთხოება ძალზე ახლო კავშირში არიან ერთმანეთთან და ერთი შეხედვით ერთმანეთის გარეშე ეს ორი განმარტება არც შეიძლება განვიხილოთ. ჩვენი შეხედულებით ამ ორ ტერმინს შორის მაინც არსებობს გარკვეული განსხვავება.

ენერგეტიკული დამოუკიდებლობა მეტწილად განპირობებულია ქვეყნის საკუთარი ენერგეტიკული პოტენციალის მაქსიმალური გამოყენებით. იმით თუ რამდენად შესწევს ქვეყანას უნარი ეკონომიკის მზარდი მოთხოვნებისა და მოსახლეობის დაკმაყოფილება ადგილობრივი ენერგეტიკული რესურსებით.

ენერგეტიკული უსაფრთხოების ძირითადი პრინციპია ქვეყნის ეკონომიკისა და მოსახლეობის მოთხოვნების ნორმალურ პირობებში სრული მოცულობით, ხოლო სხვადასხვა ხასიათის საგანგებო სიტუაციების დროს მინიმალურად აუცილებელი მოცულობით დაკმაყოფილება ხარისხიანი ენერგეტიკული რესურსებით, ხელმისაწვდომი და ამავდროულად ენერგეტიკული რესურსების ეკონომიური ხარჯვის მასტიმულირებელი ფასებით. (1, 2, 3).

შეიძლება ქვეყანა იყოს ენერგეტიკულად დამოუკიდებელი, მაგრამ ის არ

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

იყოს ენერგეტიკულად უსაფრთხო.

ასევე შესაძლებელია პირიქით ქვეყანა იყოს ენერგეტიკულად უსაფრთხო, მაგრამ არ იყოს ენერგეტიკულად დამოუკიდებელი. განვიხილოთ უფრო დაწვრილებით ეს ორი განმარტება კონკრეტული ქვეყნების მაგალითზე. მაგალითად, საქართველოში მისი ჰიდროენერგეტიკული რესურსების დიდი ნაწილის ათვისების პირობებში სიმძლავრის ბაზისური ნაწილის დაფარვის დროს აუცილებლად დაჭირდება თბოსადგურებში გამომუშავებული ელექტროენერგია დამას პრაქტიკულად შეეძლება დააკმაყოფილოს, როგორც ეკონომიკის ისე მოსახლეობის მოთხოვნილება ელექტროენერგიაზე, ე.ი. ის შეიძლება ჩავთვალოთ ენერგეტიკულად დამოუკიდებელ ქვეყანად. მაგრამ მას ვერ ჩავთვლით ენერგეტიკულად უსაფრთხო ქვეყნად, რადგან თბოსადგურები რომლებიც მუშაობენ 100%-ით იმპორტირებულ ბუნებრივ აირზე, შესაძლებელია მყისიერად გაჩერდნენ ბუნებრივი გაზის მოწოდების შეწყვეტის გამო. (ეკონომიკური, პოლიტიკური, დივერსიული, ან სხვა რაიმე მიზეზით). განვიხილოთ მეორე მაგალითი, ბელგია, რომელიც არის ევროკავშირის წევრი ქვეყანა. ბელგიას არ გააჩნია საკუთარი ენერგეტიკული პოტენციალი (მაგალითად ბუნებრივი გაზი ან ნავთობპროდუქტები) იმ მოცულობით, რომ უზრუნველყოს თავისი ეკონომიკისა და მოსახლეობის მოთხოვნილების დაკმაყოფილება ენერგეტიკული რესურსებით. შესაბამისად, ის ვერ განიხილება როგორც ენერგეტიკულად დამოუკიდებელი ქვეყანა, მაგრამ თუ ჩვენ გავითვალისწინებთ იმას, რომ ის არის ევროკავშირის წევრი და ყველა თავისთვის საჭირო ენერგეტიკულ რესურსს ღებულობს მეზობლებისგან, სადაც ქვეყნების ენერგეტიკული უსაფრთხოება აყვანილია ძალიან მაღალ ნიშნულამდე, დაცულია კანონმდებლობით და სადაც ქვეყნების ეკონომიკები ისეთი მაღალი დონით არიან ერთმანეთთან ინტეგრირებულები, რომ შეგვიძლია ვთქვათ, რომ ბელგია არის ენერგეტიკულად უსაფრთხო ქვეყანა.

საქართველოს ენერგეტიკული უსაფრთხოების ძირითადი პრობლემებია:

1. ნახშირწყალბადიანი რესურსების დიდი დეფიციტი. დღეისათვის საქართველოში მოხმარებული ნავთობპროდუქტების და ბუნებრივი გაზის თითქმის 100% იმპორტირებულია, იმ დროს, როდესაც არ ხდება არსებული რესურსების ნაწილობრივი მოპოვება მაინც. აღნიშნული დეფიციტის სრული აღმოფხვრა, ჩვენი აზრით ვერც ახლო და ვერც შორეულ პერსპექტივაში ვერ მოხერხდება, თუმცა იმპორტი გარკვეული დოზით შესაძლებელია ჩანაცვლებული იყოს ადგილობრივი რესურსებით.
2. ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის ტექნიკურად შესაძლებელია ეკონომიკურად ეფექტური ნაწილის მხოლოდ 25%-ით ათვისება;
3. ელექტროენერგიის წარმოება მოხმარების სეზონური უთანხმოება;
4. ბუნებრივი გაზის მოწოდება მხოლოდ ერთი ქვეყნიდან;
5. ენერგიის განახლებადი რესურსების არასაკმარისი გამოყენება;
6. საქართველოს ენერგეტიკული სამეცნიერო პოტენციალის გამოუყენებლობა.

ერთადერთი რესურსი, რომლის სიდიდე ასე თუ ისე მეცნიერულად დადგენილია და რომელიც თავისი მნიშვნელობით საქართველოსათვის უპირველეს ადგილზეა – ჰიდროენერგეტიკული რესურსია. ამ რესურსის პოტენციალის დასადგენად კვლევები გასული საუკუნის 20-30-იან, შემდეგ კი 60-იან წლებში მიმდინარეობდა. ამ მონაცემებით ჰიდროენერგეტიკული რესურსების ტექნიკურად შესაძლებელი და ეკონომიკურად ეფექტიანი ნაწილი 40 მლრდ. კვტ.სთ. შეადგენს (4).

საქართველოს მდიდარი ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის ათვისებას სჭირდება ადგილობრივი და უცხოური ინვესტიციების მოზიდვა. ამგვარ ობიექტებს,

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

პირველ რიგში, განეკუთვნება ხულონჰესი (მდინარე ენგური), ნამახვანჰესების კასკადი (მდინარე რიონი) და მრავალი სხვა. ხულონჰესის პროექტის სარეალიზაციოდ გარკვეული სამუშაოები უკვე ჩატარებულია. დაზუსტებული საპროექტო მონაცემებით ხულონჰესს წლიურად შეუძლია 1500 მლნ. კვტ. სთ.-ზე მეტი ელექტროენერგია გამოიმუშაოს. ნამახვანის ჰესების კასკადის (ნამახვანჰესი, ტვიშიჰესი, ჟონთიჰესი) საშუალო წლიური გამომუშავება ასევე 1500 მლნ. კვტ. სთ.-ს შეადგენს.

გადაიშვა მცირე და საშუალო მდინარეთა გამოყენების მოძველებული 300-მდე სქემა. ამ მდინარეებზე შეიძლება აიგოს მცირე ჰიდროელექტროსადგურები, რომელთა ერთეული სიმძლავრე იქნება 1-დან 20 მგვტ-მდე. ისინი განლაგდება ქვეყნის 47 რეგიონში. სადგურების ჯამურ სიმძლავრე შეადგენს 2,1 მლნ. კვტ.-ს. ისინი შეიძლება წლიურად გამოიმუშაონ 10 მლრდ. კვტ. სთ.-ზე მეტი ელექტროენერგია. სამწუხაროდ, ეს მონაცემები საქართველოში არსებულ ეკონომიკურ შესაძლებლობებს აღარ ესადაგება. უპირველეს ყოვლისა, საჭიროა ქვეყნის ჰიდროენერგეტიკული რესურსების გამოყენების გენერალური გეგმის შედგენა და ამის საფუძველზე ახალი საინვესტიციო პროექტების მომზადება. ამავდროულად, ამგვარი დოკუმენტის არსებობა წინაპირობას შექმნის ჰიდროენერგეტიკის განვითარების სტიმულირებისათვის (სათანადო საკანონმდებლო და ნორმატიული ბაზის ჩამოყალიბება, შეღავათიანი საგადასახადო და საბაჟო რეჟიმი და სხვ.).

ამ მიმართულებით შექმნილი მდგომარეობა კიდევ ერთხელ მიუთითებს იმაზე, რომ ჰიდრორესურსების ათვისებას სახელმწიფო მხარდაჭერა სჭირდება. იგი ენერგეტიკული დამოუკიდებლობის საფუძველი უნდა გახდეს, გაზარდოს ინვესტორთა დაინტერესება ჩვენი სისტემათაშორის შესაძლებლობებით. ამგვარ ბაზაზე შექმნილი ენერგოსისტემების წარმატებული ინტეგრაცია მეზობელ სისტემებში მკვეთრად გააუმჯობესებს ქვეყნის ეკონომიკას, აამაღლებს მდგრადობისა და საიმედოობის პარამეტრებს.

ენერგეტიკული სტრატეგიის განხორციელების პირველი პერიოდის დამთავრების შემდეგ, ხულონჰესის ამოქმედების პირობებში, საქართველოს უნდა შეაქმნას მეზობელ ენერგოსისტემებთან აწარმოოს ელექტროენერგიის ექსპორტ-იმპორტი, რისთვისაც მასეჭნება ძვირადღირებული პიკური სიმძლავრეების (დაახლოებით 1000 მგვტ.) მიწოდების საშუალება. სამაგიეროდ, საჭიროების შემთხვევაში, შესაძლებელი გახდება სამჯერ და უფრო მეტი ბაზისური ენერგიის მიღება.(5).

სათბობ - ენერგეტიკული კომპლექსის გავლენა გარემოზე საკმაოდ მნიშვნელოვანია. განსაკუთრებით ეს ეხება თბოელექტროსადგურებს, რომელთა ნამწვი აირების შემადგენლობაში მაღალი კონცენტრაციითაა მავნე ნივთიერებები, რის გამოც ხდება ატმოსფეროს დაბინძურება. ეს გლობალური პრობლემაა, რომლის აღმოსაფხვრელად გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის ხელშეწყობით შექმნილია საერთაშორისო ენერგეტიკული ფონდი, რომლის მთავარი ამოცანაა წაახალისოს მთელ მსოფლიოში განახლებადი ენერგიის წყაროებზე მომუშავე ელექტროსადგურების მშენებლობა, რაც გამოიხატება ფულადი დანამატებით ყოველ გამომუშაებულ კვტ.სთ ელექტროენერგიაზე. რაც თავისთავად ამცირებს თბოელექტროსადგურებზე გამომუშაებული ელექტროენერგიის წილს მთელ მსოფლიოში და შესაბამისად მავნე ნივთიერებების გამოფრქვევას ატმოსფეროში. საქართველოს აქამდე არ აქვს გაფორმებული ხელშეკრულება ზემოთ აღნიშნულ ფონდთან, რაც ჩვენი აზრით სასწრაფოდ არის გამოსასწორებელი. მიგვაჩნია, რომ ამგვარი ხელშეკრულება წაახალისებს ინვესტიციებს განახლებადი ენერგიის წყაროებზე მომუშავე ელექტროსადგურების მშენებლობაზე და მისცემს შესაძლებლობას ქვეყანას შემო-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

იღოს ეგრეთწოდებული „მწვანე ტარიფი“. რომლის ძირითადი პრინციპებია:

- ენერჯის განახლებადი წყაროების მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის სრული მოცულობით შესყიდვის გრძელვადიანი კონტრაქტით უზრუნველყოფა;
- ენერჯის განახლებადი წყაროების ელექტრულ ქსელთან მიერთების გარანტია;
- ენერჯის განახლებადი წყაროების მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის ღირებულებაზე დანამატის უზრუნველყოფა;

ძნელი სათქმელია თანამედროვე ეტაპზე რამდენად შეძლებს საქართველო ყველაფერი ამის განხორციელებას, ვინაიდან „მწვანე ტარიფი“ უარყოფითად აისახება სამომხმარებლო ტარიფზე ან საჭირო გახდება სახელმწიფოს მხრიდან დიდი მოცულობის სუბსიდირების განხორციელება. მიგვაჩნია სახელმწიფო უნდა წავიდეს სწორედ ამ გზით, კერძოდ, უნდა შეიქმნას ენერჯის განახლებადი წყაროების მშენებლობის მასტიმულირებელი ფონდი, რომელიც მოახდენს ფულადი სახსრების აკუმულირებას და ითანამშრომლებს ზემოთ აღნიშნულ საერთაშორისო ფონდთან, რათა მოხდეს ენერჯის განახლებადი წყაროების მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის ღირებულებაზე დანამატის უზრუნველყოფა.

მაგალითისათვის შეიძლება ითქვას, რომ უკრაინაში მზის ელექტროსადგურებისათვის მოქმედი მწვანე ტარიფის მინიმალური ფიქსირებული სიდიდე 43-47 ევროცენტს შეადგენდა ერთ წარმოებულ კილოვატსაათზე. ქარის ელექტროსადგურებისათვის 6-12 ევროცენტს, ბიომასისათვის 12 ევროცენტს, ხოლო 10 მეგავატამდე სიმძლავრის ჰიდროელექტროსადგურებისათვის 7-8 ევროცენტს. უკრაინის ენერჯოსისტემაში კი, როგორც ცნობილია დომინანტური როლი სწორედ ნახშირის და ატომურ თბოელექტროსადგურებს უჭირავთ. ცხადია, რომ ენერჯის განახლებადი წყაროების ათვისებისათვის ინვესტიციების მოსაზიდად ამგვარი ეკონომიკური და პოლიტიკური მექანიზმის გამოყენების გარეშე ენერჯის განახლებადი წყაროების მასშტაბური ათვისება ვერ განხორციელდება.

რაც შეეხება საინვესტიციო მიზიდველობის შიდა ფაქტორებს, აქ უმთავრესია ქვეყნის კანონმდებლობა, რომელიც განსაზღვრავს რეგულირებას დაქვემდებარებული დარგის ფუნქციონირების პირობებსა და განვითარების პერსპექტივებს. მართალია, საქართველოში დაშვებულია უცხოური კაპიტალის შემოსვლის ყველა ცნობილი ფორმა (კონცესია, ერთობლივი საწარმოები, პროდუქციის გაყოფის ხელშეკრულება და სხვ.) მაგრამ მათი პრაქტიკული დამკვიდრებისათვის ჯერ კიდევ ბოლომდე არ არის ჩამოყალიბებული სათანადო ნორმატიულ-სამართლებრივი ბაზა, შესაბამისი ინსტიტუციონალური სტრუქტურები. ბოლომდე არ არის დახვეწილი პროცედურები, როგორც პროექტების განხილვებისა და მტკიცების, ასევე ამ პროექტების განხორციელების საკითხებში. გარდა ამისა, უცხოელი ინვესტორი საქართველოში ჯერ კიდევ არ არის საკმაოდ დაცული ბიუროკრატიული ბარიერებისაგან. ყოველივე ეს, ცხადია, ერთი მხრივ, ხელს უშლის ინვესტიციების მოზიდვას, ხოლო, მეორე მხრივ, იქმნება იმის რეალური წინაპირობები, რომ უცხოელმა ინვესტორმა ცალკეულ შემთხვევაში თავის სასარგებლოდ გამოიყენოს შექმნილი სიტუაცია. ამ სფეროში ნორმატიულ-სამართლებრივი ბაზის სრულყოფა და განვითარება, ასევე სათანადო ინსტიტუციონალური სტრუქტურების ფორმები, უფლებამოვალეობათა მკაფიო განაწილებით, მეტად მნიშვნელოვანი ამოცანაა, რომლის სათანადოდ მოგვარება ძლიერ სტიმულს მისცემს როგორც ენერჯეტიკას, ასევე მთლიანად ქვეყნის ეკონომიკის სტაბილურ და პერსპექტიულ წინსვლას.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ლიტერატურა:

1. Жак Сапир. Энергобезопасность как всеобщее благо. http://www.globalaffairs.ru/number/n_7780:
2. "Official website of the International Energy Agency: <http://www.iea.org/topics/energysecurity/>"
3. International Energy Agency "Key World Energy Statistics", 2014.
4. Сванидзе Г.Г., Гагуа В.П., Сухишвили Э.В. Возобновляемые энергоресурсы Грузии. Ленинград: Гидрометиздат, 1987. с.75-76.
5. არველაძე რ., მირცხულავა დ., ცინცაძე პ., ჩომახიძე დ. საქართველოს ენერგეტიკული სტრატეგია. თბილისი. 2004.-78 გვ.

BACKGROUND OF SUSTAINABLE HYDROPOWER DEVELOPMENT OF GEORGIA

Kereselidze T.

Georgian Technical University

Summary

Proceeding from above is available to make the next conclusions:

To digest the hydro needs supporting from the State. It has to become the basis of energy independence, to improve the interests of investors by our system capacity. Such based successful integration sharply will improve the economy of state, increase stability and reliability.

As for, investment attractiveness of domestic factors, is paramount the legislation of state, which defines regulation for operating conditions of subject field and development perspectives. It is true that in Georgia is allowed all known form of foreign capital inflows(concession, joint ventures, production sharing contract and etc.) but for their practical introduction there is no established appropriate the normative-legal base, appropriate institutional structures. There is no sophisticated procedures to the end, as the review and assertion to projects also the implementation of subjects to these projects.

Beside it the foreigner investor in Georgia is not still well protected from the bureaucratic barriers. All of this of course on the one hand intervenes to attracting the investments , but on the other hand is being created real backgrounds that foreign investor has to use the situation in its favor in individual cases. Normative legal of perfection and development of base in this field also appropriate forms of institutional structures , by the clear assignment to the rights and duties , there is the important mission , which proper solution gives powerful incentive to as energetic also to the totally stable and promising progress to the economy of state.

**მცირე ჰესები - ადგილობრივი და რეგიონული განვითარების
ხელშემწყობი ფაქტორი**

ლომიძე ი., ხელიძე გ., შატაკიშვილი ლ., კიკაჩიშვილი ნ.
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

დღეისათვის საქართველოს მდინარეების მცირე ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის მხოლოდ 4,65%-ია ათვისებული. ამასთან, მცირე ჰიდროენერგეტიკული რესურსების გამოყენებას შეუძლია დიდი როლი შეასრულოს რეგიონების სოციალურ-ეკონომიკური განვითარებაში, განსაკუთრებით იმ ადგილებში, რომლებიც მოშორებულია ელექტროგადამცემი ხაზებიდან. ნაშრომში განხილულია ბორჯომის რაიონის სოფელ მზეთამზეს მიმდებარედ მდინარე გუჯარულაზე მცირე სიმძლავრის ჰიდროელექტროსადგურის მოწყობის შესაძლებლობა.

ამჟამად, საქართველოს მდინარეების მცირე ჰიდროენერგეტიკული ტექნიკური პოტენციალი შეფასებულია 19,47 მილრდ.კვტ.სთ წლიური გამომუშავებით და 3729 მგვტ დადგმული სიმძლავრით [1]. ქვეყანაში რეგისტრირებულია 47 მცირე ჰესი, რომელთა ჯამური დადგმული სიმძლავრე შეადგენს 170,91 მგვტ-ს [2], ეი პოტენციალის მხოლოდ 4,6%-ს.

მცირე სიმძლავრის ჰესებს ახასიათებს თავისებურებები, რაც არსებითად განასხვავებს მცირე ჰიდროენერგეტიკას დიდი ჰიდროენერგეტიკისაგან: ეფექტური

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ტექნოლოგიები, დატბორვის მინიმალური ფართობი, სასოფლო ტერიტორიების ელექტრიფიკაცია, ადგილობრივი და რეგიონული განვითარების ხელშეწყობა. ყოველივე აღნიშნული განსაზღვრავს მცირე ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის ათვისების მიზანშეწონილობას.

ჩვენს ქვეყანაში უკანასკნელ ხანს დამკვიდრდა არასასურველი ტენდენცია პერიფერიიდან ცენტრისკენ შრომისუნარიანი მოსახლეობის მიგრაციისა, რაც უარყოფითად მოქმედებს რეგიონების სოციალურ-ეკონომიკური ზრდის თვალსაზრისით. ამ პრობლემის გადაწყვეტის ხელშეწყობაში, ჩვენი აზრით, დადებითი როლის შესრულება შეუძლია მცირე ჰიდროენერგეტიკული რესურსების გამოყენებას, განსაკუთრებით იმ ადგილებში, რომლებიც მოშორებულია ელექტროგადამცემი ხაზებიდან. ეს დაეხმარება ადგილობრივი საკომუნიკაციო ინფრასტრუქტურის, საოჯახო ტურისტული ბიზნესის, სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის გადამამუშავებელი მცირე საწარმოების განვითარებას. მითითებული ღონისძიებები გაზრდის ადგილობრივ საწარმოებში მომუშავეთა რაოდენობას, რეგიონულ საბიუჯეტო შემოსავლებს, შეამცირებს მიგრაციის პროცესს.

მაგალითის სახით, შემოთავაზებულია ბორჯომის რაიონის ტერიტორიაზე, სოფელ მზეთამზეს მიმდებარედ მდინარე გუჯარეთის წყალზე მცირე სიმძლავრის ჰიდროელექტროსადგურის მოწყობა. ჰესის განთავსების ტერიტორია უშუალოდ ესაზღვრება კურორტ წაღვერს და ტიმოთესუბნის სამონასტრო კომპლექსს, რაც მიუთითებს აღნიშნული ჰესის მნიშვნელობას რაიონის ენერგომომარაგების გაუმჯობესებისათვის.

გუჯარულა ჰესის ნაგებობები, განთავსდება სოფ. პატარა მიტარბსა და სოფ. მზეთამზეს შორის, ამასთან, წყალმიმღების მოწყობა განზრახულია 1150,0 მ ნიშნულზე მდებარე კვეთში, სადაც მდინარის წყალშემკრები აუზის ფართობი ტოლია $F_{anal} = 155 \text{ კმ}^2$ -ის, ხოლო წყალშემკრები აუზის საშუალო ქანობი შეადგენს $\bar{i} = 28\%$ -ს. საპროექტო კვეთში მდინარე გუჯარეთის წყლის ჰიდროლოგიურ რეჟიმზე დაკვირვების მონაცემები არ არსებობს, ამიტომ ამ მონაცემების დადგენისათვის ანალოგის სახით გამოყენებულ იქნა მდინარე გუჯარეთის წყლის დამუშავებული ჰიდროლოგიური მონაცემები ჰიდრომეტრიული საგუშაგო წაღვერის (წყალშემკრები აუზის ფართობი $F_{anal} = 238 \text{ კმ}^2$, წყალშემკრები აუზის საშუალო ქანობი $\bar{i} = 27,5\%$) კვეთისათვის. დადგენილ იქნა მდინარე გუჯარეთის წყლის სხვადასხვა უზრუნველყოფის საშუალო წლიური ხარჯები საპროექტო კვეთში, რომლებიც მოყვანილია ცხრილში 1.

ცხრილი 1.

კვეთი	F, კმ ²	საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი Q ₀ , მ ³ /წმ	უზრუნველყოფა, %					
			10	25	50	75	90	95
V1150,0	155	1,84	2,62	2,19	1,77	1,41	1,13	0,99

საანგარიშო უზრუნველყოფის საშუალო წლიური ხარჯების შიდაწლიური განაწილება საპროექტო კვეთში სანიტარული ხარჯების გათვალისწინებით მოყვანილია ცხრილში 2. სანიტარული ხარჯი აღებულია საშუალო მრავალწლიური ხარჯის 10% -ის ოდენობით.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ცხრილი 2.

ხარჯი, მპ/წმ	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	საშუალო წლიური
10 %-იანი უზრუნველყოფა													
საშ. თვიური ხარჯი, მპ/წმ	1,13	0,61	1,69	9,65	10,10	3,72	1,16	0,68	0,62	0,79	0,64	0,62	2,62
სანიტარული ხარჯი, მპ/წმ	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
საანგარიშო ხარჯი, მპ/წმ	0,95	0,43	1,51	9,47	9,92	3,54	0,98	0,50	0,44	0,61	0,46	0,44	2,43
50 %-იანი უზრუნველყოფა													
საშ. თვიური ხარჯი, მპ/წმ	0,57	0,73	1,04	9,57	3,61	1,71	1,88	0,90	0,32	0,34	0,38	0,21	1,77
სანიტარული ხარჯი, მპ/წმ	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
საანგარიშო ხარჯი, მპ/წმ	0,39	0,55	0,86	9,39	3,43	1,53	1,70	0,72	0,14	0,16	0,20	0,03	1,59
90 %-იანი უზრუნველყოფა													
საშ. თვიური ხარჯი, მპ/წმ	0,39	0,72	0,76	1,97	2,91	1,86	1,18	1,35	1,05	0,47	0,41	0,53	1,13
სანიტარული ხარჯი, მპ/წმ	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
საანგარიშო ხარჯი, მპ/წმ	0,21	0,54	0,58	1,79	2,73	1,68	1,00	1,17	0,87	0,29	0,23	0,53	0,95

გუჯარულა ჰესის საანგარიშო წყლის ხარჯის სახით მიღებულია მდ. გუჯარეთის წყალის 50 %-იანი უზრუნველყოფის საშუალო თვიური წყლის ხარჯები საპროექტო კვეთში სანიტარული წყალგაშვების გათვალისწინებით, რაც მოყვანილია ცხრილში 3.

ცხრილი 3.

თვეები	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	საშ. წლიური
ჰესის წყლის ხარჯი, მპ/წმ	0,39	0,55	0,86	9,39	3,43	1,53	1,70	0,72	0,14	0,16	0,20	0,03	1,59

გუჯარულა ჰესის ნაგებობების დაპროექტება განზრახულია მდ. გუჯარეთის წყალზე 1150 მ და 1050 მ ნიშნულებს შორის 5300 მეტრიან მონაკვეთზე. ჰესის შემადგენლობაში შედის:

- სათავე ნაგებობა: წყალსაშივი კაშხალი, „ტიროლის“ სამთო ტიპის წყალმიმღები, გამრეცი, ზამთრის წყალმიმღები, გვერდითი წყალსაშივი, სალექარი, თევზსავალი. ზედა ბიეფის წყლის დონე 1150,0 მ.
- ფოლადის სადაწნეო მილსადენი საერთო სიგრძით 5300 მ. იგი დაყოფილია ორ უბნად. პირველი უბნის სიგრძე - 2700 მ, დიამეტრი - 1400 მმ, მეორე უბნის სიგრძე - 2600 მ, დიამეტრი - 1200 მმ.
- დახრილი გამთანაბრებელი რეზერვუარი სიგრძით 300,0 მ, დიამეტრით 1400 მმ.
- ჰესის შენობა - ტურბინის ღერძის ნიშნული - 1050,0 მ.
- გამყვანი არხი - საორიენტაციო სიგრძე - 50,0 მ.

ჰესის შერჩეული სქემის და ჰიდროლოგიური მონაცემების საფუძველზე ჩატარდა ჰიდროენერგეტიკული გაანგარიშება, რომლის მიზანია ჰესის დადგმული სიმძლავრის, საშუალო წლიური ელექტროენერჯის გამომუშავების, ჰესის დადგმული სიმძლავრის გამოყენების კოეფიციენტისა და მდინარის ჩამონადენის გამოყენების კოეფიციენტის დადგენა.

ჰიდროენერგეტიკული გაანგარიშებისას გათვალისწინებულ იქნა შემდეგი:

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

- გუჯარულა ჰესის საანგარიშო წყლის ხარჯის სახით მიღებულია მდ. გუჯარეთის წყალის 50 %-იანი უზრუნველყოფის საშუალო თვიური წყლის ხარჯები საპროექტო კვეთში სანიტარული წყალგაშვების გამოკლებით;
- ჰიდროტურბინების მარგი ქმედების კოეფიციენტი - 0,9;
- ჰიდროგენერატორების მარგი ქმედების კოეფიციენტი - 0,95;
- სანიტარული წყლის ხარჯი მიღებულია საპროექტო კვეთში მდ. გუჯარეთის წყალის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის 10 % - 0,18 მ³/წმ.

გუჯარულა ჰესის სიმძლავრისა და ელექტროენერჯის გამომუშავების სიდიდეები მოყვანილია ცხრილში 4.

ამრიგად, გუჯარულა ჰესის დადგმული სიმძლავრე და საშუალოწლიური ელექტროენერჯის გამომუშავება შესაბამისად შეადგენს: 1910 კვტ-ს და 6,47 გვტს-ს. გაზაფხულის სეზონზე (მარტი-მაისი) გუჯარულა ჰესის გამომუშავება შეადგენს 3,33 გვტს-ს, ზაფხულის სეზონზე (ივნისი-აგვისტო) -2,29 გვტს-ს, შემოდგომაზე (სექტემბერი-ნოემბერი) - 0,30 გვტს-ს, ზამთარში (დეკემბერი-თებერვალი) - 0,54 გვტს-ს. ე.ი. გაზაფხულის გამომუშავება შეადგენს წლიური გამომუშავების 51,5 %-ს, ზაფხულის - 35,4 %-ს, შემოდგომის - 4,7 %-ს, ზამთრის - 8,4 %-ს. დადგმული სიმძლავრის გამოყენების კოეფიციენტი - 38,7 %; მდინარის ჩამონადენის გამოყენების კოეფიციენტი - 61,3 %.

ცხრილი 4.

თვე	საათების რაბა	მდინარის სა-შუალო თვიური წყლის ხარჯი, მ ³ /წმ	სანიტარული წყლის ხარჯი, მ ³ /წმ	ჰესის წყლის ხარჯი, მ ³ /წმ	მდინარის ჩამონადენი, მლნ.მ ³	გამოყენებული წყლის მოცულობა, მლნ.მ ³	სიმძლავრე, კვტ	ელექტრო-ენერჯის გამომუშავება, გვტს
იანვარი	744	0,57	0,18	0,39	1,53	1,04	326	0,24
თებერვალი	672	0,73	0,18	0,55	1,77	1,33	458	0,31
მარტი	744	1,04	0,18	0,86	2,79	4,14	710	0,53
აპრილი	720	9,57	0,18	3,0	24,80	7,78	1910	1,38
მაისი	744	3,61	0,18	3,0	9,67	8,04	1910	1,42
ივნისი	720	1,71	0,18	1,53	4,43	3,97	1204	0,87
ივლისი	744	1,88	0,18	1,70	5,04	4,55	1317	0,98
აგვისტო	744	0,90	0,18	0,72	2,41	1,93	596	0,44
სექტემბერი	720	0,32	0,18	0,14	0,83	0,36	117	0,08
ოქტომბერი	744	0,34	0,18	0,16	0,91	0,43	134	0,10
ნოემბერი	720	0,38	0,18	0,20	0,98	0,52	168	0,12
დეკემბერი	744	0,21	0,18	0,03	0,56	0,08	0	0
ჯამი	8760				55,72	34,17		6,47
საშუალო		1,77		1,59				
მაქსიმუმი		9,57		3,0			1910	
დადგმული სიმძლავრის გამოყენების კოეფიციენტი	%							38,7%
მდინარის ჩამონადენის გამოყენების კოეფიციენტი	%				61,3 %			

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ლიტერატურა

1. სოლომონია ო., დადიანი მ., ცაბაძე ნ., პატარაია რ., აბრამიშვილი ნ. საქართველოს მდინარეების მცირე ჰიდროენერგეტიკული ტექნიკური პოტენციალის კადასტრი. თბილისი: საქართველოს ენერგეტიკისა და ენერგეტიკულ ნაგებობათა ს/კ ინსტიტუტი, 2006.—480 გვ.
2. www.esco.ge საქართველოს მცირე ჰესები. 30 მარტი, 2015.

SMALL HYDROELECTRIC POWER PLANTS - THE LOCAL AND REGIONAL DEVELOPMENT FACTOR.

Lomidze I.B., Khelidze G. K., Shatakishvili L.A., Kikacheishvili N. G.

Georgian Technical University

Summary

Currently, the full miner scale potential that Georgian rivers offer in terms of generating hydro-energy only 4.6% is being utilized. In addition, utilizing these resources can play a significant role in social and economic development in the regions. Specifically, in such areas that are further away from power transmission lines. This report focuses on the possibility of constructing a small hydro power station on the river “Gudjarula”, near the village “Mzetzamze”, of the Borjomi region.

**გეოთერმული ენერჯის გამოყენების უზრუნველყოფის
მეთოდოლოგია საინვესტიციო პროექტებისთვის**

გეზირიშვილი ქ., ჯიხვაძე მ., მირიანაშვილი ნ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სამუშაოს მიზანია გეოთერმული ენერჯის ფართოდ გავრცელებისა და გამოყენების პოპულარიზაცია. ენერგეტიკული „შიმშილის“ საშიშროების დროულად დაძლევის აუცილებლობამ დღის წესრიგში დააყენა გეოთერმული წყლების გამოყენება საყოფაცხოვრებო-კომუნალური მიზნებისათვის, სოფლის მეურნეობაში სათბურების მოსაწყობად და სხვადასხვა ტექნოლოგიური პროცესის თბომომარაგებისათვის. სათბურ-ენერგეტიკულ ბაზანსში გეოთერმული ენერჯის წილმა 2014 წლისათვის 1,5% შეადგინა, რაც იმით აიხსნება, რომ არ არსებობდა გეოთერმული წყლის საექსპლუატაციო საწარმოს ან გეოთერმული წყლის გავრცელების რეგიონის მომავალი სარგებლიანობით დაინტერესება.

საქართველოში მომხდარმა პოლიტიკურმა და ეკონომიკურმა გარდაქმნებმა, რაც გამოიხატა დამოუკიდებლობის მოპოვებითა და საბაზრო ურთიერთობებზე გადასვლით, ამ საკითხის ახლებურად გააზრების აუცილებლობის წინაშე დაგვავყენა. საჭირო გახდა სახელმწიფოსა და გეოთერმული წყლის საბადოებით მოსარგებლე სუბიექტებს შორის, აგრეთვე თერმული წყლებით მდიდარი რაიონების ადგილობრივ მმართველობით ორგანოებს შორის ურთიერთობათა რეგლამენტირება. ამან ასახვა ჰპოვა საქართველოს კანონებში „წიაღის შესახებ“, „ენერგეტიკის შესახებ“ და ა.შ. [1,2]. ამ კანონების მიხედვით, ქვეყნის ტერიტორიის ფარგლებში გეოთერმული წყლების საბადოები სახელმწიფოს კუთვნილებაა და მათი გადაცემა შეიძლება მხოლოდ იჯარით. მაგრამ ის, თუ როგორ უნდა გაიცეს თითოეული საბადო ან როგორ უნდა დარეგულირდეს გეოთერმული წყლების ბიზნესში მონაწილე სუბიექტებს შორის სამართლებრივი ურთიერთობა, საბოლოოდ დახვეწილი არ არის. ეს მიიღწევა მაშინ, როდესაც შესრულდება წიაღში არსებული გეოთერმული მარაგის სწორი ეკონომიკური შეფასება და როდესაც მასში მოხვდება არა მარტო სახელმწიფოს, ანუ წიაღის მესაკუთრის, არამედ წიაღით მოსარგებლისა და ამ წიაღისე-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ულის მქონე რაიონის ინტერესებიც.

აქედან გამომდინარე, საერთოდ სასარგებლო წიაღისეულისა და მათ შორის გეოთერმული წყლების მარაგის ეკონომიკურ შეფასებას სახელმწიფოსათვის განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს, რაც მთელი სიმწვავეით აღიქმება სწორედ დღევანდელ ვითარებაში.

პრობლემის მეცნიერულად გადაწყვეტისათვის ჩვენ გავაანალიზეთ და კრიტიკულად განვიხილეთ წიაღში არსებული მინერალური რესურსების საბადოების ეკონომიკური შეფასების საზღვარგარეთ ცნობილი ყველა მეთოდი – ხოსკილდის, მერკილის, შჩერბაკოვისა და ა.შ. ამასთან, დასაბუთებულია, რომ ამ მეთოდების პირდაპირი გამოყენება განუვითარებელი ბაზრის პირობებში მიზანშეწონილი არაა. განხილულ მეთოდთაგან უპირატესობას ვანიჭებთ ეკონომიკური შეფასების რუსეთში ოფიციალურად დაკანონებულ მეთოდს [3,4]. თუმცა აღიარებულია მისი ნაკლიც – მასში არ არის გათვალისწინებული გადასახადები და გადასახდელები. ჩვენი აზრით, ამის გარეშე გეოთერმული წყლების გამოყენებით მიღებული დისკონტირებული შემოსავალი გაზრდილი აღმოჩნდება. ამიტომ მოვასდინეთ შჩერბაკოვის ფორმულის მოდიფიცირება და გამოვიყენეთ იგი კონკრეტულ გაანგარიშებებში. მოდიფიცირების შემდეგ ფორმულამ ასეთი სახე მიიღო:

$$NPV = \sum_{t=1}^T [NV(t) - H(t)](1+E)^{-n}$$

სადაც V არის წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი; (t)-T – წყლის გადასახადები და გადასახდელები; $(1+E)^{-n}$ – მადისკონტირებული მამრაველი; n – საბადოს დამუშავების დრო.

ამ ფორმულის გამოყენებით და მათემატიკური პროგნოზირების მეთოდით გამოვთვალეთ თბილისის, ზუგდიდისა და ცაიშის გეოთერმული წყლების საბადოთა ეკონომიკური შემოსავლების დისკონტირებული ნაკადები (NPV) [5]. მეთოდს, რომელიც გამოიყენება ამ პროექტების შესაფასებლად და მოითხოვს კაპიტალდაბანდებას, ეწოდება წმინდა მიმდინარე ღირებულების (NPV) მეთოდი, რომელიც აგრეთვე ხშირად მოიხსენიება დისკონტირებული ფულადი ნაკადის ან დისკონტირებული მიმდინარე ღირებულების სახელწოდებით. ეს მეთოდი პროექტის მომავალი შესაძლო შემოსავლის მიმდინარე ღირებულებას პროექტის განხორციელებისათვის საჭირო ღირებულებას (ინვესტიციებს) ადარებს. პროექტის NPV წარმოადგენს პროექტის შემოსავლის შესაბამისი მიმდინარე ღირებულებისა და საჭირო ინვესტიციების სხვაობას:

$$NPV_0 = -I + \sum_{t=1}^n \frac{Rt}{(1+r)^t}$$

სადაც I წარმოადგენს ინვესტიციის ზომას კონკრეტული პროექტისათვის მოცემულ მომენტში.

ცხადია, რომ, თუ NPV დადებითია, პროექტი მისაღები იქნება. თუ საჭიროა ორ სხვადასხვა პროექტს შორის უკეთესის არჩევა, არჩეული იქნება უფრო დიდი NPV-ის პროექტი. NPV-ის მეთოდი საშუალებას იძლევა, მივიღოთ ან უარვყოთ აღნიშნული პროექტი. იმ პროექტების შეფასებისას, რომლებიც საჭიროებს კაპიტალდაბანდებას, მნიშვნელოვან როლს ასრულებს დისკონტირების ზომა; სათანადო დისკონტირების ზომის არჩევა კაპიტალდაბანდებაების მქონე პროექტებისათვის გა-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

დამწვევტია.

NPV-ის გარდა, პროექტების შეფასებისას ყველაზე მნიშვნელოვანი სიდიდე შინაგანი ამონაგების ზომაა (Iღ), რომელიც მჭიდროდაა დაკავშირებული Iღ ფუნქციასთან. Iღ შეიძლება განიმარტოს, როგორც დისკონტირების ის ზომა, რომლისთვისაც პროექტის მიმდინარე ღირებულება ტოლია მასში საწყის მომენტში ჩადებული ინვესტიციისა, ანუ, სხვანაირად რომ ვთქვათ, Iღ დისკონტირების ზომის დროს V ფუნქცია ნულის ტოლი ხდება:

$$NPV(IRR) = 0$$

IRR-ის განმარტებიდან გამომდინარე, ინვესტირება მიზანშეწონილია, თუ Iღ აღემატება მოთხოვნილ ამონაგებს (Iღ>რ). სხვა შემთხვევაში პროექტი გაუმართლებელი იქნება. ამით ვასაბუთებთ შემოთავაზებული ეკონომიკურ-მათემატიკური მეთოდის უპირატესობას, რაც იმით გამოიხატება, რომ თერმული წყლების ყოველწლიური მოპოვების პროგნოზი აღებულია ცვალებადი სიდიდით, მომავალი შემოსავლები გაანგარიშებულია გადასახადების მხედველობაში მიღებით და ა.შ. ამიტომ ამ მეთოდის გამოყენება სასურველია საქართველოს გეოთერმული წყლების ყველა დანარჩენ საბადოთა ეკონომიკური შეფასებისათვის საბაზრო პირობებში. გარდა ამისა, მიზანშეწონილად მიგვაჩნია, გეოთერმული წყლების მომპოვებელმა თითოეულმა კომპანიამ თავიანთი ქონებრივი კუთვნილებისა და ორგანიზაციულ-სამართლებრივი ფორმის მიუხედავად, საბადოები დაყონ ბიზნეს-ერთეულებად. თითოეულ ბიზნეს-ერთეულზე ცალკე უნდა აღრიცხოს ხარჯები და შემოსავლები, რადგან საქართველოში არასოდეს ყოფილა გეოთერმული წყლების საბადოებისა და ჭაბურღილების დანახარჯთა და შემოსავალთა აღრიცხვა და არც რენტაბელური დებიტია განსაზღვრული. მას შემდეგ, რაც საბადოებსა და ჭაბურღილებს ასეთი სტატუსი მიენიჭება და პრაქტიკაში დამკვიდრდება „ლოკალური საბადოს“ ცნება, უნდა დაიწყოს თითოეული მათგანისათვის განვითარების სტრატეგიისა და ბიზნეს-გეგმის შედგენა. ეს სტიმულს უნდა აძლევდეს საბადოს ექსპლუატაციას და სარგებელი უნდა მოჰქონდეს სახელმწიფოსთვისაც. მხოლოდ ამ გზით არის შესაძლებელი გეოთერმული წყლების საბადოთა ათვისების ტექნოლოგიური სექტორის დასაბუთება და მათი ჩართვა სათბობ-ენერგეტიკულ კომპლექსში.

პირველად ჩვენ მიერაა შედგენილი პროგრამა და აღგორითმი მრავალვარიანტული გაანგარიშების ჩასატარებლად, რის შედეგადაც შეფასებულია გეოთერმული წყლების სხვადასხვა მომხმარებლის მიერ წლიური გამოყენების რეჟიმის ოპტიმიზაცია და დადგენილია მისი ენერგოეკონომიკური ეფექტიანობა. პირველი საცდელ-სამრეწველო დანადგარების ძირითადი ენერგოეკონომიკური მახასიათებლების საფუძველზე დადგენილია გეოთერმული წყლების ფართოდ გამოყენების ეფექტიანობა რესპუბლიკის ეროვნული მეურნეობის სხვადასხვა დარგში. დამუშავებულია გეოთერმული წყლების ბაზაზე სითბოთი და სიცივით მომარაგების კომპლექსური სისტემების განვითარების სტრატეგიული პრინციპები, რომლებიც საბაზრო ეკონომიკისა და შეზღუდული კაპიტალდაბანდებების პირობებში ამ სისტემების რაციონალური მიმართულების განსაზღვრის საშუალებას იძლევა, რითაც ნათელი წარმოდგენა შეიქმნება საქართველოში სითბოთი და სიცივით მომარაგების მომავალ განვითარებაზე. ამით კი უცხოელი ინვესტორებიც დაინტერესდებიან [6]. შეფასებულია გეოთერმული რესურსების საქართველოს სათბობ-ენერგეტიკულ კომპლექსში ჩართვის მასშტაბები და გამოთავისუფლებული სათბობის ყოველწლიური რაოდენობა 1,4 1,6 მღნ ტ პირობითი სათბობის ოდენობით. ეროვნული მეურნეობის ცალკეული დარგების მიხედვით შესაძლებელია სათბობის ეკონომიის მიღწევა: კო-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

მუნაღურ-საყოფაცხოვრებო სფეროში – 45%; სოფლის მეურნეობაში – 55%; კვების მრეწველობაში – 35%; მსუბუქ მრეწველობაში – 30%; საშენ მასალათა მრეწველობაში – 25%. გეოთერმული რესურსების მასშტაბური გამოყენება უდავოდ ხელს შეუწყობს ენერგოდეფიციტის აღმოფხვრას და ადგილობრივი მოსახლეობის კეთილდღეობის დონის ამაღლებას, რაც საქართველოს ჯანსაღი ეროვნული ეკონომიკის ჩამოყალიბებისათვის წინ გადადგმული ნაბიჯი იქნება.

ლიტერატურა

1. საქართველოს კანონი წიაღის შესახებ. №242, 1996.
2. საქართველოს კანონი ენერგეტიკის შესახებ. №559, 1994.
3. Экономические проблемы природных ресурсов. М., 1989.
4. В.И. Щербakov. Оперативная оценка ресурсов. Ж. «Геология нефти и газа». №8, 1996.
5. ქ. ვეზირიშვილი. გეოთერმული წყლების კომპლექსური გამოყენების ეფექტიანობა. ქ. „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“, №7-9, 2003.
6. ქ. ვეზირიშვილი. გეოთერმული ენერჯის სათბობ-ენერგეტიკულ კომპლექსში ჩართვის ეკონომიკური შეფასება საბაზრო პირობებში. ქ. „ენერჯია“. №4 (28), 2003.

**METHODOLOGY OF INVESTMENT PROJECT ESTIMATE AT THE USE OF THE
GEOTHERMAL ENERGY**

K. Vezirishvili, M. Jikhvadze, N. Mirianashvili
Georgian Technical University

Summary

The methods and mathematical models analysis allow choosing the projects with guaranteed efficiency of capital investment when geothermal energy is used, are offered. The methods and mathematical models of analysis allow to select a projects with guaranteed effectiveness of the capital investment at the use of geothermal energy.

თბური ტუმბოს გამოყენების ეკონომიკური ეფექტიანობა

კუბლაშვილი გ.

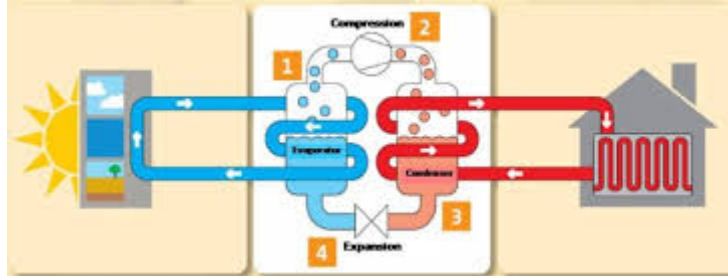
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

მსოფლიოში გაზრდილია ინტერესი განახლებადი და არატრადიციული ენერჯის წყაროების მიღებისა და გამოყენების ტექნოლოგიების მიმართ. თბური ტუმბო არის სწორედ ის მოწოდებლობა რომელიც იყენებს გარემოს დაბალ პოტენციურ ენერჯიას და გვაძლევს 3-4-ჯერ მეტ ენერჯიას, ვიდრე მას ჭირდება ფუნქციონირებისათვის. ნაშრომში გაანალიზებულია თბური ტუმბოს დანადგარების როლი სათბობ-ენერგეტიკული რესურსების დაზოგვის საქმეში, ნახვენებია დეტალურად თბური ტუმბოს მუშაობის პრინციპი, შესწავლილია თბური ტუმბოს მუშაობის რეჟიმები.

თბური ტუმბო არის დანადგარი, რომლის დანიშნულებაა დაბალი პოტენციალის თბური ენერჯიის წყაროდან სითბოს უფრო მაღალი პოტენციალის მქონე მომხმარებელზე გადაცემა. თბური ტუმბო სამაცივრო მანქანის ანალოგიურია, მაგრამ თუ სამაცივრო მანქანის ძირითადი დანიშნულებაა სიცივის წარმოება ამორთქლებლის მიერ რაღაც მოცულობაში სითბოს ართმევით, კონდენსატორით კი – მისი გარემოში გადაგდებით, თბური ტუმბოში გვაქვს შებრუნებული პროცესი. მაცივრის მუშაობის პრინციპი არის შემდეგი: მაცივარში ხვდება თბილი პროდუქტი, ენერჯია გადამტანი რომელიც ცირკულირებს მაცივრის უკან მდებარე რადიატორში სითბოს ართმევს პროდუქტს, და იგივე რადიატორით გადმოცემს ოთახში, ანუ

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

მარტივად რომ ვთქვათ, თუ მაცივარში ბევრ თბილ პროდუქტს შევაწყოთ მაცივარი გააგრძელებს ამ სითბოს ართმევას, პროდუქტი გაცივდება, ოთახი კი გათბება ამ პროდუქტზე ართმეული სითბოს ხარჯზე. თუ მაცივარს შიგნიდან გარეთ გამოაქვს სითბო, თბური ტუმბო აკეთებს იმას რომ გარედან (გარემოდან) შიგნით (ოთახში) შემოაქვს სითბო.



ნახ.1. თბური ტუმბოს პრინციპული სქემა.

ნახ.1-ზე ნაჩვენებია თბური ტუმბოს პრინციპული სქემა. ლურჯი კონტური არის პირველადი კოლექტორი, რომელიც სითბოს ართმევს გარემოს, ამ კოლექტორში მოძრაობს როგორც გავრცელებულია, მარილხსნარი, აქ ცირკულაცია ხდება საციკულაციო ტუმბოს მეშვეობით, აართმევს სითბოს გარემოს და გადასცემს ამართქლებელს (1), თბური ტუმბოს კონტურში ცირკულირებს ენერგიაგადამტანი, ფრეონი, ამართქლებელში მიღებული სითბოდან თხევადი ფრეონი გადადის აირად მდგომარეობაში, ეს აირი კომპრესორის (2) მეშვეობით იჭიხნება კონდესატორისკენ (3) დაჭიხნისას გაზს ემატება სითბო, კონდესატორიდან სითბო გადაეცემა გათბობის (წითელ) კონტურს და ვღებულობთ სითბოს. ეს დაჭიხნული აირის მდგომარეობაში მყოფი ფრეონი კონდესატორის გავლის შემდეგ ცივდება და ისევ სითხედ გარდაიქმნება, საფართოებელი სარქველის (4) მეშვეობით უვარდება დარჩენილი წნევა და აგრძელებს მოძრაობას ამართქლებელამდე (1), შემდეგ ისევ თავიდან იწყება პროცესი.

მიღებული თბური ენერგია შესაძლებელია გადაეცეს წყალს და გამოვიყენოთ წყლით გათბობისათვის, ცხელი წყლის მიღებისათვის, ასევე შესაძლებელია გადაეცეს ჰაერს და გამოვიყენებუი იქნას გათბობისათვის და გავრილებისათვის. ენერგიის მიმღები და ენერგიის გამცემი კონტურების გათვალისწინებით თბური ტუმბოები იყოფა ექვს სახედ:

1. გრუნტიდან-წყალზე (გრუნტი-წყალი)
2. გრუნტიდან-ჰაერზე (გრუნტი-ჰაერი)
3. წყლიდან-წყალზე (წყალი-წყალი)
4. წყლიდან-ჰაერზე (წყალი-ჰაერი)
5. ჰაერიდან-წყალზე (ჰაერი-წყალი)
6. ჰაერიდან-ჰაერზე (ჰაერი-ჰაერი)

თითოეულ სახეობას გააჩნია საკუთარი მონტაჟის და ექსპლუატაციის მახასიათებლები. ქვევით ცალ-ცალკე განვიხილავ თითოეულ მათგანს.

1. გრუნტი-წყალი. დედამიწის გრუნტს გააჩნია დაბალტემპერატურიანი თბური ენერგიის კოლესარული მარაგი. საქართველოში გრუნტს 160-180 მმ -ის სიღრმეზე აქვს სულ 0⁰ C -ზე მეტი ტემპერატურა, დაახლოებით 7-8⁰ C. ე.ი. იმისთვის რომ მივიღოთ სითბო დედამიწის გრუნტიდან მინიმუმ 170 მმ-ის ქვეშ უნდა მოვათავსოთ თბომცველის კონტური. ასეთ შემთხვევაში თბოგადამტანი, რომელიც ამ კონტურში ცირკულირებს თბება გრუნტის სითბოს მეშვეობით, შემდეგ ეს სითბო

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

თბური ტუმბოს მეშვეობით გადაცემა თბომომხმარებელს.

თბოგადამტანად ამ ტიპის ტუმბოებში უმეტეს შემთხვევაში გამოიყენება ე.წ. „მარილსნარი“, რომელიც მზადდება წყლის და ეთილენგლიკოლის ან პროპილენგლიკოლის ნაზავიდან. ზოგ შემთხვევაში ასევე იყენებენ ფრეონსაც. ფრეონის გამოყენება მართალია ზრდის სისტემის ეფექტურობას, მაგრამ მოითხოვს გაცილებით მეტ დანახარჯებს.

გრუნტში მოთავსებული თბომცვლელის კონტური არის ორი სახის, ჰორიზონტალური და ვერტიკალური. ჰორიზონტალური კოლექტორის მილები არის მოთავსებული მიწაში, გრუნტის და თბომცვლელის თბოცვლის ფართობი რომ გაზარდონ, მილებს ახვევენ სპირალურად, ზიგზაგისებურად და ა.შ. 1 მეტრი მილი გრუნტიდან 1 მეტრის სიმაღლეზე, ერთმანეთთან მეზობლად მდებარე მილების 1 მეტრის დაცილებით დაახლოებით 20-30 ვტ ენერგიას გვაძლევს. მაგალითად იმისთვის რომ მივიღოთ 10 კილოვატი სიმძლავრის თბური ტუმბო, 350-450 მეტრი მილი უნდა ჩაიხვეს, დაჭირდება დაახლოებით 400 მეტრი კვადრატული მიწა. ვერტიკალური კოლექტორი არის მილების სისტემა, რომლებიც თავსდება მიწაში ვერტიკალურად. იბურდება მიწა რამოდენიმე ადგილას რომ სასურველი სიღრმის მიღება განხორციელდეს. მაგალითად იანგარიშება რომ 1 მეტრი სიღრმიდან შესაძლებელია 50-60 ვტ ენერგიის მიღება, მაგალითად იმისათვის რომ მივიღოთ 10 კვტ სიმძლავრის ენერგია თბური ტუმბოდან მიწა უნდა გაიბურდოს 170 მეტრ სიმაღლეზე, შესაძლებელია გაკეთდეს ორი 85 მეტრიანი ჭა, ან ათი 17 მეტრიანი ჭა, მთავარია ჯამში სასურველი სიღრმე მივიღოთ.

2. გრუნტი-ჰაერი. გრუნტი-ჰაერის სახის თბური ტუმბოს გრუნტიდან სიღრმის მიღები კონტური მსგავსია გრუნტი-წყლის ტუმბოსი, განსხვავდება მხოლოდ თბური ტუმბოდან ენერგიის მიღებით, ცხელდება ან (გრილდება) ჰაერი და შემდეგ ფანკოილი, ვენტილატორი უბერავს ჰაერს შენობაში და ათბობს ფართს.

3. წყალი-წყალი. წყალი-წყალი ტიპის თბური ტუმბოები სიღრმის იღებს გრუნტის წყლებიდან, მდინარეებიდან, ტბებიდან, ზღვებიდან და ამ სიღრმის გადასცემს თბური ტუმბოს ამართქლებელს, შემდეგ თბური ტუმბო და სიღრმის გადამცემი კონტური მოქმედებს ზევით განხილული გრუნტი-გრუნტი ტიპის ტუმბოს მოქმედების სახით. ნიადაგქვეშა წყლების და მდინარის წყლის გამოყენების შემთხვევაში მიღები კონტური არის ღია, ხოლო ტბების, ზღვის და ოკეანის წყლის გამოყენებისას მიღები კონტური შეიძლება იყოს ღიაც და დახურულიც. ღია კონტურის შემთხვევაში წყალი ამოიქაჩება, გაივლის თბური ტუმბოს ამართქლებელთან, გადაცემს სიღრმის და გაგრილებული სხვაგან გადაისროლება, ხოლო დახურული კონტურის შემთხვევაში კოლექტორები კეთდება ძირითადად მდგარი წყლების ფსკერზე. გრუნტის წყლების საშუალო ტემპერატურა არის საშუალოდ 4-10 გრადუსი ცელსიუსით, მდგარი წყლების 25-50 მეტრის ქვეშ არის 5-8 გრადუსი ცელსიუსით. ერთი მეტრი მილი გვაძლევს დაახლოებით 30 ვტ ენერგიას, ანუ 10 კვტ სიმძლავრის თბური ტუმბოს მისაღებად საჭიროა 350 მეტრი მილის ჩახვევა წყალქვეშ, მილები რომ არ ატივტივდეს უნდა დავიჭიროთ სიმძიმით, ერთ მეტრ მილს უნდა დავადოთ 5 კილოგრამი სიმძიმე.

4. წყალი-ჰაერის თბური ტუმბოს მოქმედების პრინციპი ანალოგიურია წყალი-წყალი ტუმბოს მოქმედების პრინციპის, მიღები კონტურები არის ერთნაირი, განსხვავებაა ის რომ, კომპრესორის მიერ გაცხელებული ფრეონი აცხელებს ჰაერს (ან აგრილებს) და შემდეგ ფანკოილის მეშვეობით ხდება ამ სიღრმის ოთახებში დაბერვა.

5. ჰაერი-წყალი თბური ტუმბოს შემთხვევაში ფრეონი თბება ჰაერის ენერგიით,

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

მძლავრი ვენტილატორის საშუალებით ჰაერი მოძრაობს ჰაერსატარში, შედის, ეხება ფრეონს, ფრეონი თბება და გადადის გაზის მდგომარეობაში, შემდეგ გამცემი კონტური მსგავსია წყალი-წყალი და გრუნტი-წყალი ჰაერის კონტურის. შეიძლება გამოვიყენოთ შენობაში არსებული ვენტილაციის ჰაერიც და შენობის გარეთ მდებარე ჰაერიც. -25 გრადუსი ცელსიუსის შემთხვევაშიც კი ჰაერს გააჩნია თბური ენერჯია და თბური ტუმბო იძლევა ამ ენერჯიის გამოყენების საშუალებას. ჰაერი-წყალი და ჰაერი-ჰაერის ტიპის ტუმბოების მარგი ქმედების კოეფიციენტი ნაკლებია ზემოთ ხსენებული ოთხივე ტუმბოსთან შედარებით.

6. ჰაერი-ჰაერი ტუმბოს შემთხვევაში მიმღები კონტური მსგავსია ჰაერი-წყლის მიმღები კონტურის. ჰაერით გამთბარი ფრეონი სითბოს გადასცემს შენობის ჰაერს.

არსებობს თბური ტუმბოს მუშაობის სამი რეჟიმი: 1. მონოვალენტური, როდესაც თბური ტუმბო მთლიანად აკმაყოფილებს გათბობის მთელ სისტემას. 2. მონოენერგეტიკული, როდესაც გათბობის სისტემის გათბობის ერთადერთი წყარო არის ერთი სახის ენერჯია, მაგალითად ელექტროენერჯია, როდესაც თბური ტუმბო ვედარ აკმაყოფილებს გათბობის სისტემის მოთხოვნებს ირთვება მეორე გენერატორი რომელიც მუშაობს ელექტროენერჯიაზე. 3. ბივალენტური რეჟიმის დროს თბური ტუმბო მუშაობს ჰაერის გარკვეულ ტემპერატურამდე, ჰაერის ტემპერატურა თუ ჩამოცდება გარკვეულ ნიშნულს ირთვება მეორე გენერატორი, ვთქვათ ბუნებრივ აირზე მომუშავე. ბივალენტური და მონოენერგეტიკული რეჟიმები ერთმანეთის ანალოგიურია.

თბური ტუმბო მუშაობის პროცესში მოიხმარს ელექტროენერჯიას, ამ სიმძლავრის და თბური ტუმბოს სიმძლავრის სიდიდეთა ფარდობას ეწოდება თბური ტუმბოს სიმძლავრის კოეფიციენტი.

$$E = T / P$$

სადაც, E სიმძლავრის კოეფიციენტია, T მიღებული სითბო და P მოხმარებული ელექტროენერჯია. რაც უფრო მაღალია თბური წყაროს ტემპერატურა და დაბალია თბური ენერჯიის მოხმარებლის ტემპერატურა მით უფრო მაღალია კოეფიციენტი. კოეფიციენტი მერყეობს 2,5-5-ის ფარგლებში.

თბური ტუმბოს შერჩევასას უნდა დადგინდეს მისი მუშაობის რეჟიმები და თბური დატვირთვები. თბური დატვირთვის გაანგარიშებისას შეგვიძლია ვისარგებლოთ ევროპის ქვეყნებში მიღებული პარამეტრებით: 1. ახალი შენობა (კარგი თბოიზოლაცია) 50 ვტ/მ² 2. სახლი ნორმალური თბოიზოლაციით 80 ვტ/მ² 3. ძველი აშენებული სახლი (სპეციალური თბოიზოლაციის გარეშე) 120 ვტ/მ². მას ემატება ცხელი წყლის ხარჯი, საცხოვრებელი ფართებისთვის საანგარიშოდ აიღება ცხელი წყლის მაქსიმალური ხარჯი, დღე-ღამეში ერთ სულ მოსახლეზე იანგარიშება 45⁰ C-იანი 200 ლიტრი წყალი, ეს კი ტოლია 0,25 კვტ-ის ერთ სულ მოსახლეზე გაცხელების 8 სთ-იანი პერიოდისთვის. მაგალითისთვის ავიღოთ, საცხოვრებელი სახლი 100 მ², ექვსი ადამიანით დასახლებული. საქართველოში, ქუთაისში საკმარისია რომ 1 მ²-ზე თბური დატვირთვა ვიანგარიშოთ 100 ვტ-ის ტოლად. ე.ი. 100 მ²-ის გასათბობად საჭირო იქნება 100 * 100 = 10 000 ვტ = 10 კვტ ენერჯია, ცხელი წყლის მოხმარება იქნება 0,25 * 8 = 2 კვტ-ის ტოლი, სახლისთვის სულ გვეჭირდება 10 + 2 = 12 კვტ, თუ ვიანგარიშებთ რომ თბური ტუმბოს კოეფიციენტი 4-ის ტოლია, ელექტროენერჯიის ხარჯი გვექნება 12 / 4 = 3 კვტ/სთ-ში. თუ ვიანგარიშებთ რომ თბური ტუმბოს მთელი დღის განმავლობაში მოუწევს მაქსიმუმ 12 სთ სრული დატვირთვით მუშაობა, რადგან დანარჩენი 12 სთ მოუწევს უქმ რეჟიმში ყოფნა, დღე-ღამეში ელექტროენერჯიის ხარჯი გვექნება 12 * 3 = 36 კვტ, სამას კვტ-მდე ელექტროენერჯია მალე ეღირება 0,1652 ლარი, ესეიგი დღე-ღამეში დაგვე-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ხარჯება თბური ტუმბოს მუშაობაზე $0,1652 * 36 = 5,947$ ლარი, თვეში – $30 * 5,947 = 178,41$ ლარი, ანუ 179 ლარად მივიღებთ გამთბარ სახლს ზამთარში (ზაფხულში-გრძელს) და ცხელ წყალს 24 საათის განმავლობაში. იგივე რომ მივიღოთ გაზის გამათბობლით, დაგვეხარჯება თვეში $12*1,2*0.45*30=194.4$ ლარი, მაგრამ ატმოსფეროს დავაბინებთ. ხოლო იგივე ეფექტი რომ მივიღოთ ელექტრო ენერჯიაზე მომუშავე გამათბობლით დაგვეხარჯება $12*12*0.1652*30=713.664$ ლარი თვეში (ანალოგიური ეფექტი გვექნება თუ ერთმანეთს შევადარებთ ამ სახლის გაგრილებაზე დახარჯულ ელექტროენერჯიას და თბური ტუმბოს მეშვეობით ამ სახლის გაგრილებაზე დახარჯულ ელექტროენერჯიას). ე.ი. თბური ტუმბოს მეშვეობით გვექნება გაცილებით ნაკლები ხარჯი და გარემოს დავიცავთ ატმოსფეროში ნახშიროჟანგის მოხვედრისაგან.

თბური ტუმბოს გამოყენების სამომავლო პერსპექტივები დიდ იმედებს იძლევა. საქართველოს ზომიერი კლიმატის, აქ არსებული გრუნტის წყლების დიდი მარაგის, უამრავი მიწისზედა წყლების გათვალისწინებით შეგვიძლია თამამად განვაცხადოთ რომ თუ მიზანმიმართული და გონივრული სამუშაოები განხორციელდება ამ მიმართულებით, შესაძლებელი იქნება იაფი, სუფთა და ადვილად ხელმისაწვდომი ენერჯიის დიდი მოცულობის მიღება თბური ტუმბოებით.

ლიტერატურა:

1. Спиридонов С.В. „Тепловые насосы“ Ижевск, 2009 – 33 გვ.
2. Компания Будерус „Справочник по проектированию и монтажу тепловых насосов“ Лолар, 2005 – 141 გვ.
3. კოტორიშვილი ე. „განახლებადი ენერგორგო რესურსების გამოყენების ეფექტურობა საქართველოში“ თბილისი, 2014 – 143 გვ.
4. გრძელიშვილი მ. გიორგობიანი ო. არატრადიციული განახლებადი ენერჯიით გათბობა, თბილისი, 2012 – 84 გვ.
5. ჯამარჯაშვილი ვ. „საქართველოს შავი ზღვისპირეთის თბოსიცივით მომარაგების კოეფულაციური მეთოდის შესახებ“ (მოხსენების მოკლე ანოტაცია) 2015-2 გვ.
6. http://www.energocredit.ge/sites/default/files/best_practice_guide_ge.pdf
7. <http://garcae.org.ge/%E1%83%97%E1%83%91%E1%83%A3%E1%83%A0%E1%83%98-%E1%83%A2%E1%83%A3%E1%83%9B%E1%83%91%E1%83%9D%E1%83%94%E1%83%91%E1%83%98/>
8. <http://aquagroup.ru/articles/princip-raboty-teplovogo-nasosa.html>
9. <http://www.bestreferat.ru/referat-184652.html>
10. <http://www.termocool.ru/products/ustrojstvo-i-printsip-raboty-teplovogo-nasosa>

ECONOMIC EFFICIENCY OF USING HEAT PUMPS

Kublashvili G.

Akaki Tsereteli State University

Summary

there is raised the interest in generating and using therenewable and non-traditional energy sources throughout the world. Heat pump is just thattype of equipment, which consumes low-grade energy of the environment and generates 3-4times more energy, than it needs for functioning. The paper dwells on the analysis ofprospects for using the renewable energy sources and the role of heat pump equipment in-heat and power resource conservation. There also studied the ways of generating low-grade energy of earth byusing heat pump. The paper also describesthe heat pump installed capacity selective parameters by taking in account hot waterconsumption and heat loads. There are studied the costs spent for generating this energy,and the economic efficiency of heat pump using is clearly shaped out. The paper oftenmentions the heat generated by heat pump, heat pump heats the building in cold weather, itmeans that it is capable of generating coolness of the same volume in warm weather. Thepaper highlights that with a view to moderate climate condittions of Georgia, there exist thereliable prospects for widespread use and introduction of heat pump in our country.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

4. ფასდება კომპანიის მიერ მმართველობითი პერსონალის მოთხოვნა უახლოეს და საშუალოვადიან პერსპექტივაში.
5. მუშავდება კონკრეტული ღონისძიებები ორგანიზაციული ცვლილებების მიმართ პერსონალის მზადყოფნის ასამარტლებლად.
6. ყალიბდება პერსონალის მართვის სამსახურის სრულყოფის ღონისძიებები ჩამოყალიბებული ინოვაციური ამოცანების შესაბამისად.

მმართველობითი გუნდის ჩამოყალიბება - მმართველობითი გუნდი არის მენეჯერებისა და სპეციალისტების ჯგუფი, რომელიც იზიარებს მიზნებს, ფასეულობებს და ზოგად მიდგომებს ერთობლივი საქმიანობის სარეალიზაციოდ. გუნდს გააჩნია ურთიერთშემსებელი ცოდნა და უნარი, ორიენტირებულია საერთო შედეგებზე და იღებს მისი მიწვევის პასუხისმგებლობას. გუნდის ჩამოყალიბების ერთ-ერთი ყველაზე ძლიერი ფაქტორია გადასაწყვეტი ამოცანების მაღალი მნიშვნელობა. მაშტაბური და რთული ამოცანები ხელს უწყობენ კონცენტრაციას მაღალი მოტივაციის საერთო მიზანზე და პირადი ინტერესების ჯგუფური ფასეულობებისადმი დაქვემდებარებას. გაცილებით უფრო ადვილია გუნდის შექმნა ახალი ამოცანის გადასაწყვეტად, ვიდრე მიმდინარე და კარგად ცნობილი პრობლემების აღმოსაფხვრელად.

ეფექტური გუნდისთვის დამახასიათებელია ისეთი თვისებები, როგორცაა ურთიერთმხარდაჭერა, ნდობა, მიზანმიმართულობა, თანამშრომლობის ვალდებულება, სითამამე, ენთუზიაზმი, ხაზგასასმელია, რომ ნამდვილი გუნდი მხოლოდ მაღალკვალიფიციური ცპეციალისტებისაგან იქმნება. რომელთაც გააჩნია ერთობლივი საქმიანობის, პასუხისმგებლობის უნარი და რომლებიც ასრულებენ სხვადასხვა არაფორმალურ ფუნქციურ როლებს ჯგუფში.

გუნდის ფორმირების ოპტიმალური გეგმა (მეთოდები, ტექნოლოგიები და მუშაობის ეტაპები) დამოკიდებულია კონკრეტულ პირობებზე. თუმცა, არსებობს უნივერსალური ღონისძიებები, რომლებიც პრაქტიკულად, ყველა შემთხვევაში გამოიყენება:

1. გუნდში მუშაობის უნარის მქონე მენეჯერების შერჩევა.
2. გუნდში მუშაობის უნარის ფორმირება
3. ჯგუფური გადაწყვეტილებების შემუშავების ჩვევის განვითარება;
4. მენეჯერთა რეგულარული სწავლება, რომელიც უზრუნველყოფს პროფესიულ ზრდას, ახლის აღქმის უნარისა და ქცევის მოქნილობის შენარჩუნებასა და დაცვას.
5. მენეჯერთა მონაწილეობა დაქვემდებარებულთა სწავლებაში.
6. საპროექტო მართვის მეთოდის აქტიური გამოყენება ახალი ამოცანების გადაწყვეტისას.

საორგანიზაციო კუთხით გუნდის ფორმირება საწარმოს ხელმძღვანელებისა და ექსპერტ-კონსულტანტების ერთობლივ სამუშაოს წარმოადგენს. ამასთან, გუნდის ფორმირების პროცესში გამოიყენება სხვადასხვა მეთოდიკა, ტექნიკა და ტექნოლოგია. განსაკუთრებით ეფექტურია რეალურ საწარმოო პროცესში ჩართული მეთოდიკები. (სქემა 1) მოცემული ტექნოლოგიის იდეა მდგომარეობს იმაში, რომ გუნდი ჩამოყალიბდეს რეალური საორგანიზაციო და ტექნიკური ამოცანების გადაწყვეტაზე მუშაობის პროცესში.

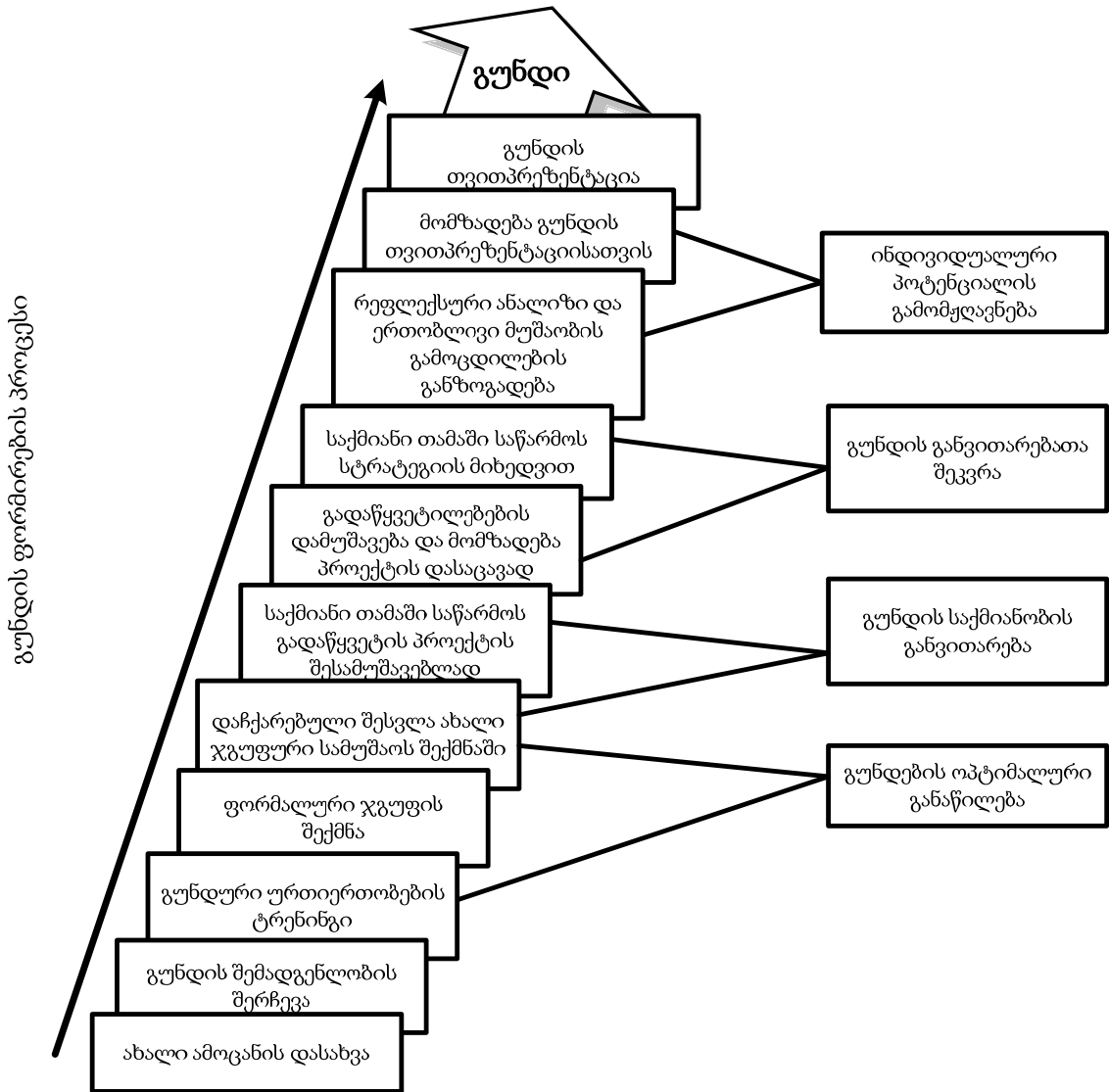
კვალიფიციური პერსონალის შერჩევა- საბჭოთა პერიოდის პრაქტიკიდან ცნობილია, რომ ხელმძღვანელები ახალი თანამშრომლებს ხშირად არჩევდნენ კადრებს სამსახურის გარეშე. ამ დროს ისინი ვერდნობოდნენ საკუთარ ინტუიციას და

**საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

გამოცდილებას, აგრეთვე რეკომენდაციას წინა სამუშაო ადგილიდან, ხშირი შეცდომები კი იწვევდა თანამშრომელთა ხშირ გათავისუფლებას და ახალი კადრების დანიშვნას. ასეთი მიდგომა არაეკონომიური და არაოეფექტიანი იყო. თანამედროვე პირობებში პერსონალის მართვის ტექნოლოგიის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი მიმართულებაა კადრების (შეგროვება) და შერჩევა.

სქემა 1

გუნდის შექმნის პროგრამა



ნებისმიერი კომპანიის მომავალი საქმიანობა პერსონალის მართვის სფეროში დიდათაა დამოკიდებული იმაზე, თუ როგორი კადრები იქნა შერჩეული და როგორ ჩატარდება შერჩევის პროცესი. პერსონალის შერჩევის სისტემა განსხვავებულია ქვეყნების მიხედვით. მაგ: იაპონურ ფირმებში “ორგანიზაციას არგებენ ადამიანს,, აქ უფრო ნაკლებ ყურადღებას აქცევენ სპეციალურ ცოდნას, უნარ-ჩვევებს და პრაქტიკულ გამოცდილებას, რომელიც საჭიროა თანამდებობრივი მოვალეობების დაუყოვნებლივ შესრულებისათვის და კონცენტრირებულნი არიან ინდივიდუალურ პოტენციალსა და სწავლების ხარისხზე. ეს იმიტ აიხსნება, რომ იაპონურ ფირმებში

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

ამა თუ იმ პიროვნების დაქირავება, როგორც წესი ხანგრძლივი დროის განმავლობაში ხდება. კონკრეტული სპეციალური უნარ-ჩვევებისა და გამოცდილების მიღება ხდება უშუალოდ კომპანიაში. კადრებთან მუშაობის მთელი სისტემა აქ მორგებულია „მუდმივი დაქირავების“ პრინციპს. აშშ-ში კი უპირატესობას ანიჭებენ ისეთი მუშაუშავეების დაქირავებას, რომელსაც გააჩნია პრაქტიკული გამოცდილება „პროფესიულობლი ცოდნა და უნარ-ჩვევები. ასეთ შემთხვევაში ახალი მომუშავეების სწავლებაზე გაცილებით ნაკლები დანახარჯებია საჭირო და დაქირავებულს შეუძლია, პირდაპირ შეუდგეს მასზე დაკისრებული მოვალეობების შესრულებას.

ყველა შემთხვევაში კადრების შერჩევა მიმართულია პრედენდენტის უნარსა და შესაძლებლობების გამოვლენისაკენ, რათა განსაზღვრული იქნეს მისი შესაბამისობა კომპანიის მუშაობის თავისებურებებთან და პირობებთან.

პერსონალის შერჩევისა და დაქირავების პროცესი განიხილება როგორც ადამიანური რესურსების სამსახურის ფუნქცია, მაგრამ ამ პროცესის ეფექტიანად და შედეგიანად ჩატარება მოითხოვს იმ ქვედანაყოფის ხელმძღვანელის მონაწილეობას, რომლისთვისაც ხდება პერსონალის შერჩევა. ამავდროულად ამ ხელმძღვანელებს კარგად უნდა ესმოდეს შერჩევის მნიშვნელობა და უნდა შეეძლოთ გამოყენებული შერჩევის პროცესის ტექნოლოგიების ეფექტურობის შეფასება. შერჩევის სამართლიანი, ღია და მისაღები პროცედურა წარმოადგენს კომპანიის სავიზიტო ბარათს.

პერსონალის შერჩევა არის პროცესი, რომელსაც საწარმო ახორციელებს იმ ადამიანთა რესურსების მოსაზიდად, რომელთაც გააჩნიათ კომპანიის მიზნების მისაღწევად საჭირო უნარები, ცოდნა და კვალიფიკაცია. ამ პროცესის დროს კომპანია ახდენს მოზიდული დაინტერესებული პოტენციური კანდიდატებიდან იმ პირების გამოვლენას, რომლებიც ვაკანტური ადგილის მოთხოვნებს და კრიტეტიუმებს ყველაზე მეტად აკმაყოფილებენ.

პერსონალის შერჩევა არ უნდა იყოს ადამიანთა რესურსების მართვის სისტემაში იზოლირებული პროცესი, ის უნდა იყოს შერწყმული პერსონალის მართვის სხვა ასპექტებთან და წარმოადგენდეს ერთ მთლიან კარგად ორგანიზებულ სისტემას, რომელიც ფუნქციონირებაც საწარმოს მთლიან მიზანს ემსახურება. საწარმოში პერსონალის შერჩევის ცუდად ორგანიზებულ მექანიზმს როგორც წესი მოჰყვება ადამიანთა რესურსების მარალი დენადობა, ცუდი მორალურ-ფსიქოლოგიური კლიმატი, დაბალი დისციპლინა, შრომისნაყოფიერების დაბალი დონე და სხვა დესტრუქციული პროცესები.

შრომის ბაზარზე წარმოქმნილი ვითარება ზოგჯერ წარმოშობს პრედენდენტების დიდ რაოდენობას, რაც ართულებას და დროში აჭიანურებს შერჩევის პროცესს. ასეთ შემთხვევაში დამსაქმებელი ორგანიზაცია აყენებს უფრო მკაცრ და მრავალფეროვან მოთხოვნებს, რაც შესარჩევ კანდიდატთა სიას გარკვეულწილად ამცირებს.

შესაბამისი კვალიფიკაციის მქონე პრედენდენტების დეფიციტის შემთხვევაში ორგანიზაცია როგორც წესი ამცირებს მოთხოვნების მოცულობას, რადგან არსებობს იმის საფრთხე, რომ პრედენდენტები საერთოდ აღარ იქნებიან და შერჩევის პროცესი ჩაიშლება.

პრაქტიკაში, პერსონალის შერჩევისას გამოვლენილი ყველაზე რეალური კანდიდატიც კი არ არის საწარმოს მიერ დადგენილი ვაკანსიის მოთხოვნების შესაბამისი „იდეალის“ ასლი. ამიტომ შერჩევის მიზანი ხდება მხოლოდ იმ კანდიდატის შერჩევა, რომელის მაჩვენებლები წარმოდგენილ კანდიდატებს შორის ყველაზე მე-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ტად არის მიახლოებული ამ „იდეალთან“.

პერსონალის შერჩევის შესახებ გადაწყვეტილების მიღების წინ, საჭიროა გაკეთდეს შესასრულებელი სამუშაოს ანალიზი, შესწავლილ იქნეს სამუშაო პროცესი ყველა თვალსაზრისით. განვითარებულ ქვეყნებში ამ ეტაპს ენიჭება განსაკუთრებული ყურადღება. სქემა. რომელიც მოიცავს:

კანდიდატების სელექციის მეთოდები კადრების შერჩევისას განსხვავებულია ერთი ორგანიზაციის ფარგლებში და დამოკიდებულია ვაკანსიის სახეობაზე. ყველაზე ხშირად განიხილავენ სამ ძირითად კონცეფციას:

1. შერჩევა შესაბამისობის ან „ახალი სისხლის „მოსაძებნად“ შესაბამისობა,, გულისხმობს ისეთი კადრების მოძიებას, რომელიც შეესაბამება ორგანიზაციაში არსებულ სოციუმს, ხოლო მათი ცოდნა და გამოცდილება შესასრულებელ სამუშაოს მოთხოვნებს მაქსიმალურად აკმაყოფილებს. ხოლო „ახალი სისხლის“ მოძებნას ენიჭება უპირატესობა, როდესაც სახეზეა ორგანიზაციაში ისეთი მკვეთრი ცვლილებები, როგორც არის: ფინანსური კრიზისი, ახალი ეკონომიკურისფეროს ათვისება, ახალი პროდუქტის გამოშვება, ახალი საწარმოო ხაზის დანერგვა, მკვეთრი ცვლილებები მარკეტინგში და კონკურენციის პირობებში.

2. შერჩევა მიმდინარე ამოცანების შესასრულებლად ან ორგანიზაციაში კარიერულ ზრდაზე გათვლილი გრძელვადიანი დაქირავებისათვის. **მიმდინარე ამოცანების შესასრულებლად** შერჩევა ხდება ორგანიზაციის მიმდინარე მოთხოვნებიდან გამომდინარე. ამ შემთხვევაში სასურველია, რომ კანდიდატს ქონდეს კარგი ადაპტაციის უნარი, რათა მოკლე დროში შეძლოს საწარმოო პროცესში ჩართვა. ხოლო „ორგანიზაციაში კარიერული ზრდაზე გათვლილი გრძელვადიანი დაქირავებისათვის“ კადრების შერჩევა ითვალისწინებს კანდიდატის მოძებნას ხანგრძლივი დროით დაქირავების მიზნით. დროთა განმავლობაში ამ მუშაკის სწავლებას კვალიფიკაციის და პროფესიონალიზმის ასამარტლებლად კარიერული ზრდის პერსპექტივით.

3. შერჩევა **მომზადებული ან მოსამზადებელი კადრების დასაქირავებლად.** მომზადებული კადრების დაქირავებას საწარმები ცდილობენ ეკონომიის თვალსაზრისით, რათა დაიზოგოს კადრების სწავლების ხარჯები. მაგრამ რიგ შემთხვევებში ეს მიდგომა არ ამართლებს. ზოგიერთ დარგში, მაგალითად ენერგეტიკაში, საწარმოები არ ენდობიან მხოლოდ მიღებულ ცოდნას და ამჯობინებენ საფუძვლიანად შეისწავლონ და გადაამზადონ პერსონალი შესასრულებელი სასმუშაოს სპეციფიკის გათვალისწინებით. ამა შემთხვევაში საწარმო საკმარისად მიიჩნევენ კანდიდატების საბაზისო ცოდნას. ეს საუკეთესო შანსია ახალგაზრდა უმაღლესდამთავრებულებისათვის.

რომელ კონცეფციასაც არ უნდა მიმართავდეს ორგანიზაცია, მთავარი ამოცანა არის რაც შეიძლება უფრო რაციონალურად და ეფექტურად შეივსოს საწამოს ადამიანური რესურსები.

ამგვარად, მმართველობითი საქმიანობის ეფექტურობის ასამაღლებლად, საჭიროა მენეჯერებსა და სპეციალისტებს შორის ცოდნის გაცვლის კომპიუტერული და შიდა არაფორმალური კომუნიკაციების არსებობა. ცოდნის მართვის სისტემის დანერგვა თანამშრომლების პროფესიული განვითარების ერთ-ერთი ყველაზე ძლიერი საშუალებაა. იგი საშუალებას იძლევა უკეთ მოხდეს პროფესიული საქმიანობის რეფლექსირება და ამ გზით მოიძებნოს შესაძლებლობები მისი სრულყოფისათვის.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ლიტერატურა

1. ამსტრონგი მ. ადამიანური რესურსების მენეჯმენტი. თბილისი, 2010. -860გვ.
2. კვიციანი მ., კიკუტიძე ვ. ენერგეტიკის ბიზნესი. თბილისი, 2011. -587გვ.
3. ჩომახიძე დ. საქართველოს ენერგეტიკული ბალანსი. თბილისი, 2009. -353გვ.

TECHNOLOGIES OF WORK WITH LABOR PERSONNEL IN ENERGETICS

Mikabadze S.

Akaki Tsereteli State University

Summary

Energetics is one of the leading sectors of the economy of our country, it boasts exceptional specificity, so it is important for the effective management of human resources.

The modern system of labor in terms of techniques and technologies involved in the production of organically required. Otherwise, you may have just announced a desire to be allocated to priorities.

The article deals with the most important technological methods, such as adjustable audit staff, management team, with the qualified personnel selection, which is used in various stages of operation of power plants.

To improve the efficiency of management, it is necessary for the managers and specialists to share their knowledge and internal computer communications are informal. Knowledge Management System in one of the most powerful means of professional development. This allows a better understanding of professional activity and thus to explore the possibilities for improvement of reflexes.

**საქართველოს ელექტროენერგეტიკაში არსებული
მდგომარეობა და მისი განვითარების პერსპექტივები**

იონანიძე ა.

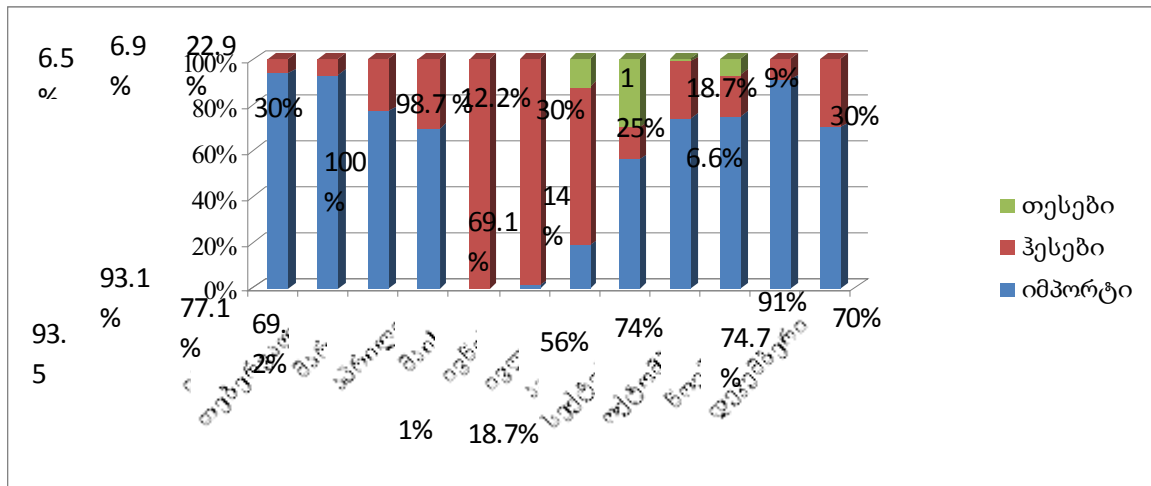
აიიპ “სტუდენტები ენერგოეფექტიანობისათვის”

სტატიაში განხილულია 2004 წლიდან დღემდე საქართველოს ელექტროსისტემაში არსებული მდგომარეობა და ელექტროსისტემის საიმედოობისათვის განახლებადი ენერგორესურსების გამოყენების პოტენციალი.

2004 წლიდან 2014 წლამდე „საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემა“-მ ტექნიკური რეაბილიტაციის მნიშვნელოვანი ეტაპები განვლო. რეაბილიტაციის პროცესში არაერთი მნიშვნელოვანი პროექტი განხორციელდა, რომლის მიზანიც იყო ელექტროენერგეტიკული სექტორის უსაფრთხოების დონის ამაღლება.

ელექტროენერგეტიკულ სექტორში ენერგეტიკული უსაფრთხოების ძირითადი მახასიათებელია ელექტროენერჯის მიწოდების უწყვეტობა, რომლის უზრუნველყოფაც შესაძლებელია ქვეყანაში ელექტროენერჯიაზე მოთხოვნილების დაკმაყოფილებით, რაც თავის მხრივ, გულისხმობს საკუთარი რესურსების მაქსიმალურად გამოყენებას. როგორც ჩვენთვის ცნობილია დღეისათვის წყლის ენერგეტიკული რესურსის მხოლოდ 18-20 % გვაქვს ათვისებული. მიუხედავად იმისა, რომ 2014 წლისათვის ექსპლუატაციაში შევიდა 6 ჰიდროელექტროსადგური, რომელთა საერთო დადგმული სიმძლავრე 131.64 მგვტ-ია, ელექტროენერჯის ბალანსი მაინც დეფიციტური აღმოჩნდა. (იხ. ნახ. 1.) შესაბამისად, ადგილობრივი რესურსებით მოთხოვნის დასაკმაყოფილებლად აუცილებელი გახდება ქვეყნის ენერგოსისტემაში ახალი გენერაციის სიმძლავრის წყაროების დამატება, რაც მომავალში მნიშვნელოვნად შეამცირებს ქვეყნის დამოკიდებულებას ელექტროენერჯის იმპორტზე.

**საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**



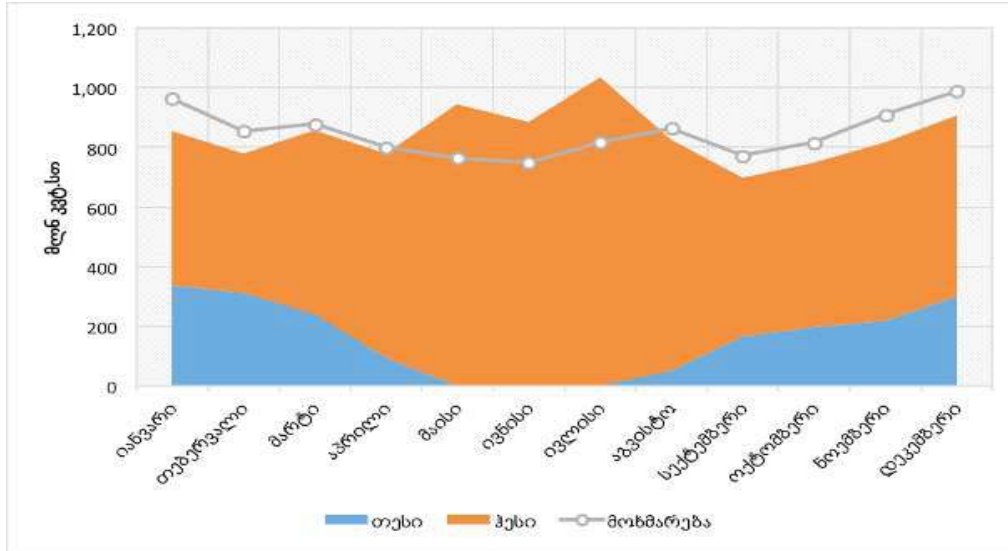
ნახ. 1. ბაზრის ოპერატორის მიერ შესყიდული საბალანსო ელექტროენერჯის სტრუქტურა 2014 წელს (%) [3]

2014 წელს ელექტროენერჯის წარმოებამ (საღებზე გაცემამ) შეადგინა 10 153,72 მლნ. კვტ.სთ. და ყოველწიურად ინარჩუნებს ზრდის ტენდენციას. ქსელში ჯამურად მიწოდებულმა ელექტროენერჯიამ შეადგინა 11 005,6 მლნ. კვტ.სთ. ჰიდრო-ელექტროსადგურების მიერ გამომუშავებულმა ელექტროენერჯის ოდენობამ შეადგინა 8 333,7 მლნ. კვტ.სთ, რაც ქსელში მიწოდებული ელექტროენერჯის 75.7%-ს შეადგენს, მთლიანობაში, საქართველოში წარმოებულმა ელექტროენერჯიამ დააკმაყოფილა ქსელში მიწოდებული ელექტროენერჯის 92.3%, (იხ. ნახ. 2.). ხოლო ელექტროსადგურების სასადგურე დანაკარგებმა და საკუთარმა მოხმარებამ შეადგინა 1.9%.

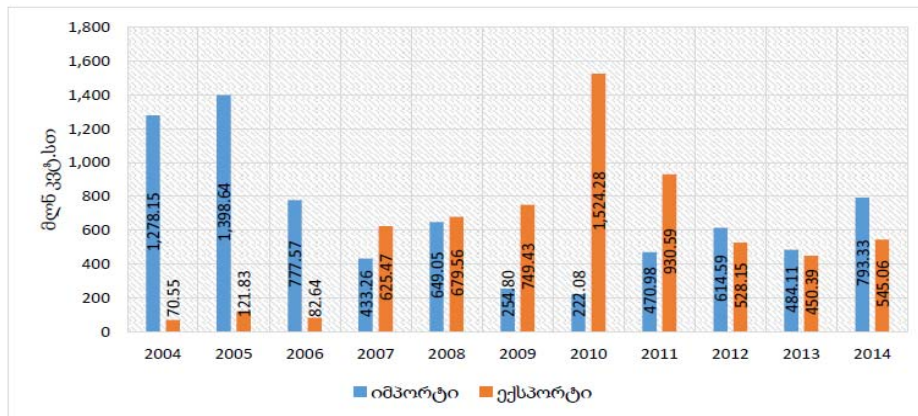
ასევე სტაბილურად იზრდება ელექტროენერჯის მოხმარება. რომელმაც 2014 წელს შეადგინა 10 170,13 მლნ კვტ.სთ, 5%-ით მეტი, ვიდრე წინა წელს, ხოლო 8.4%-ით მეტი, ვიდრე 2012 წელს. აღსანიშნავია, რომ საქართველოს ელექტროენერჯის მოხმარება 2004-2014 წლების მონაცემებზე დაყრდნობით ყოველწიურად საშუალოდ 3.3%-ით იზრდება, რაც ისედაც დეფიციტური წარმოებისა და მოხმარების ბალანსის პირობებში კიდევ უფრო დეფიციტურს გახდის სისტემას. 2014 წელს უარყოფითმა საღებომ (-620 მლნ.კვტ.სთ) შეადგინა, რაც 2013 წელთან შედარებით 2-ჯერ არის გაზრდილი, ხოლო 2012 წელთან შედარებით – 1.5-ჯერ.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ ზამთრის პერიოდში ელექტროენერჯიაზე მოთხოვნის დაკმაყოფილება ვერ ხერხდება ჰიდრო- და თბოენერჯის სიმძლავრეებით. შესაბამისად, საჭიროა ელექტროენერჯის იმპორტი მეზობელ ქვეყნებიდან. რაც შეეხება ზაფხულის პერიოდს, ჭარბი წყლის რესურსები საშუალებას იძლევა, ელექტროენერჯიაზე მოთხოვნა დაკმაყოფილდეს და განხორციელდეს ნარჩენი ელექტროენერჯის ექსპორტი. აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ როგორც იმპორტის, ისე ექსპორტის მნიშვნელოვანი ნაწილი ხორციელდება რუსეთის მიმართულებით.

2014 წელს კვლავ უარყოფითი საღებო დაფიქსირდა ელექტროენერჯის იმპორტ-ექსპორტში 2014 წელს ელექტროენერჯის იმპორტმა 793,33 მლნ. კვტ.სთ შეადგინა, რაც 64%-ით მეტია წინა წლის, ხოლო 29%-ით მეტი – 2012 წლის მაჩვენებლებზე. რაც შეეხება ექსპორტს, 2014 წელს საქართველოდან ექსპორტირებულ იქნა 545,06 მლნ. კვტ.სთ ელექტროენერჯია, რაც წინა წლის მაჩვენებელზე 21%-ით, ხოლო 2012 წლის მაჩვენებელზე – 3%-ით მეტია. (იხ. ნახ. 3).



ნახ. 2. ელექტროენერჯის წარმოება-მოხმარება 2014 წელი [3]



ნახ. 3. ელექტროენერჯის იმპორტი და ექსპორტი [3]

ქვეყნის ელექტროენერგეტიკული სექტორის განვითარების და მდგრადობის პერსპექტივა დაკავშირებულია განახლებადი ენერგორესურსების მაქსიმალურ გამოყენებასთან.

საქართველო განახლებადი ენერჯის წყაროებით მდიდარი ქვეყანაა, რომლის დიდი ენერგეტიკული პოტენციალიც წყლის რესურსებზე მოდის. სამომავლოდ ისევე იგეგმება ჰიდროელექტროსადგურების მშენებლობა თუმცა ისიც უნდა აღინიშნოს, რომ ეკოლოგიური თვალსაზრისით არც თუ ისე გამართლებულია წყალსაცავიანი სადგურების მშენებლობა და ბევრი მოწინააღმდეგე ჰყავს აღნიშნულ პროექტებს.

მეორე მხრივ, ქარის ენერჯის პოტენციალის ათვისება განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს, ქვეყნის ელექტროენერგეტიკული სექტორის სეზონურობიდან გამომდინარე, ზამთრის პერიოდის იმ თვეებში, როცა საქართველოს წყლის რესურსების პოტენციალი ეცემა. არსებული კვლევების საფუძველზე საქართველოში წყლისა და ქარის რესურსების ჯამური სავარაუდო პოტენციალი 16.5 ათასი მეგავატი, ხოლო მათი საშუალო წლიური გამოიმუშავება – 54-55 მლრდ.კვტ საათი.

საქართველოში არსებობს მზის ენერგორესურსის გამოყენების უზარმაზარი პოტენციალი.

მზის ენერჯის გამოყენება კიდევ უფრო პერსპექტიული გახდა ორგანიზაციების „ჯაგსა“-ს და „მიცუბიში“-ს მიერ წარმატებით განახორციელებული პროექტი

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

„ტესლა“-ს შემდეგ. 2015 წლის 10 მარტს იაპონურმა ორგანიზაციებმა „ჯაგსა“-მ და „მიცუბიში“-მა წარმატებით განახორციელეს პროექტი „ტესლა“. რის შედეგადაც უსადენოდ 50 მეტრზე 1,8 კვტ ელ. ენერჯის გადაცემა მოხერხდა. ტესლას კიდევ ერთი დიდი მიღწევა სახლის ბატარეებია, სახელწოდებით „ფაუერვოლი“ (Powerwall) მას რევოლუციურსაც კი უწოდებენ. ექსპერტების შეფასებით ბატარეები მზის ენერჯიას ეფექტურად ინახავს და ენერგომომარაგების უწყვეტობას უზრუნველყოფს. დაახლოებით ერთმეტრიანი თხელი ბატარეა ინდივიდუალურ მოხმარებაზეა გათვლილი. ის სახლის კედელზე მაგრდება ან ცალკეც შეიძლება დამონტაჟდეს. პრეზენტაციაზე წარმოდგენილი თეთრი და ნაცრისფერი „ფაუერვოლის“ ფასებია 3 000 და 3 500 დოლარი, იმის მიხედვით, თუ რამდენ კილოვატია-ნია, 7 თუ 10. ასევე უნდა აღინიშნოს ისიც რომ ტექნოლოგიურმა მიღწევებმა განაპირობა მზის ელექტრობატარეების ფასის მკვეთრად კლება. ეს ტენდენცია ნარჩუნდება და ყოველ მეორე წელს მათი ფასი ნახევრდება.

საქართველო როგორც სამხრეთის ქვეყანა, მზის ენერჯიით მდიდარია და მდებარეობს ე.წ. „მსოფლიოს მზის სარტყელში“. მზის ენერჯის თეორიული ოდენობა, რომელიც ჩვენს ტერიტორიაზე ხვდება წლის განმავლობაში აღწევს 10^{14} კვტს-ს, ანუ 32,5 მლრდ ტონა პირობით სათბობს, საქართველოს უმეტეს რაიონში მზის ნათების წლიური ხანგრძლივობა საკმაოდ დიდია და მერყეობს 200 –დან 250 დღემდე. წლის განმავლობაში მზის ნათების ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი აღინიშნება რადიონოვკაში (2633სთ), ყველაზე დაბალი – საირმეში (1147სთ).

სამწუხაროდ ქვეყანაში სამთავრობო დონეზე არ ხორციელდება მზის ენერჯის გამოყენების პროპაგანდა და არ გაგვაჩნია სტრატეგია ამ მიმართულებით. თუმცა მიუხედავად ამისა არასამთავრობო ორგანიზაციებისა და საერთაშორისო დონორების დახმარებით არაერთი პროექტი განხორციელდა აღნიშნული მიმართულებით. აღსანიშნავია ისიც რომ ხშირია მზის ენერჯის გამოყენების ფაქტები კერძო სექტორში, ეკონომიკური შედეგის მისაღებად (სასტუმროებში, ოჯახებში და ა.შ.)

ლიტერატური.

1. ქებურია მ. მზის ენერჯეტიკის შესაძლებლობები/განახლებადი, არატრადიციული ენერჯორესურსები და მათი ენერჯეტიკა, ქუთაისი, 2009, №3, გვ. 225-226
2. ჩომახიძე დ. ალტერნატიული ენერჯორესურსები/საქართველოს ენერჯეტიკული უსაფრთხოება, თბილისი, 2003, №2, გვ.68-88
3. ენერჯეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისიის 2014 წლის ანგარიში.
4. www.gnerc.org
5. <https://www.youtube.com/watch?v=Fna1HACM81s>
6. <http://energynews.ge/inovacia-energetikashi/>

Ionanidze A.
Summary

From 2004 to 2014 “Georgian National Electrical System” has passed important stages of technical rehabilitation. During the rehabilitation process, several important projects aiming increasing the safety of electrical technical sectors have been implemented. Unfortunately, despite the measures passed the Georgian national electrical system still faces big problems and challenges.

The perspective of development of energetic technical sector of the country and its sustainability is related to usage of renewable resources (solar, weather, water, energy resources), unfortunately, promotion of renewable resources are not being discussed at governmental level and we have no strategy with this direction.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

**ელექტროენერგეტიკის განვითარებაზე მოქმედი ფაქტორები
და წინაპირობები**

უკლება ე.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ენერგეტიკული რესურსებით უზრუნველყოფა, მდგრადი ენერგეტიკული ინფრასტრუქტურის და საიმედო ენერგეტიკული ბაზრების არსებობა საზოგადოების წარმატებული ფუნქციონირების უმნიშვნელოვანეს ელემენტს წარმოადგენს. ენერგიით უზრუნველყოფა ისევე მნიშვნელოვანია, როგორც პირველადი მოხმარების პროდუქტების მიწოდება და წარმოადგენს ეკონომიკური და სოციალური განვითარების აუცილებელ წინაპირობას.

ენერგეტიკის განვითარების წინაპირობებსა და მოთხოვნებს შორის, პირველ რიგში, უნდა დავასახელოთ ქვეყნის ენერგეტიკული რესურსები, სამეცნიერო-ტექნიკური ბაზა და ძირითადი საწარმოო ფონდები (კაპიტალი). დარგი უნდა აკმაყოფილებდეს ეკოლოგიურ მოთხოვნებს, ენერგოდაზოგვისა და ეკონომიკური ეფექტიანობის მიღებულ სტანდარტებს.

ენერგეტიკის განვითარებაში **სამეცნიერო-ტექნიკური** პროგრესი ასრულებს განსაკუთრებულ როლს, იგი უზრუნველყოფს პროდუქციის წარმოების გადიდებას, ნაწარმის სახეობათა გაფართოებას, ხარისხის ამაღლებას, აგრეთვე პროდუქციის ერთეულ წარმოებაზე ცოცხალი და განივთებული შრომის დანახარჯების შემცირებას. სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესი აქტიურად ზემოქმედებს მატერიალურ წარმოებაზე და საწარმოო ძალთა სრულყოფის საფუძველზე, რომელიც წარმოებითი ურთიერთობის სრულყოფას განაპირობებს.

თანამედროვე ენერგეტიკული წარმოება არ შეიძლება განვითარდეს მეცნიერების გარეშე და მისი ტექნიკური დონე დამოკიდებულია მეცნიერული კვლევის შედეგების დანერგვის მასშტაბებზე.

ენერგეტიკული განვითარების წინაპირობათა შორის ერთ-ერთი მთავარი ეკონომიკური პირობა **ადამიანური რესურსებისა და ენერგეტიკული კადრების (ენერგეტიკის მაღალკვალიფიციური სპეციალისტების)** არსებობაა. იგი დარგის მთავარი სიმდიდრეა და ორგანულ კავშირშია მის მუდმივ განვითარებასა და ცვლილებების რთულ პროცესთან.

თავისი განვითარების რთულ და ხანგრძლივ პერიოდში საქართველოს ენერგეტიკულ სექტორში მნიშვნელოვანი შრომითი პოტენციალი შეიქმნა. ეს უკანასკნელი მისი რაოდენობრივი თვალსაზრისით გაცილებით უფრო ფართო ცნებაა შრომით რესურსებთან შედარებით. შრომითი პოტენციალი მისი შრომითი რესურსებისაგან განსხვავდება იმითაც, რომ შრომითი პოტენციალის ხარისხობრივი გაუმჯობესება შრომითი რესურსების გადიდების ტოლფასია. ეს, პირველ რიგში, შეეხება ენერგეტიკულ საინჟინრო-ტექნიკურ კადრებს, რომლებსაც დაგროვილი აქვთ მუშაობის მდიდარი გამოცდილება, მაგრამ ახლა სხვადასხვა ობიექტური და სუბიექტური მიზეზების გამო არ მუშაობენ, თუმცა ჯერ კიდევ აქვთ უნარი სარგებლობა მოუტანონ დარგს (იხ. ცხრილი 1).

ენერგეტიკის განვითარების წინაპირობათა შორის ერთ-ერთი მთავარია **ძირითადი კაპიტალის არსებობა**. (იხ. ცხრილი 2).

ძირითადი კაპიტალის მთავარ შემადგენელს ძირითადი ფონდები წარმოადგენს. ამ ფონდების რაოდენობრივი ზრდა და ხარისხობრივი სრულყოფა განუწყვეტელი ტექნიკური პროგრესის ბაზაზე წარმოების შემდგომი გაფართოებისა და ქვეყნის ეკონომიკური ძლიერების მაჩვენებელია.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ცხრილი 1.

ელექტროენერგეტიკის სექტორში დასაქმებული კადრების
 რიცხოვნობა 2000-2013 წლებში

წელი	ელექტროენერგეტიკის წარმოება-განაწილება	ცვლილება %
2000	16036	100,0
2001	16270	101,45
2002	15146	94,44
2003	15014	93,62
2004	15985	99,68
2005	14934	93,12
2006	13345	83,21
2007	13073	81,52
2008	12105	75,48
2009	12120	75,57
2010	11328	70,64
2011	11654	72,67
2012	11370	70,90
2013	11024	68,74

ცხრილი 2

ენერგეტიკის სექტორის ძირითადი კაპიტალის ღირებულება (მლნ. ლარი)

წელი	მრეწველობაში	ელექტროენერგეტიკაში
2000	2151,4	947,0
2001	2194,8	950,5
2002	2202,0	961,5
2003	2205,2	976,01
2004	2163,5	997,05
2005	1985,2	1050,0
2006	2124,4	1170,7
2007	2651,8	1245,7
2008	3276,2	1463,1
2009	3459,7	1487,6
2010	3856,2	1654,3
2011	4580,5	1967,5
2012	4982,9	2045,2

სხვა წინაპირობათა შორის უნდა დავასახელოთ ენერგორესურსების ეკონომიკური და რაციონალური გამოყენება, აგრეთვე ეკოლოგიურ მოთხოვნათა დაცვა. ენერგეტიკის ერთ-ერთი მთავარი განმსაზღვრელი ფაქტორია **ენერგომოსხმარების არსებული სისტემა**.

საქართველოში მმართველობის დამკვიდრებული სისტემისა და საბაზრო ეკონომიკისათვის დამახასიათებელმა რეფორმებმა ჯერ კიდევ ვერ გამოიღო სათანადო შედეგი. მკვეთრად დაეცა ენერგორესურსების გამოყენების ეფექტიანობა. მწვავედ დადგა არსებული თბომომარაგების სისტემების ნაწილობრივი აღდგენისა და ახალ სისტემებზე გადასვლის პრობლემა. სხვა შემთხვევაში, ენერგოსისტემის მიერ გამომუშავებული პროდუქცია შესაბამისი უკუგების გარეშე შთაინთქმება ქვეყნის ენერგომფლანგველურ ინფრასტრუქტურაში.

ენერგომოსხმარების სისტემის მოშლა, როგორც ქვეყნის ენერგეტიკული კომპლექსი

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

სის მდგომარეობის განმსაზღვრელი ფაქტორი, ჯერ კიდევ არ გამხდარა ჭეშმარიტად კრიტიკული ანალიზის საგანი. ძირითადი ყურადღება გამახვილებულია ენერგოწარმოების პრობლემებზე, რომელთა გადაწყვეტის გზების მოძიება ენერგომომხმარებლის არსებული სტრუქტურების რაციონალიზაციის პრობლემებიდან მოწყვეტილად მიმდინარეობს და ხელს უშლის საკუთარი რესურსებით ენერგოწარმოების ზრდას.

XXI საუკუნის პირველი ოცწლეულის სეკ-ის განვითარებას შემდეგი ძირითადი პირობები განსაზღვრავს:

- ეროვნული ეკონომიკის განვითარების ტემპები, წარმოების ენერგოტევალობის შემცირების ტენდენცია, ენერგიაშემცველი რესურსების სამომხმარებლო ტარიფების თანმიმდევრულად და სამართლიანად რეგულირება, საგადასახადო პოლიტიკის ნორმალიზაცია და სათბობ-ენერგეტიკულ რესურსებზე მოთხოვნილების დინამიკა და მათი ოპტიმალური სტრუქტურის განვითარება;
- მსოფლიოს ეკონომიკური და ენერგეტიკული ბაზრების კონიუნქტურის მდგომარეობა, საერთაშორისო ენერგეტიკულ სივრცეში საქართველოს ინტეგრაციის ხარისხი;
- ძირითადად, საკუთარ რესურსებზე ორიენტირებული სეკ-ის შექმნა და ამ მიზნით ჰიდრორესურსებისა და განახლებადი ენერჯის სხვა წყაროების ფართომასშტაბიანი ათვისება, საკუთარი ორგანული სათბობის დაძვივებისა და მოპოვების გაფართოება, რესურსების სტრატეგიული მარაგის მყარი ბაზის შექმნა;
- ხელსაყრელი საინვესტიციო კლიმატის ფორმირება და საგადასახადო, ფასწარმოქმნისა და საბაჟო რეგულირების მექანიზმების სრულყოფა;
- ენერგეტიკისა და გარემოს ჰარმონიული თანაარსებობის პირობების შექმნა;
- სეკ-ში სამეცნიერო-ტექნიკური მიღწევების გამოყენებისა და საკადრო მომზადების მასშტაბების გაფართოება და მომავლის ენერგეტიკაზე დაფუძნებული სეკ-ის ფორმირება.

სეკ-ის თვისებრივად ახალ სამეურნეო დონეზე აყვანა და მისი თანმიმდევრულად განვითარება დამოკიდებული იქნება ამ პროცესში მონაწილე ყველა სუბიექტის ურთიერთპასუხისმგებლობასა და სახელმწიფოს როლის გაძლიერებაზე, საკანონმდებლო და ნორმატიული ბაზის შექმნისა და წარმატებით განხორციელებაზე.

იმ მრავალრიცხოვან გამოწვევათა შორის, რომელთა გადაჭრა აუცილებელია დღევანდელ საქართველოში, განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია საკუთარი ეკონომიკის საიმედო და უსაფრთხო ენერგოუზრუნველყოფა. ამ რთული ამოცანის გადასაწყვეტად, პირველ რიგში, საჭიროა საკუთარი ბუნებრივი ენერგეტიკული რესურსების გამოყენების უწყვეტი გაფართოება.

ქვეყნის ენერგეტიკული უსაფრთხოების პოლიტიკის მთავარი მიზანი უნდა გახდეს მისი ძირითადი პარამეტრების თვისებრივად ახალი დონეების ეტაპობრივი მიღწევა. ეს პარამეტრებია:

– სათბობ-ენერგეტიკული კომპლექსის უნარი – შესაბამისი ხარისხითა და ეკონომიკურად გამართლებული ფასებით დააკმაყოფილოს ენერგიაშემცველებზე მოთხოვნილება;

– ეკონომიკის უნარი – ეფექტიანად გამოიყენოს საკუთარი და იმპორტული ენერჯის რესურსები და თავიდან აიცილოს ირაციონალური ხარჯები და სათბობ-ენერგეტიკული ბალანსის დეფიციტი;

– ენერგეტიკული კომპლექსის მდგრადობა შიგა და გარე ეკონომიკურ, ტექნოგენურ და ბუნებრივ საფრთხეთა მიმართ და დესტაბილიზაციის გამომწვევი სხვადასხვა გამოვლენის შედეგად მიყენებული ზარალის მინიმიზაციის უნარი.

ენერგეტიკის უსაფრთხოების უზრუნველყოფის უმნიშვნელოვანესი პრინციპებია:

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

– ნორმალურ პირობებში ეკონომიკისა და ქვეყნის მოსახლეობის სრულად ენერგოუზრუნველყოფა, ხოლო სხვადასხვა სახის საფრთხის, ან განსაკუთრებული სიტუაციების წარმოქმნის შემთხვევებში – მინიმალური (აუცილებელი) სასიცოცხლო პარამეტრების შენარჩუნება;

– ენერგორესურსების სახელმწიფო მარაგის შექმნა;

– არაგანახლებადი რესურსების შევსებადობა;

– მოხმარებაში არსებული სათბობისა და ენერჯის სახეობების დივერსიფიკაცია (ენერგეტიკა არ უნდა იყოს მხოლოდ ერთ რომელიმე სახეობასა და ერთ მომწოდებელ ქვეყანაზე დამოკიდებული);

– ეკოლოგიური უსაფრთხოების უზრუნველყოფა;

– ენერგოეფექტიანობის ამაღლება;

– ენერგორესურსების შიგა ბაზრებზე მომგებიანი ეკონომიკური პირობების შექმნა და საიმპორტო სტრუქტურის რაციონალიზაცია;

– ყველა შესაძლო ტექნოლოგიურ პროცესსა და პროექტში კონკურენტუნარიანი ადგილობრივი ენერგიაშემცველებისა და მოწყობილობა-დანადგარების გამოყენება.

ქვეყნის ენერგეტიკული უსაფრთხოების ძირითად განმსაზღვრელ ფაქტორს ელექტროფიკაციის ხარისხი წარმოადგენს, ხოლო ამ უკანასკნელის გავლენა ეკონომიკის ნებისმიერ სფეროზე დამოკიდებულია ელექტროენერგეტიკის განვითარების დონეზე.

ლიტერატურა

1. მირცხულავა დ. საქართველოს ენერგეტიკული სტრატეგია. თბილისი. 2004 წ.
2. სამსონია ნ., ლომსაძე-კუჭავა მ., ენერგოკომპანიების საწარმოო (ოპერაციული) მენეჯმენტი. თბილისი. 2011 წ.
3. მუხიგულიშვილი გ., მარგველაშვილი მ. კონკურენცია და მონოპოლია შიგა ენერგეტიკულ ბაზრებზე. თბილისი: WEG, 2012 წ.
4. http://www.geostat.ge/?action=page&p_id=463&lang=geo#
5. <http://www.nplg.gov.ge/dlibrary/collect/0002/000664/tata%20filipidis.pdf>

Ukleba E.
Summary

Energy resources, existence of sustainable energy infrastructure and reliable energy markets is a key element in the successful functioning of the society. Providing energy is as important as the supply of primary products and it is essential precondition for the economic and social development.

საქართველოს ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი
და მისი ათვისების პერსპექტივები

ნემსწვერიძე მ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

საქართველო მდიდარია ჰიდროენერგორესურსებით, მაგრამ მათი ათვისების დონე ჯერ კიდევ დაბალია. საქართველოს ელექტროენერჯის გენერაცია ძირითადად ჰიდროელექტროსადგურებიდან ხორციელდება. საქართველოში ელექტროენერჯის მოხმარების ზრდის ტენდენცია მომავალში დამატებითი სიმძლავრეების სისტემაში გაშვებას საჭიროებს. სტატიაში განხილულია საქართველოს ელექტროენერგეტიკული სექტორის განვითარებისათვის, ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის ოპტიმალური ათვისების აუცილებლობა.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

მოცემულია საქართველოს ელექტროსისტემის ენერჯის საპროგნოზო ბალანსი, დაგეგმილი პროექტები და პერსპექტივები, ჩამოყალიბებულია შესაბამისი ღონისძიებები.

ცნობილია, რომ საქართველოში არსებობს თითქმის ყველა სახის განახლებადი ენერგეტიკული რესურსების მნიშვნელოვანი პოტენციალი. აქედან ყველაზე დიდი წილი - დაახლოებით 80% ჰიდროენერგორესურსებს უჭირავს.

დიდი და საშუალო სიდიდის მდინარეთა თეორიული ჰიდროენერგორესურსები დაახლოებით 136 მლრდ. კვტ.სთ -ია, მათ შორის ტექნიკური 68, ხოლო ეკონომიური (განვითარების თანამედროვე ეტაპზე გამოყენებისათვის ეკონომიკურად მიზანშეწონილი) 32 მლრდ. კვტ.სთ-ია.

საქართველოში აღრიცხული 319 მდინარის ტექნიკური ჰიდროენერგორესურსების 40%, 8 მთავარ მდინარეზე (მტკვარი, რიონი, ენგური, ცხენისწყალი, კოდორი, ბზიფი, ხრამი და არაგვი) მოდის, რაც ხელსაყრელ პირობებს ქმნის ჰიდროენერგომშენებლობისათვის.

ჰიდროენერგეტიკულ მშენებლობაში თანამედროვე მიღწევათა გამოყენებით საქართველოს მდინარეებზე შეიძლება აიგოს ათეულობით მსხვილი და საშუალო სიდიდის ეკონომიური ჰიდროელექტროსადგური. მიუხედავად ამისა, საქართველოში ჰიდროენერგორესურსების გამოყენების დონე კვლავ დაბალია. ჯერ კიდევ 1989 წელს ჰიდროელექტროსადგურებმა 8787 მლრდ.კვტ.სთ ელექტროენერჯია გამოიმუშავეს, რაც ჰიდრორესურსების ტექნიკური შესაძლებლობების მხოლოდ 12.9 %-ს, ხოლო ეკონომიური ჰიდროენერგორესურსები 27.5 %-ს უდრიდა. 2014 წელს ეს მაჩვენებელი შესაბამისად 12.1 და 25.7 %-მდე შემცირდა.

ჰიდროელექტროსადგურს, ისევე, როგორც ნებისმიერ სხვა სამეურნეო ობიექტს გააჩნია თავისი დადებითი და უარყოფითი მხარეები. ჯერ შევხედეთ დადებით მხარეებზე.

• ჰესების მშენებლობა მარეგულირებელი წყალსაცავებით საშუალებას იძლევა, რომ მდინარის ჩამონადენის გამოყენების ხარისხი გაიზარდოს და ანიჭებს ობიექტს კომპლექსურ ხასიათს. ეს გამოიხატება იმით, რომ წყლის რესურსების გამოყენება ხდება, როგორც ელექტროენერჯის გამოყენებისთვის, ასევე ირიგაციისა და წყალმომარაგების საჭიროებისათვის. წყალსაცავები წარმოადგენენ სწორი ექსპლოატაციის პირობებში, წყალდიდობასთან ბრძოლის, ფაქტიურად ერთადერთ და ყველაზე უფრო ქმედით საშუალებას.

• ჰესები წარმატებით მუშაობენ ენერგოსისტემაში ერთობლივად თბოელექტროსადგურებთან და წარმოადგენენ საკმაოდ მობილურ სისტემას, რის შედეგადაც დროებითი მაქსიმალური მოხმარების დატვირთვის (დღე-ღამური პიკების) დაფარვა მათი საშუალებით ოპერატიულად ხორციელდება.

• ჰიდროენერგეტიკული მშენებლობა ხასიათდება ძალიან დიდი კაპიტალშემცველობით, სამაგიეროდ ჰესების ყოველწლიური საექსპლოატაციო დანახარჯები 5-6-ჯერ უფრო დაბალია ვიდრე თბო და ატომური ელექტროსადგურების შემთხვევაში. ამასთან საწყისი კაპიტალდაბანდების უკუგება ჰესების ექსპლოატაციაში გაშვების შემდეგ, ჩვეულებრივ რამოდენიმე წელიწადში ხდება. მაგ.: ჰესებში 1 კვტ.სთ. ელ.ენერჯის თვითღირებულება დაახლოებით 5-ჯერ ნაკლებია, ვიდრე თბოელექტროსადგურებში და ისინი წლიურად მნიშვნელოვან ეკონომიას იძლევიან, რადგან საქართველოში თბოელექტროსადგურებით მოხმარებული საწვავის (გაზი, ნავთობი, ნავთობ-პროდუქტები) 80%-ზე მეტი შემოდის იმპორტის სახით, ამასთან საწვავი თანდათან გაძვირების ტენდენციით ხასიათდება. ბუნებრივია, რომ ეს

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

მძიმე ტვირთად აწვება ქვეყნის ბიუჯეტს.

მნიშვნელოვანია აღვნიშნოთ, რომ ეკონომიური თვალსაზრისით ჰესები მოიხმარენ ყველაზე უფრო სუფთა და განახლებადი ენერჯის წყაროს - წყალს. ამასთან ჰესები თითქმის აბსოლიტურად უვნებელია ატმოსფეროსათვის, რასაც განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა ენიჭება გარემოს დაცვის თვალსაზრისით (თესებით გარემოს დაბინძურება ხდება ათაობით ტონა ტოქსიკური ქანგუულით).

მიუხედავად დადებითი მხარეების სიჭარბისა, უნდა აღვნიშნოთ, რომ ჰესებს გარკვეული უარყოფითი მხარეებიც გააჩნიათ. მოკლედ შევეხოთ ძირითად მათგანს, აგრეთვე გარემოზე ზემოქმედების შემარბილებელ საშუალებებს:

- ენერჯის გამომუშავებას ახასიათებს სეზონურობა, ამიტომ მიზანშეწონილია ჰესები ერთდროულად მუშაობდნენ თბოელექტროსადგურებთან ერთად.

- წყალსაცავებში ხდება მყარი ჩამონადენის შეკავება, ამიტომ მდინარეებს ზღვაში შესართავის ზონაში ნატანის დეფიციტის გამო ზღვის ნაპირები თანდათანობით ირეცხება.

ამ მიზეზის გამო უმჯობესია, რომ ასაშენებელი წყალსაცავები შედარებით მცირე ზომის იყოს. ამ პირობებში წყალსაცავების ნატანებისაგან გაწმენდის მიზნით დამუშავებული მეთოდები და საშუალებები უფრო ეფექტური ხდება, ვიდრე დიდი წყალსაცავების შემთხვევაში.

- ჰესების მშენებლობამ მთიან რეგიონებში შეიძლება გამოიწვიოს სეისმური და გეოდინამიკური პროცესების აქტივაცია და საშიში ტალღური მოვლენები წყალსაცავში, მაგრამ თანამედროვე მეცნიერული პროგნოზირების საფუძველზე და სწორი დაგეგმვის შემთხვევაში შესაძლებელია სავარაუდო ზიანის მინიმუმამდე დაყვანა ან თავიდან აცილება.

- ჰესების დიდი წყალსაცავების შექმნა დაკავშირებული დასახლებული ზონების, ტყეების და სასოფლო სავარგულებისა და საცხოვრებელი ტერიტორიების დატბორვასთან. ამიტომ მიზანშეწონილია ჰესების მშენებლობისას მთიან რეგიონებში ასათვისებელი მდინარეების ზედა უბნების გამოყენება ვიწრო და ღრმა ხეობების არსებობის პირობებში. ამის შედეგად დატბორილი ზონა შედარებით მცირე ხდება.

დატბორილი ტერიტორიის ფართობი კიდევ უფრო მცირდება, თუ ჰესი იყოფა საფეხურებად, კასკადებად, რამოდენიმე მცირე წყალსაცავის შექმნით. ამავე დროს, ამ სქემით ჰესის ფუნქციონირებისას ენერგეტიკული მაჩვენებლები თითქმის იგივე რჩება.

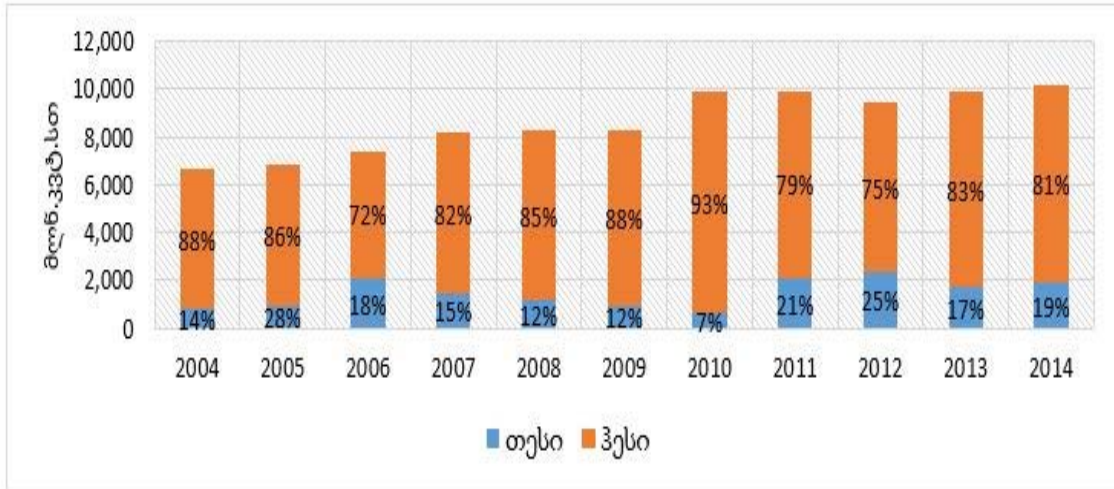
საერთოდ ჰესების ზომების გონივრულად შემცირების გზით, ბუნებისდამცავ ღონისძიებათა გატარებით და რაციონალურად დაბალანსებული მიდგომის საფუძველზე შესაძლებელია მინიმუმამდე იქნას შემცირებული ჰესებისგან მიყენებული ზარალი.

ქვეყნის მდიდარ ჰიდროენერგეტიკულ რესურსებს, როგორც საიმედო და საკუთარი ელექტროენერჯის წყაროს ათვისებას და გამოყენებას აღტურნატივა არ გააჩნია, თუ არ ჩავთვლით ენერჯის არატრადიციულ წყაროებს (მზის, ქარის, თერმული წყლების, ბიოგაზის და სხვა) ამჟამინდელ შედარებით შეზღუდულ შესაძლებლობებს.

საქართველოში ელექტროენერჯის გენერაცია ძირითადად ჰიდროელექტროსადგურებიდან ხორციელდება. ელექტროენერგეტიკული სექტორის გენერაციის სიმძლავრეებს დაახლოებით 80% განახლებადი ენერჯიების წყაროებზე - ჰიდროგენერაციაზე მოდის, ხოლო 20% - ტრადიციული ენერჯიის წყაროებზე - თბოგენერა-

**საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

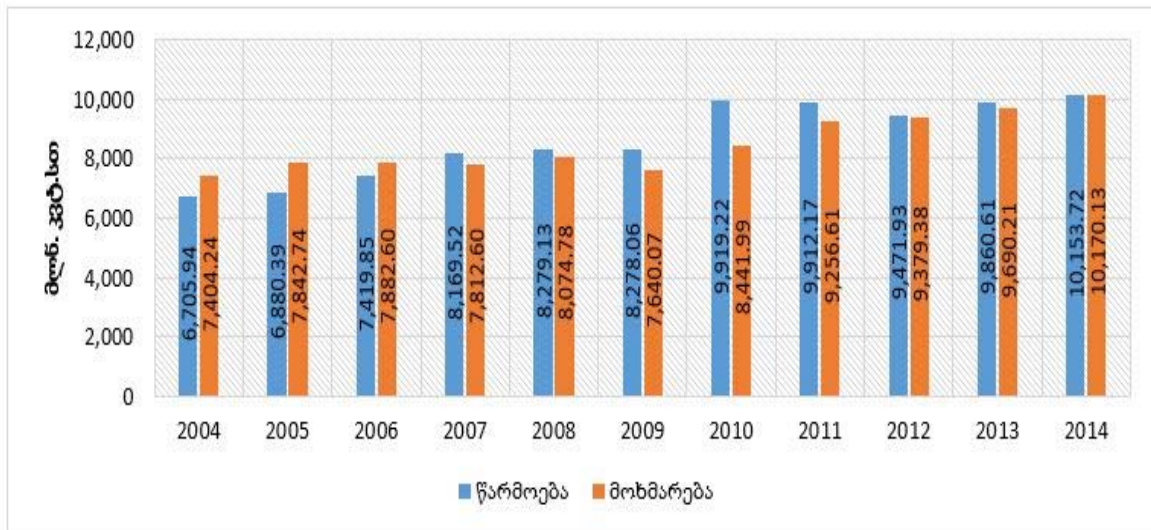
ციაზე. პიდროელექტროსადგურებისა და თბოსადგურების სალტეზე გაცემული ელექტროენერჯის წილები წლების მიხედვით (ნახ.1).



ნახ. 1. ელექტროსადგურების მიერ სალტეზე გაცემული ელექტროენერჯია 2004-2014წლებში

როგორც ნახაზიდან ჩანს, ელექტროენერჯის მოთხოვნის ზრდის ტემპის გათვალისწინებით (საშუალოდ წლიური 4-5%), საქართველოში წარმოებულ ელექტროენერჯიაში განახლებადი ენერჯის წილი წლების მიხედვით იზრდება, რაც ელექტროენერჯის მოთხოვნის საკუთარი რესურსებით დაკმაყოფილების პოლიტიკას ემსახურება.

2014 წელს ელექტროენერჯის წარმოებამ (სალტეზე გაცემამ) შეადგინა 10,153.72 მლნ.კვტ.სთ, ხოლო მოხმარებამ - 10,173.13 მლნ.კვტ.სთ. 2004-2014 წლების მონაცემებზე დაყრდნობით ყოველწლიურად საქართველოში ელექტროენერჯის წარმოება საშუალოდ 5 %-ით იზრდება, რაც მიმდინარე წლებში ექსპლოატაციაში შესული ელექტროსადგურების მიერ გამოშუშავებული ელექტროენერჯითაა განპირობებული (ნახ.2).



ნახ. 2. ელექტროენერჯის წარმოება და მოხმარება საქართველოში 2004-2014 წწ.

წარმატებით ხორციელდება სახელმწიფო პროგრამა, „ განახლებადი ენერჯია 2008“, რომელიც ინვესტორებს საშუალებს აძლევს სხვადასხვა პერსპექტიული

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

პროექტებიდან აირჩიონ მათთვის საინტერესო. აღნიშნული პროექტის ფარგლებში 2014 წელს ექსპლუატაციაში შევიდა 2 საშუალო სიმძლავრისა - ფარავანჭესი, დადგმული სიმძლავრე- 86.54 მგვტ, ლარსიჭესი - 19 მგვტ. და 4 მცირე სიმძლავრის - ახმეტაჭესი - 9.1 მგვტ, არაგვიჭესი - 8.5 მგვტ, კაზრეთიჭესი - 2.5 მგვტ, ყაზბეგიჭესი - 6 მგვტ სიმძლავრით ჰიდროელექტროსადგური, ჯამური დადგმული სიმძლავრით 131.64 მგვტ, რამაც ქვეყნის გენერაციის ობიექტების დადგმული სიმძლავრე 3.4% -ით გაზარდა 2013 წელთან შედარებით.

ჰიდროელექტროსადგურების დადგმული სიმძლავრე და მათ მიერ გამოიმუშავებული (სალტეზე გაცემული) ელექტროენერგია 2014 წელს მოცემულია ცხრ.1-ში.

ცხრილი1.

ჰიდროელექტროსადგურების დადგმული სიმძლავრე და მათ მიერ გამოიმუშავებული (სალტეზე გაცემული) ელექტროენერგია 2014 წელს

№	ელექტროსადგურების დასახელება	ელექტროენერგია (მლნ.კვტ.სთ)	ელექტროსადგურის დადგმული სიმძლავრე (მგვტ)
1	ენგურჭესი	3,304.82	1,300
2	ვარდნილჭესი	612.34	220
3	ხრამჭესი 1	202.49	112.8
4	ხრამჭესი 2	312.94	110
5	ჟინვალჭესი	374.0	130
6	ვარციხეჭესებისკასკადი	871.02	184
7	რიონჭესი	312.89	48
8	გუმათჭესი	336.74	66.8
9	ლაჯანურჭესი	402.71	112.5
10	ძეგრულჭესი	140.34	80
11	შაორჭესი	146.46	38.4
12	ზაჭესი	186.21	35.8
13	ორთაჭალჭესი	85.37	18
14	აწჭესი	79.51	16
15	ჩითახევი	99.08	21
16	საცხენჭესი	15.22	14
17	ხადორჭესი	126.96	24
18	ლარსიჭესი	42.86	19
19	ფარავანჭესი	85.10	86.54
20	დანარჩენიჭესები	484.05	153.86
	ჰიდროსადგურებისულ	8,221.11	2,790.7

უახლოეს მომავალში საქართველოში დაგეგმილია 8 ჰიდროელექტროსადგურის და 1 თბოსადგურის მშენებლობა, აღნიშნული მშენებარე ელექტროსადგურების დადგმული სიმძლავრეების გათვალისწინებით, ქვეყნის გენერაციის სიმძლავრეების წილობრივი გადანაწილება 2020 წლისათვის (ნახ. 3).

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

როგორც ნახაზიდან ჩანს, 2020 წლისათვის მშენებარე ელექტროსადგურების დამატებით ქვეყანაში საერთო გენერაციის სიმძლავრე იქნება 4,043.7 მგვტ. 2014 წელს არსებულ 3,470.7 მგვტ-თან შედარებით, სადაც განახლებადი ენერჯის წყაროებიდან გენერაციის სიმძლავრის წილი იქნება 80 %-მდე, ხოლო დანარჩენი 20 % - ტრადიციული წყაროებიდან.

გენერაციისა და დატვირთვის ზრდის საფუძველზე საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემამ შეიმუშავა, საქართველოს ენერჯოსისტემის ენერჯის საპროგნოზო ბალანსი, რომელიც დაამტკიცა ენერჯეტიკის სამინისტრომ.

ცხრილი 2.

საქართველოს ენერჯოსისტემის ენერჯის საპროგნოზო ბალანსი (მლრდ. კვტ. სთ.)

წელი	გენერაცია	ჰესები	თბოსადგურები	მოსმარება	ექსპორტი
2014	10.37	8.34	2.04	10.62	-0.25
2015	11.57	9.48	2.09	11.15	0.42
2016	12.79	10.34	3.00	11.71	1.08
2017	13.99	10.99	2.30	12.29	1.70
2018	14.03	11.72	2.65	12.91	1.12
2019	16.39	13.73	3.64	13.55	2.84
2020	19.94	16.30	2.18	14.23	5.71
2021	24.52	22.34	1.37	14.94	9.58
2022	26.78	25.42	1.85	15.69	11.09
2023	27.26	25.42	2.38	16.48	10.78
2024	27.80	25.42	2.97	17.30	10.50
2025	28.42	25.42	3.64	18.16	10.26

ამ პროგნოზიდან გამომდინარე, ჰიდროგენერაციის წილი 2025 წლისათვის გაიზრდება 90 %-მდე.

ამგვარად საქართველოში უახლოეს პერიოდში განახლებად ენერჯეტიკულ რესურსებს შორის, თავისი მასშტაბით ყველაზე უფრო დიდ და ეფექტურ შედეგს ჰიდრორესურსების გამოყენება მოგვცემს, ამასთან ჰესების მშენებლობისა და ექსპლოატაციის პრობლემების ოპტიმალურად გადაწყვეტის მიზნით აუცილებელია სათანადო ტექნიკურ-ეკონომიკური და ეკოლოგიური დასაბუთების ჩატარება, მეცნიერული გათვლებისა და პროგნოზირების საფუძველზე. ამასთან, გათვალისწინებული უნდა იქნას ჰესებისათვის დამახასიათებელი დადებითი და უარყოფითი ფაქტორები მათი ურთიერთშეჯერების გზით, ისე რომ ზიანი იყოს მინიმალური, ხოლო მიღებული შედეგი მაქსიმალური.

ლიტერატურა:

1. თ.გველესიანი, დ.ჩომახიძე. „საქართველოს ენერჯეტიკული უსაფრთხოება“. თბილისი: უნივერსალი, 2011.-468 გვ.
2. დ.მირცხულავა, დ.ჩომახიძე, რ.თევზაძე, ა.გოცირიძე, ა.ჭითანავა, რ.არველაძე და სხვა . საქართველოს ენერჯეტიკული სტრატეგია.თბილისი: „ბაკურ სულაკაურის გამომცემლობა“, 2004.-297გვ.
3. დ.ჩომახიძე. „საქართველოს ენერჯეტიკული პოტენციალის გამოყენების ეკონომიკურ-ეკოლოგიური პრობლემები“. თბილისი: თერგი, 2004.-272გვ.
4. საქართველოს ენერჯეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისია(სემეკი), 2014 წლის წლიური ანგარიში.
5. საქართველოს ენერჯეტიკის სამინისტრო. www.menr.gov.ge
6. საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახური. www.geostat.ge

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

THE HYDROPOWER POTENTIAL OF GEORGIA AND ITS UTILIZATION PROSPECTS

M. Nemtsveridze

Georgian Technical University

Summary

Georgia is rich with hydropower resources, but their utilization level is still very low. Generation of electricity is mainly performed from hydroelectric power stations. Georgia's electricity consumption growth trends in the future need additional capacity to be circulated in the system. This paper reviews that the optimal utilization of hydropower potential is extremely important for development of the electricity sector. The projected balance of power energy, the future projects and prospects are also represented in the article and the appropriate activities are set.

სემინარი 6. ეკოლოგია და ბარემოს დაცვა

**ეკოლოგიურად უსაფრთხო ჰიდროენერგეტიკული დანადგარის
ახალი კონსტრუქცია**

**მეგრელიძე თ., გუგულაშვილი ლ., სადალაშვილი ე., ისაკაძე თ.,
პირველი გ., გუგულაშვილი გ.
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი**

სტატიაში აღწერილია ჰიდროელექტროსადგურის ახალი კონსტრუქცია, რომელშიც არ გამოიყენება წყლის კაშხალი და არ ხდება მდინარის დინების გადაკეტვა. მდინარის დინების მართობულად განლაგებული დანაწევრებული მუშა ფრთები უზრუნველყოფენ წყლის ნაკადის ენერჯის გამოყენებას. ამასთანავე, დანაწევრებული ფრთები ხელს არ უშლიან თევზის თავისუფალ მოძრაობას მდინარის დინების გასწვრივ და აუმჯობესებენ გარემოს ეკოლოგიურ მდგომარეობას.

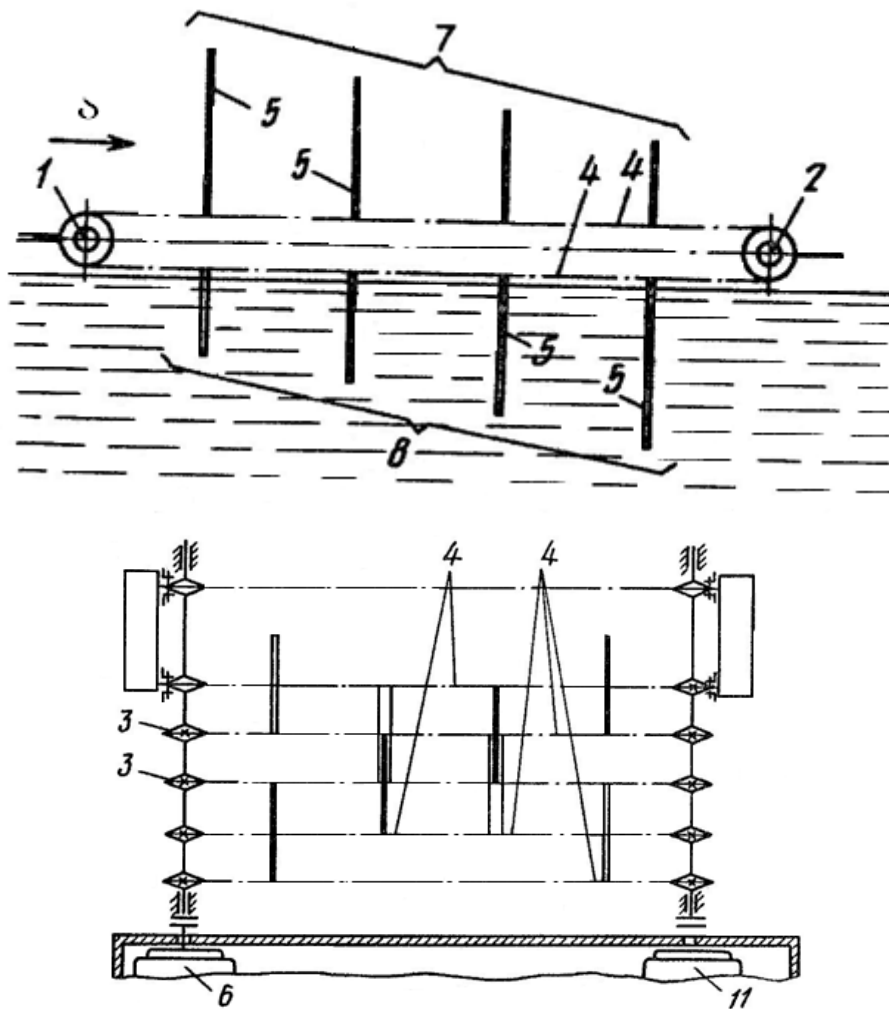
თანამედროვე პირობებში დიდი ჰიდროელექტროსადგურების მშენებლობა ძალზე მნიშვნელოვან ეკონომიკურ დანახარჯებს მოითხოვს. ისინი საჭიროებენ მნიშვნელოვანი ფართობების წყლით დატბორვას და მოითხოვენ მდინარეთა კალაპოტის გადაკეტვას, რაც დაკავშირებულია გარემოს ეკოლოგიური პირობების გაუარესებასთან. შესაბამისად, ისეთი ჰიდროენერგეტიკული მოწყობილობის შექმნა, რომელიც არ მოითხოვს წყლის დიდი მასების დაგუბებას, არ შექმნის დაბრკოლებას მდინარის დინების გასწვრივ თევზის თავისუფალი გადაადგილებისათვის და არ მოახდენს უარყოფით ზემოქმედებას გარემოს ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე, მნიშვნელოვანი და აქტუალური საკითხია.

ტრადიციული ჰიდროენერგეტიკული დანადგარი მოიცავს დაგუბებული წყლის კაშხალს, საიდანაც მიწოდებულ წყალს ბრუნვით მოძრაობაში მოჰყავს ჰიდროგენერატორები. ასეთი სისტემის ძირითად ნაკლს წარმოადგენს კაშხალის არსებობა, რომლითაც ხდება მდინარის გადაკეტვა. მართალია, კაშხალი უზრუნველყოფს წყლის დაგროვებას და იძლევა ელექტრული ენერჯის სტაბილურად მიღების საშუალებას, მაგრამ მეორე მხრივ, მდინარის ნაკადის კაშხალით გადაკეტვა მნიშვნელოვნად აუარესებს გარემოს ეკოლოგიურ მდგომარეობას: წყლის დაგროვებული დიდი მასა ცველის მოცემული ტერიტორიის ტენიანობისა და ტემპერატურულ პირობებს, მოითხოვს საკმაოდ მნიშვნელოვანი ტერიტორიის დატბორვას, ხელს უშლის თევზის თავისუფალ გადაადგილებას მდინარის გასწვრივ და სხვ. კაშხალების მშენებლობა და მათი ექსპლუატაცია დაკავშირებულია აგრეთვე მნიშვნელოვან ეკონომიკურ დანახარჯებთან.

ეკონომიკური თვალსაზრისით იაფი, კონსტრუქციულად მარტივი და ეკოლოგიურად უსაფრთხო ჰიდროენერგეტიკული დანადგარების შესახებ არსებული ლიტერატურული წყაროების შესწავლის შედეგად დამუშავებულია მარტივი კონსტრუქციის დანადგარი (ნახ. 1), რომელიც წარმოადგენს მდინარის ნაკადის ზედა და ქვედა ნაწილებში დინების მართობულად განლაგებულ ორ ლილვს 1, 2 მათზე დამაგრებული ვარსკვლავებით 3. ვარსკვლავებზე 3 გადადებულია წვევის ჯაჭვები 4, რომლებიც ერთმანეთთან აკავშირებს ლილვებს 1, 2. ლილვებზე 1, 2 დასმულია ერთი ან ორი ელექტროგენერატორი 6, 11.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

წვეის ჯაჭვებზე 4 დამაგრებულია მუშა ფრთები 5, რომლებიც ერთმანეთისაგან ტოლი მანძილითაა დაშორებული. ჯაჭვების ქვედა შტოზე განლაგებული ფირფიტები მდინარის წყალშია მოთავსებული და შეუძლიათ მდინარის ნაკადის ზემოქმედებით მისი დინების გასწვრივ გადაადგილება. დინების გასწვრივ ქვედა ლილვის მიღწევის შემდეგ წყალში ნამყოფი ფრთები გამოდიან წყალთან შეხებიდან, გადადიან ჯაჭვების ზედა შტოზე და ჰაერში აწეულ მდგომარეობაში განაგრძობენ მოძრაობას ზედა ლილვისაკენ, რომლის მიღწევის შემდეგ კვლავ მოხვედებიან წყლის ნაკადის ზემოქმედების ქვეშ. ერთმანეთის მონაცვლეობით წყლის ნაკადში სხვადასხვა ფრთების მოხვედრის შედეგად ჯაჭვების მოძრაობა განუწყვეტლად მიმდინარეობს. ეს უწყვეტი მოძრაობა გადაეცემა ლილვებს, რომლებზეც დასმულია ელექტრული გენერატორები 6, 11.

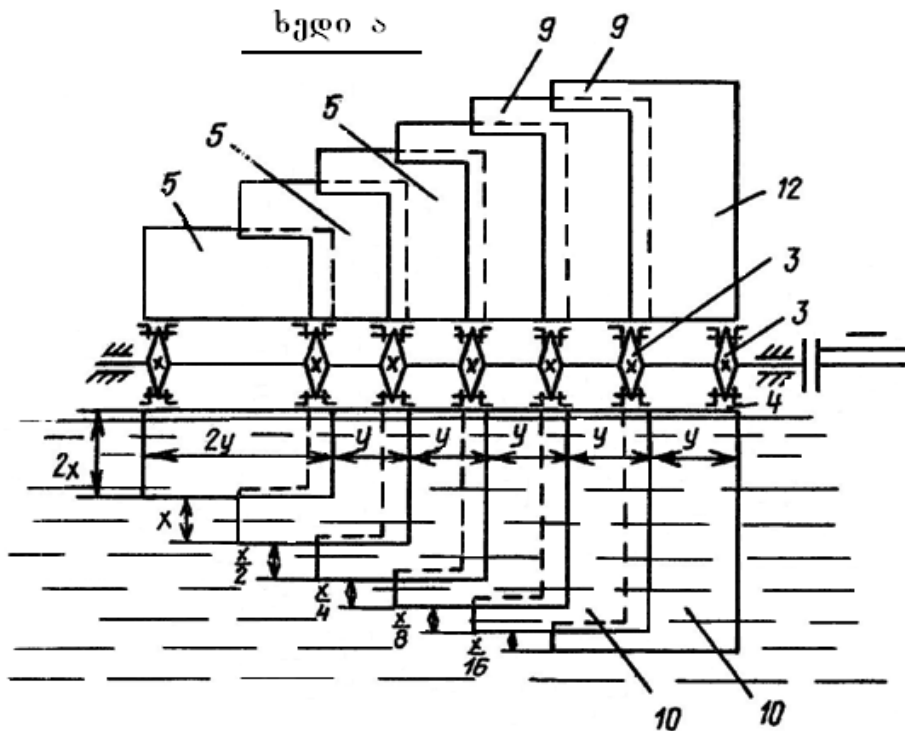


ნახ. 1. ჰიდროენერგეტიკული დანადგარის პრინციპული სქემა

მსგავსი მოწყობილობებისაგან წარმოდგენილი კონსტრუქცია იმით განსხვავდება, რომ არ ხდება მუშა ფრთებით მდინარის დინების მთლიანად გადაკეცვა, რაც მიიღწევა აღნიშნული ფრთების დანაწევრებით (ნახ. 2). კერძოდ, მუშა ფრთები სხვადასხვა სიმაღლისაა და ისეა განლაგებული, რომ ქმნიან ორ (ან მეტ) ჯგუფს 7, 8. ყოველ ჯგუფში 7, 8 ფრთების სიმაღლე იცვლება მინიმალურიდან მაქსიმალურამდე მდინარის ნაკადის მიმართულეებით. ამასთან, ნებისმიერი ჯგუფი-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

სათვის 7, 8, პირველის შემდეგ არსებულ ყოველ მომდევნო ფრთას აქვს Γ-ს ფორმა, წანაცვლებულია წინა ფრთის მიმართ ერთ მხარეზე მდინარის ნაკადისადმი განივად და ორიენტირებულია თავისი პორიზონტალური ნაწილით 9 მის წინ არსებული ფრთისაკენ 5. ამასთან, წინ არსებული ფრთიდან 5 მომდევნო ფრთის გამოწვეული ნაწილის 10 ზედაპირის ფართობი გეგმაში ტოლია ამ ჯგუფში 7 ან 8 შემავალი პირველი ფრთის ზედაპირის ფართობისა. მდინარის ნაკადის განივად ფრთები 5 ყოველ ჯგუფში შეიძლება წანაცვლებული იყოს ამ ჯგუფში (7 ან 8) მყოფი პირველი ფრთის სიგანის ნახევრის სიდიდემდე. ყოველ ჯგუფში ნებისმიერი მეზობელი ფრთების სიმაღლეებს შორის სხვაობა ქმნის კლებად გეომეტრიულ პროგრესიას, რომლის მნიშვნელი შეადგენს 1/2. ჯაჭვების 4 რაოდენობა შეიძლება აღებული იყოს ჯგუფებში 7 ან 8 ფრთების რაოდენობის ტოლი. ყოველ ჯაჭვზე 4 (გარდა კიდურა ჯაჭვებისა) თავისი გვერდითი კედლებით მაგრდება ორი მეზობელი ფრთა 5.



ნახ. 2. ჰიდროენერგეტიკული დანადგარის პრინციპული სქემა (ხელი ა)

დანადგარი შემდეგნაირად მუშაობს.

წყლის ნაკადი ზემოქმედებს მასში ჩაძირულ ფრთებზე 5 და იწვევს მათ გადაადგილებას დინების მიმართულებით. ფრთები 5 იწვევენ მათზე დამაგრებული ჯაჭვების 4 გადაადგილებას, რის შედეგადაც ლილვები 1, 2 მოდის ბრუნვით მოძრაობაში. ეს განაპირობებს ლილვებთან დაკავშირებული ელექტროგენერატორების 6, 11 ბრუნვით მოძრაობას და წყლის ნაკადის ენერჯის ელექტრულ ენერჯიად გარდაქმნას. ამასთან, ფრთების 5 ინოვაციური კონსტრუქციული გადაწყვეტა საშუალებას იძლევა ყოველი ფრთის მუშა ზედაპირის ფართობი ერთნაირი იყოს, რაც განაპირობებს ყოველ ფრთაზე წყლის ნაკადის ერთნაირ ზემოქმედებას. ეს უზრუნველყოფს წყლის ნაკადთან კონტაქტში მყოფი ფრთების ეფექტური ზედაპირის ფართობის მუდმივობას და, შესაბამისად, დანადგარის მიერ გამომუშავებული სიმ-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ძღვარის (ენერჯის) მუდმივობას. ამასთან, ფრთები მთლიანად არ კეტავენ მდინარის კალაპოტს. დანაწევრებული და ერთმანეთისაგან განივი მიმართულებით დაცილებული ცალკეული ფრთები ხელს არ უშლიან თევზის თავისუფალ გადაადგილებას მდინარის გასწვრივ, რაც აუმჯობესებს მდინარის ეკოლოგიურ მდგომარეობას. ყოველ ჯაჭვზე (გარდა კიდურა ჯაჭვებისა) ორი მეზობელი ფრთის დამაგრება უზრუნველყოფს მღუნავი მომენტების შემცირებას და დანადგარის მუშაობის საიმედოობის ამაღლებას.

დასკვნა

წარმოდგენილი კონსტრუქცია არ მოითხოვს მნიშვნელოვანი ეკონომიკური დანახარჯების განხორციელებას, არ ცვლის გარემოს ეკოლოგიურ მდგომარეობას და მარტივია განსახორციელებლად. მისი გამოყენება შესაძლებელია როგორც დიდი და წყალუხვი მდინარეების შემთხვევაში, ასევე მცირე მდინარეებზეც. ზედა და ქვედა დონის ლილვების განლაგება შესაძლებელია ერთმანეთისაგან ნებისმიერ მანძილზე. ამიტომ ყოველი კონკრეტული მდინარის ან მდინარის მოცემული მონაკვეთისათვის შეიძლება შერჩეული იყოს ყველაზე ოპტიმალური ლილვებს შორის დაცილებისა და ფირფიტების ზომები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ელექტრული ენერჯის მაქსიმალური რაოდენობით მიღებას.

ლიტერატურა

- 1) გერმანიის პატენტი № 3021591, კლასი F 03 B 9/00, 1981 წ.
- 2) А.С. СССР № 1687842 А1, Гидроэнергетическая установка. кл. F 03 B 9/00, Бюлл. № 40, 1991 г.
- 3) А.С. СССР № 1783233 А1, Котельная установка. кл. F 22 B 1/18, Бюлл. № 47, 1992 г.
- 4) А.С. СССР № 1682730 А1, Парогенератор. кл. F 24 H 1/20; 1/00. Бюлл. № 37, 1991 г.

ECOLOGIC AN PERIL WATER POWER STATION NEW CONSTRUCTION
T.Megrelidze, L.Gugulashvili, E.Sadagashvili, T.Isakadze, G.Pirveli, G.Gugulashvili
Georgian Technical University

Summary

In article is described the new construction of water power station, in which do not application the water dam and do not influence the river current stoppage. Towards the river stream perpendicular arranged dismemberment worker wings guaranteed the water energy application. With this, the dismemberment wings are not disadvantageous of fish freely traffic along the river and improvement the surroundings ecologic conditions.

**საავტომობილო გზის სატრანსპორტო ღერეფნის მოწყობის
ეკოლოგიური ასპექტები**

ბარათაშვილი მ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

სტატიაში განხილულია საავტომობილო გზის მსენებლობის და ექსპლუატაციისას გარემოზე მავნე ზემოქმედების შესაძლო შემთხვევები, მისი აღმოფხვრის გზები და შესაძლო პერსპექტივები. საქართველოში მშენებარე ავტობანის შემთხვევაში მთის პირობებში, ფერდობებზე გზის ვაკისის მოწყობისას მოსალოდნელი ნეგატიური ფაქტორები და მათი თავიდან აცილების შესაძლებლობები.

საქართველოში ბოლო წლებია მიმდინარეობს თანამედროვე მოთხოვნების შესაბამისი ავტობანის მშენებლობა, რომელიც მნიშვნელოვნად გაზრდის ქვეყნის

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

სატრანზიტო როლს და მნიშვნელოვნად წაახალისებს ქვეყნის ეკონომიკას, მოსახერხებელს გახდის ტვირთების გადატანას და მგზავრების გადაყვანას. საავტომობილო გზის მშენებლობისას გადაწყვეტია მის მიმართ წაყენებული ტექნიკურ ეკონომიკური მოთხოვნები, მშენებლობის ფასი, პროექტის შესრულების ხარისხი და მშენებლობის ვადები, მაგრამ მშენებლობის მაღალი ტემპების პირობებში მუდმივად უნდა იქნას გათვალისწინებული, რომ სატრანსპორტო დერეფნების მოწყობისთვის საჭირო ღონისძიებების ერთობლიობა და გზების შემდგომი ექსპლუატაცია იწვევს გარემოზე გრძელვადიან ტექნოგენურ ზემოქმედებას და ზრდის ბუნებაზე ნეგატიური გავლენის რისკებს. საავტომობილო გზის პროექტის “გარემოს დაცვის” ნაწილში გათვალისწინებული უნდა იქნას ღონისძიებების ერთობლიობა, რომელთა მეშვეობითაც მინიმუმამდე იქნება დაყვანილი გარემოზე ნეგატიური ზემოქმედების შესაძლებლობები, კერძოდ გათვალისწინებული უნდა იქნას, გარემოს ფონურ მდგომარეობაზე, ზედაპირულ და გრუნტის წყლებზე, საშიშ გეოლოგიურ პროცესების განვითარებაზე, ატმოსფერული მოვლენებზე, ჰაერზე, ხმაურზე, სოციალურ გარემოზე, კულტურულ ძეგლებზე, არქეოლოგიურ უბნებზე, გზის მშენებლობითა და ექსპლუატაციით ზეგავლენის შესაძლებლობა და მასშტაბები. მიღებულმა ტექნიკურმა გადაწყვეტილებამ უნდა უზრუნველყოს მიწის რესურსის რაციონალური გამოყენება, ატმოსფეროს, ჰიდროსფეროს, ფლორისა და ფაუნის დაცვა.

სატრანსპორტო დერეფნების ეკოლოგიური უსაფრთხოების შესაბამისი ღონისძიებები უნდა ხორციელდებოდეს წინასწარ პროექტირების სტადიაზე, ასევე მშენებლობისა და ექსპლუატაციის პერიოდშიც. საავტომობილო გზების მშენებლობის ეტაპზე განხილული უნდა იყოს გარემოზე პოტენციური ზემოქმედების რისკები და შესაბამისი შემარბილებელი ღონისძიებები. საავტომობილო გზების დაგეგმარებისას გარემოზე მავნე ზემოქმედების მინიმუმამდე დაყვანის მიზნით ზუსტად უნდა იქნას შესწავლილი:

- მიწის ვაკისის საინჟინრო და ხელოვნური ნაგებობების საფუძვლის გრუნტების გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური სიტუაცია;
- ჭრილში დამუშავებული და ყრილის ასაგები გრუნტების გეოლოგიური მახასიათებლები;
- ადგილმდებარეობის განივი ქანობი და ფერდობების მდგრადობის ხარისხი
- მუდმივი და ზედაპირული წყანაკადების ჰიდროგრაფიული რეჟიმი და ხარჯი;
- მიწისქვეშა წყლების არსებობა მათი ხასიათი და რეჟიმი;
- მეწყერებისა და დვარცოფების არსებობა და მათი მუშაობის დინამიკა;
- ქვათა ცვენისა და ნაშალი მასალების ჩამოტანის შესაძლო ადგილების გამოვლენა;
- ჩარეცხვისა და გამორეცხვის პოტენციალური უბნების გამოვლენა;
- გაბატონებული ქარების სიმძლავრის ტრასის ფერდობებზე განლაგებისას.

საყურადღებოა, რომ გარემოზე ზემოქმედების შესაძლებლობები განსაკუთრებით იზრდება მთიან პირობებში გზების მშენებლობისას, ამ დროს დამატებით ფაქტორებს წარმოადგენენ: ურთულესი ტოპოგრაფიული, გეოლოგიური, ჰიდროგეოლოგიური, ჰიდროლოგიური და კლიმატური პირობები. როგორც წესი გზები გან-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ლაგებულეია მდინარეების ხეობებში. გართულებულ გეოლოგიურ და ჰიდროგეოლოგიურ პირობებში, ვიწრო შეზღუდულ გარემოში, მინიმალურია ტრასის სხვადასხვა ვარიანტებიდან შერჩევის შესაძლებლობა, ამიტომ აუცილებელი ხდება საავტომობილო გზის განივი და გრძივი პროფილის დაპროექტების ნორმების და ტექნიკური პირობების ზღვრული დასაშვები სიდიდეების გამოყენება.

განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი და ყურადსაღებია, რომ საქართველოში ამჟამად მშენებარე, ორი მიმართულების ავტობანის მშენებლობა ითხოვს 40 მეტრის სიგანის განივი ზოლის მოწყობას. ამისათვის კი საჭიროა მთის ფერდობებზე გამოთავისუფლდეს სათანადო ზომის მიწის ვაკისები, რისთვისაც საჭიროა დიდი მოცულობის მიწის სამუშაოების შესრულება. შედეგად კი ვღებულობთ სხვადასხვა დახრის კუთხის მქონე მწვანე საფარისაგან თავისუფალ გზის პირა მთის შიშველ ეროზირებულ ფერდობებს. ასეთ ადგილებზე მკვეთრად იზრდება ამ გასხნილი მთის მასივების ჩამოშლისა და მეწყერის საფრთხე. ეს კი ზიანს მიაყენებს საავტომობილო გზას, მკვეთრად ამცირებს მასზე უსაფრთხოდ მოძრაობის შესაძლებლობებს და თავის მხრივ კი პროცესები სერიოზულ ნეგატიურ ზემოქმედებას ახდენს გარემოზე, ტყის მასივებზე და ახლო მდებარე წყლის მარაგების ბალანსზე. ამ დროს ფერდობებზე მეწყერული მოვლენების თავიდან აცილების მიზნით სასურველია ვაკისის განივი პროფილები უპირატესად დაპროექტდეს ნახევარყრილების სახით, რითაც მინიმუმადე მცირდება ფერდობების და მასზე ტყის მასივების ჩამოყალიბებული ლანდშაფტების დაზიანების ხარისხი. ასეთ შემთხვევაში საჭიროა ყველა კონკრეტულ შემთხვევაში დამჭერი კედლების ან სავალი ნაწილის გზაგამტარი საყრდენი საინჟინრო ნაგებობების აგება ინდივიდუალური პროექტით. ამ დროს წარმოებს ფერდობებზე ეროზიის საწინააღმდეგო დრენირებული ტერასების მოწყობა, ჰიდროტექნიკური ნაგებობების მოწყობა, გვირაბების აგება. მიწის ვაკისის დაპროექტებისადმის ამგვარი მიდგომა მინიმუმადე ამცირებს ბუნებაზე საავტომობილო გზის მშენებლობის ეკოლოგიურ ზეგავლენას, მგრამ პრობლემის ამ ფორმით გადაწყვეტა მნიშვნელოვნად ზრდის მშენებლობის ღირებულებას.

მთის პირობებში დიდი ყურადღებით უნდა ჩატარდეს პროექტირების წინა მოკვლევისა და საძიებო გეოლოგიური სამუშაოები ეს იძლევა შემდგომ გარემოზე ნეგატიური ზემოქმედების მინიმუმადე დაყვანის შესაძლებლობებს. ავტობანის მშენებლობისას მთის პირობებში სავალი ნაწილისთვის ვაკისისთვის ადგილის გამოთავისუფლების დროს ფერდობების ჩამოშლილი ზედაპირების ნეგატიურ მნიშვნელობაზე მეტყველებს ავტობანის ახალგახსნილ, ნახშირღელე – უკანეთის მონაკვეთზე, სოფელ ჭოგნართან მდინარე ყვირილის პირას, გზის სავალი ნაწილის მოწყობის მიზნით დახრის მქონე ფერდობის მოჭრისას განვითარებულ მოვლენები. ფერდობის ჩამოშლილ ნაწილზე მეწყერული მოვლენების შეჩერება, მიუხედავად მშენებლობისას და მის შემდეგ ჩატარებული სამუშაოებისა, ვერ ხერხდება და ყველა წვიმიანი ამინდის შემდეგ, ფერდობის ინტენსიური ჩამოშლა გრძელდება. პერიოდულად წარმოიქმნება გზის ამ მონაკვეთზე ტრანსპორტის გადაადგილების ნაწილობრივ ან მთლიანად შეზღუდვის აუცილებლობა. ნიშანდობლივია ის ფაქტი, რომ მშენებარე ავტობანის მთელ სიგრძეზე, ეს მეორე მნიშვნელოვანი ზომის და დახრის კუთხის ფერდობია, რომელსაც ავტობანი შეეხო. პირველი ასეთი ფერდობი გორის მახლობლადაა და იქ პრობლემა

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

გვირაბის აგებით გადაწყდა. დღემდე ავტობანის მშენებლობა ვაკისზე, ქართლისა და კოლხეთის ზეგანზე მიმდინარეობდა. უახლოეს მომავალში სამუშაოების დაწყება იგეგმება ურთულეს, როკის გადასასვლელზე, სურამი - ზესტაფონის მონაკვეთზე, რომლის ამჟამად არსებული გზის სიგრძე 60 კმ-ა და გზის დერეფანი გადის მდინარე ძირულას ხეობაში. 30-60% დახრის კუთხის, რთული რელიეფის მქონე ფერდობებით შეზღუდულ გარემოში და ამ მონაკვეთზე ამჟამად არსებობს უბნები, სადაც პერიოდულად მეწყერების ჩამოშლა სერიოზულ პრობლემას უჩენს გზაზე ტრანსპორტის უსართხო გადაადგილებას. გზის ამ მონაკვეთზე ინტენსიური წვიმების შედეგად წარმოქმნილმა მეწყერებმა, რამდენიმე ადგილას გზა მთლიანად ჩამოშალა და გზის გამტარუნარიანობის აღდგენის მიზნით გზის სამშენებლო სამუშაოების ჩატარება იქნა აუცილებელი.

ამის გათვალისწინებით გზის ამ მონაკვეთზე ავტობანის მშენებლობის დაწყებამდე, დიდი სიზუსტით უნდა იქნას შესწავლილი ყველა ის უმნიშვნელო ფაქტორი, რომელის იწვევს გარემოში წონასწორობის უმნიშვნელოდ დარღვევას. ამასთან მნიშვნელოვანია, უზრუნველყოფილი იქნას გზის ტექნიკურ ეკონომიკური მაჩვენებლები, გზის შესაბამისი გეომეტრიული პარამეტრებით, ისე რომ დაცული იქნას გარემო მშენებლობით გამოწვეულ მავნე ზემოქმედებისაგან და ამით ვუზრუნველყოთ გარემოზე ზიანის მიყენების გამო გამოწვეული ექსტრემალური მოვლენებით გზაზე ნეგატიური ზემოქმედება.

ლიტერატურა

1. მ.ბარათაშვილი.საავტომობილო გზის პროექტირება, ოპტიმალური ვარიანტის შერჩევის შესაძლებლობები. პერიოდული სამეცნიერო ჟურნალი "ხანძთა". 2013.8(13)
2. Васильев А.П. Проектирование дорог и влияние климата на условия движения. М.: Транспорт, 1986. - 248 с.
3. Немчинов М.В., Коганзон М.С., Силкин В.В. Вклад МАДИ в экологические исследования//Автомобильные дороги, 1993, №6.-с. 18-20.

Baratashvili M.

Akaki Tsereteli State University

Summary

The article deals with the problem of the protection of nature during the construction and operation of highways The factors affecting the environment. methods to reduce the impact of negative factors on the nature. especially important to study the result of the impact of road construction on nature in the mountains to minimize negative impact on the environment

SEASONAL CHANGES OF MUNICIPAL SOLID WASTE CALORICITY IN KUTAISI, GEORGIA

Turkadze Ts., Bochoidze I., Gamkrelidze E.

Akaki Tsereteli State University

Solid waste incineration is a highly complex technology, which involves large investments and high operating costs. The successful outcome of a waste incineration project first depends on fairly accurate data on the future waste quantities and characteristics that form the basis for the design of the incineration plant. The waste composition may change in time because of either additional recycling or economic growth in the collection area. Both changes can significantly alter the amount of waste and its calorific value.

In the article are presents the results of municipal solid waste (MSW) seasonal (monthly) composition

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

research in Georgia (Kutaisi) conducted during the period of 2010–2011. Based on Study of Waste Generation and Composition was performed calculation MSW calorificity with regards of seasonal changes.

Development of framework legislation and key procedures for waste management, as well as waste management planning is one of the commitments undertaken by Georgia under the EU-Georgia association agreement (2014).

Association Agreement creates new opportunities for the country to develop waste management, however at the same time it poses new challenges for the existing system. In order to attain a certain environmental level of waste treatment, convergence of the partner countries with the basic Waste Directives, the Landfill Directive and Directive the Management of Waste from Extractive Industries is recommended.

The Waste Framework Directive (Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste) sets out the waste hierarchy incorporating the broad options for waste management, with energy recovery from waste being a preferred option to landfill/disposal. However, it recognizes that prior to energy recovery, waste prevention, preparation for re-use and recycling are preferable, where appropriate. MSW incineration is found at the most advanced level of the waste disposal/treatment hierarchy indiscriminate dumping and landfilling.

One of the guiding principles, now enshrined in law, for European waste management has been the concept of a hierarchy of waste management options, where the most desirable option is not to produce the waste in the first place (waste prevention) and the least desirable option is to dispose of the waste with no recovery of either materials and/or energy. Between these two extremes there are a wide variety of waste treatment options that may be used as part of a waste management strategy to recover materials (for example furniture reuse, glass recycling or organic waste composting) or generate energy from the wastes (for example through incineration, or digesting biodegradable wastes to produce usable gases) [1].

European experience illustrates that recovery of energy from residual waste (including by incineration) is compatible with high recycling rates. Therefore, both incineration and Advanced Thermal Treatment can form part of an overall waste management strategy but not at the expense of waste reduction or recycling.

Waste for incineration must meet certain basic requirements. In particular, the energy content of the waste, the so-called lower calorific value (LCV), must be above a minimum level. The specific composition of the waste is also important. Furthermore, in order to operate the incineration plant continuously, waste generation must be fairly stable during the year. Waste composition depends on variables such as cultural differences, climate, and socio-economic of the waste collection area.

The quantity and composition of solid waste depend on how developed the community is and the state of its economy. Industrial growth is an important tool for raising the per capita income and welfare of the population. In general, high-income areas generate more waste than low- or middle-income areas. In return, industrial growth and higher per capita income generate more waste, which, if not properly controlled, causes environmental degradation. Thus, waste generation and composition may differ greatly and therefore, data usually cannot be transferred from one place to another [2].

To establish a relationship between seasonality of waste composition and potential indicators (different geographical location and/or economical situation) 2010-2013 will be investigated Wastes from selected regions of four countries: Lithuania, Russia, Ukraine, and Georgia (Project Title: Seasonality of Municipal Waste Generation and Composition, and Corresponding Fluctuations of Various Environmental Indicators for Waste Management and Treatment Facilities,

the financial support of The Swiss National Science Foundation).

Therefore, data and environmental indicators revealed through the project research e.g. seasonal dependence of municipal waste generation, composition, total municipal waste flow per capita; municipal waste composition; part of waste fractions to be suitable for recycling; part of biodegradable waste in total MSW flow; part of waste fractions not to be suitable for recycling etc.

2010-2011 in collaboration with local firms on management of waste, MSW analysis in Kutaisi will be performed according to: 1) “Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste (D 5231-92, reprovod 2008); 2) Methodology for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste and Waste Composition Dependence from Regional Social-Economic and Climate Characteristics (Kaunas University of Technology, 2010). In the article are shown relevant results of waste composition analysis. For 10 days in each month we have implemented sorting of waste according to the methodology. Data of waste accumulation and content in Kutaisi, Georgia, 2010-2011 are shown at Fig.1. MSW monthly generation is lowest in February (15,4 kg/capita), highest in August (21,7 kg per capita). A specific increase was observed in January (19,2 kg/capita). This is mostly due to food waste fraction. Paper, glas, other organic and other inorganic fractions are highest in January, plastics in June, yard waste and wood in August.

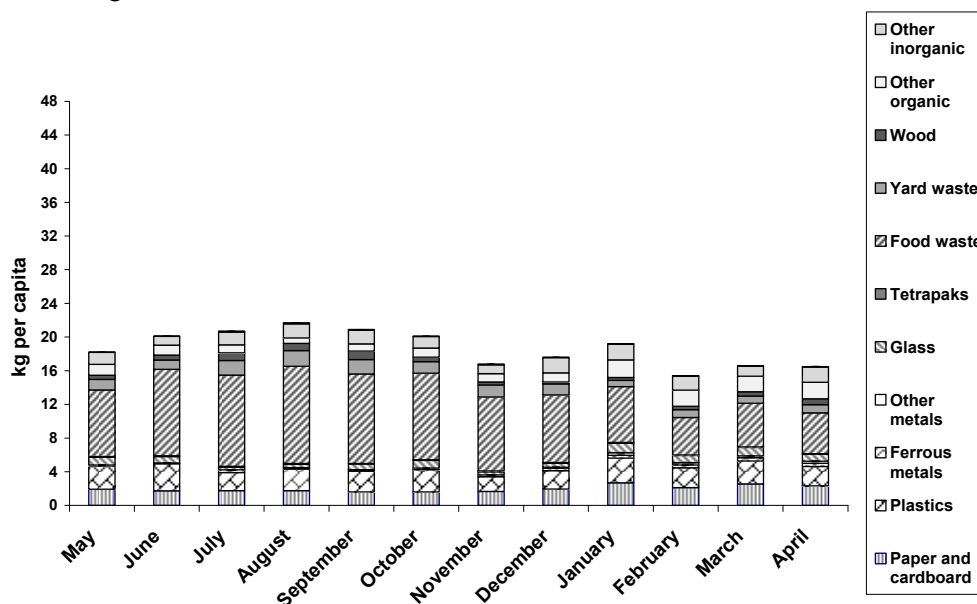


Fig 1. Monthly variation of MSW generation and composition in Kutaisi, Georgia, 2010-2011

Usually Waste collected in affluent areas is typically less dense, as it contains more packaging and other lighter materials and less ash and food waste. This is because more ready-made products are consumed and the food processing takes place in the commercial/industrial sector. The moisture is greater in lower-income areas due to the water content of the food waste and smaller amounts of paper and other dry materials. Annual variations in moisture content depend on climatic conditions such as precipitation and harvest seasons for vegetables and fruit.

Incinerating solid waste fulfills two purposes in the advanced waste management system. Primarily, it reduces the amount of waste for sanitary landfilling; and it uses waste for energy production (power or district heating). Hence, waste incineration plants are generally introduced in areas where the siting of sanitary landfills is in conflict with other interests such as city development, agriculture, and tourism.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

The calorific value is calculated according to the composition of waste by fractions and the calorific value of these fractions. The calorific value of fractions in MJ/kg is calculated according to the chemical composition (Cerbe at all, 1994):

$$H_U = 0,34 \cdot C + 1,016 \cdot H + 0,063 \cdot N + 0,191 \cdot S - 0,098 \cdot O - 0,025W \quad (1);$$

where: H_U – calorific value of waste, MJ/kg;

C – carbon amount, % according to the mass;

H – hydrogen amount %, according to the mass;

N – nitrogen amount %, according to the mass;

O – oxygen amount %, according to the mass;

W – moisture amount %, according to the mass.

When calculating calorificity of the waste, the chemical composition of its fractions is first recalculated according to the total mass. For instance, the following formula is used to calculate carbon amount:

$$C = C_{ODM} \cdot ODM_{DM} \cdot DM / 10000, \quad (2);$$

where: C – carbon amount in the total waste mass, %

C_{ODM} – carbon amount in the dry part of organic waste, %

ODM_{DM} – amount of organic dry waste part in dry waste part, %

DM – dry part of waste fraction, %.

The dry part of waste fraction is determined as follows:

$$DM = 100 - W, \quad (3);$$

The calorific value of incinerated waste is calculated as follows:

$$H_U = \frac{\sum m_i H_{U_i}}{\sum m_i}, \quad (4);$$

where: H_{U_i} – calorific value of i-fraction of waste, MJ/kg;

m_i – share of waste fraction in the total stream of incinerated waste, %.

The analogical formula could be used for calculation of MSW moisture.

ODM and its chemical compositions (Dehoust et al, 2002; Deliverable, 2003) for separate waste fractions are given below in Table 1.

Table 1.

ODM and its chemical compositions for MSW fractions

<i>MSW fractions</i>	ODM, %DM	C, %ODM	H, %ODM	O, %ODM	N, %ODM	S, %ODM
<i>Paper and cardboard</i>	87,00	48,60	6,40	44,30	0,20	0,20
<i>Plastics</i>	91,83	77,71	11,98	10,99	0,62	0,10
<i>Metals</i>	0,00	0,00	6,30	44,20	0,50	0,10
<i>Glass</i>	0,00	0,00	10,00	40,00	3,00	0,00
<i>Kitchen and garden waste</i>	87,00	50,70	6,20	43,70	0,50	0,10
<i>Other burnable</i>	81,53	50,46	7,48	33,31	1,46	0,17
<i>Other unburnable</i>	0,00	48,20	6,30	44,20	0,50	0,10

Data of calculation MSW calorificity performed based on Study on Waste Generation and Composition are shown at Fig.2.

The key factor describing the suitability of waste for incineration is its calorific value. For mixed municipal waste, as a rule, it varies in the range of 7.5 and 11 MJ/kg [Johnke, 2003].

The specific decrease was observed in July (7,16 MJ/kg), August (7,46 MJ/kg) and September (7,40 MJ/kg). This phenomenon may be explained by the geography and climate in Georgia, which leads to the more intensive harvesting and utilization of food products in summer and autumn.

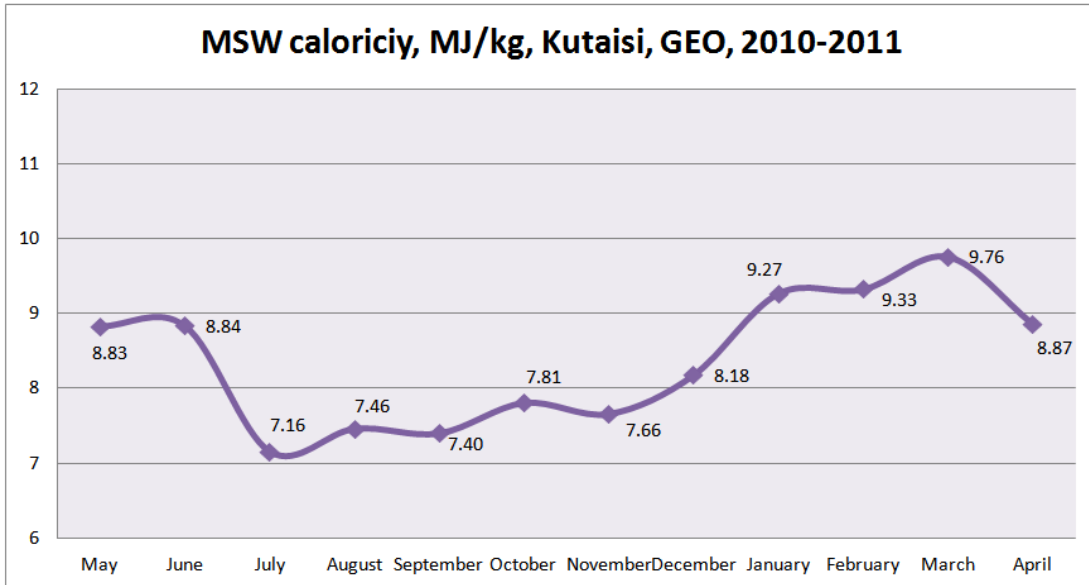


Fig 2. Seasonal changes MSW calorificy in Kutaisi city, 2010-2011 (Georgia)

Reference

1. Incineration of Municipal Solid Waste. Department for Environment, Food & Rural Affairs
2. (Defra). 2013.
3. World Bank technical guidance report. Municipal Solid Waste Incineration. Washington, D.C. 1999.
4. Denafas, G., Zavaraukas, K., Martuzevicius, D., Vitkauskaitė, L., Ludwig, Ch., Hoffman, M., Shmarin, S., Mykhaylenko, V., Chusov, A., Romanov, M., Negulyaeva, E., Lednova, Y., Turkadze, Ts., Bochoidze, I., Butskhrikidze, B., Karagiannidis, A., Antonopoulos, J., Kriipsalu, M. and Horttanainen, M.: Seasonal Aspects of Municipal Solid Waste Generation and Composition in East-European Countries with Respect to Waste Management System Development. - Proceedings Venice 2010, Third International Symposium on Energy from Biomass and Waste. Venice, Italy; 8-11 November 2010.

ქ. ქუთაისის მყარი მუნიციპალური ნარჩენების ენერგეტიკული პოტენციალის სეზონური ცვლილებები

ც. თურქაძე, ი. ბოჭოიძე, ე. გამყრელიძე

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ევროკავშირი-საქართველოს ასოცირების ხელშეკრულების მიხედვით საქართველოს ერთ-ერთი ვალდებულებაა ნარჩენების მართვის სფეროში ჩარჩო კანონმდებლობისა და ძირითადი პროცედურების შემუშავება და ნარჩენების მართვის დაგეგმვის უზრუნველყოფა. ამ მხრივ ერთ-ერთი დირექტივაა 2008 წლის 19 ნოემბრის ევროპარლამენტისა და საბჭოს 2008/98/EC დირექტივა ნარჩენების შესახებ, რომელშიც მოცემულია ნარჩენების მართვის ხუთსაფეხურიანი იერარქია. აღნიშნულ იერარქიაში ნარჩენებიდან ენერჯის აღდგენა მნიშვნელოვან ადგილს იჭერს და პრიორიტეტულია ნაგავსაყრელზე განთავსებასთან შედარებით. სამწუხაროდ, ნარჩენების მაღალტექნოლოგიური წვის დანერგვა საქართველოსათვის შორეული მომავლის პერსპექტივად ჩანს, თუმცა ნარჩენების ენერგეტიკული პოტენციალის კვლევა მნიშვნელოვანია ამ საკითხზე გადაწყვეტილებების მიღების მხრივ.

ნარჩენების ენერგეტიკული პოტენციალის სეზონური ცვლილებების კვლევა განხორციელდა ქ. ქუთაისში 2010-2011 წლებში ჩატარებული საყოფაცხოვრებო ნარჩენების შედგენილობის ანალიზის მონაცემთა გამოყენებით. შესრულებლი სამუშაოს შედეგების მიხედვით ნარჩენების ენერგეტიკული პოტენციალის სპეციფიკური კლება შეინიშნება ივლისი-ოქტომბრის შუალედში (<7,5 მგჯ/კგ), რაც აიხსნება ქვეყნის გეოგრაფიული და კლიმატური პირობებით, რომლის შედეგად ნარჩენების შედგენილობაში მაღალია უწყვადი და ტენიანი ფრაქციის წილი.

ნატანისაგან წყალსაცავის თვითგამწმენდი კაშხალი

დადუნაშვილი გ., ცქიფურიშვილი თ.
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

წყალსაცავების დიდი ნაწილი შევსებულია ნატანით და პრაქტიკულად დაკარგული აქვს ჩამონადენის რეგულირების ფუნქცია. ნატანისაგან მექანიკური გაწმენდის სამუშაოები კი არასაკმარისი დაშვასრულებლად გართულებულია.

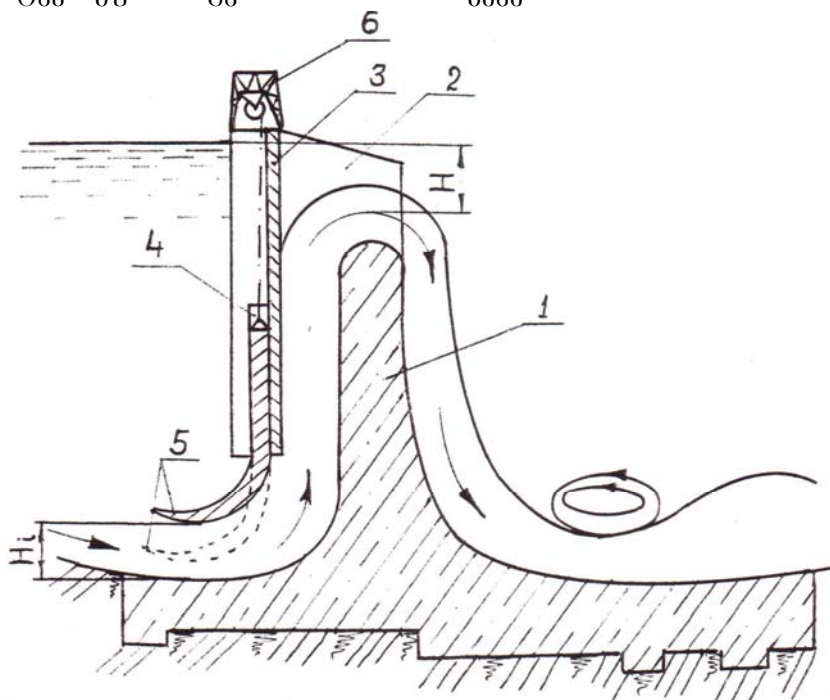
ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია ამ პრობლემის ტექნიკური გადაწყვეტა უკვე წყალსაცავის პროექტირების ეტაპზე, ისეთი ჰიდროტექნიკური ნაგებობის აგებით, რომელიც საშუალებას მოგვცემს წყალსაცავი ნატანისაგან გაწმენდილი იქნას თვითდინებით. არსებული წყალსაცავებისათვის შესაძლებელია შემოთავაზებული ჰიდროტექნიკური კვანძის ჩაშენება.

საქართველოს წყალსაცავების უმრავლესობა დაღეჭილია და დარღვეულია რეგულირების პირობები. ჰესების კასკადის სადრენაჟო სისტემების მოუწესრიგებლობის შედეგად წელიწადში რამდენჯერმე იტბორება და დიდი ზიანი ადგება როგორც მოსახლეობას, ასევე სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებს.

წყალსაცავების დიდი ნაწილი შევსებულია ნატანით და პრაქტიკულად დაკარგული აქვს ჩამონადენის რეგულირების ფუნქცია. დიდ ტერიტორიებზე შექმნილია კუნძულები, რომლებიც დაფარულია მცენარეული საფარით. წყალსაცავების ნატანისაგან მექანიკური გაწმენდის სამუშაოები კი არასაკმარისია, ხოლო მდინარის მიერ შემოტანილი ნარჩენების ამოღება არ ხდება.

ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია ამ პრობლემის ტექნიკური გადაწყვეტა, სპეციფიკური ჰიდროტექნიკური ნაგებობის აგებით, რომელშიც არსებითი მნიშვნელობა ენიჭება პროექტირებისა და მშენებლობის პროცესში ისეთი ჰიდროტექნიკური კვანძის გათვალისწინებას, რომელიც საშუალებას მოგვცემს თვითდინებით გაიწმინდოს ნატანისაგან წყალსაცავი.

ჰიდროტექნიკური ნაგებობის არსი ირკვევა ნახაზით



ნახ. წყალსაცავის თვითგამწმენდი კაშხალი

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ნატანისაგან წყალსაცავის თვითგამწმენდი კაშხალი შეიცავს ძირითად კედელს 1, მისგან ზედა ბიეფის მხარეს მოთავსებულ და მასთან გრძივი ტიხარებით 2 დაკავშირებულ (ფსკერისაგან დაცილებულ) ფარს 3, რომელსაც აქვს მასთან დაკავშირებული და მის შვეულ მიმმართველებში 4 გადაადგილების შესაძლებლობის მქონე რკალურ პროფილიანი ქვედა ნაწილი 5, რომელიც კინემატიკურად დაკავშირებულია ამწე მოწყობილობასთან 6.

კაშხალი მუშაობს შემდეგნაირად: წყალსაცავის ზედა ბიეფში წყალს უჭირავს გარკვეული დონე, ხოლო ძირითადი კედლის ერთი წყალგადასაშვები ქიმი იყოფება მასზე დაბლა, რის შედეგადაც წყალსაცავის ფსკერიდან ხსენებული კედლის გასწვრივ აღმავალი ნაკადით მის ქიმზე წყალის გადაღინება ხდება ჩვენს შემთხვევაში მუდმივი სიჩქარით ($V = const$). ეს იმიტომ, რომ ზედა ბიეფის დონე უცვლელი უნდა გვქონდეს ($H = const$), ხოლო წყლის მოცულობითი ხარჯი (Q_i), ცვალებადობს, რისთვისაც საჭიროა ნაკადის შემშვები კვეთის სიმაღლის (H_i) რეგულირება: $H_i \sim Q_i^2$. ეს პროპორციული დამოკიდებულება წარმოადგენს რკალურ პროფილიანი ქვედა ნაწილის 5 მართვის ფუნქციას, რომლის გადაადგილებაც ფსკერიდან სიმაღლეზე ხდება ამწევი მოწყობილობით 6, ფარის 3 შვეულ მიმმართველებში 4, გადაადგილების შედეგად.

ამრიგად, აღნიშნული ტექნიკური გადაწყვეტა შესაძლებლობას იძლევა ზედა ბიეფში შენარჩუნებულ იქნას მუდმივი დონე წყლის მოცულობითი ხარჯის ცვლილებისაგან დამოუკიდებლად, რის შედეგადაც თავიდან იქნება აცილებული სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების დატბორვა წყალდიდობის დროს. ხოლო ქიმზე გადაღინების სიჩქარის მუდმივობა საშუალებას იძლევა ზედა ბიეფის დონე (H) შეირჩეს გადასატანი ნატანის მაქსიმალური სიმკვრივისა და ზომების მიხედვით.

ლიტერატურა

1. კერესელიძე დ. საქართველოს წყალსაცავების ჰიდროეკოლოგიური პრობლემები. თბილისი: 1994.-240 გვ.
2. მოწონელიძე მ. ჰიდროტექნიკური ნაგებობები. თბილისი: განათლება. 1982.-376 გვ.
3. ხმალაძე ო, ალავერდაშვილი მ, ქოჩიაშვილი დ. დასავლეთ საქართველოს ზოგიერთი მდინარის ატიენარებული ნატანის ჩამონადენის რევეალობა//II რესპუბლიკური კონფერენციის მასალები. თბილისი: 1990.

THE RESERVOIR SELF-CLEANING DAM FROM ALLUVIUM

Dadunashvili G., Tskiphurishvili T.

Akaki Tsereteli State University

Summary

Most of the water reservoirs in Georgia are precipitated and the regulatory conditions are violated. Most part of them is filled with alluvium materials. The works on mechanical cleaning are not sufficient, but the waste brought by the river are not taken away.

We propose the technical solution of this problem, where great importance is given to taking into account such a solution in designing and constructing process, which should enable us to clean the reservoir from the self-flowing alluvium materials.

The mentioned technical solution allows for preserving the constant headwater level independently of change in volumetric water discharge, as a result of which it will be possible to avoid submerging of agricultural areas during the flood. But the constancy of the flow speed on the side allows for selecting the headwater level in accordance with maximum density and dimensions of the transporting materials.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ელექტროენერგეტიკის სფეროში მომუშავეთათვის
ბანკუთვნილი სპეცფენსაცემლის კომფორტული
მახასიათებლების პრობლემატიკა

გრძელიძე მ., თხელიძე ნ.
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

სტატაში საუბარია ელექტროენერგეტიკის სფეროში, სპეციფიკიდან გამომდინარე განსხვავებული შრომის პირობების, შესაბამისად შრომის დაცვისა და ჰიგიენის საკითხებზე, სანიტარულ-ჰიგიენური მოთხოვნების ზედმიწევნით დაცვის აუცილებელობაზე. მრავალი სპეციალური ღონისძიება ტარდება არა მარტო წარმოების პროცესის მაღალი ხარისხის მისაღწევად და უზრუნველსაყოფად, არამედ მომსახურე პერსონალის დაცვისათვის. ამ თვალსაზრისით სპეცფენსაცემლის ოპტიმალურ შერჩევას განსაკუთრებული როლი ენიჭება.

ელექტროენერგეტიკის სფეროში, სპეციფიკიდან გამომდინარე, სხვადასხვა ობიექტზე, განსხვავებული შრომის პირობებია და შესაბამისად შრომის დაცვისა და ჰიგიენის მოთხოვნებიც განსხვავებულია. სამუშაო ადგილებზე, EN ISO 20345:2007 სტანდარტის მიხედვით გაიცემა სპეცტანსაცემელი, სპეცფენსაცემელი და სხვა აქსესუარები. მათი დანიშნულებაა, ზემოთ აღნიშნულ სფეროებში არა მარტო პროცესის ჰიგიენურობის დაცვა, არამედ მომსახურე პერსონალის დაცვა შრომის არსებულ გარემოში მათზე ზემოქმედებისაგან.

ცნობილია, რომ ტანსაცემელსა და ფენსაცემელს, სხვადასხვა საგნებს და მასალებს, ასევე კლიმატურ ფაქტორებს შეუძლიათ გამოიწვიოს სტატიკური მუხტის წარმოშობა. ასეთი განსაკუთრებულობა არა მარტო არასასურველია, არამედ საშიშიც არის სწავაღებადი სამოსით მუშაობის დროს. ანტისტატიკურ ფენსაცემელს შეუძლია მნიშვნელოვნად შემციროს ასეთი სიტუაციების რისკი. ასეთი ფენსაცემლის შერჩევა მარტივი არ არის, რადგან თვით ენერგეტიკის სფერო მრავალმხრივია და მუშაობის პირობები მრავალფეროვანია. ყველა მიმართულებისათვის სპეციფიკის გათვალისწინება, რა თქმა უნდა შეუძლებელია, მაგრამ არის პირობების ერთობლიობა, რომელიც შეიძლება მოექცეს გარკვეულ კანონზომიერებაში და ჩამოყალიბდეს მოთხოვნების ნუსხა, რომელიც ზოგადად ამ სფეროსათვის და მისი გათვალისწინება მაქსიმალურად დაიცავს პერსონალს პროფესიული რისკებისაგან და შექმნის უსაფრთხო შრომის პირობებს. სპეცფენსაცემლის მიმართ ასეთი მოთხოვნებია: ენერგომშთანთქავი ღანჩა და ქუსლი, ელექტროიზოლაცია, წყალმედეგობა, თბომედეგობა მაღალ ტემპერატურაზე (30 °C-ზე), სიმტკიცე ცხელ პირობებში (60 °C-ზე), ყინვამედეგობა (30 °C-ზე), სიმტკიცე ზეთებისა და ნავთობპროდუქტებისადმი, ჰერმეტიკობა მტვერისადმი და სხვა ინერტული დამაბინძურებლებისადმი, მედეგობა აგრესიული ხსნარების მიმართ.

თანამედროვე კანონმდებლობის თანახმად, ენერგოტექნიკური პერსონალი საშუალო ადგილზე უზრუნველყოფილი უნდა იყოს საიმედო, ინდივიდუალური დაცვის საშუალებით. დაცვის საშუალებების ასეთი კომპლექტები წარმოადგენს სიცოცხლის და ჯანმრთელობის დაცვის შანსს, და იძლევა საშუალებას გაზარდოს საშიში ზონიდან ევაკუაციის დრო. დაცვისათვის სპეცეკიპირების შესახებ რეკომენდაციების გათვალისწინება საშუალებას იძლევა შემცირდეს უბედური შემთხვევების ალბათობა ელექტროენერჯის საწარმებში და პერსონალი დაცული იყოს ყველა სახის არასასურველი შემთხვევებისაგან. ამასთან ორგანიზმს უნდა

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

მიეცეს ნორმალური ფუნქციონირების საშუალება, რომელშიც იგულისხმება როგორც თავისუფალი, შეუზღუდავი მოძრაობა, გადაადგილება და ტარების მოხერხებულობა, ასევე სხეულის ბუნებრივ-ანატომიური მდგომარეობის შენარჩუნება. ამ მხრივ ფეხსაცმლის როლი დიდია, რომელსაც მრავალი ფაქტორი და კონსტრუქტორულ-ტექნოლოგიური პარამეტრი განაპირობებს.

საწარმოო პირობებისათვის განკუთვნილ ფეხსაცმელს მომსახურე პერსონალი ატარებს მთელი სამუშაო დღის განმავლობაში. ამიტომ მისი შიგა ფორმა ოპტიმალურად უნდა შეესაბამებოდეს მომხმარებლის ტერფის ფორმას და არ იწვევდეს მის მექანიკურ დაზიანებას, ტერფის ძვალ-სახსროვანი შენაწევრებების ზედმეტ დაწოლას ან შეზღუდვას და შესაბამისად ტერფის ნორმალური ბიომექანიკის დარღვევას. გარდა ამისა, შიგა საყრდენი ზედაპირი უნდა იყოს ფართე, რათა დაყრდნობის და გადაადგილების პროცესში არ იწვევდეს სიარულის შეზღუდვას, არ არღვევდეს მის სიმღორეს და მაქსიმალურად ხელს უწყობდეს დგომისა და სიარულის დროს წონასწორობის შენარჩუნებას და ლოკალური დატვირთვების მინიმიზაციას დაყრდნობის პროცესში. სპეცფეხსაცმლის ცხვირის ნაწილის ფორმა აუცილებელია იყოს ფართე და მომრგვალებული, რათა არ შეზღუდოს ფეხსაცმელში თითების ნორმალური ფუნქციონირება. ქუსლის სიმაღლე აუცილებელია იყოს საშუალო - 25-45 მმ, და არა დაბალი (0-24 მმ). დაბალქუსლიანი ფეხსაცმელით მთელი დღის განმავლობაში დგომის ან სიარულის შემდეგ ქუსლის ძვალზე და მის ქვემოთ განთავსებულ კუნთოვან ქსოვილზე და მყესებზე (ქუსლის კუნთი და აქილევსის მყესი) ლოკალური დატვირთვა მაქსიმალურია და დღის ბოლოს დადლილობა და ტკივილი პიკს აღწევს. საშუალო ქუსლის შემთხვევაში სხეულის ღერძი გადანაცვლებულია წინ, შესაბამისად დატვირთვა გადანაწილდება წინა ტერფის ძვლებისაკენ. ამ დროს განტვირთულია ქუსლის ძვალი და ის წინა ტერფ-ფალანგთა შენაწევრებასთან ერთად იტვირთება თანაბრად, ანუ სიმძიმე ტერფის გასწვრივ გაწონასწორებულია [1].

სპეცფეხსაცმლის ლანჩა სასურველია დამზადებული იქნას მსუბუქი და ელასტიური პოლიმერებისაგან, რომლებიც თავის მხრივ უზრუნველყოფენ ფეხსაცმლის სიმსუბუქეს, ელასტიურობას, ტენდამცველ თვისებებს, ცვეთამდეგობას, მოცურებისადმი წინააღმდეგობას, გააჩნიათ დრეკად-ამორტიზაციული უნარი. ლანჩა უნდა იყოს მონოლითური, ერთიანი, ქუსლთან ერთად (ცალკე გამოყოფილი ქუსლის გარეშე), რაც ტერფის კამარის ნაწილის დაძაბულობას ამცირებს და შესაბამისად განტვირთავს ტერფს და ამადლებს კომფორტის შეგრძნებას (სურ. 1).



სურ. 1. სპეცფეხსაცმლების ნაირსახეობა სეზონის და სამუშაო პირობების სპეციფიკის მიხედვით, დამცავი ცხვირქვედით და ელექტროსტატიკური მუხტის საიზოლაციო ლანჩით.

მასალების ხარისხზე ბევრი რამ არის დამოკიდებული. პირველ რიგში ტერფის ჰიგიენა და შიგა კომფორტი. რასაც მაღალხარისხოვნად უზრუნველყოფს ბუნებრივი მასალები. ბუნებრივ ტყავს აქვს უნარი შეიწოვოს ტერფიდან გამოყოფი-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ლი ტენი და შემდეგ გასცეს ის გარემოში. გარდა ამისა, არ არის უხეში, ადვილად ყალიბდება ტერფზე ექსპლუატაციის პროცესში, აქვს მაღალი ელასტიური თვისებები და მრავალჯერადი ღუნვისადმი მდგრადობა (შესაბამისად ფეხსაცმლის საექსპლუატაციო ვადაც მეტია). განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია სასარჩულე მასალების ხარისხი, კერძოდ მისი ჰიგიენურობა და ტოქსიკოლოგიური მახასიათებლები, რადგან ისინი უშუალოდ ეხებიან ფეხის ტერფს. მაღალტემპერატურულ გარემოში და ინტენსიური მოძრაობის დროს ტერფიდან შესაბამისად ინტენსიურად ხდება ტენის გამოყოფა (ოფლის სახით) და მისი აკუმულირება გარკვეული რაოდენობით ხდება ტერფსა და ფეხსაცმელს შორის. ტენის ზემოქმედებით სასარჩულე მასალებზე ხდება ტოქსიკური ნივთიერებების (არსებობის შემთხვევაში) გამორეცხვა და ტერფის კანის საშუალებით დიდია მათი ორგანიზმში მოხვედრის ალბათობა (რადგან კანი მონაწილეობს ორგანიზმის ნივთიერებათა ცვლაში). ამიტომ სპეცფეხსაცმელების შიგა კომფორტი მნიშვნელოვანი პრობლემაა.

სინთეზური მასალების მთავარი უარყოფითი თვისებებია მცირე ჰიდროფილურობის უნარი. მათ უმრავლესობას ეს თვისება საერთოდ არ ახასიათებს, რითაც ისინი მკვეთრად განსხვავდება ნატურალური მასალებისაგან. ბამბის ან სხვა ნატურალური მასალებისაგან დამზადებული წინდის გამოყენება სინთეზური მასალებისაგან დამზადებულ, ან რეზინის ფეხსაცმელებში ვერ უზრუნველყოფს მის ჰიგიენურობას და ტერფის კომფორტს. მხოლოდ ნატურალური მასალების სრული პაკეტი იძლევა ფეხსაცმლის ოპტიმალურ ჰაერ და ტენგამტარებლობას და ფეხსაცმლის შიგნით ნორმალური კლიმატის შექმნასა და შენარჩუნებას დღის განმავლობაში.

რაც შეეხება ისეთ სპეციფიურ გარემოს (ძირითადად მაღალი ტენის პირობებში), სადაც აუცილებელია რეზინის ფეხსაცმელების გამოყენება, ტერფის დასაცავად ფეხსაცმლის მავნე ზემოქმედებისაგან, აუცილებელია გამოყენებული იქნას მაღალჰიგიენური სასარჩულე მასალები და ბუნებრივი ბოჭკოსაგან დამზადებული წინდები. ასეთი ფეხსაცმელების სასარჩულედ რეკომენდირებულია გამოყენებული იქნას ე.წ. ბიო-პოლიმერები, რომელთა სანიტარულ-ჰიგიენური მახასიათებლები მნიშვნელოვნად უახლოვდება ბუნებრივ მასალებს და დამატებით გააჩნიათ უნარი, თავისი არატოქსიკურობის ხარჯზე ტერფს შეუნარჩუნოს ჯანსაღი მიკროკლიმატი და ფეხსაცმლის ტერფიდან გახდის შემდეგ ტენს გასცემს გარემოში ისე, რომ არ რჩება სპეციფიური სუნი. ბიოპოლიმერების ეს თვისება და ტერფის ნორმალური ფუნქციონირებისათვის აუცილებელი სხვა ღონისძიებების დადებითი მხარეები დადასტურებულია ჩვენს მიერ ჩატარებული მრავალჯერადი საცდელი ექსპლუატაციით [1, 2].

მთელი დღის განმავლობაში მოუხერხებელი ფეხსაცმელით ფეხზე დგომის ან მოძრაობის დროს, ტერფის არაკომფორტულობის გამო, მომუშავე ვერ შეძლებს სამუშაოს მოხერხებულად შესრულებას და შესაბამისად მისი განწყობა და შრომის ხარისხი იქნება დაბალი. ტერფს კი მიაყენებს მძიმე დეფორმაციების მაპროვოცირებელ დატვირთვებს, რამაც შეიძლება მის ჯანმრთელობაზე მნიშვნელოვნად უარყოფითი გავლენა იქონიოს, როგორც ტერფის და საყრდენ-მამოძრავებელი აპარტის (განსაკუთრების ხერხემლის) მხრივ, ასევე სხვადასხვა შინაგანი დაავადებების გამოწვევი მიზეზი შეიძლება გახდეს, რადგან ტერფის ნორმალურ ფუნქციონირებაზე მთელი ორგანიზმის სრულყოფილი ფუნქციონირებაა დამოკიდებული.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ლიტერატურა:

1. მ. გრძელიძე. ტერფი, როგორც საყრდენ-მამოძრავებელი აპარატის ბიომექანიკური ცენტრი// Журнал Georgian Engineering News. GFN, №2. 2011. с. 133-136.
2. Грдзелидзе М.Г. Статистическая оценка и анализ результатов метода опытной эксплуатации экспериментального исследования// Журнал Georgian Engineering News. GFN, №2. 2011. с. 51-55.

THE PROBLEMS DETERMINING COMFORT PROPERTIES OF SPECIAL-PURPOSE SHOES FOR WORKERS OF THE SECTOR OF POWER INDUSTRY

Grdzeldze M. Tkheldidze N.
Akaki Tsereteli State University

Summary

Due to specificity of the sector of power industry, there are different labor conditions and, consequently, sanitary-hygiene requirements are different as well. It is necessary to ensure careful observance of working conditions of their maintenance staff sanitary-hygiene requirements of manufacturing process. From this point of view, the correct choice of particular special-purpose shoes is an important problem.

**მაღალი ძაბვის ქვეშ მომუშავე პერსონალის
სპეცტანსაცმლისადმი წაყენებული მოთხოვნები**

თხელიძე ნ., გრძელიძე მ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

სტატიაში განხილულია მაღალი ძაბვის ქვეშ მომუშავე პერსონალის სპეცტანსაცმლისადმი წაყენებული მოთხოვნები და მისი დამზადებისათვის ქსოვილების შერჩევა. აღნიშნული მრეწველობისათვის არსებობს მოთხოვნა სპეცტანსაცმლის შერჩევისათვის. სპეცტანსაცმლის შერჩევა შესაძლოა წარმოების განსაკუთრებულობების გათვალისწინებით. კონსტრუქციული პირველ რიგში უნდა იყოს მოხერხებული, პრაქტიკული და ფუნქციონალური. ქსოვილის შერჩევა ერთ-ერთი ყველაზე საპასუხისმგებლო მომენტია.

მაღალი პროფესიული რისკის შემცველი პერსონალის დაცვა მათი სამსახურეობრივი მოვალეობიდან ერთ-ერთი ყველაზე აქტუალური საკითხია, განსაკუთრებით კი ეს ეხება მაღალი ძაბვის ქვეშ მომუშავე პირებს და ენერგეტიკებს, რადგან მათი ჯანმრთელობის მთლიანი დაცვა მოსალოდნელი საფრთხეებიდან შეუძლებელია. ასეთ საწარმოებში მომუშავე პირები შეიძლება დაცული იქნან დარგობრივი სპეცტანსაცმლის გამოყენებით. თუმცა ძალიან მწირი ინფორმაცია არსებობს იმის შესახებ თუ როგორი უნდა იყოს მათი სპეცტანსაცმელი. როგორც უბედური შემთხვევების სტატისტიკა გვიჩვენებს, სპეცტანსაცმლის ერგონომიკის მთლიანი შესაბამისობა მომუშავეთა „კლიმატურ პირობებთან“ ფრიად მნიშვნელოვანი ფაქტორია. ამიტომ შემუშავებული უნდა იქნას ნორმატივები, სადაც მკაცრად გაწერილი იქნება პარამეტრები ენერგეტიკების სპეცტანსაცმლისათვის. სადაც გათვალისწინებული უნდა იყოს როგორც სპეცტანსაცმლის დამცავი ქსოვილის სტრუქტურა, მახასიათებლები, კონსტრუქცია, ისე მოხერხებულობა და დიზაინიც კი.

ქსოვილის შერჩევა ერთ-ერთი ყველაზე საპასუხისმგებლო მომენტია. დამცავი კონსტრუქციის ქსოვილები წარმოებულია პარა-მეტაარმირებული ბოჭკოებისაგან, რომლებიც არ ააღდებიან და არ იწვიან. მათი დამცავი თვისებები ჩადებულია მოლეკულურ დონემდე და მთლიანად ასახულია მთელ ქსოვილზე. მაღალი ტემპერატურის მოქმედებით ქსოვილში ჩაშვებულია კარბონიზაციის პროცესი: ტანსაცმლის ზედაპირზე წარ-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

მოიქმნება დამცავი თხელი ფენა, რომელიც წინააღმდეგობას უწევს ელექტრო დენის შეღწევას ტანსაცმლის შიგნით. დღეისათვის მხოლოდ არმირებულ ქსოვილებს აქვთ ასეთი უნარი. ქსოვილის წარმოქმნის პროცესში გამოიყენება ანტისტატიკური ბოჭკოები, რომლებიც შედის ნართის შემადგენლობაში, მისი წარმოების პროცესში. სპეცტანსაცმელზე, რომელიც შექმნილია ასეთი ქსოვილებისაგან, კრიტიკულ დონემდე მიღწევამდე ჭარბი ელექტრომუხტი განიხნევა. ასეთი ქსოვილების მახასიათებლები მოცემულია ცხრილში 1.

ცხრილი 1.

ქსოვილის დასახელება	არტიკული	შემადგენლობა	ხლართის სახე	ზედაპირული სიმკვრივე გ/მ ²
პანაცვა 160	87001	65ПЭ 635ВИС	ტილო	160
პანაცვა 150	18012	60ХЛ 40ПЭ	ტილო	150
პრემიერ FR350	10202	100ХЛ	ატლასი	340
სტონგ 400	15402	88ХЛ 12ПЭ	სარჯა	400

ყოველ სპეცტანსაცმელს გააჩნია განსაზღვრული დაცვის უნარი, რომელიც მიიღწევა შერჩეული ქსოვილისა და კონსტრუქციის განსაკუთრებულობების ერთმანეთთან შესაბამისობით. მთავარია სწორად განისაზღვროს სამუშაო ადგილის რისკის ხარისხი და დაცვის დონე. უნდა იყოს კომფორტული და ხასიათდებოდნენ მაღალი დაცვის უნარით.

ენერგო დანადგარებთან მომუშავეთათვის, სადაც საჭიროა მაღალი დაცვის კლასი, შეიძლება გამოყენებული იქნას დამცავი ქურთუკები, რომელიც შედარებით სერიოზული დაცვისათვის უნდა გამოვიყენოთ, სხვა დანარჩენ შემთხვევაში შეიძლება გამოვიყენოთ მსუბუქი დამცავი კოსტუმები. დაცვის ასეთი მიდგომა ფართოდაა გავრცელებული და გამოყენებული, დამცავი ქურთუკი შედის დაცვის აუცილებელ ატრიბუტში.



მაღალი ძაბვისაგან დამცავი ქურთუკი

უნდა აღინიშნოს, რომ მხოლოდ ზემოთ აღნიშნული ქსოვილებისა და მარტო სპეცტანსაცმლის გამოყენება არ არის გარანტი უსაფრთხო მუშაობისა. თითოეულმა მომუშავემ უნდა გაითვალისწინოს, რომ კომპლექსური დამცავი საშუალებების გამოყენებაა აუცილებელი იმისათვის, რომ თავიდან ავიცილოთ უსიამონო შედეგები. ასეთ საშუალებებს წარმოადგენენ: სპეცტანსაცმელი, დამცავი ხელთათმანები, ჩაფხუტი, დამცავი ეკრანი, სპეცფეხსაცმელი და სხვა. ამასთანავე აუცილებელია, რომ სპეცტანსაცმელი, დამცავი ქურთუკი, სახელოების მანუეტები ბოლომდე იყოს შეკრული.

და ბოლოს რამდენიმე სიტყვა დიზაინზე. დღეისათვის სპეცტანსაცმელი არ არის მხოლოდ შრომის დაცვის საშუალება. ის არის ამავე დროს საწარმოსა თუ ფირმის სახე. მასში მომუშავე თავს უნდა გრძნობდეს კომფორტულად, რითაც უნდა დაიცვას კორპორაციული სტილი, ამიტომ ხშირად ხმარობენ ტერმინს „კორპორაციული სპეცტანსაცმელი“, რომელიც ხშირად საწარმოების სა-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ვიზიტო ბარათს წარმოადგენს. ამ დროს იქმნება საფირმო სახე, საერთო საფირმო სიმბოლიკით. რითაც შეიძლება მომუშავეის იდენტიფიცირება სხვა საწარმოს მომუშავეთაგან. ხარისხიანი სპეცტანსაცმელი ხელს უწყობს კორპორაციული კულტურის ფორმირებას.

ამრიგად, ყველა დარგის მომუშავეთათვის არსებობს მოთხოვნა სპეცტანსაცმლის შერჩევისათვის. კოსტიუმი პირველ რიგში უნდა იყოს მოხერხებული, პრაქტიკული და ფუნქციონალური. ორიგინალური მოდელი მოცემულ შემთხვევაში არ წარმოადგენს ძირითად ფასეულობას.

ლიტერატურა

1. Г. Ю. Касьянова - Спецдежда , Издательство: АБАК- 2011 г. 211 с.

THE REQUIREMENT TO SPECIAL CLOTHES FOR EMPLOYEES OF THE HIGH VOLTAGE

N. Tkheldze, M. Grdzeldze
Akaki Tsereteli State university

Summary

The article deals with the requirement to special clothes for employees of the high voltage and fabric selection for its for issuing. There is a request for selecting special clothes for designated industry. Taking into account the peculiarities of the production of uniforms. Suit at first place should be comfortable, practical and functional. Fabric selection is one of the most responsibility moment. One of the most critical moments in the fabric selection.

**ქუთაისის ზონის ბუნებრივი რადიაციული ფონის შეფასება
მდგრადი ბანკითარების პრინციპების ბათვალისწინებით**

ხეცურიანი მ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ქ. ქუთაისსა და მის მიმდებარე ლანდშაფტებში ბუნებრივი რადიაციული ფონი ვარირებს 8-14 მკრ/სთ-ის ფარგლებში და დასაშვებად მიღებულ დონეზე (20-30 მკრ/სთ) გაცილებით ნაკლებია.

წარმოებული გაზომვების შედეგად განსაზღვრული რადიაციული მდგომარეობა საკვლევ ტერიტორიაზე მოსახლეობას საშიშროებას არ უქმნის. კვლევის პერიოდში არ იქნა გამოვლენილი უკონტროლო რადიოაქტიური წყაროები და რადიოაქტიური დაბინძურება.

დღესდღეობით კეთილდღეობის, ცხოვრების ხარისხის ევროპული ცნება, გარდა წმინდა ეკონომიკური მახასიათებლებისა მოიცავს ადამიანის უსაფრთხოებას და ჯანმრთელობას, ღირსეული მუშაობის და სრულფასოვანი დასვენების შესაძლებლობას, საზოგადოებრივ ცხოვრებაში ჩართულობას, კომფორტულ და უსაფრთხო სოციალურ გარემოს.

ბუნებრივი რადიაციული ფონი არის განმსაზღვრელი ძირითადი რადიოეკოლოგიური სიტუაციის შეფასებისათვის ამა თუ იმ ზონისათვის.

საქართველო ბუნებრივად მაღალი რადიაციული ფონის ქვეყანას მიეკუთვნება, რაც განპირობებულია მისი გეოლოგიური და გეოფიზიკური მდგომარეობით. განედური მდებარეობა და ატმოსფეროს ცირკულაციური თავისებურებებია საქართველოს ტერიტორიაზე ხელოვნური რადიონუკლიდების მოჭარბებული გამოლექვის მიზეზი, ეს უკანასკნელი კი იწვევს გარემოს რადიაციული ფონის ზრდასა და,

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

შესაბამისად, იქმნება მოსახლეობის დასხივების დოზების ზრდის საშიშროება. საქართველოში რადიაციული უსაფრთხოების საკითხები რეგულირდება საქართველოს კანონებით „ჯანმრთელობის დაცვის შესახებ“, „ბირთვული და რადიაციული უსაფრთხოების შესახებ“ და ნორმატიულ-ტექნიკური დოკუმენტაციით: „რადიაციული უსაფრთხოების ნორმები“ (run - 2000) და „რადიოაქტიურ ნივთიერებებთან და მაიონებელი გამოსხივების სხვა წყაროებთან მუშაობის ძირითადი სანიტარიული წესები და ნორმები“.

ქ. ქუთაისში ბოლო წლების განმავლობაში საგრძნობლად გაიზარდა ტურისტების რაოდენობა, „სათაფლიის მღვიმესა“ და „პრომეთეს მღვიმეში“ ყოველწლიურად ექსკურსიაზე მოდის რამდენიმე ათასი ადამიანი (მათი რიცხვი მომდევნო წლებში კიდევ უფრო გაიზრდება). ამიტომ მნიშვნელოვანია იმის ცოდნა, თუ რამდენად უსაფრთხო გარემოა რადიაციული თვალსაზრისით ადამიანებისათვის, რამდენად ეფუძნება არსებული გარემო მდგრადი განვითარების პრინციპს, რომლის თანახმად, დღევანდელი მოთხოვნილებები უნდა დაკმაყოფილდეს ისე, რომ საფრთხე არ შეექმნას მომავალ თაობებს, რამდენად უზრუნველყოფს საზოგადოების კეთილდღეობას მოკლე, საშუალო და, რაც მთავარია, ხანგრძლივი ვადით.

ქ. ქუთაისსა და მის შემოგარენში რადიაციული მდგომარეობის ჩვენს მიერ წარმოებული კვლევა მოიცავს ლანდშაფტების, გზების, ქუჩების, მოედნებისა და ა. შ. რადიაციული ფონის შემოწმებასა და განსაზღვრას.

ზოგადად, ნებისმიერ ქალაქში, მცირედ მომატებული რადიაციული ფონი დაკავშირებულია ბუნებრივ არაერთგვაროვან გეოლოგიურ ქანებთან, დიდი რაოდენობით სამშენებლო მასალების მომატებულ ბუნებრივ რადიოაქტიურობასთან (გრანიტი, ხრეში და ა.შ.), ქალაქში განთავსებული მავნე საწარმოო ობიექტების, ავტორანსპორტის გამონაბოლქვთან. აგრეთვე, რადიაციული ფონის დონე დამოკიდებულია გაზომვის ჩატარების დროზე (მაგალითად, წვიმის შემდეგ ექსპოზიციური დოზის დონემ შეიძლება აიწიოს 1-2 მკრ/სთ-ით ატმოსფეროდან რადიოაქტიური ნივთიერებების გამორეცხვის ხარჯზე)

ქალაქში განვითარებული მრეწველობა და ტრანსპორტი, თავის მხრივ, წარმოადგენენ რადიოაქტიური ნივთიერებების მოხვედრის წყაროს ქალაქის გარემოში. ამიტომ რადიაციული ფონი ყოველთვის შედარებით მაღალია ქალაქის შიგნით, ვიდრე განაპირა რაიონებში. აღნიშნული პროცესის მეცნიერულ ტერმინს ეწოდება - ტექნოგენურად გაძლიერებული რადიაციული ფონი

2011-2012-2013 წლებში ჩატარებულ იქნა ქუთაისის ზონის ბუნებრივი რადიაციული ფონის შესწავლა სცინტილაციური დოზიმეტრის CPII-68-01, №3213-ის მეშვეობით.

როგორც მოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს, ქ. ქუთაისის მიმდებარე ლანდშაფტებში შედარებით მაღალი მაჩვენებლები აღინიშნება, ვიდრე ქალაქის ტერიტორიაზე, რაც შეიძლება აიხსნას იმით, რომ ავტომაგისტრალზე, სადაც ინტენსიური მოძრაობაა - აღინიშნება ექსპოზიციური დოზების მაღალი მაჩვენებლები ქალაქის სხვა ადგილებთან შედარებით. ზოგადად, ქ. ქუთაისსა და მის მიმდებარე ლანდშაფტებში ბუნებრივი რადიაციული ფონი ვარირებს 8-14 მკრ/სთ-ის ფარგლებში და დასაშვებად მიღებულ დონეზე (20-30 მკრ/სთ) გაცილებით ნაკლებია.

ცხრილში მოცემულია აგრეთვე რადიაციული ჰიგიენის სანიტარიის თვალსაზრისით ადგილობრივი მაცხოვრებლების მიერ გამოსხივებით მიღებული წლიური დოზები (მზვ/წელი). როგორც ცხრილიდან ჩანს, დასხივების წლიური დოზები ვარირებს 0,70 მზვ/წ-დან 1,23 მზვ/წ-მდე ფარგლებში.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ბუნებრივი რადიაციული ფონის გაზომვის შედეგები მოცემულია ცხრილში.
 ქუთაისის ზონის ბუნებრივი რადიაციული ფონის მაჩვენებლები

№	საკვლევი ტერიტორია	რადიაციული ფონი მკრ/სთ	(ნრ/სთ)	№	საკვლევი ტერიტორია
1	მდ. ჭიშურა	10	100	0,87	0,17
2	მდ. წყალწითელა (ახალ ხიდთან)	14	140	1,23	0,25
3	მუხნარის ტყე	11	110	0,96	0,19
4	სოფ. გუმბათი	12	120	1,05	0,21
5	სოფ. ბანოჯა	13	130	1,14	0,23
6	სოფ. ქვიტირი	9	90	0,78	0,16
7	ყოფილი ავანგარდის ქარხანა (სულხან-საბას გ.)	11,5	115	1,01	0,20
8	ყოფილი ლითოფონის ქარხანა (წერეთლის ქ.)	10	100	0,87	0,17
10	ქუთაისში შემოს. (ბანოჯის მხრიდან)	10	100	0,87	0,17
11	ნაგავსაყრელი (ნიკეას ქ.)	10	100	0,87	0,17
12	საქართველოს პარლამენტი (იაბაშიძის გ.)	12	120	1,05	0,21
13	აღმაშენებლის გამზ.	8	80	0,70	0,14
14	ნიკეას ქ.	9	90	0,78	0,16
15	აწსუ უნივერსიტეტი თამარ-მეფის ქ.)	10	100	0,87	0,17
16	ჩეხელაშვილის ქ.	8	80	0,70	0,14
17	დავით აღმაშენებლის სახელობის აერო-პორტი (კოპიტნარის დასახლება)	10	100	0,87	0,17
18	მდ. ოლასკურა (ბუხაიძის ქ.)	11,5	115	1,01	0,20
19	ჭავჭავაძის გ.	12	120	1,05	0,21
20	რუსთაველის გ.	10	100	0,87	0,17
21	ახალგაზრდობის გამზ.	13	130	1,14	0,23
22	ქუთაისში შემოსასვლელი (აღმოსავლეთის მხრიდან)	12	120	1,05	0,21
23	საყოფაცხოვრებო ტექნიკის ქარხანა "რესკ-ეორგია" (ავტომშენებლის ქუჩა)	9	90	0,78	0,16
24	მეტალურგიული ქარხანა „ჰერკულესი“ (შეგზენკოს ქუჩა)	11	110	0,96	0,19
25	ბეტონის ქარხანა „შპს. ტობე“ (ავტომშენებლის ქუჩა)	9	90	0,78	0,16
26	ავტომექანიკური ქარხანა (ავტომშენებლის ქუჩა)	10	100	0,87	0,17
27	ლიმონათის ქარხანა შპს „ნოკა“ (თაბუკაშვილის ქუჩა)	12	120	1,05	0,21
28	ყოფილი ელექტრომექანიკური ქარხანა (გუგუნავას ქუჩა)	9	90	0,78	0,16
29	ბოტანიკური ბაღი (ლესელიძის ქ.)	9	90	0,78	0,16
30	ქ.ქუთაისის ცენტრალური ბაღი	10	100	0,87	0,17
31	ბაგრატიის ტაძარი	9	90	0,78	0,16

საკვლევი ტერიტორიაზე განსაზღვრული საერთო რადიაციული ფონი და მოსახლეობის წლიური დასხივების დოზები ყველაზე დაბალია აღმაშენებლის გამზირსა და ჩეხელაშვილის ქუჩაზე (80 ნრ/სთ; 0,70 მზრ/წელი), ხოლო ყველაზე მაღალია მდ. წყალწითელასთან (ე.წ. ახალ ხიდთან) – (140 ნრ/სთ; 1,23 მზრ/წელი).

ქუთაისის ზონაში საშუალოდ დასხივების წლიური დოზა 0,92 მზვ/წელ-ს შე-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

ადგენს.

მოსახლეობის სხივურ დატვირთვაში მნიშვნელოვანი წვლილი შეაქვს სამშენებლო მასალებად ნიადაგის ქანებიდან ამოღებული ნედლეულის (თიხა, კირქვა, ბაზალტი, გრანიტი, ტუფი და ა.შ.) გამოყენებას, ასევე სხვა წიაღისეულის (ნავთობი, ქვანახშირი და სხვა) ინტენსიურ მოპოვებას, აქედან გამომდინარე, აქტუალური ხდება საშენი მასალების, ასევე, წიაღისეულის მოპოვების არეალების კონტროლი რადიოაქტიურ დაბინძურებაზე და პერსონალის რადიაციული მონიტორინგი. აუცილებელია აღინიშნოს, რომ ამ მონაცემებში არაა გათვალისწინებული შენობებსა და მის სარდაფებში არსებული სიტუაცია, რაც ცალკე კვლევის საგანია.

ამრიგად, წარმოებული გაზომვების შედეგად განსაზღვრული რადიაციული მდგომარეობა საკვლევ ტერიტორიაზე მოსახლეობას საშიშროებას არ უქმნის. კვლევის პერიოდში არ იქნა გამოვლენილი უკონტროლო რადიოაქტიური წყაროები და რადიოაქტიური დაბინძურება.

ლიტერატურა:

1. Цицкишвили М. Оценка радиационного фона и дозовых нагрузок на население грузии. В сборнике-Радиационная экология горных регионов, часть I. – Тб., 2006.
2. გორგობიანისა მ. და ზურაბიშვილის ბ. რედაქციით „სამედიცინო ეკოლოგია“ თბილისი. 2010
3. <http://www.rurealty.ru/articles/18/>
4. <http://geiger.su/?p=18>
5. <http://www.radiation.ru/research/Moscow.htm#moscow>

Khetsuriani M.

Akaki Tsereteli State University

Summary

Natural radiation background varies in 8-14 mcr. per hour in Kutaisi and the surrounding area. It is far less than the allowed level (20-30 mcr./hr.). Estimated radiation rates on the research territory defined after conducted measurements are not hazardous for the settlers. No out of control radioactive resources and pollution has been revealed during the study

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСТЕКАНИЯ ПРИ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВАХ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Цецхладзе Р., Чоговадзе Дж., Чабუкиანი Р.

Государственный университет Акакия Церетели

Транспортирование нефти сопровождается авариями, которые, несмотря на заметное снижение уровня экологического загрязнения больших водных масс, все еще остается проблематичной. В работе дан анализ системы перемещения нефтепродуктов по акватории, объемы перекачки нефти и нефтепродуктов через бассейн Черного моря Грузинского побережья. Экспериментально изучена природа растекания нефтепродуктов в пресной (речной) воде замкнутого водного бассейна. опыты показали, что пятно моторного масла (ММ) в течении 2 часов продолжало свободное растекание, не изменяя форму круга. Однако после соприкосновения с бортами бассейна получило форму эллипса с большим диаметром по длине бассейна.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

Ежедневная добыча и запасы сырой нефти на территориях разных стран мира распределено неравномерно, что обуславливает необходимость ее транспортирования из одних стран в другие.

Абсолютное количество добываемой в мировом шельфе нефти перевозиться танкерным флотом, который в конце прошлого века составлял 1,5 млрд т в год. Логично, что транспортирование нефти сопровождается авариями, которые, несмотря на заметное снижение их уровень экологического загрязнения больших водных масс, все еще остается проблематической.

На территории Грузии, как исторически в ключевой стране „Великого шелкового пути” проходят все виды транспортных линий: автомобильное, речное, морское, железнодорожное, воздушные, трубопроводное, которые могут каждым годом увеличить объем перевозок энергоносителей из Азербайджана, Казахстана и Туркмении, отправляемой по всему миру. В связи с этим возрастает ответственность республики в обеспечении соответствующих структур и способов управления экологической безопасности транспортировки нефти и нефтепродуктов

Согласно анализа системы перемещения нефтепродуктов по акватории объемы перекачки нефти и нефтепродуктов через бассейн Черного моря Грузинского побережья нарастают с каждым годом.

экспериментальном работе было изучение природы растекания нефтепродуктов в пресной (речной) воде замкнутой в рамках водного бассейна. Исследования проводились на моторное масло.

В середине бассейна на высоте 10 см в воде было накапано 3 капли ММ; через 5-10 мин. масса принял круглое очертание диаметром 0,5 м; далее, через каждый час измерялось площадь растекания ММ; Кинематика растекания ММ в течение три часа показана на рис. 1.

Результаты экспериментальных исследований растекания ММ во времени приведены в таблице 1

таблица 1

F, м ²	0,5	0,7	1,2	1,5
t, час	0,7	1,0	2,0	3,0

Растекания ММ соответствует закономерности уравнения прямой

$$F = at + b$$

здесь t – время растекания ММ; a и b – коэффициенты регрессии, которые определяется методом суммы наименьших квадратов .

После постановке значений коэффициентов регрессии получим следующее уравнение

$$F = 0,44t - 0,55$$

На рисунке 2 представлена график изменения площадь растекании ММ в зависимости от времени.

Изменение времени растекания ММ в часах дает возможности заранее определить площадь растекания любого типа нефтепродуктов.

Как видно из рисунка 3. а. пятно ММ в течение 2 часа продолжал растекания свободно без столкновения с какими-нибудь препятствиями, однако после соприкосновения с бортами бассейна оно изменяет форму и удлиняется по диаметру с одной стороны, по направлению длины бассейна. (см. рис. 3 б.)

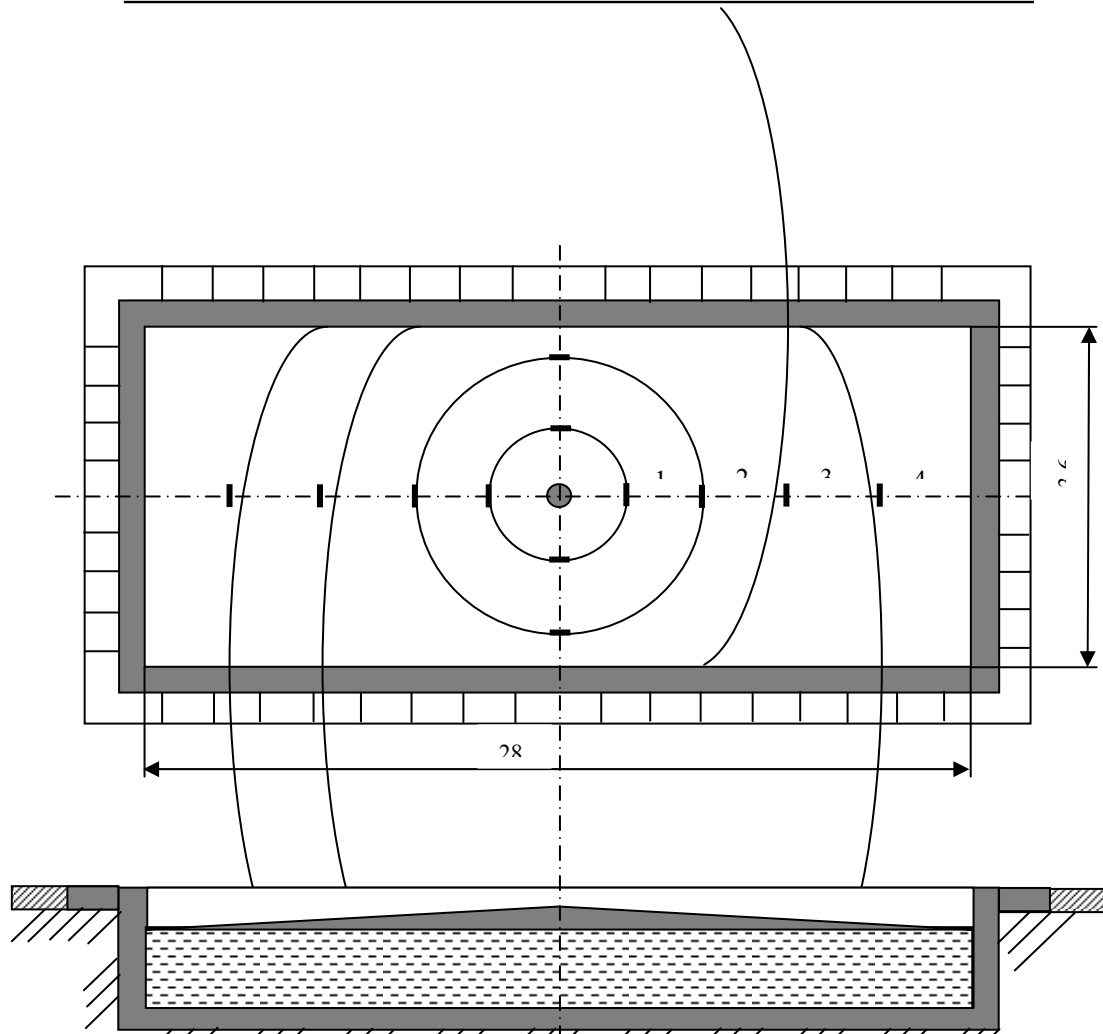


Рис.1. Схема бассейна и кинематика растекания моторного масла в пресной воде

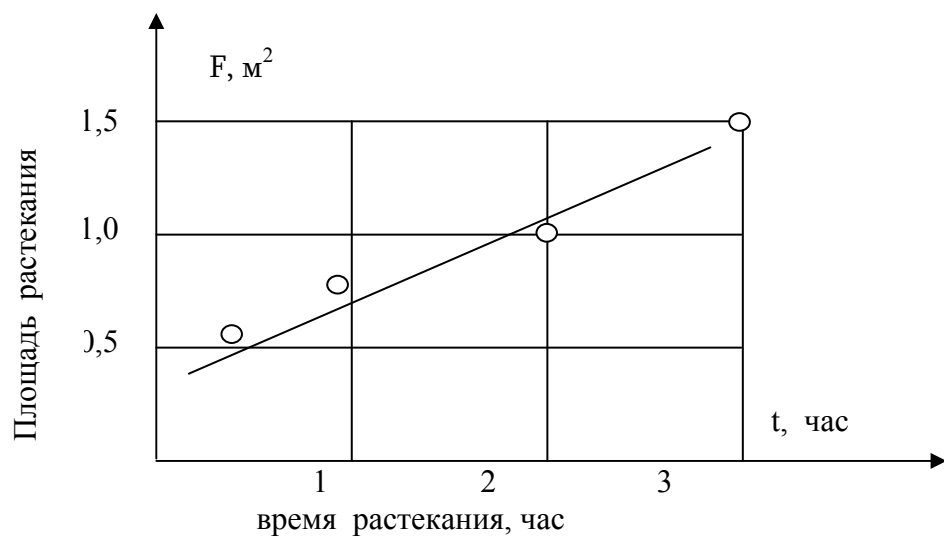


Рис. 2. Зависимости площади растекания от времени



ა.

ბ.

Рис. 3. Формы растекшихся пятен до соприкосновения с бортами бассейна (а) и после соприкосновения.



Рис.4. Специальное техническое средство боновые ограждение для локализации нефтяного пятна.

Аналогично действует большая вливающая масса нефтепродуктов при столкновении с берегом, что требует использованию соответствующих служб оснащенных специальными техническими нефтезаборными средствами (рис.4.).

Литература

- 1.Цецхладзе Р., Чоговадзе Дж., Чабукиани Р. Анализ системы перемещения нефтепродуктов по акватории грузинского побережья. Международная научно-практическая конференция наука и инновационные технологии. Сборник трудов. Кутаиси, 2014, 403-405 с.
2. Альхименко А.И. Аварийные разливы нефти в море и борьба с ними.-СПб.: ОМ-Пресс, 2004.-229 с.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

EXPERIMENTAL STUDY OF OIL SPREADING PROCESS DURING THE ACCIDENTAL OIL SPILLS

Tsetskhladze R., Chogovadze J. Chabikiani.
Akaki Tsereteli State University

Summary

The paper dwells on the analysis of the oil products transportation system in the water area, throughput volumes of oil and oil products through the Black Sea basin of Georgian sea shore. There has been experimentally studied the nature of oil products spreading in fresh (river) water in a closed water basin. The experiments have shown that the oil spot kept on freely spreading for 2 hours without changing the shape of circle. However, after colliding with the basin borders, it received the form of ellipse with a diameter along the length of the basin.

ნიადაგის მინიმალური დამუშავება – მნიშვნელოვანი ეკოლოგიური რეზერვი

თავბერიძე ს., წიქორიძე მ., ებანოძე ე.
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

მოსახლეობის რაოდენობის ზრდა ადამიანს წარმოებული პროდუქციის მოცულობის ზრდისაკენ უბიძგებდა, რამაც გარემოზე ნეგატიური ზემოქმედება ბოლოს ისე გაზარდა, რომ კაცობრიობა საგონებელში ჩააგდო და მიწადმოქმედების შედარებით დახვეწილი ტექნოლოგიების შექმნისკენ უბიძგა; ამან კი, თავის მხრივ, ეკოსისტემის დამცავი ტექნოლოგიების აქტიური განვითარება განაპირობა.

ნიადაგის დამუშავების თანამედროვე ტექნოლოგიებს ქვეყნის სოფლის მეურნეობის განვითარებისთვის დიდი მნიშვნელობა ენიჭება. ყოველი ახალი ტექნოლოგია, რომელიც არ არის ტრადიციული საქართველოსთვის, საჭიროებს ფერმერთა ცნობიერების ამაღლებას ამ ტექნოლოგიის მნიშვნელობაზე წყლისმიერი, ქარისმიერი ეროზიისა თუ სხვა ეკოლოგიური ნეგატიური მოვლენების შემცირების კუთხით.

უკვე მრავალი საუკუნეა, რაც კაცობრიობა ნიადაგის ეროზიის შედეგად მნიშვნელოვან ზარალს განიცდის. ნიადაგების დეგრადაციის პროცესი კატასტროფულ ფორმებს იღებს. ყოველწლიურად მსოფლიოში სამეურნეო მიზნებით გამოყენებას აკლდება 5 – 7 მლნ. ჰა სახნავე მიწის ფართობები, საიდანაც ფართობების 60% - წყლისმიერი ეროზიის შედეგად, ხოლო 40% ქარისმიერი ეროზიის მიხედვით. [2]

დედამიწაზე სხვადასხვა ეკოლოგიურ საშიშროებასთან დამოკიდებულებაში, მსოფლიოს ანალიტიკური ცენტრები მსჯელობენ ნიადაგის მდგომარეობის მომავლის შესახებ. 2007 წლის 14 მარტს დანიამ, პორტუგალიამ, ესპანეთმა და კანადამ შეიტანეს კოტოს ოქმში პუნქტი, რომ ნიადაგში CO_2 -ის შემცირება შესაძლებელია ნიადაგის დამუშავების რაოდენობების შემცირების ხარჯზე.

ამ ტექნოლოგიების გამოყენების გზით მსოფლიო აგროარეოსები აღწევენ ორ მიზანს:

- ეკოლოგიურ კატასტროფის საშიშროების შემცირებას;
- ნიადაგის ნაყოფიერების ამაღლებას.

ნიადაგზე მზარდმა მექანიკურმა ზემოქმედებამ გამოიწვია მთელი რიგი ნეგატიური მოვლენები:

პირველ რიგში ნიადაგის მექანიკური დამუშავება „ყლაპავს“ მიწათმოქმედებაში ენერგეტიკული დანახარჯების დაახლოებით 40% და შრომითი დანახარჯების

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

25 %-ზე მეტს.

მეორე – ნიადაგზე მზარდი მექანიკური დაწოლა, როგორც წესი მაძრავის მასის ზრდითაა განპირობებული და მასზე აგრეგატის ხშირი გადაადგილება მკვეთრად აძლიერებს ნიადაგის დეგრადაციას. მკვეთრად გაიზარდა ნიადაგის სიმკვრივე და წინააღმდეგობა, ნიადაგში ჰუმუსის შემცველობა ბოლო 60 წლის განმავლობაში შემცირდა 25-30%-ით, გაძლიერდა ეროზიული პროცესები.

მესამე – მიუხედავად იმისა, რომ ბოლო 20 წლის განმავლობაში ნიადაგზე მექანიკური ზემოქმედება გაიზარდა 3.5-ჯერ, კულტურათა მოსავლიანობა შემცირდა 12-30%-ით ნიადაგის სიმკვრივის ზეგავლერებულობის გამო. ამ და სხვა ნეგატიურმა ასპექტებმა მკვეთრად აამაღლეს ნიადაგის მინიმალური დამუშავების აქტუალობა თანამედროვე მიწათმოქმედებაში.

ნიადაგის დამუშავების მინიმიზაციის ძირითადი გზა მდგომარეობს შემდეგში:

- დამუშავების რაოდენობების შემცირება მათი ნიადაგის ოპტიმალურ ფიზიკურ მდგომარეობაში ჩატარების შესაბამისად;
- ნიადაგის დამუშავების სიღრმის შემცირება აგროტექნიკურად დასაბუთებული ნიადაგის ღრმა და ზედაპირული დამუშავების ხერხების მონაცვლეობით;
- სამანქანო-სატრაქტორო აგრეგატის (სსა) ერთი გავლით რამდენიმე ტექნოლოგიური ოპერაციის შესრულების შეთავსება;
- დასამუშავებელი ზედაპირის ფართობის შემცირება დანარჩენ ფართობზე პესტიციდების გამოყენებით;
- ნიადაგზე მინიმალური ხვედრითი დაწნევით მომუშავე მაძრავებისა და ნიადაგ-დამამუშავებელი იარაღების გამოყენება.

ამასთან ამ გზების რეალიზაცია შესაძლებელია მხოლოდ მიწათმოქმედების პრაქტიკაში განსაზღვრული პირობების დაცვით:

- ნიადაგის თანაბარფასიანი სიმკვრივის ფორმირება ცალკეულ სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ოპტიმალურ სიმკვრივეთა შესაბამისად (მარცვლოვანი კულტურებისათვის 1.1 - 1.3 გ/სმ³; სათოხნი კულტურებისათვის 1 – 1.2 გ/სმ³);
- დაცული იქნას ნიადაგის საერთო ფორიანობა არანაკლებ 50 – 55%-ისა და აერაციის ფორიანობა 15 – 20%-ზე მეტი;
- უზრუნველყოფილ იქნეს ნიადაგის წყალგამტარიანობა არანაკლებ 60 მმ/სთ;
- შენარჩუნებულ იქნას მინდვრის ნიადაგის ტენმოცულობა 30 – 33% ზღვრებში;
- შენარჩუნებულ იქნეს მაკროსტრუქტურის წყალმდგრადი აგრეგატების შემცველობა 50%-ზე მეტი;
- სახნავი ფენის სიმძლავრის ფორმირება არანაკლებ 200 - 220 მმ-ისა.

ამ პირობების შესასრულებლად აუცილებელია სასოფლო-სამეურნეო სამუშაოების პროცესში მკაცრად იქნეს დაცული სხვადასხვა სასოფლო-სამეურნეო კულტურათა მოვლა-მოყვანის აგროტექნიკური მოთხოვნები, რესურსდამზოგი სსა-ის დაკომპლექტება, გარემოზე მავნე ზემოქმედების ნეიტრალიზაციისათვის თანამედროვე ტექნიკისა და სისტემების გამოყენება.

ნიადაგდამცავი ტექნოლოგიების დანიშნულება ტრადიციული და კუპტურების მოსავლიანობის შემცირების გარეშე ინტენსიური ტექნოლოგიების უარყოფითი გავლენის შემცირებაა. საჭიროა ისეთი სამანქანო ტექნოლოგიების და ტექნიკური საშუალებების ძიება, რომლებიც უზრუნველყოფს არამარტო ქარისმიერი და წყალისმიერი ეროზიების შემცირებას, არამედ მიწის ეფექტიან გამოყენებას, ნიადაგის ნაყოფიერების აღდგენას და გაზრდას, მისი დანაგვიანების აღმოფხვრას და საერ-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

თოდ დარღვეული ეკოლოგიური წონასწორობის აღდგენას. დამცავ ტექნოლოგიებში დატკეპნილი ფენის პერიოდულ გაფხვიერება (განტკეპვნას) და მისი იმფილტრაციული თვისებების გაუმჯობესებას დიდი ყურადღება ექცევა. ნიადაგის დატკეპნის შესამცირებლად მიწის დამუშავების რამდენიმე ტექნოლოგიური ოპერაციის გაერთიანება კარგ შედეგს იძლევა, რა დროსაც ხშირად გამოიყენება ფართო საბურავიანი ან მუხლუხიანი აგრეგატები, რომლებიც სპეციალურად დატოვებულ ტექნოლოგიურ ნაკვალევზე გადაადგილდებიან.

ნიადაგის მინიმალური დამუშავების ტექნოლოგია ფაქტობრივად ნიადაგდამცავი ტექნოლოგიის ერთ-ერთი მეთოდია. თავისი არსით ის სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოყვანის ტექნოლოგიური ოპერაციების კომპლექსია, რაც ენერგეტიკულ, შრომით, მატერიალურ დანახარჯებთან ერთად ნიადაგის ფიზიკურ თვისებებზე უარყოფით ზეგავლენას ამცირებს. ნიადაგის მინიმალური დამუშავების მიმართულებები: ძირითადი ღრმა დამუშავების მცირე სიღრმეზე დამუშავებით შეცვლა; სარეველების წინააღმდეგ ბრძოლის ქიმიური მეთოდების გამოყენებით რიგთაშორისების დამუშავების რიცხვის შემცირება; რამდენიმე ტექნოლოგიური ოპერაციის ერთ სამუშაო პროცესად (კომბინირებული მანქანებითა და აგრეგატებით) გაერთიანება; მინდვრის მხოლოდ იმ მწკრივების დამუშავება, რომლებიც ითვისება.

ნიადაგის ეროზიის თავიდან აცილებისათვის ერთ-ერთი მთავარი ღონისძიებაა ნიადაგის ხენა ბელტის გადაბრუნების გარეშე. ე. ი. არ ხდება ნაწვერალისთვის და ნიადაგის ქვედა ფენებისათვის ადგილის შეცვლა, არამედ მიმდინარეობს მათი ადგილზე ერთდროული გაფხვიერება.

ყველაზე უფრო ხშირად თანაწყობილ ოპერაციებს პრაქტიკაში ნიადაგის თესვისწინა და თესვისას იყენებენ. თეორიულად ნათესების დამუშავების რიცხვი შეიძლება დავიყვანოთ ერთამდე – თესვამდე. პრაქტიკულად ნიადაგის დამუშავების რიცხვის ზღვრულამდე შემცირების იდეას მრავალ ქვეყანაში ემსახურება სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოვლა-მოყვანის ტექნოლოგიები კვალში, ღარში ან კორდზე პირდაპირი თესვის გამოყენებით, რომელიც საშუალებას იძლევა შემცირდეს საწარმოს დანახარჯები და ნიადაგის დანაკარგი ქარისმიერი ეროზიისაგან.

მიწის დამუშავების ეს მეთოდი ტრადიციულად არ გამოიყენებოდა საქართველოში, ამიტომ მისი დანერგვისათვის თავდაპირველად სხვადასხვა საპილოტე პროექტებისა და ფერმერთა საკონსულტაციო მომსახურების უზრუნველყოფა იქნება აუცილებელი. რამეთუ მინიმალური დამუშავების ტექნოლოგია არ წარმოადგენს ტრადიციულს საქართველოსთვის და შესაბამისად არ არის გავრცელებული ბაზარზე, ასევე საჭირო იქნება ბაზრის უზრუნველყოფის რგოლის ჩამოყალიბება.

რეკომენდებული ტექნოლოგიით მკვეთრად შემცირდება ან მთლიანად აღიკვეთება ნიადაგის ეროზიის გამოვლინება სახნავ მიწებზე [4] და შემცირდება მიღებული პროდუქციის თვითღირებულება.

ლიტერატურა

1. Баженов С.П., Казьмин В.Н., Носов С. В. – Основы эксплуатации и ремонта автомобилей и тракторов. Москва «Академия» 2010 г. 330 ст.ил.
2. შაფაქიძე ე – ნიადაგის მინიმალური დამუშავება-ქვეყნის ეკონომიკური განვითარების მნიშვნელოვანი პრიორიტეტი. „აგრარული საქართველო“ №5 (25), თბილისი 2013. გვ. 13-14.
3. მახარობლიძე რ – სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოვლა-მოყვანის სამანქანო ტექნოლოგიები. „აგრარული საქართველო“ №1 თბილისი 2010. გვ. 6-8.
4. ვებ-გვერდი www.no-till.pro.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

MINIMAL SOIL TILLAGE-AN IMPORTANT ECOLOGICAL RESERVE.

Tavberidze S. Tch., Tsikoridze M. G., Ebanoidze I. D.

Akaki Tsereteli State University

Summary

Growth of population number used to stimulate humans to increase the volume of produced production, which has increased the negative effect on environment finally so much that mankind started to concern about it and this inspired them to invent more refined technologies for ecosystem protection.

Modern technologies in soil tillage are given a high importance in agricultural development. Each new technology, which is not traditional for Georgia requires awareness raising in farmers about the importance of these technologies in terms of elimination of water, wind caused erosions or other negative ecological disasters.

სატრანსპორტო საშუალებები და ეკოლოგიური პრობლემები

თოფურია რ., კოჩაძე თ., შოთაძე ზ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ნაშრომში მოცემულია სატრანსპორტო ენერგეტიკული დანადგარების მიერ შექმნილი მზარდი ეკოლოგიური პრობლემების მიმოხილვა და დასახულია მათი შემცირების პერსპექტიული მიმართულებები. ავტორთა აზრით ეკოლოგიური მანევრებლების გაუმჯობესების ერთ-ერთ მთავარ მიმართულებად დღეისათვის სატრანსპორტო თბური ენერგეტიკული დანადგარების მაღალი ეკოლოგიური მახასიათებლების მქონე საწვავზე გადაყვანა წარმოადგენს.

მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში სატრანსპორტო მრეწველობის ინტენსიური განვითარება დაიწყო მე-20 საუკუნეში და მაღალ ტექნოლოგიურ შედეგებს მიაღწია საუკუნის დასასრულსა და 21-ე საუკუნის დასაწყისში, რაც გამოისახება ალტერნატიული საწვავების გამოყენების შესაძლებლობებით, რომელიც პირველ რიგში აისახება ენერგეტიკული დანადგარების გარემოზე ზემოქმედების გაუმჯობესებაში.

სატრანსპორტო საშუალებებიდან არსანიშნავია საავტომობილო მრეწველობის განვითარების მანევრებლები, რომელიც პირობითად შეიძლება დაიყოს შემდეგ ეტაპებად:

- ავტომობილების საცალო და მცირე სერიული წარმოება - 1930 წლამდე;
- საავტომობილო მრეწველობის მძლავრი ბაზის შექმნა, რამაც უზრუნველყო სხვადასხვა ტიპის ავტომობილების კონვეიერული წარმოება და მასიური გამოშვება - 1930-1960 წწ;
- მთელი რიგი ახალი საავტომობილო ქარხნების ექსპლუატაციაში გაშვება - 1960-1980 წწ;
- ავტომობილების რაოდენობის მკვეთრი გაზრდა და დამზადების ხარისხის გაუმჯობესება - 1980—1990 წწ;
- ატმოსფეროს დაბინძურების შემცირების მიზნით ალტერნატიული საწვავების ძიებისა და ეკონომიურობის გაუმჯობესება - 1990-2015 წლამდე.

რიგ ქვეყნებში საგრძნობლად იზრდება ავტოტრანსპორტის ტვირთბრუნვა, განსაკუთრებით დიდი ტვირთამწეობის ტრანსპორტისაგან, რადგან ისინი ემსახურებიან საწარმოებს, სოფლის მეურნეობას, ქალაქების და საქალაქთაშორისო მაგისტრალებს, სხვადასხვა სახის მშენებლობებს, კარიერებს და მრავალი სახის სპეციალურ ობიექტებს.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ტებს. წლობით იზრდება ავტომობილების გამოშვების ტემპი და მათი ტვირთბრუნვის რაოდენობა. ამასთან ერთად მიმდინარეობს საავტომობილო პარკების სტრუქტურის ძლიერი ლოჯისტიკური სისტემებით გაუმჯობესებითი სამუშაოები, მათში იზრდება მცირე და მაღალი ტვირთამწვობის ავტომობილების კუთრი წონა. პარალელურად მიმდინარეობს მრავალი სახის ალტერნატიული საწვავების გამოყენების შესაძლებლობა და ატმოსფეროზე მავნე ზემოქმედების შემცირების სამუშაოებიც.

საავტომობილო ტრანსპორტის განვითარების პერსპექტიულ მიმართულებებში უნდა იყოს გათვალისწინებული შემდეგი:

- საავტომობილო ფორმების პარკის სტრუქტურის გაუმჯობესება;
- საავტომობილო ტრანსპორტის მაქსიმალურად შესაძლო გაზოდიზელიზაცია. ეს მიმართულება იმდენად არის პერსპექტიული, რამდენადაც გაზოდიზელებს გააჩნიათ სხვა საწვავებზე მომუშავე ძრავებთან შედარებით მთელი რიგი უპირატესობანი;
- აირბალონიანი ავტომობილების გამოყენების ინტენსივობის გაზრდა საშუალო და დიდ ქალაქებში;
- ბიოსაწვავების გამოყენების შესაძლებლობების გაფართოება;
- საზოგადოებრივი დანიშნულების ტრანსპორტის შემდგომი განვითარება და კუთრი წონის ამცლები;
- სატრანსპორტო საშუალებების ჰიბრიდული ძრავებით უზრუნველყოფა სხვადასხვა სახის ენერგორესურსების გამოყენებით;
- საავტომობილო ტრანსპორტის საწარმოო-ტექნიკური ბაზის შემდგომი სრულყოფა; მოძრაობის ორგანიზაციის გაუმჯობესება და ქალაქის ურბანული დაგეგმარების ახალი მეთოდების გამოყენებით ტრანსპორტის გამონაბოლქვ აირებში ტოქსიკურობის შემცირება;
- მოძველებული ტრანსპორტის ამოღება ექსპლუატაციიდან.

ზემოთ მოყვანილი ტრანსპორტის განვითარებების პერსპექტიული მიმართულებების სრულყოფის საზღვარი დიდად არის დამოკიდებული ბოლო პერიოდში მომხდარი გიგანტური გარდაქმნებით დედამიწის ყველა ნაწილში, ადამიანის მოღვაწეობის ყველა სფეროში გლობალური მასშტაბის მძლავრ ფაქტორებს შორის, რომელიც განსაზღვრავს ტრანსპორტის განვითარების გზებს, შეიძლება დავასახელო შემდეგი:

- მსოფლიოში მოახლეობის უპრეცედენტო მატება, რომელიც ხშირად დემოგრაფიული აფეთქებას უწოდებენ, ბოლო 4-5 თაობის ცხოვრების პერიოდში მსოფლიოს მოსახლეობა გაიზარდა 1 მლრდ-დან 6 მლრდ-მდე. თანამედროვე პირობებში დედამიწის მოსახლეობა ყოველწლიურად იზრდება 75-80 მილიონი ადამიანით და გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის გამოთვლით 2022 წლისათვის 8 მილიარდი ადამიანი იქნება.
- მრეწველობის სწრაფი ზრდა და მატერიალური რესურსების ხარჯვა. ბოლო 75 წლის განმავლობაში ქვანახშირის მოპოვება გაიზარდა 3-ჯერ, ბუნებრივი აირების 25-ჯერ, ნავთობის - 50-ჯერ, ამავე პერიოდში ელექტრო ენერჯის წარმოება გაიზარდა 1000-ჯერ, ამასთან 80-85% გამომუშავებული ელ.ენერჯია მიიღება ნახშირწყალბადიანი საწვავის დაწვით.
- მოსახლეობის ურბანიზაცია ე.ი. ქალაქების უმაგალითო ზრდა, მე-20 საუკუნის განვლილი წლების მიწურულის დედამიწის მოსახლეობის საერთო რაოდენობა გაიზარდა 3-ჯერ, ხოლო ქალაქის მოსახლეობა - 12-ჯერ. არაპროპორციულად იზრდება არა მარტო ქალაქების რაოდენობა, არამედ ქალაქში მაცხოვრებელთა რიცხვი.
- მე-20 საუკუნის ფენომენად ინგლისელმა ფიზიკოსმა და ფილოსოფოსმა ჯონ ბერ-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

ნაღმა დაასახელა სამეცნიერო ტექნიკური რევოლუცია. ძირითადად ამ ასწლეულში და უმეტესად მის მეორე ნახევარში, მეცნიერებამ და ტექნიკამ მიაღწია არნახული განვითარების დონეს, აღმოაჩინეს ობიექტური მსოფლიოს არსებობის და განვითარების ახალი კანონები, ენერჯის ახალი სახეები, ახალი მასალები, მანქანის ახალი ტიპები და სახეები, ახალი ტექნოლოგიური პროცესები, მართვის და კავშირის ახალი სისტემები და მეთოდები.

ჩამოთვლილი და ბუნებრივ-გეოგრაფიული, ეკონომიური, პოლიტიკურ-სოციალური და სხვა ფუნდამენტალური ფაქტორების ზეგავლენით მსოფლიო ტრანსპორტი განვითარდა როგორც რაოდენობრივად, ასევე ხარისხობრივადაც. თანამედროვე ტრანსპორტმა შესაძლებელი გახადა: მასიური ინდუსტრიული წარმოების საშუალებების და სამომხმარებლო პროდუქტების სპეციალიზირებული შრომის უფრო დიდი დაყოფა წარმოების ყველა სფეროში, სოფლის მეურნეობაში, მშენებლობაში და ეკონომიკის სხვა დარგებში; გაფართოვდა ნაციონალური და საერთაშორისო ვაჭრობა სხვადასხვა სახის ენერგომატარებლებით, ნედლეულით, მასალებით, ნახევარფაბრიკატებით და მზა პროდუქციით.

სატრანსპორტო საშუალებების განვითარებას თან სდევს ხალხის მზარდი მიგრაცია (მეტწილად მაღალი დონის კომფორტით) გარკვეული ქვეყნების ჩარჩოებში და საერთაშორისო მარშრუტებზე; დედამიწასთან ახლოს მდებარე კოსმოსური სივრცის ათვისება და საპლანეტაშორისო კვლევების და დაკვირვებების განხორციელება ხელსაწყოებით, საფრენი აპარატების დახმარებით მომავალში ხალხის საპლანეტაშორისო მოგზაურობანი და ტურიზმის ინტენსიური ზრდა.

მიუხედავად მნიშვნელოვანი პროგრესისა ტრანსპორტის განვითარებაში ბევრ ქვეყანაში ჩამოყალიბდა თავისებური პარადოქსული გარემოება. სატრანსპორტო პრობლემები გამწვავდა. ირდევია რიტმული მიწოდება საკვები პროდუქტების მიწოდების დროს ქალაქებსა და დასახლებულ პუნქტებში. ტვირთის გარკვეული ნაწილი დაგვიანების გამო ფუჭდება ან საერთოდ გამოუსადეგარი ხდება. ირდევია მრავალი სახეობის სატრანსპორტო საშუალებების მოძრაობის გრაფიკები. მგზავრობის მომსახურების დონე დაბალია. ყოველთვის არ არის მგზავრობის უსაფრთხოება უზრუნველყოფილი, შედეგად ყოველივე ეს აფერხებს ქვეყნების სრულყოფილ განვითარებას.

ზემოთ მოყვანილი მიზეზები განსაკუთრებით რთული და მრავალმხრივია. აქვე შეიძლება მოკლედ ითქვას, რომ თანამედროვე ტრანსპორტი სხვა დარგებს ჩამორჩება განვითარებაში, რაც უარყოფითად მოქმედებს გარემომცველ სამყაროზე.

ატმოსფეროს დაბინძურებასთან ბრძოლა რთული პრობლემაა, რომელიც მოიცავს პოლიტიკურ, ეკონომიურ, ტექნოლოგიურ, სოციოლოგიურ და სხვა ასპექტებს. ზოგიერთ შემთხვევაში განსახორციელებელი ტექნიკური პროექტები ეკონომიურად მიუღებელია, რადგან არ შეესაბამება ნორმატივებს გამონაბოლქვით ან სხვა რომელიმე პარამეტრებით დაჭუჭყიანებაზე. ატმოსფეროს დაბინძურების კომპლექსურ საკითხებში ოპტიმალური გადაწყვეტილებების მიღება ყოველთვის შეუძლებელი და არაეფექტურია, მაგრამ ყველა შემთხვევაში ძირითად მოთხოვნად რჩება ისეთი ღონისძიებების გატარება, რომელიც მიზნად ისახავს ატმოსფეროს დაბინძურების შემცირებას და არ უნდა აუარესებს ეკოლოგიურ მაჩვენებლებს გარემოს სხვა სფეროებში.

სატრანსპორტო საშუალებების გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედების მთლიანად ლიკვიდაცია შეუძლებელია, ამიტომ აუცილებელია მივიღოთ ეფექტური ზომები მათი მკაცრად შეზღუდვისათვის და გონივრულ ზღვრებში შენარჩუნებისათვის.

ბოლო წლებში იმ საკითხების იზოლირებულად განხილვის დონე, რომელიც შეეხება ავტომობილიზაციის უარყოფითი გავლენის შეზღუდვას ცალკეული მიმართულ-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ბებით არ შეესაბამება მოთხოვნებს, რომელსაც გეკარნახობს გარემოზე ზემოქმედების მასშტაბები, რადგან ხშირად ერთი პარამეტრის ოპტიმიზაცია ვერ უზრუნველყოფს სხვა პარამეტრების სრულყოფას. საკითხების კომპლექსური გადაჭრა რთულ პრობლემას წარმოადგენს, რომელიც დაკავშირებულია მრავალ ტექნიკურ, ორგანიზაციულ, ეკონომიკურ და მმართველობით ღონისძიებებთან. გადაწყვეტილება, რომელიც დღის წესრიგში დგას, გულისხმობს შეიქმნას სატრანსპორტო სისტემები, რომელშიც შერწყმული იქნება მაღალი ეფექტურობა და მინიმალური ზეგავლენა გარემოზე.

ყველაზე მნიშვნელოვნად გარემოს მდგომარეობაზე გავლენას ახდენს თვით სატრანსპორტო საშუალებების მავნე ზემოქმედების ხარისხი. ამ მიმართულებით ზემოქმედების შემცირება შესაძლებელია ავტომობილების არსებული კონსტრუქციის სრულყოფით, პერსპექტიული სატრანსპორტო საშუალებების შექმნით და მაღალტექნოლოგიური ენერგორესურსების გამოყენებით.

ძირითადი კვლევები პერსპექტიული სატრანსპორტო საშუალებების სფეროში მიმართულია არატრადიციულ საწვავზე მომუშავე ისეთი ძალური დანადგარების შექმნაზე, რომლებშიც ენერჯის გარდაქმნა ხდება მინიმალური დანაკარგებით, ხოლო გარემოს დაბინძურების დონე შედარებით ნაკლებია. ამ საკითხებში უკვე მიღწეულია გარკვეული წარმატებები, მაგრამ ჯერჯერობით მიღებული შედეგები ამა თუ იმ მიეზების გამო კონკურენციას ვერ უწევს ნავთობპროდუქტებზე მომუშავე ტრადიციულ ენერგოდანადგარებს.

ლიტერატურა

1. მ. ქებურია, რ. თოფურია. სატრანსპორტო საშუალებები და ატმოსფეროს დაცვა. ქუთაისი, 2004, გვ.163.
2. Демянов Н.И., Щелоков Я.М. Экологические проблемы использования топлива. 2004, с.109.

TRANSPORT AND ENVIRONMENTAL PROBLEMS

Topuria R., Kochadze T. Shotadze Z.

Akaki Tsereteli State University

Summary

The paper gives an overview of the environmental problems of transport and energy installations created by the growing trends are set to decrease. According to the authors to improve the environmental performance of transport in one of the main directions of thermal power plants are currently high ecological characteristics of the fuel transfer.

ჰიდროენერგეტიკული ობიექტების ოპტიმალური მართვის ამოცანის დასმის საკითხისათვის გარემოზე ზემოქმედების მაჩვენებლების შეზღუდვით

ცხაკაია ქ., თევდორაძე ს.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ჰიდროენერგეტიკული ობიექტები გარკვეულ ზემოქმედებას ახდენენ გარემოს მდგომარეობაზე, განსაკუთრებით დიდის გარემოზე ზემოქმედების ხარისხი წყალსაცავების მქონე ობიექტებიდან, რაც განპირობებულია აკუმულირებული წყლის რესურსების დიდი მოცულობით. მიუხედავად იმისა, რომ მთიან ტერიტორიაზე განლაგებული ჰიდროენერგეტიკული ობიექტების დატვირთვის ენერგეტიკული ეფექტიანობის მაჩვენებელი უფრო მაღალია,

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ვიდრე დაბლობში, თავის აქტუალობას არ კარგავს გარემოზე წყალსაცავების ზემოქმედების საკითხი. განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს გარემოზე ზემოქმედების ფაქტორების ასახვა, მაგალითად, ჰიდროენერგეტიკული კომპლექსების ოპტიმალური მართვის ამოცანის დასმის დროს.

მაღალმთიანი ჰიდროენერგეტიკული კომპლექსები ხშირად წარმოადგენილია რამდენიმე სადგურიანი კასკადის სახით, რომლებსაც გააჩნია წყალსაცავები. მაგალითისთვის განვიხილოთ ჰიდროელექტროენერგეტიკული კომპლექსი, რომლის შემადგენლობაში შედის ორი წყალსაცავი და ორი ჰიდროელექტროსადგური. ყოველი ელექტროსადგური იყენებს თავის წყალსაცავს. კომპლექსის მუშაობის დაგეგმარება იყოფა ორ პერიოდად. ერთი წყალსაცავის შევსების დროს შემომავალი ჭარბი წყლის გაძევება ხდება წყალსაცავების გამოყენებით. წყალსაცავებში გამავალი წყალი ელექტროენერგიის გამომუშავებაზე არ მოქმედებს. [1] -ში მოცემულია ანალოგიური სისტემის ფუნქციონირების ოპტიმალური მართვის მოდელი წრფივი პროგრამის გამოყენებით. ოპტიმალურობის კრიტერიუმს წარმოადგენს მაქსიმალური საერთო შემოსავალი ელექტროენერგიის გაყიდვიდან.

საინტერესოა ანალოგიური ამოცანის განხილვა საქართველოს პირობებისათვის, სადაც მთიან რეგიონებში ბევრია მოქმედი ჰიდროელექტროსადგურები და იგეგმება წყალსაცავების მქონე ახალი ჰესების მშენებლობა.

ვთქვათ, A სადგურზე 1 მ^3 წყლიდან დებულობენ $1,52 \cdot 10^6$ ჯ ელექტროენერგიას. B სადგურისთვის ეს მაჩვენებელი ტოლია $3,25 \cdot 10^6$ ჯ. ერთი პერიოდის განმავლობაში A სადგურს შეუძლია აწარმოოს $0,830 \cdot 10^6$ მგტ.სთ ($0,3 \cdot 10^{16}$ ჯ) ელექტროენერგია, B სადგურს კი - $2,22 \cdot 10^6$ მგტ.სთ ($0,79 \cdot 10^{16}$ ჯ). $0,36 \cdot 10^{10}$ ჯ/მგტ.სთ არის გადაყვანის კოეფიციენტი. თუ ელექტროენერგიის რეალიზაციის საერთო მოცულობა ერთ პერიოდში არ აღემატება $1,5 \cdot 10^6$ მგტ.სთ, 1 მგტ.სთ ელექტროენერგიის ფასი უდრის T_1 პირობით ერთეულს. $75 \cdot 000$ -ზე ზემოდ ყოველი მგტ.სთ -ის ფასი შეადგენს T_2 პ.ე-ს. დამატებითი მონაცემები ამოცანასთან დაკავშირებით (ცხრილი 1):

ცხრილი 1.

	A წყალსაცავი	B წყალსაცავი
სასარგებლო მოცულობა, გმ ³ ($1 \text{ გმ}^3 = 10^9 \text{ მ}^3$)	0,223	0,676
პროგნოზირებული წყლის მოდინება, მ ³		
1 პერიოდი	3,1	0,4
2 პერიოდი	1,6	0,15
მინიმალური დასაშვები წყლის მოცულობა, მ ³	0,141	0,534
წყლის მოცულობა 1 პერიოდის დასაწყისში, მ ³	0,15	0,2

ამოცანის მიზნის ფუნქციას აქვს შემდეგი სახე:

$$Z = T_1 * (PH1 + PH2) + T_2 * (PL1 + PL2),$$

სადაც Z - არის საერთო შემოსავალი ელექტროენერგიის გაყიდვიდან,

$(PH1 + PH2) - T_1$ პ.ე-ს ფასად გაყიდული ელექტროენერგიის რაოდენობა, მგტ*სთ;

$(PL1 + PL2) - T_2$ პ.ე-ს ფასად გაყიდული ელექტროენერგიის რაოდენობა, მგტ*სთ.

ამოცანაში განხილულია შემდეგი ცვლადები:

$XA1$ - პირველ სადგურში გატარებული წყლის მოცულობა, გმ³;

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

XB1 - მეორე სადგურში გატარებული წყლის მოცულობა, გმ³;

SA1 - პირველი სადგურიდან გადაგდებული წყლის მოცულობა, გმ³;

SB1 - მეორე სადგურიდან გადაგდებული წყლის მოცულობა, გმ³;

EA1 - პირველი პერიოდის ბოლოს A საცავში დარჩენილი წყლის მოცულობა, გმ³;

EB1 - პირველი პერიოდის ბოლოს B საცავში დარჩენილი წყლის მოცულობა, გმ³.

პირველი პერიოდის განმავლობაში წარმოებული საერთო ენერჯიის რაოდენობა უდრის: $1,52 \cdot 10^6 \cdot 10^9 \cdot XA1 + 3,25 \cdot 10^6 \cdot 10^9 \cdot XB1$ (ჯ), ან $4,22 \cdot 10^5 \cdot XA1 + 9,02 \cdot 10^5 \cdot XB1$ (მგტ.სთ). იგივე ენერჯიის რაოდენობა, წარმოდგენილი გაყიდვის ცვლადებში არის: PH1 + PL1. ბალანსის პირობაა:

$$4,22 \cdot 10^5 \cdot XA1 + 9,02 \cdot 10^5 \cdot XB1 = PH1 + PL1$$

რადგან მაღალ ფასად გასაყიდი ენერჯიის მაქსიმალური რაოდენობა უდრის 50000 მგტ.სთ, სრულდება უტოლობა:

$$PH1 \leq 1,5 \cdot 10^6 .$$

პერიოდის განმავლობაში სადგურებში გამომუშავებული ელექტროენერჯიის რაოდენობა შეზღუდულია ზემოდან. თუ ამ ენერჯიებს გადავიყვანო შესაბამის წყლის მოცულობებში $(0,3 \cdot 10^{16}/(1,52 \cdot 10^6 \cdot 10^9)) = 1,97$ გმ³; $0,79 \cdot 10^{16}/(3,25 \cdot 10^6 \cdot 10^9) = 2,43$ გმ³) მივიღებთ შემდეგ შეზღუდვებს:

$$XA1 \leq 1,97$$

$$XB1 \leq 2,43$$

A წყალსაცავში წყლის ბალანსის პირობას აქვს შემდეგი სახე:

$$0,15 + 3,1 = XA1 + SA1 + EA1$$

რადგან A წყალსაცავის მოცულობა უდრის 7,5 გმ³ და მინიმალური დასაშვები წყლის მოცულობაა 3,2 გმ³, ვღებულობთ დამატებით შეზღუდვებს:

$$EA1 \leq 0,223 \text{ და } EA1 \geq 0,141.$$

ანალოგიურად, B საცავისთვის გვაქვს:

$$0,2 + 0,4 + XA1 + SA1 = XB1 + SB1 + EB1$$

$$EB1 \leq 0,767 \text{ და } EB1 \geq 0,534.$$

ანალოგიურად ვღებულობთ შეზღუდვებს მეორე პერიოდისათვის:

$$4,22 \cdot 10^5 \cdot XA2 + 9,02 \cdot 10^5 \cdot XB2 = PH2 + PL2$$

$$PH2 \leq 1,5 \cdot 10^6$$

$$XA2 \leq 1,97$$

$$XB2 \leq 2,43.$$

წყლის ბალანსის პირობაა:

$$EA1 + 1,6 = XA2 + SA2 + EA2$$

$$EA2 \leq 0,223 \text{ და } EA2 \geq 0,141$$

$$EB1 + 0,15 + XA2 + SA2 = XB2 + SB2 + EB2$$

$$EB2 \leq 0,676 \text{ და } EB2 \geq 0,534.$$

წრფივი პროგრამირების მოდელი შეიცავს 16 ცვლადსა და 36 შეზღუდვას.

მიღებული წრფივი პროგრამირების ამოცანა ფორმულირებულია შემდეგნაირად:

$$\text{მიზნის ფუნქცია: } \max Z = T_1 (PH1 + PH2) + T_2 (PL1 + PL2).$$

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

შეზღუდვები:

$$4,22 \cdot 10^5 \text{ XA1} + 9,02 \cdot 10^5 \text{ XB1} - \text{PH1} - \text{PL1} = 0$$

$$\text{PH1} \leq 1,5 \cdot 10^6$$

$$\text{XA1} \leq 1,97$$

$$\text{XB1} \leq 2,43$$

$$3,25 = \text{XA1} + \text{SA1} + \text{EA1}$$

$$\text{EA1} \leq 0,223$$

$$\text{EA1} \geq 0,141$$

$$0,6 = \text{XB1} + \text{SB1} + \text{EB1} - \text{XA1} - \text{SA1}$$

$$\text{EB1} \leq 0,676$$

$$\text{EB1} \geq 0,534$$

$$4,22 \cdot 10^5 \text{ XA2} + 9,02 \cdot 10^5 \text{ XB2} - \text{PH2} - \text{PL2} = 0$$

$$\text{PH2} \leq 1,5 \cdot 10^6$$

$$\text{XA2} \leq 1,97$$

$$\text{XB2} \leq 2,43$$

$$1,6 = \text{XA2} + \text{SA2} + \text{EA2} - \text{EA1}$$

$$\text{EA2} \leq 0,223$$

$$\text{EA2} \geq 0,141$$

$$0,15 = \text{XB2} + \text{SB2} + \text{EB2} - \text{EB1} - \text{XA2} - \text{SA2}$$

$$\text{EB2} \leq 0,676$$

$$\text{EB2} \geq 0,534$$

$$\text{PH1} \geq 0; \text{PL1} \geq 0; \text{XA1} \geq 0; \text{XB1} \geq 0; \text{SA1} \geq 0; \text{EA1} \geq 0; \text{SB1} \geq 0; \text{EB1} \geq 0;$$

$$\text{PH2} \geq 0; \text{PL2} \geq 0; \text{XA2} \geq 0; \text{XB2} \geq 0; \text{SA2} \geq 0; \text{EA2} \geq 0; \text{SB2} \geq 0; \text{EB2} \geq 0$$

საინტერესოა აღნიშნულ მოდელში წყალსაცავის გარემოზე ზემოქმედების ფაქტორის გათვალისწინება, როგორც ერთ-ერთი შემზღუდველი კომპონენტისა. წყალსაცავების პირდაპირი ზემოქმედება გამოიხატება ტერიტორიების დატბორვაში. მაგრამ არანაკლებ მნიშვნელოვანია ირიბი ზემოქმედება, რომელიც დაკავშირებულია მიკროკლიმატის ცვლილებასთან, კერძოდ, მიმდებარე ტერიტორიაზე ტენიანობის ზრდასა და ნალექების საშუალოწლიური მაჩვენებლების შემცირებასთან. ასევე შესაძლებელია ქარის მიმართულებისა და სიჩქარის ცვლილებები, ჰაერის ტემპერატურის ცვლილების ამპლიტუდის შემცირება.

ამდენად, აქტუალურია ჰიდროენერგეტიკული ობიექტების ოპტიმალური მართვის ამოცანებში გარემოზე ზემოქმედების პარამეტრების გათვალისწინება, რაც თავისთავად საკმაოდ რთულ ამოცანას წარმოადგენს, რადგანაც მიკროკლიმატის ცვლილებების პარამეტრების პირდაპირ შეყვანა აღნიშნულ ამოცანაში შეუძლებელია. ამიტომ საჭიროა მოიძებნოს ისეთი პარამეტრი, რომელიც გამოხატავს მიკროკლიმატის ამსახველი პარამეტრების დამოკიდებულებას წყლის რესურსების ზემოქმედებასთან დაკავშირებით. ერთ-ერთ ასეთ პარამეტრს უნდა წარმოადგენდეს წყალსაცავის მოცულობისა და წყლის ზედაპირის სარკის ფართის ზღვრული მნიშვნელობა.

ამდენად, ზემოთ მოცემულ წრფივი პროგრამირების ამოცანის ფორმულირებაში, ერთ-ერთი შეზღუდვის სახით უნდა იქნას შეტანილი წყალსაცავის ზედაპირის სარკის ფართის მნიშვნელობაზე მოთხოვნა, რომელიც არ უნდა აღემატებოდეს

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

დღეს კვლევების შედეგად დასაბუთებულ მნიშვნელობას.

ლიტერატურა

1. Реклейтис Г., Рейвиндран А., Рэгедел К. Оптимизация в технике: В 2-х книгах. Пер. с англ. _ Москва: Мир, 1986.

ON THE ISSUE OF SPECIFYING THE OPTIMAL CONTROL PROBLEM OF SERIES OF HYDROELECTRIC STATIONS WITH LIMITING ENVIRONMENTAL IMPACT

K.Tskhakaia, S Tevdoradze

Akaki Tsereteli State University

Summary

Hydropower sites have some environmental impacts, and the sites having the water reservoirs have especially high degree of environmental impact that is explained by a large volume of the accumulated water resources. Despite fact that the energy-efficiency parameters of hydropower sites flooding in the mountain area are higher than in the lowlands, the issue of water reservoirs environmental impact remains of high urgency. Of special importance is the representation of environmental impact factors, for example when specifying the optimal control problem of hydropower complexes.

**დაცულ ტერიტორიებზე ბუნებრივი რესურსების მდგრადი
გამოყენება**

გორდაძე ე. ჟორჟოლიანი ც.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ბუნებრივი რესურსების მდგრადი გამოყენება ბიომრავალფეროვნების შენარჩუნების ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი პირობაა. ამ პირობის განხორციელება შესაძლებელია დაცული ტერიტორიების ბუფერულ და ადგილობრივ ზონებში.

ბუნებრივი რესურსების მდგრადი გამოყენება ბიომრავალფეროვნების შენარჩუნების ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი და აუცილებელი პირობაა.

მდგრადი განვითარება ბიოლოგიური რესურსების ისეთი გზით და სისწრაფით გამოყენებაა, რომელიც მომავალში არ გამოიწვევს ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შემცირებას და მათ შეუნარჩუნებს მომავალ თაობებს, რისთვისაც ბუნებრივი რესურსების კონსერვაციას და მათ მდგრად გამოყენებას შორის ბალანსი უნდა არსებობდეს. ბუნებრივი რესურსების მდგრადი გამოყენება შესაძლებელია ბიოსფერული ნაკრძალის ბუფერულ და ეკოსისტემის, (ადგილობრივი ზონაში), ეროვნული პარკის ადგილობრივი და ტრადიციული გამოყენების ზონებში, ასევე ადგილობრივ ზონებში.

დაცული ტერიტორიების ბუფერულ ზონებში ადგილობრივი მოსახლეობისათვის მოქმედებს განსაკუთრებული კანონები. მათ ეძლევათ საარსებო პირობებისათვის საჭირო მასალების და პროდუქტების მოპოვების უფლება. ასევე შესაძლებელია მკაცრად ლიმიტირებული რაოდენობით გაყიდვა თუ კი ეს რესურსი აქ მცხოვრები ადამიანებისათვის საარსებო საშუალებაა. საარსებო რესურსების მოპოვების ლიმიტირება ხდება რესურსის რაოდენობის მიხედვით. გათვალისწინებული უნდა იქნეს რესურსის კონსერვაციის საჭიროება მკაცრად უნდა იქნეს მითითებული მოსაპოვებელი თითოეული რესურსის რომელი სახეობა, რა რაოდენობით შეიძლება იქნეს მოპოვებული. ასევე უნდა იქნეს მითითებული, რა ასაკის, სქესის,

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

რა საშუალებით, რა რესურსი როდის უნდა იქნეს მოპოვებული. გათვალისწინებული უნდა იქნეს ის საშუალებები, რითაც შეიძლება რესურსის გამოტანა. მაგ., მერქანი, რამდენი შეიძლება მოიპოვოს შეშად, რამდენი სამასალედ, რამდენი სხვადასხვა ნაკეთობებისათვის; რა რაოდენობით შეიძლება კენკრის, სოკოს, სამკურნალო და საკვები მცენარეთა ვეგეტატიური ორგანოების მოპოვება, რომელი სახის და რა რაოდენობით თევზის თუ ნადირის, ფრინველის მოპოვება შეიძლება, რით შეიძლება ამ ტერიტორიაზე გადაადგილება. ზოგან არ შეიძლება რესურსის გამოტანა ცხენით, მარხილით, ურმით, მოტორიზებული ტექნიკით, ტრაქტორით, მოტოციკლით, ავტომანქანით, მოტორიანი ნავით ან თუნდაც თვითმფრინავით. მოსახლეობა რომ დარწმუნდეს ამა თუ იმ რესურსის მოპოვების შემცირება, გაზრდა ან შეწყვეტა რატომაა აუცილებელი, ყველაფერ ამას აბალანსებს ტერიტორიის ადმინისტრაციის ხელმძღვანელობა ადგილობრივ მოსახლეობასთან ერთად.

ზოგჯერ დაცული ტერიტორიაზე ტრადიციული გამოყენების ზონაში ან დაცული ტერიტორიის მომიჯნავე ტერიტორიებზე მცხოვრები მოსახლეობა ითხოვს მტაცებელი ცხოველების, მაგ. მგლების რაოდენობრივ შემცირებას, რადგან ისინი თავს ესხმიან მათ პირუტყვს, მაგრამ, მტაცებლების რიცხვის შემცირებაზე გადაწყვეტილების მიღების უფლება დაცული ტერიტორიის ადმინისტრაციას არა აქვს. ასეთ შემთხვევაში უნდა ჩაერთოს გარემოს დაცვის სამინისტრო ან სხვა სახელმწიფოებრივი ორგანიზაციები.

ზოგიერთი რესურსის მოპოვებაზე ნებართვის გაცემის უფლება აქვს დაცული ტერიტორიის ადმინისტრაციას ან შინაგან დეპარტამენტს, მას შემდეგ როდესაც დაზუსტდება რესურსის მოპოვება რა გავლენას მოახდენს კონსერვაციაზე. თუკი დაცული ტერიტორიის ბუნებრივი რესურსების მართვის სპეციალისტები ვერ გადაწყვეტენ ამ საკითხს, საჭიროა სამეცნიერო ორგანიზაციების (უნივერსიტეტების, ინსტიტუტების, სპეციალური ლაბორატორიების) ჩართვა. ალიასკის ეროვნული პარკის რესურსის გამოყენებისას უპირატესობა ენიჭება საარსებო მიზნით რესურსის გამოყენებას, თუ ამ რესურსზე დამოკიდებული მოსახლეობის არსებობა. სხვა მიზნით, სპორტული, სათევზაო, სამონადირეო, ტურისტული და ა.შ. გამოყენება შეიძლება მხოლოდ გარკვეულ დაცულ ტერიტორიებში გარკვეული წესების დაცვით.

მიწათმფლობელობის საკითხის გადაწყვეტის დროსაც დიდი მნიშვნელობა აქვს მიწის საარსებო პირობების მიზნით გამოყენებას. თუ მიწათმფლობელს უფლებას ვაძლევთ იქვე უნდა იყოს გათვალისწინებული, მიწის გამოყენების მიზანი, რომ ამ მიწაზე არ შეიძლება ნაგებობების, გზების, ასაფრენი ბილიკების და სხვათა განთავსება.

რესურსების მოპოვების უფლებას ვაძლევთ სოციალურ-ეკონომიკურ პრობლემებიდან გამომდინარე, მაგ. შეშა, საკვები, საძოვარი, საქონლის გადასარეკი გზა და ა.შ. გათვალისწინებულია ის, რომ ოჯახს აქვს თუ არა სხვა შემოსავალი. რესურსების გაცემაში ზოგჯერ ვაწყდებით პრობლემებს, მაგ: ადგილობრივი მთავრობას აქვს სურვილი გასცეს რაც შეიძლება მეტი ლიცენზიები და ჰქონდეს შემოსავალი ბიუჯეტს. აგრეთვე, რომ გაგრძელდეს ძველი ტრადიციები და შენარჩუნდეს ძველი ტრადიციული კულტურები. ზოგჯერ ახალგაზრდებზე სწავლის მიზნით გამოიყენება რესურსები. მაგრამ რა მიზნითაც არ უნდა იქნეს რესურსი გამოყენებული, იმდენად მცირე რაოდენობით უნდა ხდებოდეს იგი, რომ ბიოკონსერვაციას ხელი არ უნდა შეეშალოს. ზოგჯერ საჭირო ხდება ბიომრავალფეროვნებიდან ამოვიღოთ ინვაზიური ფორმები.

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE**

ზოგჯერ რომელიმე რესურსის გამოყენებაზე რამდენიმე დაშვებაა შესაძლებელი მაგ. რესურსის მოპოვება შეიძლება საკვების მიზნით, სარეწაო მიზნით, სპორტული მიზნით და ა.შ. ასეთ შემთხვევაში გასათვალისწინებელია პრიორიტეტები. ამ შემთხვევაში პრიორიტეტებიდან პირველ ადგილზეა რესურსის გამოყენება საკვების მიზნით და ბოლო ადგილზე რესურსის გამოყენება სპორტული მიზნით.

რესურსის თითოეული სახის მოპოვებისთვის საჭიროა კონკრეტული მიდგომები. მაგ: ორაგულის მოპოვება შეიძლება ზვაში, არ შეიძლება მათი მოპოვება გამრავლების პერიოდში, როდესაც ისინი შედიან მდინარეებში.

რეწვა კომერციის მიზნით არ შეიძლება, მაგრამ თუ შესაძლებელია რესურსის კომერციული მიზნით გამოყენება ნებართვა არ უნდა გაიცეს ისეთ ადგილებში, სადაც რესურსის საარსებო მიზნით გამოყენებას ექმნება საფრთხე.

გასათვალისწინებელია ის გარემოებაც თუ რესურსის შემცირება რა გავლენას მოახდენს სხვა რესურსზე, მაგ: ნადირ-ფრინველზე, რომელიც ამ რესურსით იკვებება.

ვიზიტორს შეუძლია დააგემოვნოს კენკრა, წიფლის ნაყოფი, წაბლი, ზღმარტლი, მაგრამ დაკრეფვა და დაცული ტერიტორიიდან გატანა არ შეიძლება.

სამეცნიერო მიზნით რესურსის გამოყენების შემთხვევაში რესურსის მოპოვება შეუძლია მკვლევარს. კომერციული მიზნით რესურსის გამოყენების შემთხვევაში უნდა აიღოს ნებართვა და გადაიხადოს დაწესებული თანხა. ნებართვაში ყველაფერი უნდა იქნას გათვალისწინებული, მოპოვების ადგილი, რესურსის სახე, რაოდენობა, მოპოვების და გამოტანის საშუალებები, აგრეთვე ვადები, თუმცა ზოგჯერ დაცულ ტერიტორიებზე შეიძლება ზოგიერთი რესურსის იჯარით მოპოვება.

რესურსის გამოყენების უფლება, რომ გაიცეს საჭიროა გათვალისწინებული იქნას სად ცხოვრობს მომხმარებელი. მომხმარებელი უნდა იყოს ადგილობრივი მაცხოვრებელი, პრიორიტეტი ენიჭება თუ მომხმარებელი ცხოვრობს დაცულ ტერიტორიაზე, ან გარკვეული რადიუსით დაცულ ტერიტორიასთან. ამასთან უპირატესობა ენიჭება სოფელში მცხოვრებთ.

რესურსის გამოყენების ზონას ადგენენ მოსახლეობის გამოკითხვით. მაგ. ისტორიულად რომელ ზონაში ახდენდნენ დაცულ ტერიტორიად გამოცხადებამდე რესურსის მოპოვებას.

რესურსის მოპოვებაზე საჭიროა განხორციელდეს მონიტორინგი, რათა ვიცოდეთ რა რაოდენობის რესურსია მოპოვებული, შეძლებს თუ არა რესურსი აღდგენას.

რესურსის მოპოვებელი ვალდებულია რესურსის მოპოვების შემდეგ დაცული ტერიტორიის ადმინისტრაციას წარუდგინოს ანკეტა, სადაც მითითებული უნდა იყოს როდის, რა ადგილზე, რა რაოდენობის რესურსი მოიპოვა. თუ იგი ცხოველთა სამყაროს წარმომადგენლებს უკავშირდება უნდა მიეთითოს რომელი სქესის და რა ასაკის იყო მოპოვებული რესურსი.

როდესაც არაოფიციალურად, წერილობითი ნებართვის გარეშე აძლევენ რესურსის მოპოვების უფლებას, მაშინ ანკეტა საჭირო არ არის, რადგან რესურსი უხვია და კონსერვაციას საფრთხე არ ემუქრება, მაგრამ შემდგომში კონსერვაციას ხელი არ უნდა შეეშალოს.

რესურსის მოპოვების ლიმიტი დაშვებული უნდა იქნას დროის ერთეულში. შეზღუდვები შეიძლება დაწესდეს რესურსის ასაკზე. მაგრამ რადგან ასაკის დად-

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

გენა ძნელია, ითვალისწინებენ ინდივიდის ზომას. ზომა და ასაკი თითქმის ერთხვევა ერთმანეთს.

შეზღუდვები შეიძლება დაწესდეს სქესზე, რაც გარეგნულ ნიშნებში ვლინდება, მაგ: ხარირემს აქვს რქები, ფურირემს არა. მამრი შაშივი შავია და აქვს ყვითელი ნისკარტი, მდედრი ყავისფერია.

რესურსის მოპოვების დროს არსებობს სხვა მოთხოვნებიც. მოპოვებული რესურსი მთლიანად უნდა იქნას გატანილი დაცული ტერიტორიიდან. მაგ. ჯიხვის მოპოვებაზე თუ გაიცა ნებართვა, მომპოვებელმა ჯიხვი მოკლა და მოიპოვა მისი რქები. ის ვალდებულია მოკლული ჯიხვი მთლიანად, ყველა ნაწილი გაიტანოს დაცული ტერიტორიიდან.

თუ მონიტორინგის სამსახურს სჭირდება შეიძლება მომპოვებელს ვთხოვოთ რქები ან სხვა ნაწილები. დროებით, ასაკის დადგენის მიზნით.

მონიტორინგის მიზანია გამოკვლევების საფუძველზე მოახდინოს მენეჯმენტი, რა უნდა გაკეთდეს დაცულ ტერიტორიაზე კონსერვაციის და მისი მდგრადი გამოყენების მიმართულებით.

ლიტერატურა

1. ბიომრავალფეროვნების მდგრადი მართვა – ძირითადი საფრთხეები საქართველოს ბიომრავალფეროვნებისათვის – საქართველოს გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტრო. თბ. , 2009
2. ბიომრავალფეროვნების კონსერვაციის პრიორიტეტები 2007 – 2001 წლებისათვის: – საქართველოს გარემოს დაცვის ეროვნული პროგრამისათვის UNDP, ლ. ბუთხუზი; 2007.
3. ბიომრავალფეროვნების მდგრადი მართვა. საქართველოს გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტრო, თბ., 2010.
4. ც. ჟორჯოლიანი, ე. გორდაძე – კონსერვაციული ბიოლოგია და საქართველოს დაცული ტერიტორიები; ქუთაისი; 2013; 1 (სახელმძღვანელო).

SUSTAINABLE UTILIZATION OF NATURAL RESOURCES IN PROTECTED TERRITORIES

Gordadze E., Jhorjholiani Ts.

Akaki Tsereteli State University

Summary

Sustainable utilization of natural resources is one of the most important conditions to preserve biodiversity. This condition can be fulfilled in buffer and restorable zones of protected territories

შინაარსი

სექცია 1. ელექტროენერგეტიკული ტექნოლოგიები

მუსელიანი თ., შარიქაძე დ., გურგენიძე მ. – დამახინჯების სიმძლავრის განსაზღვრის მეთოდობა არასიმეტრიული და არაწრფივი დატვირთვის მქონე სამფაზა ელექტრულ ქსელებში. _____	3
კიკვიძე თ. – საჰაერო ელექტრული სადენების მქონე მქონე ბაანბარიშება მაქსიმალური კაპაციტის მიხედვით _____	6
ხურცილავა გ., კილურაძე თ. – რკინიგზის ქვესადგურების მოდერნიზაცია რეაქტიული ენერჯის ავტომატური ელექტრონული კომპენსატორების გამოყენებით _____	8
კობრეიძე გ., ნემსაძე ს., ფრანგიშვილი გ., გაბრაშვილი მ., შუკაკიძე თ. – ნახევარგამტარულ აბრეშტებში ელექტრომაგნიტური ტექნოლოგიური პროცესების მათემატიკური და კომპიუტერული მოდელირება _____	13
იმნაიშვილი ლ., ბედინეიშვილი მ., კირკიტაძე ნ. – ბიომეტრიის გამოყენების პერსპექტივები ენერგეტიკულ ობიექტებში _____	17
მახარაძე გ., სამსონია ნ., მახარაძე ი. – ჰიდროენერგოსისტემის ოპტიმალური ბანკითარების წრფივი მოდელი _____	22
ზივზივაძე თ., ზივზივაძე ლ., გვეტაძე ნ., გოგისვანიძე ვ. – ინტელექტუალური ქსელები და ელექტროგადაცემის მოქნილი სისტემები _____	26
კოპალიანი ნ., ზივზივაძე თ., ძაძაძია დ. – ძაძაძი ტრანსფორმატორის აკუსტიკური მახასიათებლების ექსპერიმენტული კვლევა მაღალი კაპაციტის ქვესადგურში _____	32
გუგულაშვილი ლ., აზმაიფარაშვილი ზ., მეცხვარიშვილი ი. – მძლავრი ჰიდროგენერატორების როტორის ფორმისა და ელექტრომაგნიტური მდგომარეობის გამოვლენა და შესწავლა ახალი ტიპის ინტეგრირებადი სენსორებით _____	37
ბაძგარაძე ა.გ. – ელექტრული ქსელის ბანტოლებების გაიშვიათებული მატრიცები _____	40
აზმაიფარაშვილი ზ., ფოლადაშვილი მ., მესხიძე ნ. – ელექტროენერჯის უსადენოდ გადაცემა და მისი მარეალიზებადი მოწყობილობები _____	43
მჭედლიძე ქ., ფანცხავა ე. – ორთქლიანი დანადგარების მოკლე დახასიათება და მათი ეფექტურობის ძირითადი მაჩვენებლები _____	48
ქათამაძე ი. – უშქლიოლური სანათების კვების ნახევარგამტარული წყაროები _____	53
ქათამაძე ი. – ძაძაძი ტრანზისტორები-IGBT, მათი აბეზულება და მუშაობის თავისებურებები _____	57
Д. В. Носелидзе, Б. Бандзеладзе, Ш.А. Момцемлидзе, Д.З. Каладзе – ЗАИЛЕНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩА ВАРЦИХСКОЙ ГЭС _____	61

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

სექცია 2. ენერგოეფექტურობა და ბანახლებადი ენერგიის წყაროები

არაბიძე გ., ფხალაძე ი. – ძ. ქუთაისის მღვრადი ენერგეტიკული ბანვითარების სამოქმედო გეგმა	67
არაბიძე გ.ო. არაბიძე ნ.თ – მზის ენერგიის ბამოყენების შესაკლებლობები მცირე სიმძლავრის საყოფაცხოვრებო და კომუნალურ დანადგარებში	73
კიღურაძე თ., ქეთელაური გ., ბარამიძე ს. – შენობის სხვენის სახურავის სანიშნინრო თბური ბანახბარიშების მეთოდოიკა	78
მაჭავარიანი ე. ს., ქსოვრელი ნ. თ., ჯიხვაძე მ. ჯ. – მღშღარე სითხის მიერ ხურების ზედაკირზე რეაქტიული კალის წარმოქმნის წინასწარი მოდელირების შედეგები	82
მაჭავარიანი ე., რუსიშვილი ჯ., გიგინეიშვილი გ., ქსოვრელი ნ. – ორთქლადქცევის პროცესში მოლეკულების მოქრობის რადენობის ცვლილებით ბამოწვეული კალის იმპულსით მომუშავე თბური მანქანის ბანხორციელების შესაკლებლობის შესახებ	87
Maghradze Nino – PROMOTION MECHANISMS FOR WIND POWER DEVELOPMENT IN THE WORLD	91
კოსრეიძე გ.; რეხვიაშვილიზ.; ფხაკაძეშ.; პაპიძეზ.; ტეტუნაშვილი ე. – ენერგოეფექტურ ავტონომიურ ჰიბრიდულ ერთიან ბარდამქმნელ სისტემეში პროცესების მოდელირება ცვლადი დენის ქსელთან პარალელური მუშაობის პირობებში	96
ჯავშანაშვილი ნ., ქევიშივილი ნ. – თხევადღბუშიანი სტირლინების კრავის თერმოდინამიკური ანალიზი	100
ჩხიკვაძე ქ.თ. – აღბილობრივი სათბობის - ტყიბულ-შაორის ქვანახშირის თბოუნარიანობა	104
ფხაკაძე შ. – ენერგორესურსების მარაბი, არატრადიციული და ბანახლებადი ენერგიის წყაროების მღბომარეობა და ბამოყენების პერსპექტივები	109
ჯოხაძე პ.დ., კუციავა ე.ა. – ჰიდრორესურსების ეფექტური ბამოყენების შესახებ მცირე ჰიდროელექტრო სადბურების დაკროექტებისას	112
გრძელიშვილი ა.ა. – სამოქალაქო შენობების ნერგოეფექტურობა	117
ვეზირიშვილი-ნოზაძე ქ., პაპავა ლ., რაზმაძე მ., კეჟერაძე ნ. – ბეთერმული წყლების რაციონალური ბამოყენების სპეციფიკა და პერსპექტივები	120
ფურცხვანიძე გ.ნ., კამლაძე ა.ჯ., დანელია ი.ზ. – ელექტრომობილები და ჰიბრიდები – მომავლის ავტომობილები	124

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

სექცია 3 საინფორმაციო ტექნოლოგიები ენერგეტიკასა და ტელეკომუნიკაციაში

ჯღამაძე მ. ს., ხუნწარია ჯ. მ. – სატელეკომუნიკაციო ქსელების უკანასკნელი ათწლეულის განვითარების ეტაპები და არსებული ტენდენციები	129
ხუნწარია ჯ. მ., მაჩაღაძე რ. ი., ხუნწარია ლ. ჯ., გოგბერაშვილი მ. რ. – დისკრეტული კოსინუსური გარდასახვის ტრანსფორმანტების ადაპტური დაკვანტვა	132
მარდალუიშვილი ზ., გელხვიძე პ., კოპლატაძე მ. – მოთხოვნათა ნაკადების თვისებები და მახასიათებლები მულტიმედიაზე ქსელებში	137
ყიფიანი ქ., გვალია თ., კუპატაძე თ. – ინფორმაციული უსაფრთხოების დარღვევის მიზეზების შეფასება	141
ულრელიძე ნ.ა., ზურაბიშვილი ვ.ი., რობიტაშვილი ა.გ., – ქართული ტექსტის ოპტიმალური კოდირება	145
ხუნწარია ლ. ჯ. ჯაღაბაძე ნ. ი. – კონკურენციის რეგულირების ამოცანები საქართველოს ციფრულ მაუწყებლობაზე გადასვლის პროცესში	148
ძოწენიძე გ., მურჯიკნელი გ. – რადიოშეღწევის ტექნოლოგიებს შორის მობილობის პროცედურის მეთოდების გამოკვლევა	154
ბუინავა ე. – მულტიმედიაზე ქსელების გამტარუნარიანობის შეფასების პრობლემა	159
ღიბრაძე ნ., ხუნწარია ლ., ხახუტაშვილი ე. – თანამედროვე კავშირგაბმულობის ქსელების ორგანიზაცია, მართვა და ტექნიკური მომსახურება	162
მახარაძე ს., ბერიძე ჯ., – პერსპექტიული და თანამედროვე სენსორული ქსელები	167
Беридзе Дж. Л., Буркадзе Т.О. – МИМО В СОВРЕМЕННЫХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ СИСТЕМАХ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ	172
გვალია თ. – სასწავლო-მეთოდური კომპიუტერული ამოცანები მიკროკონტროლერის მუშაობის პრინციპის შესწავლაზე	176
კაკაბაძე ა., კუპატაძე თ. – სიტყვა-კონცეპტის სხვადასხვა მნიშვნელობათა ალგათური შერჩევა-კომბინირება და პრობნოზირება	179
მურჯიკნელი გ., მურჯიკნელი გ. – სატრანსპორტო ქსელების ორგანიზების თავისებურებები მობილური კავშირის LTE სისტემებისათვის	182
ცქვიტინიძე ი. მმ-5 თაობის (5G) მობილური კავშირის სისტემებისა და ქსელების შექმნის მდგომარეობა და პერსპექტივები	187
ხოშტარია კ., მოღუბაძე ი. – თანამედროვე ოპტიკური სატრანსპორტო ქსელები	193

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

სექცია 4 ენერჯისა და რესურსების დამზოგაპი
ტექნოლოგიები ენერგეტიკაში, მრეწველობაში,
მშენებლობასა და ტრანსპორტში

ყიფიანი პ.ნ., მინდაძე ს.ო., გერაძე პ. – ენერგოდამზოგი ტექნოლოგიის დამუშავება და დანერგვა საწარმოში შედუღება-დადუღებისას კლასტიკური დეფორმაციის პროცესის გამოყენებით	199
ბარათაშვილი მ. – საავტომობილო გზების მშენებლობისა და ექსპლუატაციის სტადიაზე ენერგო დანახარჯები და მისი შემცირების გზები	203
თავბერიძე ს., ციბაძე ზ., კილასონია ე. – აბრეგატების რესურსდამზოგი გამოყენების სისტემური მიღბომის პრინციპების საპითხისათვის	206
მინდაძე ს., ყიფიანი პ., გერაძე პ. – მატერიალური და ენერგორესურსების დამზოგი მოწყობილობის გამოყენება ლითონების წერტილოვანი შედუღებისათვის	209
კამლაძე ა. ფურცხვანიძე გ. – თბური რეჟიმების გავლენა საავტომობილო ძრავის საიმედოობაზე	212
Ормоцадзе Н., Бибилеишвили Д., Гветадзе Н. – ТЕРМОСТОЙКАЯ КОМПОЗИЦИЯ ДЛЯ МЕЖСЛОЙНОЙ ИЗОЛЯЦИИ В ГИБРИДНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМАХ	216
Ормоцадзе Н.Ш.*, Бибилеишвили Д.В – ТЕРМОСТОЙКАЯ КОМПОЗИЦИЯ	218
წიქორიძე მ., ებანოიძე ი., ციბაძე ზ.თმსლის დანახარისხება გვირგვინული ბანმუხტვის ველში	220
ანანიაშვილი გ. – აღსორბირებული ბუნებრივი ბაზი სატრანსპორტო სექტორში	223
რუხაძე შ., აფციაური ა., აფრიდონიძე მ. – ელექტროდიალიზის პროცესის მათემატიკური მოდელის რიცხვითი კვლევების შედეგები	229
რუხაძე შ., აფციაური ა., აფრიდონიძე მ., შოთაძე ა. – მრავალკომპონენტიანი აზოტოტროპული ხსნარების ბაყოფა მემბრანების გამოყენებით	234
შოშიაშვილი თ. – ბაზის ბათხევაღების ტექნოლოგიები, ბათხევაღებული ბაზის ბიზნესის-კოტენციალი საქართველოში	237
კოჩაძე თ., თოფურია რ., შოთაძე ზ. – ენერგომატარებლების ტრანსპორტირების პერსპექტივები კასპიის რეგიონიდან ევროპაში	241
გოგიაშვილი ფ., ლეკვეიშვილი გ. – საქალაქო სამგზავრო ტრანსპორტში ენერგოდანახარჯების შემცირების ძირითადი ასპექტები	246
ბოლათაშვილი ნ., სახანბერიძე ნ. – კურსების ტეშენიტის ქვის ჳრით დამუშავების ენერგოეშეტიანობის შესახებ	249
Зивзивадзе Б. – РАЗРАБОТКА РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ХОЛОДНОЙ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКИ ИЗ МАЛОПЛАСТИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ	253
ბაკურაძე ე., ზივზივაძე ბ., ვადაჭკორია ზ., ბაკურაძე კ., აბესაძე ნ – ახალი შედგენილობის მინის გოჭკოს სინთეზის აქტუალობა	257

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

სექცია 5. ენერგეტიკის ეკონომიკა და მენეჯმენტი.
ენერგეტიკის რეგულირება

მუსელიანი თ., შარიქაძე მ., არაბიძე მ., მთვარელაშვილი გ. – მსოფლიო ენერგეტიკის ბანკითარების ეკონომიკური და რესურსული შეზღუდვები _____ 261

ჩომახიძე დ., ცხაკაია ქ., ზივზივაძე ა. – საქართველოს ენერგეტიკის მდგრადი ბანკითარების ეკონომიკური ასპექტები _____ 265

კერესელიძე თ. – საქართველოს ჰიდროენერგეტიკის მდგრადი ბანკითარების წინაპირობები _____ 272

ლომიძე ი., ხელიძე გ., შატაკიშვილი ლ., კიკაჩიშვილი ნ. – მცირე ჰესები - ადგილობრივი და რეგიონული ბანკითარების ხელშეწყობი ფაქტორი _____ 276

ვეზირიშვილი ქ., ჯიხვაძე მ., მირიანაშვილი ნ. – ბეთერმული ენერჯის გამოყენების შეფასების მეთოდოლოგია სანავსტიციო პროექტებისთვის _____ 280

კუბლაშვილი გ. – თბური ტუმბოს გამოყენების ეკონომიკური ეფექტიანობა _____ 283

მიქაბაძე ს. – შრომით პერსონალთან მუშაობის ტექნოლოგიები ენერგეტიკაში _____ 288

იონანიძე ა. – საქართველოს ელექტროენერგეტიკაში არსებული მდგომარეობა და მისი ბანკითარების პერსპექტივები _____ 293

უკლება ე. – ელექტროენერგეტიკის ბანკითარებაზე მოქმედი ფაქტორები და წინაპირობები _____ 297

ნემსწვერიძე მ. – საქართველოს ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი და მისი ათვისების პერსპექტივები _____ 300

სექცია 6. ეკოლოგია და ბარემოს დაცვა

მეგრელიძე თ., გუგულაშვილი ლ., სადალაშვილი ე., ისაკაძე თ., პირველი გ., გუგულაშვილი გ. – ეკოლოგიურად უსაფრთხო ჰიდროენერგეტიკული დანადგარის ახალი კონსტრუქცია _____ 307

ბარათაშვილი მ. – საავტომობილო გზის სატრანსპორტო დერეფნის მოწყობის ეკოლოგიური ასპექტები _____ 310

Turkadze Ts., Bochoidze I., Gamkrelidze E. – SEASONAL CHANGES OF MUNICIPAL SOLID WASTE CALORICITY IN KUTAISI, GEORGIA _____ 313

დადუნაშვილი გ., ცქიფურიშვილი თ. – ნატანისაბან წყალსაცავის თვითბაზემენდი კაშხალი _____ 318

გრძელიძე მ., თხელიძე ნ. – ელექტროენერგეტიკის სფეროში მომუშავეთათვის ბანკითარების სპეციფიკაციის კომფორტული მახასიათებლების პრობლემატიკა _____ 320

თხელიძე ნ., გრძელიძე მ. – მაღალი კაპის ქვეშ მომუშავე პერსონალის სპეციფიკაციისადმი წაყენებული მოთხოვნები _____ 323

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ხეცურიანი მ. – ქუთაისის ზონის ბუნებრივი რადიაციული ზონის შეფასება მდგრადი ბანვითარების პრინციპების ბათვიანისწინებით	325
Цецхладзе Р., Чоговадзе Дж., Чабукиანი Р. – ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСТЕКАНИЯ ПРИ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВАХ НЕФТЕПРОДУКТОВ	328
თავბერიძე ს., წიქორიძე მ., ებანოძე ე. – ნიადაგის მინიმალური დამუშავება – მნიშვნელოვანი ეკოლოგიური რეზერვი	332
თოფურია რ., კოჩაძე თ., შოთაძე ზ. – სატრანსპორტო საშუალებები და ეკოლოგიური პრობლემები	335
ცხაკაია ქ., თევდორაძე ს. – ჰიდროენერგეტიკული ობიექტების ოპტიმალური მართვის ამოცანის დასმის საკითხისათვის ბარემოზე ზემოქმედების მაჩვენებლების შეზღუდვით	338
გორდაძე ე. ჟორჟოლიანი ც. – დაცულ ტერიტორიებზე ბუნებრივი რესურსების მდგრადი გამოყენება	342

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

კომპიუტერული უზრუნველყოფა
ლევან იობაძე

ქალაქის ზომა 1/8
ნაბეჭდი თაბახი 15,75
ტირაჟი 80

დაიბეჭდა ი.მ. ნათია ტორაძის მიერ
ქუთაისი, ახალგაზრდობის გამზირი 98
ტელ.: (0431) 22 21 46;
მობ.: 599 18 20 98; 557 64 91 44
E-mail: levanistamba@rambler.ru