

ელენე ფანცხავა

თბოგენერატორების შესაძლო ავარიების სისტემური  
ანალიზი და პროფილაქტიკა

წარდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის  
მოსაპოვებლად

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
თბილისი, 0175, საქართველო  
2012წელი

© საავტორო უფლება ელენე ფანცხავა, 2012წელი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერნი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით ფანცხავა ელენეს მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: „თბოგენერატორების შესაძლო ავარიების სისტემური ანალიზი და პროფილაქტიკა“ და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

ხელმძღვანელი: სრული პროფესორი ომარ კილურაძე

რეცენზენტი:

რეცენზენტი:

რეცენზენტი:

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2012წელი

ავტორი: ელენე ფანცხავა

დასახელება: „თბოგენერატორების შესაძლო ავარიების სისტემური ანალიზი და პროფილაქტიკა“

„ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტი“

აკადემიური ხარისხი: დოქტორი

სხდომა ჩატარდა:

ინდივიდუალური პიროვნებების ან ინსტიტუტების მიერ შემომოყვანილი დასახელების დისერტაციის გაცნობის მიზნით მოთხოვნის შემთხვევაში მისი არაკომერციული მიზნებით კოპირებისა და გავრცელების უფლება მინიჭებული აქვს საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს.

---

ავტორის ხელმოწერა

ავტორი ინარჩუნებს დანარჩენ საგამომცემლო უფლებებს და არც მთლიანი ნაშრომის და არც მისი ცალკეული კომპონენტების გადაბეჭდვა ან სხვა რაიმე მეთოდით რეპროდუქცია დაუშვებელია ავტორის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

ავტორი ირწმუნება, რომ ნაშრომში გამოყენებული საავტორო უფლებებით დაცული მასალებზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა (გარდა იმ მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც მოითხოვენ მხოლოდ სპეციფიურ მიმართებას ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას) და ყველა მათგანზე იღებს პასუხისმგებლობას.

## მადლიერება

ავტორი მადლობას უხდის დისერტაციის სამეცნიერო ხელმძღვანელს სრულ პროფესორს ომარ კილურაძეს, სასწავლო ლაბორატორიის უფროსს აკადემიურ დოქტორს თ.ჩხიკვაძეს და თბოენერგეტიკული დანადგარების მიმართულების პროფესორ-მასწავლებლებს სამუშაოს შესრულების ყველა ეტაპზე გაწეული კონსულტაციებისათვის.

## რეზიუმე

თანამედროვე თბოგენერატორი რთული და საპასუხისმგებლო აგრეგატია, ერთმანეთთან დაკავშირებული მრავალი ელემენტი, რომელიც აღჭურვილია სავადასხვაგვარი საზომ-საკონტროლო ხელსაწყოებით, დაცვისა და მართვის ავტომატიზირებული სისტემებით.

ორთქლის გენერატორებისათვის სავალდებულოა ნომინალური საექსპლუატაციო რეჟიმების დაცვა, რომელთა გათვალისწინებითაც პროექტირების ეტაპზე სრულდება გამოყენებული მასალების ხარისხის, ცალკეული ელემენტების შეერთებებისა და სამაგრი კონსტრუქციების განსაზღვრული მუშა პარამეტრებისათვის გათვლა.

თბოგენერატორების ეფექტური და უსაფრთხო მუშაობა შესაძლებელია მხოლოდ მათი კვალიფიციური მომსახურების პირობებში საექსპლუატაციო წესების მკაცრად დაცვით. წესების დაუცველობა შეიძლება გახდეს ავარიების და აგრეგატების დაზიანების მიზეზი, რასაც შეიძლება მოყვეს ადამიანების ტრავმირება და მსხვერპლი და დიდი მატრიალური ზარალი.

თბოგენერატორების უსაფრთხო და ეკონომიკური რეჟიმით მუშაობა მოითხოვს ერთმანეთზე დამოკიდებული მრავალი ფიზიკური და მექანიკური პარამეტრების მოთხოვნილ საზღვრებში შენარჩუნებას. აგრეგატების ექსპლუატაციის დროს მახასიათებელი პარამეტრები შეიძლება შეიცვალოს, რაც მუშაობის სტატიკური რეჟიმიდან გარდამავალ რეჟიმში გადასვლას იწვევს. მუშაობის სტატიკური რეჟიმები შესწავლილია საკმარისად კარგად, მაშინ როცა თბოგენერატორების გარდამავალი რეჟიმების დახასიათება და ანალიზი ისევ აქტუალურია.

ნაშრომში კვლევის მეთოდად გამოყენებულია სისტემური ანალიზის მეთოდი, რომლის თანახმადაც გამოსაკვლევი სისტემა - თბოგენერატორი, განიხილება, როგორც ერთიანი (მთლიანი) სისტემა, რომელიც შედგება ქვესისტემებისაგან -საცეცხლე, ორთქლის გადამხურებელი, წყლის ეკონომიაზერი, ჰაერშემთბობი, დეაერატორი, მკვებავი ტუმბოების კვანძი და ა.შ. და ელემენტებისაგან- დოლი, ეკრანის მილები, კოლექტორები, სხვადასხვა საკონტროლო-საზომი ხელსაწყოები, მცველი და სასიგნალო მოწყობილობები და სხა. კვლევის ასეთი მიდგომა ორიენტირებულია, სისტემის ელემენტებად დანაწევრების გზით, შემადგანელი ცალკეული აგრეგატების მუშაობის ანალიზზე, იმ პირობით, რომ შენარჩუნებულია თბოგენერატორის როგორც მთლიანი სისტემის შესახებ შეხედულება. ასეთი მიდგომით მიღებული შედეგები ადეკვატურად ასახავენ თბოგენერატორებში მიმდინარე რთულ პროცესებს. რაც დადასტურებულია ნაშრომში მიღებულ შედეგებში, რომლებიც ეხება ორთქლის ქვაბის დოლში და ეკონომიაზერში მიმდინარე გარდამავალი პროცესების მათემატიკურ მოდელირებას.

თბოგენერატორის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი კვანძია წყლის ეკონომიაზერი-ქვესისტემა რომლის ელემენტებია: ეკონომიაზერის თუჯის გაწიბოვნებული მილები, მანომეტრები, მცველი მოწყობილობები, თერმომეტრები, ურდულები, ფარსაკეტები. ამ ელემენტების გამართული მუშაობა მნიშვნელოვანწილად განსაზღვრავს მთლიანად აგრეგატის ეკონომიურობას და უსაფრთხო ექსპლუატაციას. “არამადულარა” ტიპის ეკონომიაზერიდან გამოსული

წყლის ტემპერატურა (უკმარხურება) საპროექტო მონაცემებით არ უნდა იყოს 20-30 გრადუსზე ნაკლები ქვაბის დოლში არსებულ ტემპერატურაზე. შესაბამისად აქტუალურია ეკონომიზერის გარდამავალი რეჟიმების გამოკვლევა.

წყლის ეკონომიზერის გარდამავალი რეჟიმების დასახასიათებლად, პროცესის მათემატიკური მოდელირების გზით, მიღებულია ეკონომიზერიდან გამოსული წყლის ტემპერატურის დროის მიხედვით ცვლილების საანგარიშო ფორმულა, რომელსაც აქვს ექსპონენტის სახე. სტატიკური პროცესის “შეშფოთებები” გამოწვეულია ნამწვი გაზების და ეკონომიზერში შესული წყლის ტემპერატურების ცვლილებებით.

თბოგენერატორის მნიშვნელოვანი კვანძია დოლი (ქვესისტემა) რომლის ელემენტებია: ეკრანის მილები, კოლექტორები, დოლსშიგა მოწყობილობები, მანომეტრები, მცველი სარქველები, წყლის დონის მზომები. სტატიკურ რეჟიმში დასაშვებია წყლის დონის და დოლში წნევის ცვლილებები გარკვეულ მკაცრად განსაზღვრულ დასაშვებ საზღვრებში.

ქვაბის დოლის მუშაობის გარდამავალი რეჟიმების დასახასიათებლად პროცესის მათემატიკური მოდელირების გზით, მიღებულია წნევის ცვლილების საანგარიშო ფორმულა “შეშფოთებების”- სათბობის თბოუნარის და მკვებავი წყლის ტემპერატურის, დროში ცვილებების მიხედვით.

ნაშრომში განხილულია საცეცხლე, როგორც თბოგენერატორის ქვესისტემა, სათბობის (მყარი, თხევადი და აირადი) მოსამზადებელი და საცეცხლეში მისაწოდებელი ელემენტებით. გაანალიზებულია ფეთქებად-საშისი გაზების კონცენტრაციები და შესაძლო აფეთქებების აცილების ღონისძიებები.

განხილულია წყლის დონის მაჩვენებელი ხელსაწყოების გაუმართაობები: საჩვენებელი მინა გადავსებულია წყლით; წყლის დონე ნორმალურზე რამდენადმე მეტია; წყნარი დონე; დონის უმნიშვნელო რყევა; წყლის „ან ორთქლის“ გაპარვა“ ხელსაწოდან; მაჩვენებელი მინის გატეხვა.

გაანალიზებულია დაზიანების მიზეზები და შესაბამისი პროფილაქტიკური ღონისძიებები.

განხილულია მცველი სარქველების გაუმართაობები: მცველი სარქველი არ იღება; იღება დაგვიანებით; იღება ძლიან ადრე. შესრულებულია გაუმართაობების მრავალი მიზეზის დიფერენცირება და დასახულია შესაბამისი პროფილაქტიკური ღონისძიებები.

თბოგენერატორების მომსახურე პერსონალმა ზედმიწევნით კარგად უნდა იცოდნენ თბოგენერატორისა და მისი მოწყობილობების ავარიის წარმოშობის შესაძლო მიზეზები, მათი აღმოფხვრის პირობები და ავარიების თავიდან აცილების გზები-ღონისძიებები.

შედეგინილია თბოგენერატორების უავარიო და ეკონომიკური მუშაობის უზრუნველსაყოფად სასწავლო-საგამოცდო კითხვარი, რომელიც აპრობირებულია შპს საქართველოს ენერგეტიკული კორპორაციის თბოელექტროსადგურში მომსახურე პერსონალის პროფესიული კვალიფიკაციის ამაღლების მიზნით.

## Abstract

Modern heat-generator is a complex and important aggregate with many interconnected items equipped with various measuring-control devices, automated protection and control systems.

Keeping of nominal exploitation modes is compulsory for steam generators by considering of which calculation of quality of applied materials, connections of private items and working parameters of attaching constructions take place at projection stage.

Effective and safe operation of heat generators is possible in the conditions of their qualified service only in full compliance with exploitation rules. Failure to keep the rules may become a ground of breakdowns and damage of aggregates that may cause traumas of human, victim and great material loss.

Operation of heat generators under safe and economic mode needs keeping of various interdependent physical and mechanical parameters in required limiting lines. Characteristic parameters may be changed at exploitation of aggregates that causes transition of operation from static mode to transient regime. Static modes of operation have been studied very well while description and analysis of transitional modes of heat generators is still actual.

Method of systemic analysis has been used in the work as a method of research, according to which the system of examination – heat generator is considered as a united (whole) system consisting of sub-systems – furnace unit, steam superheater, water economizer, air heater, deaerator, knot of feed pumps as well as items – cylinder, screen pipes, water-wall tubes, headers, different control-measuring devices, protective device and alarm equipments and etc. Such approach of research is oriented on the analysis of operation of constitute individual devices via dismembering the system in units provided that the conception of heat generator as the whole system has been provided. The results of this approach adequately reflect the complex processes running in heat generators. That has been acknowledged in the results of the work concerning the mathematical modeling of transitional processes in steam boiler drum and economizer.

One of the important knots of heat generator is water economizer –subsystem that comprises the units: finned pipes of economizer cast iron, manometer, protective devices, thermometers, bolts, sliding dampers. Regular operation of the above units largely determines efficiency and safe exploitation of whole aggregate. According to project data, water temperature (subcooling) out from the economizer of “non-boiler” type should not be less than 20-30<sup>0</sup>C to compare with the temperature in boiler drum. Accordingly, examination of transient regimes of economizer is actual.

In order to describe transient regimes of water economizer, computation formula of variation of water temperature outing from economizer from time to time has been made via mathematical modeling of the process, which has got an image of exponent. “Troubles” of static processes have been caused by variations of carbon gases and water temperature in economizer.

The important knot of heat generator is cylinder (subsystem) that comprises the units: water-wall pipes, headers, turbo-steam equipments, manometers, protective valves, water level measurers. Variations of water level and pressure in the cylinder are admitted in static regime in strictly determined permissible limiting lines.

In order to describe transient regimes of the boiler drum operation through mathematical modeling of the process, computation formula of pressure variation has

been adopted in accordance with variations in time of “Troubles” – fuel efficiency and feed water temperature.

Combustion system as heat generator sub-system has been discussed in the work with preparatory elements of fuel to be delivered (solid, fluid and gaseous) to combustor. Concentrations of explosive gases and measures of avoiding possible explosions have been analyzed.

Failures of water level showing devices have been examined: showing glass is overfilled with water; water level is somewhat higher than norm; pacific level; slight fluctuation of level; “leakage” of water or steam from the device; breakdown of showing glass. Reasons of damage and appropriate prophylactic arrangements have been analyzed.

Failures of protective valves have been examined: safety valve fails to open; it opens with delay; opens very early. Differentiation of many reasons of failure has been made and appropriate prophylactic measures have been planned.

The service staff of heat generators should thoroughly know presumable reasons of breakdowns of heat generators and their devices, conditions of eradication of accidents and ways of avoiding the breakdowns.

Training-testing questionnaire have been made in order to provide regular and economic operation of heat generators, which is approved in order to improve professional qualification of staff serving at Georgian Power Corporation Thermal Power Plant Ltd.



## შინაარსი

### შესავალი

#### თავი I. ლიტერატურის მიმოხილვა

1.1	თბოგენერატორი, როგორც რთული სისტემა	18
1.2	საქვებზე დანადგარები	19
1.3	საქვებზე აგრეგატები	22
1.4	საცეცხლეები. სანთურები. მფრქვევანები	26
1.5	მტვრის მოსამზადებელი დანადგარები	40
1.6	ამორთქლებელი ხურების ზედაპირები	42
1.7	ორთქლის ქვების დოლი და საცირკულაციო კოლექტორები	43
1.8	დეაერატორი	44
1.9	ორთქლგადამხურებელი	45
1.10	წყლის ეკონომიზერები	47
1.11	ჰაერშემთბობები	48
1.12	არმატურა, ხელსაწყოები და მკვებავი მოწყობილობანი	50
1.13	შენობა ქვებებისათვის, განათება, აგრეგატების შეთანწყობა	58
1.14	ქვებების წყლის ქიმიურად დამუშავების რეჟიმები	59

#### თავი II. ორთქლის ბენერატორების ავარიების აცილების სიტუაციური ვარჯიშების კომპიუტერული მოდელირება

2.1	სასწავლო და საგამოცდო პროგრამების ბლოკსქემები	61
2.2	თბოგენერატორების საცეცხლე მოწყობილობების უსაფრთხო მუშაობა	64
2.3	ორთქლის ქვებების დოლისა და კოლექტორების დაზიანების მიზეზები და პროფილაქტიკა	75
2.4	ძირითადი მოთხოვნები ლითონზე რომელიც გამოიყენება ქვების დოლის დასამზადებლად	77
2.5	ორთქლის ქვების დოლებისა და კოლექტორების დაზიანება	79
2.6	მაღალი წნევის ქვებებში დოლებისა და ძირის(ფსკერის) დაზიანება	81
2.7	გლინვით შეერთების დეფექტები და დაზიანებები	83
2.8	წყლის დონის მაჩვენებელი ხელსაწყოების გაუმართაობები, დაზიანების მიზეზები და პროფილაქტიკა	83

2.9 მცველი სარქველების გაუმართაობები, მათი მიზეზები და პროფილაქტიკის ღონისძიებები-----	88
--	----

**თავი III. თბოგენერატორში გარდამავალი რეჟიმების მათემატიკური მოდელირება**

3.1 ქვაბში წყლის ღონის რეგულირება-----	94
3.2 ქვაბის დოლში მიმდინარე პროცესების მათემატიკური მოდელირება-----	95
3.3 ორთქლის ქვაბის წყლის ეკონომიზერის გარდამავალ რეჟიმში მუშაობის მათემატიკური მოდელირება-----	104
3.4 ქვაბის წყლის ეკონომიზერის გარდამავალი რეჟიმების გაანგარიშების ფრაგმენტი პროგრამა ექსელ-ში-----	117
ძირითადი დასკვნები-----	120
გამოყენებული ლიტერატურა-----	122
<b>დანართი 1. თბოგენერატორების უსაფრთხო ექსპლუატაციის წესების (არმატურა, ხელსაწყოები და მკვებავი მოწყობილობები) კითხვარი-----</b>	<b>125</b>
<b>დანართი 2. სასწავლო და საგამოცდო ალგორითმების მიხედვით ბეისიკ-ში შესრულებული ნიმუშები-----</b>	<b>135</b>

## ცხრილების ნუსხა

- ცხრილი 1. მოთხოვნები მკვებავი წყლის ხარისხზე
- ცხრილი 2. თვითააღების ტემპერატურა ზოგიერთი აირის ჰაერთან ნარევის შემთხვევაში
- ცხრილი 3. სათბობის ზღვრული მოცულობითი კონცენტრაცია ჰაერთან ნარევეში
- ცხრილი 4. ეკონომიზურიდან გამოსული წყლის ტემპერატურისა და ტემპერატურათა სხვაობის ცვლილება როცა  $A_2=30$  გრად.
- ცხრილი 5. ეკონომიზურიდან გამოსული წყლის ტემპერატურისა და ტემპერატურათა სხვაობის ცვლილება როცა  $A_2=-50$ გრად.
- ცხრილი 6. ეკონომიზურიდან გამოსული წყლის ტემპერატურისა და ტემპერატურათა სხვაობის ცვლილება როცა  $A_1=20$  გრად.
- ცხრილი 7. ეკონომიზურიდან გამოსული წყლის ტემპერატურისა და ტემპერატურათა სხვაობის ცვლილება როცა  $A_1= -40$  გრად.
- ცხრილი 8. ეკონომიზურიდან გამოსული წყლის ტემპერატურისა და ტემპერატურათა სხვაობის ცვლილება როცა  $A_1= 25$  გრად.  
 $A_2=-25$  გრად
- ცხრილი 9. ეკონომიზურიდან გამოსული წყლის ტემპერატურისა და ტემპერატურათა სხვაობის ცვლილება როცა  $A_1= 11.9$  გრად.  
 $A_2=-50$  გრად.

## ნახაზების ნუსხა

- ნახ.1. თანამედროვე ორთქლის ქვაბდანადგარის სქემა
- ნახ.2. ორთქლაგრეგატების ძირითადი ტიპების სქემები
- ნახ.3. საქვაბე აგრეგატში წყლის, წყლისა და ორთქლის ნარევის და ორთქლის მოძრაობის სქემების ორგანიზაცია
- ნახ.4. საცეცხლეების სქემები სათბობის შრეში დაწვისთვის;
- ნახ.5. კამერული საცეცხლეების სქემები
- ნახ.6. ციკლონური საცეცხლეების სქემები.
- ნახ.7. საცეცხლე PM3 ტიპის პნევმატური თვითჩამყრელით და PPK ტიპის ცეცხლრიკების ცხაურათი;
- ნახ.8. საცეცხლის სქემა სათბობის მტვრისებრ მდგომარეობაში დაწვისათვის
- ნახ.9. მაზუთის მფრქვევანები.
- ნახ.10. აირის სანთურები
- ნახ.11. ნელმავალი ბურთულებიანი წისქვილი.
- ნახ.12. ეკრანული ტიპის ქვაბის კომბინირებული ორთქლ-გადამხურებლის სქემა
- ნახ.13. რეგენერაციული მბრუნავი ჰაერშემთბობი
- ნახ.14. სასწავლო პროგრამის ალგორითმის ბლოკ-სქემა
- ნახ.15. საგამოცდო პროგრამის ალგორითმის ბლოკ-სქემა
- ნახ.16. დოლის ლითონის დაზიანების სამაგალითო შემთხვევა
- ნახ.17. შუშა გადავსებულია წყლით
- ნახ.18. წყლის დონე ნორმალურზე რამდენადმე მეტია
- ნახ.19. წყნარი დონე
- ნახ.20. წყლის დონის უმნიშვნელო რყევა
- ნახ.21. წყლის ან ორთქლის “გაპარვა” მილის ჩობალში
- ნახ.22. წყლის დონის მაჩვენებელი მილის გატეხვა
- ნახ.23. მცველი სარქველი არ იღება
- ნახ.24. მცველი სარქველი იღება დაგვიანებით
- ნახ.25. მცველი სარქველი იღება ძალიან ადრე
- ნახ.26. დამოკიდებულებები  $i''=f_1(P)$ ,  $r=f_2(P)$ ,  $i'=f_3(P)$  წყლისათვის
- ნახ.27. წყლის ნაჯერობის ტემპერატურის დამოკიდებულება წნევაზე.  
 $t_{ნაჯ.} = f(P)$
- ნახ.28. ცხრილის მონაცემებიდან გადახრა %-ებში
- ნახ.29. დოლში წნევის დამოკიდებულება დინამიკურ რეჟიმში სათბობის თბოუნარიანობაზე
- ნახ.30. დოლში წნევის დამოკიდებულება დინამიკურ რეჟიმში მკვებავი წყლის ტემპერატურაზე
- ნახ.31. წყლის ტემპერატურა ეკონომიზერიდან გამოსვლაზე 1.
- ნახ.32. წყლის ტემპერატურა ეკონომიზერიდან გამოსვლაზე 2.
- ნახ.33. წყლის ტემპერატურის ნაზრდი ეკონომიზერიდან გამოსვლაზე 3.
- ნახ.34. წყლის ტემპერატურა და ტემპერატურათა სხვაობა 1
- ნახ.35. წყლის ტემპერატურა და ტემპერატურათა სხვაობა 2
- ნახ.36. წყლის ტემპერატურა და ტემპერატურათა სხვაობა 3
- ნახ.37. წყლის ტემპერატურა და ტემპერატურათა სხვაობა 3
- ნახ.38. წყლის ტემპერატურა და ტემპერატურათა სხვაობა 4

## შესავალი

თანამედროვე თბოგენერატორი რთული აგებულობის აგრეგატია, რომელიც აღჭურვილია მრავალრიცხოვანი საზომ-საკონტროლო ხელსაწყოებით, დაცვისა და მართვის ავტომატიზირებული სისტემებით.

ორთქლის გენერატორების პროექტირების სტადიაზე, როგორც მთლიანი აგრეგატისათვის, ასევე ცალკეული ელემენტებისათვის მუშავდება ნომინალური საექსპლუატაციო რეჟიმები. ნომინალური საექსპლუატაციო რეჟიმების გათვალისწინებით სრულდება მასალების ხარისხის, ცალკეული ელემენტების შეერთებებისა და სამაგრი კონსტრუქციების გათვლა განსაზღვრულ მუშა პარამეტრებზე.

თბოგენერატორების ეფექტური და უსაფრთხო მუშაობისათვის აუცილებელია მათი კვალიფიციური მომსახურება. ქვების შეკეთება და მონტაჟი მთლიანად უნდა შეესაბამებოდეს “ორთქლისა და წყალგამაცხელებელი ქვების მოწყობისა და უსაფრთხო ექსპლუატაციის წესებს”. აღნიშნული წესების დარღვევა როგორც წესი იწვევს ავარიას და აგრეგატების დაზიანებას. ავარიები ელექტროსადგურებზე, სამრეწველო თუ გამათბობელ საქვებებში დაკავშირებულია დიდ მატერიალურ ზარალთან.

თბოგენერატორების გამართული და ეფექტური მუშაობა დამოკიდებულია მისი ცალკეული შემადგენელი აგრეგატებისა და მოწყობილობების გამართულ მუშაობაზე.

განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია თბოგენერატორის საცეცხლეების ნორმალური უსაფრთხო მუშაობა სხვადასხვა სათბობზე: გაზი, თხევადი და აირადი. ნებისმიერი საექსპლუატაციო წესების დარღვევა შეიძლება გახდეს აფეთქებების მიზეზი. რაც უმეტესად მთავრდება საქვების შენობის ნგრევით და მომსახურე პერსონალის ტრამვირებით.

**თემის აქტუალურობა.** თბოგენერატორების უსაფრთხო და ეკონომიკური რეჟიმით მუშაობა დაკავშირებულია ერთმანეთზე დამოკიდებული მრავალი ფიზიკური და მექანიკური პარამეტრების მოთხოვნილ საზღვრებში შენარჩუნებასთან. აგრეგატების ექსპლუატაციის დროს მახასიათებელი პარამეტრები იცვლება, რაც მუშაობის სტატიკური რეჟიმიდან გარდამავალ რეჟიმში გადასვლას

იწვევს. მუშაობის სტატიკური რეჟიმები შესწავლილია საკმარისად კარგად, მაშინ როცა თბოგენერატორების გარდამავალი რეჟიმების დახასიათება და ანალიზი ისევ აქტუალურ ამოცანას წარმოადგენს.

თბოგენერატორების მომსახურე პერსონალმა და აგრეგატების მუშაობაზე პასუხისმგებელმა სხვა პირებმა ზედმიწევნით კარგად უნდა იცოდნენ თბოგენერატორისა და მისი მოწყობილობების ავარიის წარმოშობის შესაძლო მიზეზები, მათი აღმოფხვრის პირობები და ავარიების თავიდან აცილების გზები-ღონისძიებები. ავარიების წარმოშობის მიზეზები შეიძლება იყოს მრავალი სახის და ამასთან სპეციფიკური ცალკეული აგრეგატებისა და მოწყობილობების მიხედვით. აგრეგატების მომსახურე პერსონალის პროფესიული კვალიფიკაციის ამაღლებისათვის საჭირო დოკუმენტაციის შექმნა და სწავლების მეთოდის დამუშავება ასევე აქტუალურ ამოცანას წარმოადგენს.

**სამუშაოს მიზანი და ძირითადი ამოცანები.** სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს თბოგენერატორების უავარიო და ეკონომიკური მუშაობის უზრუნველსაყოფად აგრეგატების ისეთი სასწავლო საექსპლუატაციო მეთოდის დამუშავება, რომელიც ხელს შეუწყობს საჭირო მასალის ეფექტურად ათვისებას. განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს აგრეგატების მუშაობის გარდამავალი რეჟიმების შესწავლა და ანალიზი.

დასახული მიზნის მისაღწევად სამუშაოს ძირითად ამოცანებს წარმოადგენს:

- თბოგენერატორების უსაფრთხო მუშაობის წესების შესწავლა;
- დაზიანებების და ავარიების გამომწვევი მიზეზების სისტემური ანალიზი;
- შესაძლო ავარიების გამოვლენის და აცილების ღონისძიებების შემუშავება;
- თბოაგრეგატის ძირითადი საპასუხისმგებლო ელემენტის – დოლის გარდამავალი რეჟიმების მათემატიკური მოდელირება;
- ქვების წყლის ეკონომიზერის გარდამავალი რეჟიმების მათემატიკური მოდელირება

- აგრეგატების ექსპლუატაციის სიტუაციური ვარჯიშების კომპიუტერული მოდელირება.

საწავლო და საგამოცდო ტესტების მასალა შერჩეულია ძირითადი თემების მიხედვით: საცეცხლეები; ორთქლის გენერატორის დოლი და ეკრანის მიღები; ხურების ზედაპირები; ორთქლის გადამხურებელი, წყლის ეკონომიზერი და ჰაერემთობი; არმატურა, კვამლმწოვები და ვენტილატორები; მკვებავი ტუმბოები; სხვადასხვა მილსადენები და სხვა.

**მიღებული შედეგების სამეცნიერო სიახლე.** თბოგენერატორების უსაფრთხო და ეფექტური მუშაობის ხელშესაწყობად ჩატარებულია აგრეგატების შესაძლო ავარიების სისტემური ანალიზი, რაც ავარიების პროფილაქტიკის საშუალებას იძლევა. დამუშავებულია სასწავლო – საგამოცდო პროგრამების ალგორითმების ბლოკ-სქემები. საბოლოო შედეგები სრული ინფორმაციით გამოიტანება მონიტორზე და სურვილის მიხედვით დაიბეჭდება.

ქვების დოლისა და საცირკულაციო კოლექტორების ლითონს მუშაობა უწევს მაღალი წნევისა და ტემპერატურის, მავნე ნივთიერებების ზემოქმედების და დიდი მექანიკური დაძაბულობის პირობებში. აღნიშნულის გამო მოსალოდნელია ლითონის სტრუქტურის შეცვალა და მისი მექანიკური თვისებების მკვეთრად გაუარესება. ყოველივე ამან შეიძლება გამოიწვიოს ლითონის კოროზია და ელემენტის რღვევაც კი. ასეთი ტიპის დარღვევების ანალიზისათვის და პროფილაქტიკისათვის შესწავლილია ქვების დოლში და წყლის ეკონომიზერში მიმდინარე გარდამავალი რეჟიმები პროცესების მათემატიკური მოდელირების გზით.

მიღებულია ქვების დოლში გარდამავალ რეჟიმებში წნევის ცვლილების საანგარიშო ფორმულა სათბობის თბოუნარის და მკვებავი წყლის ტემპერატურის დროში ცვილებების მიხედვით.

ქვების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი კვანძია წყლის ეკონომიზერი, რომლის გამართული მუშაობა მნიშვნელოვანწილად განსაზღვრავს მთლიანად აგრეგატის ეკონომიურობას. წყლის ეკონომიზერის გარდამავალი რეჟიმების დასახასიათებლად პროცესის მათემატიკური მოდელირების გზით მიღებულია ეკონომიზერიდან გამოსული წყლის

ტემპერატურის ცვლილების საანგარიშო ფორმულა ნამწვი გაზების და ეკონომიზერში შესული წყლის ტემპერატურების ცვლილებების მიხედვით.

### **კვლევის მეთოდები და მიღებული შედეგების უტყუარობა**

კვლევის მეთოდად გამოყენებულია სისტემური ანალიზის მეთოდი, რომლის თანახმადაც გამოსაკვლევი სისტემა -თბოგენერატორი, განიხილება, როგორც ერთიანი (მთლიანი) სისტემა, რომელიც შედგება ქვესისტემებისაგან –საცეცხლე, ორთქლის გადამხურებელი, წყლის ეკონომიზერი, ჰაერშემთბობი და ა.შ. და ნაწილებისაგან (ელემენტებისაგან) დოლი, ეკრანის მიღები, კოლექტორები, საკონტროლო-საზომი ხალსაწყობები, მცველი და სასიგნალო მოწყობილობები, მცველი მოწყობილობები და სხა. ასეთი მიდგომა ორიენტირებულია სისტემის შიგნით “შეხედვაზე”, მისი დანაწევრება ისე, რომ შენარჩუნებული იყოს სისტემის შესახებ მთლიანობის შეხედულება. ასეთი მიდგომით მიღებული შედეგები ადეკვატურად ასახავენ თბოაგრეგატებში მიმდინარე რთულ პროცესებს.

### **სამუშაოს პრაქტიკული ღირებულება და შედეგების დანერგვა**

ნაშრომში მიღებული ფორმულები, რომლებიც ასახავენ ქვაბის დოლში და წყლის ეკონომიზერში მიმდინარე გრადამავალ რეჟიმების მიმდინარეობას აპრობირებულია ორდოლიანი ვერტიკალურ წყალმიღების ქვაბის გარდამავალ რეჟიმებში მუშაობის მაგალითებზე. მიღებული შედეგების უტყუარობა დასტურდება შესაბამისი ფიზიკური პროცესების ანალიზით.

დამუშავებული სასწავლო – საგამოცდო პროგრამების აღგორითმების ბლოკ-სქემებით ხდება მსმენელთა სწავლება და საგამოცდო ტესტირება, საბოლოო შედეგები სრული ინფორმაციით გამოიტანება მონიტორზე და სურვილის მიხედვით დაიბეჭდება. პროგრამული აპრობაცია გაიარა და დაინერგა შპს საქართველოს საერთაშორისო ენერგეტიკული კორპორაციის თბოელექტროსადგურში თანამშრომლების პროპფესიული გადამზადების მიზნით.

**სამუშაოს აპრობაცია.** სამუშაოს ძირითადი შედეგები მოხსენებული იყო საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე “ენერგეტიკა: რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები”. ა. წერეთლის



სახელმწიფო უნივერსიტეტი. 21-22 მაისი, 2010 წ. ქუთაისი;  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სტუდენტთა №79 ღია  
საერთაშორისო კონფერენციაზე თბილისი 2011წ; საერთაშორისო  
სამეცნიერო კონფერენციაზე “ქალი და XXI საუკუნე”. საქართველოს  
ტექნიკური უნივერსიტეტი. თბილისი-2011წ; სადისერტაციო თემის  
პირველ და მეორე თემატურ სემინარებზე.

## თავი I. ლიტერატურის მიმოხილვა

### 1.1. თბოგენერატორი, როგორც რთული სისტემა

თბოგენერატორი წარმოადგენს რთულ აგრეგატს –სისტემას, რომლის დანიშნულებაც გარკვეული პარამეტრების ენერჯის გენერაციაა წყლის ორთქლის, ან ცხელი წყლის სახით. თბოგენერატორი შედგება ერთმანეთთან ფუნქციურად მჭიდროდ დაკავშირებული აგრეგატებისაგან, რომელთა ნორმალური რეჟიმით ექსპლუატაცია განაპირობებს მთლიანად თბოგენერატორის უსაფრთხოდ და ეკონომიურად ფუნქციონირებას[1,9].

რთული სისტემის გამოკვლევას სჭირდება სისტემური ანალიზი, რომლის ძირითადი პრინციპია გამოსაკვლევი სისტემის განხილვა, როგორც მთლიანი მოდულისა, მისი შემადგენელი ნაწილების (ელემენტების) ერთობლიობით[47].

სისტემური ანალიზი ამოცანებია:

- დეკომპოზიციის ამოცანა, რომელიც გულისხმობს სისტემის (თბოგენერატორის) წარმოდგენას ქვესისტემების (საცეცხლე, კონვექციური ნაწილი, სათბობის მომზადების სისტემა, წყლის ეკონომიზერი, ჰაერშემთბობი, დეაერატორი, არმატურა, გარნიტურა, საკვამლე მილი, წვეა-შებენის მოწყობილობების და სხვა) სახით. ქვესისტემები თავის მხრივ შედგებიან ელემენტებისაგან (მაგალითად ქვების დოლი, ეკრანის მილები, კოლექტორები, თერმომეტრები, მანომეტრები და სხვა მრავალი);
- ანალიზის ამოცანა, რომლის მიზანია სისტემის და ქვესისტემის, მისი ელემენტების და გარემოს სხვადასხვა სახის მახასიათებელი პარამეტრების (ტემპერატურა, წნევა, ხარჯი და სხვა) მოძებნა და სისტემაში მიმდინარე კანონზომიერებების განსაზღვრა;
- სინთეზის ამოცანა, რომელიც გულისხმობს სისტემის ფუნქციონირების შესახებ მიღებული ინფორმაციის საფუძველზე, სისტემის მოდელის შედგენას ისეთი

პარამეტრებით, რომლებიც უზრუნველყოფენ სისტემის ეფექტურ და უსაფრთხო ფუნქციონირებას.

ამრიგად სისტემაში გამოყოფილია მოდულები და სისტემა განიხილება, როგორც მოდულების ერთობლიობა. პრინციპი მიანიშნებს იმაზე, რომ შესაძლებელი ხდება სისტემის ცალკე ნაწილის ნაცვლად გამოვიკვლიოთ მისი შესასვლელი და გამოსასვლელი ზემოქმედებები. მაგალითად, თუ მოდულის (ეკონომიაზერის) შესასვლელზე სიგნალი შეიცვალა  $\Delta t$ -ით, ხოლო ეკონომიაზერიდან გამოსასვლელზე სიგნალი შეიცვალა  $\Delta y$ -ით, მაშინ ორი ერთმანეთისაგან დამოუკიდებელი შესასვლელი სიგნალების ცვლილება  $\Delta t_1$  (წყლის ტემპერატურის ცვლილება) და  $\Delta t_2$  (ნამწვი გაზების ტემპერატურის ცვლილება) ისე, რომ სრულდება პირობა  $\Delta t_1 + \Delta t_2 = \Delta t$ , მაშინ გამოსასვლელი სიგნალის ცვლილება იქნება იგივე რაც  $\Delta y$ . ასეთი სისტემა ხაზოვანია და პროცესი აღიწერება ალგებრული ან დიფერენციალურ ხაზოვანი განტოლებებით.

ქვემოთ მოცემულია თბოგენერატორის, როგორც ერთიანი სისტემის ქვესისტემების და მათი ელემენტების აღწერა.

## **1.2. საქვაბე დანადგარები**

თანამედროვე საქვაბე დანადგარი წარმოადგენს მოწყობილობებისა და მექანიზმებისგან შემდგარ რთულ სისტემას, რომლის დანიშნულებაცაა განსაზღვრული პარამეტრების მქონე წყლის ორთქლის ან ცხელი წყლის გენერაცია. მაღალტემპერატურული თბომტარები გამოიყენება, როგორც სამრეწველო ასევე საზოგადოებრივი და საყოფაცხოვრებო შენობების გათბობისათვის, მოსახლეობის საყოფაცხოვრებო საჭიროებისათვის.

ორთქლი და ცხელი წყალი მიიღება ძირითადად ორგანული სათბობის დაწვის შედეგად სპეციალურ დანადგარებში-ქვაბდანდგარებში[14].

საქვაბე დანადგარები იყოფა შემდეგი ნიშნების მიხედვით: ორთქლმწარმოებლურობა, ორთქლის ან წყლის პარამეტრები, დასაწვავი სათბობის სახე, სათბობის წვის მეთოდი და სხვა. საქვაბე

დანადგარი ძირითადად შედგება ორთქლის ქვების და მისი დამხმარე მოწყობილობებისაგან. ორთქლის ქვაბი შედგება საცეცხლე კამერისა და აირსატარებისაგან, სადაც განლაგებულია ორთქლწარმოქმნელი ხურების ზედაპირები, წყლის ეკონომიზერი, ჰაერშემთბობი. ორთქლის ქვაბს მიეკუთვნება აგრეთვე ქვაბის ამონაკირი და კარკასი.

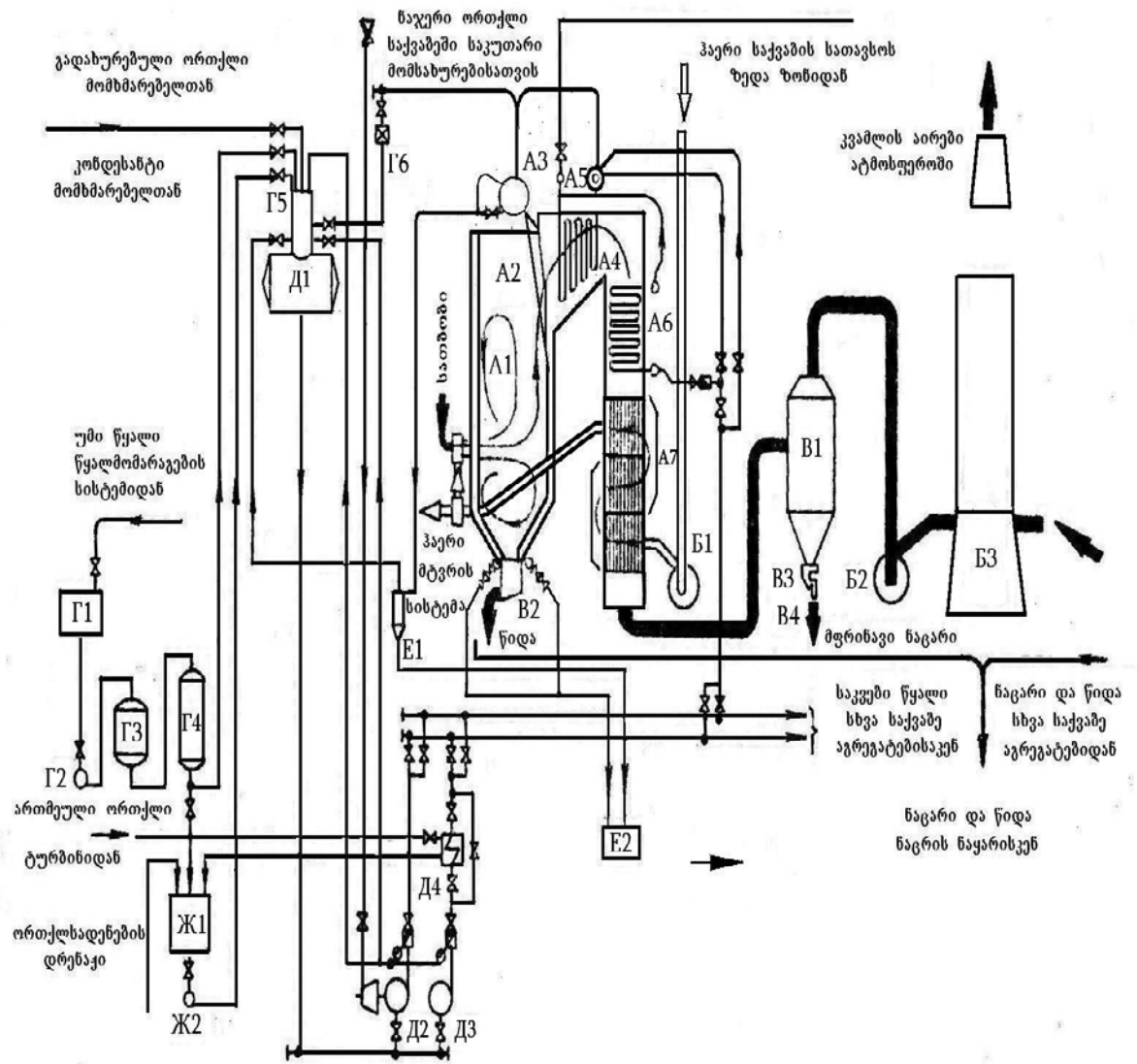
ქვაბი, ორთქლგადამხურებელი, წყლის ეკონომიზერი, ჰაერშემ-თბობი და საცეცხლე ერთმანეთთან შეთანწყობილნი არიან გარკვეული სქემით. სქემაში ჩართულია ორთქლსადენები, წყალსადენები, აირსავალი და ჰაერსავალი, არმატურა და გარნიტურა, რაც ერთობლიობაში წარმოადგენს ორთქლის ქვაბაგრეგატს, ანუ იგივე ორთქლგენერატორს. საქვაბე აგრეგატი თავსდება შემოკირვაში. ქვაბის მომსახურეობისათვის იყენებენ მის ირგვლივ განლაგებულ კიბეებს და მოედნებს.

საქვაბე აგრეგატების ელემენტების ლითონის ზედაპირებს, რომლებიც ერთიმხრივ შეხებაშია კვამლის აირებთან, ხოლო მეორე მხრივ წყალთან, ორთქლთან ან ჰაერთან ეწოდება ხურების ზედაპირები.

საქვაბე აგრეგატებს ემსახურება მთელი რიგი დამხმარე მექანიზმები და მოწყობილობები. საქვაბე აგრეგატი საჭირო დამხმარე მოწყობილობებთან ერთად წარმოადგენს საქვაბე დანადგარს.

საქვაბე დანადგარების ერთობლიობა, რომელიც ერთ შენობაშია დამონტაჟებული არის საქვაბე. საქვაბის შენობაში საკმაოდ კარგად უნდა შედიოდეს დღის სინათლე, ღამის საათებში კი გამოიყენება ელექტროგანათება.

საქვაბე დანადგარის დამხმარე მოწყობილობებს და მექანიზმებს მიეკუთვნება: კვამლმწოვი და შემბერი ვენტილატორები, მკვებავი დანადგარები, სხვადასხვა დანიშნულების მილგაყვანილობის ქსელი, სათბობის მომზადებისა და მიწოდების სისტემის ელემენტები, ნაცრისა და წილის მოსაცილებელი მოწყობილობა, ქვაბის საკვები წყლის გამწმენდი და მოსამზადებელი სისტემა, აგრეთვე მტვრის მოსამზადებელი მოწყობილობა (მყარი სათბობის მტვრისებრი წვის დროს) და მაზუთის მეურნეობა (თხევადი სათბობის წვის დროს), თბური კონტროლისა და ავტომატური მართვის სისტემა. ნახ. 1-ზე მოცემულია თანამედროვე ორთქლის ქვაბდანადგარის სქემა[13].



ნახ. 1. თანამედროვე ორთქლის ქვაბანადგარის სქემა

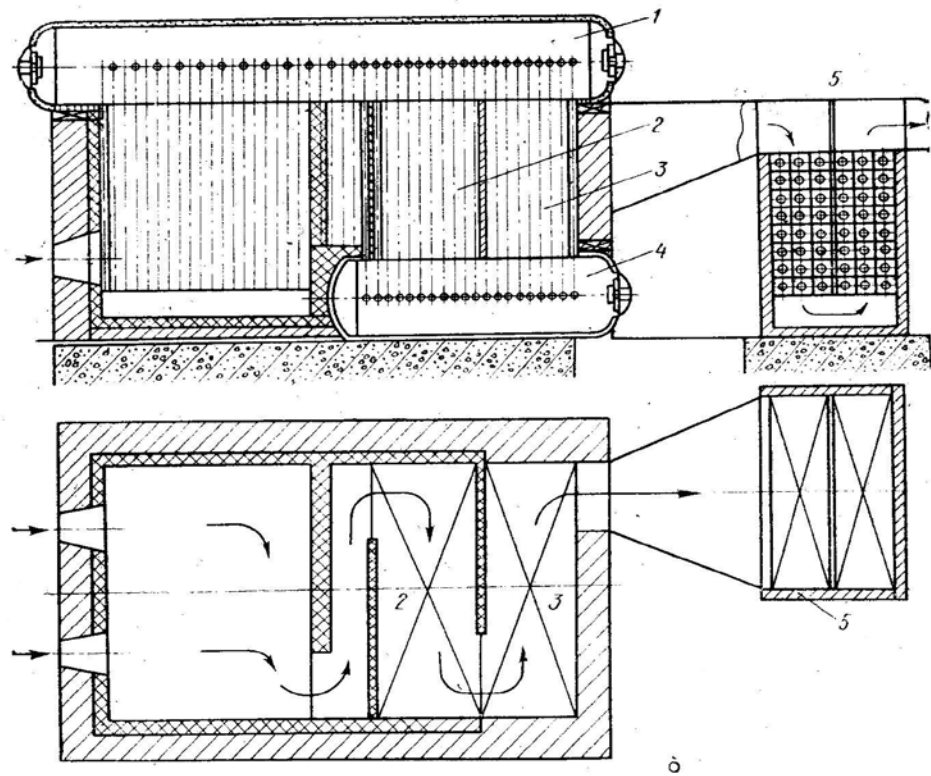
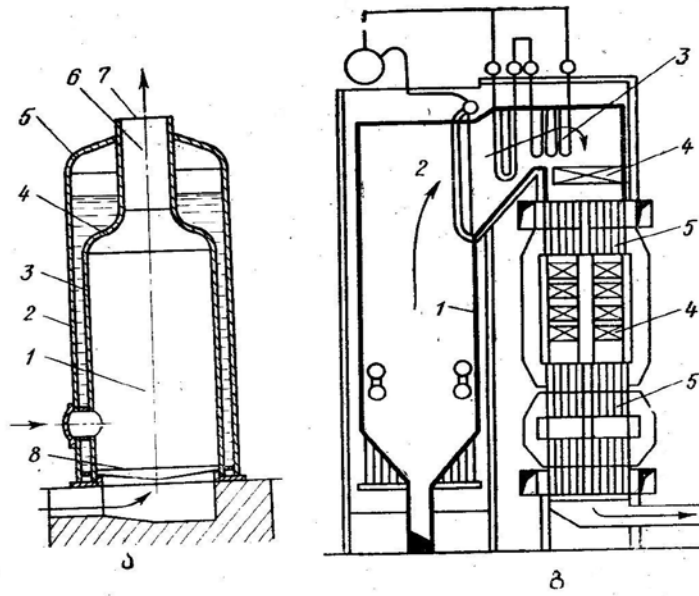
### 1.3. საქვაბე აგრეგატები

საქვაბე აგრეგატებს ყოფენ ორ ძირითად ჯგუფად: ორთქლის ქვაბებად, რომელთა დანიშნულებაა ორთქლის წარმოება და წყლის შემთბობ ქვაბებად, რომელთა დანიშნულებაა ცხელი წყლის მიღება. ასევე არსებობს წყლის შემთბობი ორთქლის ქვაბები (კომბინირებული ქვაბები), რომლებშიც მიიღება როგორც ორთქლი, ასევე ცხელი წყალი.

ორთქლის ქვაბები თავის მხრივ შეიძლება იყოს ვერტიკალურ-ცილინდრული, ვერტიკალურ-წყალმიღებიანი და ეკრანიან ორთქლის ქვაბები.

ვერტიკალურ ცილინდრული ქვაბი (ნახ. 2. ა) წარმოადგენს გარე ცილინდრულ კორპუსში 2, ჩასმულ შიგა ცილინდრულ კორპუსს 3. ცილინდრების ზედა ნაწილები ბოლოვდებიან ნახევრადსფერულ ძროებით 4 და 5, რომლებსაც აერთებენ ცილინდრულ საკვამლე კამერასთან 6 ან ვერტიკალურ მილების სისტემასთან, რომელთა საშუალებით კვამლის აირები საცეცხლე კამერიდან 1 გადადის საკვამლე მილში 7. საკვები წყალი მიეწოდება 2 და 3 დოლებს შორის სივრცეში, აქ წყალი ორთქლდება სითბოს ზემოქმედებით, რომელიც შემოდის საცეცხლის კამერიდან დოლის კედელში 3 გავლით, ხოლო წარმოქმნილი ორთქლი იკავებს წყლის დონის ზემო სივრცეს, რომელიც შიგა ცილინდრის გადაწვით დაზიანების თავიდან ასცილებლად უნდა იყოს ძროზე 4 მაღლა. ამ მოცულობიდან ორთქლი მიეწოდება ორთქლსადენს. სათბობი ცეცხლრიკებზე 8 ჩატვირთება ქვაბის ქვეშ მოთავსებული კარებიდან. ვერტიკალურ-ცილინდრულ ქვაბებს იყენებენ მცირე სამრეწველო საწარმოებში[21].

ვერტიკალურ-წყალმიღებიანი ქვაბი (ნახ. 2.ბ) შედგება ორი ჰორიზონტალური დოლისაგან 1 და 4, რომლებიც მოთავსებულია ერთ ვერტიკალზე და ერთმანეთთან შეერთებულია 51-60 მმ დიამეტრის მქონე მადულარა მილების სისტემით. მილების ამ სისტემას გრძივად ან განივად შემოედინება კვამლის აირების ნაკადი, რომელიც თავის სითბოს კონვექციით გადასცემს მილებში ცირკულირებულ წყალს. საკვები წყალი მიეწოდება ქვაბის ზედა დოლში 1. ზედა დოლიდან სუსტად შემთბარ ან სრულებით შეუმთბარი ჩამოსაშვები მილებიდან 3



ნახ.2. ორთქლაგრეგატების ძირითადი ტიპების სქემები:  
 ა-ვერტიკალურ ცილინდრული; ბ-ვერტიკალური წყალმიღებიანი;  
 გ- ეკრანული ტიპის

წყალი მიეწოდება ქვედა დოლს 4, საიდანაც ძლიერად შემთბარი აღმავალი მილების 2 საშუალებით ბრუნდება ზედა დოლში, ამასთან ერთად წყალი ნაწილობრივ ორთქლდება. ქვების ზედა დოლში ორთქლი გამოიყოფა წყლიდან და აირთმევა დოლიდან, ხოლო წყალი ბრუნდება საცირკულაციო სისტემაში ქვების ჩასაშვები მილებით. საქვაბე აგრეგატში მიწოდებამდე წყალი თბება წყლის ეკონომიზერში 5. ვერტიკალურ-წყალმილებიანი საცეცხლეების დაეკრანება ხდება გლუვმილებიანი ეკრანებით.

ვერტიკალურ-წყალმილებიან ქვაბებს 2,5-დან 50 ტ/სთ-მდე ორთქლმწარმოებლობით უშვებენ 1,37-დან 3,92 მნ/მ<sup>2</sup> წნევის ორთქლის წარმოებისთვის, რომელიც ნაჯერია ან გადახურებული 250, 370, 425 და 440°C-მდე.

ეკრანიანი საქვაბე დანადგარი (ნახ.2გ)[31], გამოირჩევა განვითარებული ეკრანის ხურების ზედაპირით 1. ასეთ აგრეგატებს აგებენ მხოლოდ კამერული საცეცხლეებით, რომლებშიც მყარი სათბობის დაწვა შესაძლებელია მხოლოდ მტვრისებრ მდგომარეობაში. კვამლის აირები საცეცხლის კამერიდან გამოსვლის შემდეგ გაივლის ეკრანის მილებს (ფესტონი) 2, რომელიც წარმოადგენს მცირე ამართქლებელი ხურების ზედაპირს, მილების გარე ზედაპირს სითბო გადაეცემა გამოსხივებით და კონვექციით, ხოლო შემდეგ წვის პროდუქტები მიმდევრობით გაივლის ორთქლგადამხურებელს 3, წყლის ეკონომიზერს 4 და ჰაერშემთბობს 5.

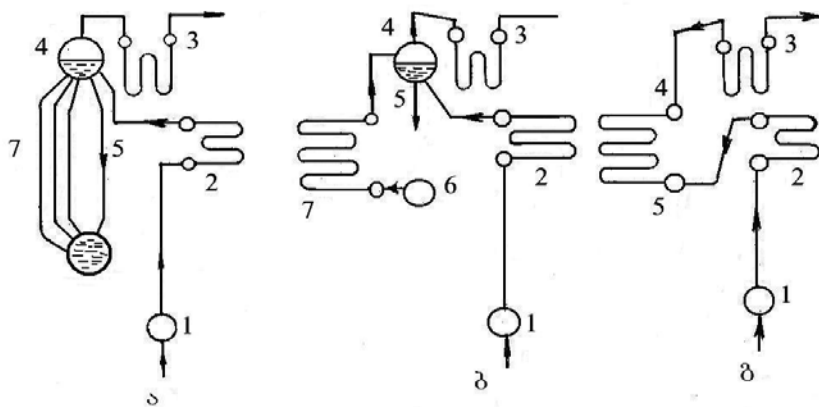
ეკრანიან საქვაბე დანადგარებს აყენებენ თბოელექტროსადგურებში. ქვაბებს ამზადებენ 35-დან 2500 ტ/სთ-მდე ორთქლმწარმოებლობით 3,92-დან 25,0 მნ/მ<sup>2</sup> წნევის და 440-570°C ტემპერატურის გადახურებული ორთქლის წარმოებისათვის.

ქვაბში წყლის მოძრაობის მიხედვით არჩევენ ქვაბს ბუნებრივი ცირკულაციით, მრავალჯერადი იძულებითი ცირკულაციით და პირდაპირი დინებით[2,32].

ბუნებრივი ცირკულაციის ქვაბებში (ნახ.3. ა) მკვებავი ტუმბოთი 1 მიწოდებული საკვები წყალი გაივლის წყლის ეკონომიზერს 2 და მიეწოდება ქვების ზედა დოლს 4. ზედა დოლიდან ნაკლებად შემთბარი ჩამოსაშვები მილების სისტემის 5 საშუალებით წყალი ჩამოედინება



ქვედა დოლში, ან მის შემცვლელ კოლექტორში, საიდანაც ძლიერად შემთბარი ამწვევი მილების 7 საშუალებით კვლავ ბრუნდება ზედა დოლში. ქვების დოლში ორთქლი გამოიყოფა წყლისაგან და ორთქლგადამხურებელის 3 გავლით მიეწოდება მომხმარებელს. დარჩენილი წყალი დამატებით მიწოდებულ წყალთან ერთად კვლავ ჩაირთვება საცირკულაციო კონტურში.



ნახ.3. საქვაბე აგრეგატში წყლის , წყლისა და ორთქლის ნარევის და ორთქლის მოძრაობის სქემების ორგანიზაცია: ა-ქვაბი ბუნებრივი ცირკულაციით; ბ-ქვაბი მრავალჯერადი იძულებითი ცირკულაციით; გ- პირდაპირი დინების ქვაბი;

მრავალჯერადი იძულებითი ცირკულაციის ქვაბებში (ნახ.3.ბ) წყალი გადის ქვაბის დოლში 4 იმავე გზით, როგორც ბუნებრივი ცირკულაციის ქვაბებში, მაგრამ წყლის მოძრაობა ქვაბის საცირკულაციო კონტურში 5-7 ხორციელდება იძულებითი საცირკულაციო ტუმბოს 6 საშუალებით, შემდეგ კი ორთქლის გზა ისეთივეა, რაც ბუნებრივი ცირკულაციის ქვაბებში.

პირდაპირი დინების ქვაბებში ამორთქლებელი საცირკულაციო კონტური არ არსებობს. ქვაბის ამორთქლებელი ხურების ზედაპირი 5-4 წარმოადგენს ეკონომიზერის 2 ხურების ზედაპირის უშუალო გაგრძელებას, აგრეთვე უშუალოდ გადადის ორთქლგადამხურებლის 3 (ნახ.3.გ) ხურების ზედაპირში. ამრიგად, წყლის სრული აორთქლება ამორთქლებელ ხურების ზედაპირში ხდება მასში ერთჯერადი პირდაპირი გავლის დროს.

ქვაბები ბუნებრივი და მრავალჯერადი იძულებითი ცირკულაციით მიეკუთვნებიან დოლებიანი ქვაბების ჯგუფს.

ვერტიკალურ-ცილინდრულ და ვერტიკალურ-წყალმილებიან ქვაბები მზადდება მხოლოდ ბუნებრივი ცირკულაციით, ხოლო ეკრანიანი ქვაბები კი- ბუნებრივი და მრავალჯერადი იძულებითი ცირკულაციით, ან პირდაპირი დინების სქემით.

წყლის შემთბობ ქვაბებს ახასიათებენ მათი სითბომწარმოებლობის, გამთბარი წყლის ტემპერატურტისა და წნევის მიხედვით, აგრეთვე ლითონის გამოყენებული მიხედვით, რომლისგანაც დამზადებულია ქვაბი.

ლითონის გვარობის მიხედვით არჩევენ თუჯისა და ფოლადის წყლის შემთბობ ქვაბებს. წყლის შემთბობი თუჯის ქვაბების დანიშნულებაა ცალკეული შენობების გათბობა, ასეთ ქვაბებს ამზადებენ მცირე სითბომწარმოებლობით 1,2-1,6 მგტ, წყლის შეთბობისათვის, რომლის წნევაა არა უმეტესი 309-400 კნ/მ<sup>2</sup> და ტემპერატურა 115<sup>0</sup>C-მდე. წყლის შემთბობ ფოლადის ქვაბებს ამზადებენ დიდი სითბომწარმოებლობით 4,75-დან 210 მგტ-მდე და აყენებენ მსხვილ საქვაბებში დიდი საცხოვრებელი მასივების თბომომარაგებისათვის. გარდა ამისა, 35 მგტ სითბომწარმოებლობის წყლის შემთბობ ქვაბებს აყენებენ თეც-ში ქსელის წყლის პიკური შემათბობლების ფუნქციით.

ქვაბ-უტილიზატორები წარმოადგენენ ქვაბების ჯგუფს, რომელთა დანიშნულებაა სხვადასხვა სამრეწველო ღუმელებიდან გამომავალი კვალმის აირების სითბოს გამოყენება.

ქვაბ-უტილიზატორს უშვებენ წყლის ბუნებრივი და იძულებითი ცირკულაციით. ბუნებრივი ცირკულაციის ქვაბებს ძირითადად იყენებენ ღუმელებში, სადაც გამავალი აირების ტემპერატურა 800-1000<sup>0</sup>C და მეტია, რაც დაკავშირებულია საიმედო ცირკულაციის უზრუნველყოფის პირობებთან.

#### **14. საცეცხლეები. სანთურები. ფრქვევანები**

საქვაბე აგრეგატის საცეცხლის დანიშნულებაა სათბობის დაწვა და მისი ქიმიური ენერჯის სითბურ ენერჯიად გარდაქმნა. იგი

წარმოადგენს თბოგადამცემ მოწყობილობას, რომელშიც ხურების ზედაპირებს სათბობის წვის შედეგად გამოყოფილი სითბო ძირითადად გადაეცემა გამოსხივებით. მყარი სათბობის დაწვის შემთხვევაში საცეცხლიდან ხდება სათბობის დაწვის დროს წარმოშობილი ნაცრის მოცილება.

საცეცხლეების კონსტრუქცია ძირითადად დამოკიდებულია გამოყენებული სათბობის სახეზე (ნატეხი მყარი სათბობი, მტვრისებრი, თხევადი და აირადი სათბობი). არსებობს სათბობის დაწვის სამი ძირითადი ხერხი: შრისებრი, ჩირაღდნული და გრიგალური (ციკლონური). ჩირაღდნულ და გრიგალურ საცეცხლეებს აერთიანებენ კამერულ საცეცხლეების ჯგუფში[33,34].

შრისებრი საცეცხლე გამოიყენება მყარი სათბობის დასაწვავად. შრისებრ საცეცხლეში სათბობის წვის პროცესი მომდინარეობს ცხურაზე მკვრივ ან მღუღარე შრეში, ხოლო გამოყოფილი აქროლადებისა საცეცხლე კამერაში. აღნიშნულიდან გამომდინარე შრისებრ საცეცხლეებს ყოფენ საცეცხლეებად მკვრივ და მღუღარე შრით.

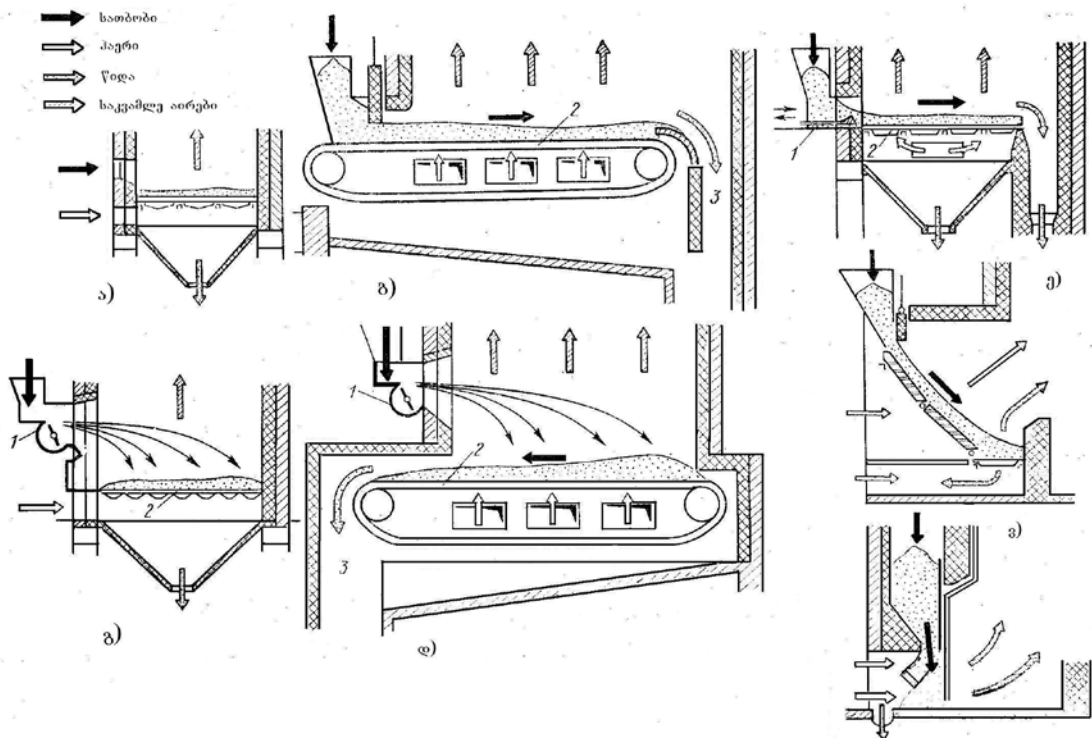
საცეცხლეები შრისებრი წვით იყოფა სამ ჯგუფად (ნახ. 4):

- 1) საცეცხლეები უძრავი ცეცხლრიკების ცხურით და მასზე უძრავად მდებარე სათბობის შრით (ნახ. 4.ა და ბ);
- 2) საცეცხლეები, რომლებშიც სათბობი გადაადგილდება ცხურასთან ერთად (ნახ. 4. გ, დ);
- 3) საცეცხლეები, რომლებშიც სათბობი გადაადგილდება (ნახ. 4. ე,ვ,ზ);

ყველაზე მარტივი საცეცხლეა ხელით მომსახურების ჰორიზონტალური უძრავი ცეცხლრიკებიანი ცხურა უძრავი სათბობის შრით (ნახ.4. ა). ასეთ ცხურაზე შეიძლება დაიწვას ყველა სახის მყარი სათბობი. ხელით მომსახურების აუცილებლობა ზღუდავს ამგვარი საცეცხლეების გამოყენებას მაღალი მწარმოებლობის ორთქლის ქვაბებისათვის.

მაღალი მწარმოებლობის ორთქლის ქვაბებისათვის სათბობის ფენური წვისათვის საცეცხლის მომსახურება და უპირველესად სათბობის ახალი ულუფის მიწოდება მექანიზებულია.

უძრავი ცეცხლიკების ცხაურით და სათბობის უძრავი შრის მქონე საცეცხლეებში სათბობის ჩაყრის მექანიზაცია ხორციელდება ჩამყრელების გამოყენებით, რომლებიც მექანიკურად უწყვეტად ჩატვირთავენ ახალ ულუფა სათბობს და გაანაწილებენ მას ცხაურის მთელ ფართობზე 2 (ნახ.4. ბ). ამგვარ საცეცხლეებში წვავენ ქვანახშირს და მურა ნახშირს ან ზოგჯერ ანთრაციტს.



ნახ. 4. საცეცხლეების სქემები სათბობის შრეში დაწვისთვის  
 ა-ხელით მომსახურების კორიზონტალური ცეცხლიკებიანი ცხაურა; ბ-  
 უძრავენიანი საცეცხლე თვითჩამყრელით; გ-საცეცხლე ჯაჭვის მექანიკური ცხაურით;  
 დ-საცეცხლე ჯაჭვის მექანიკური ცხაურის უკუსვლით და თვითჩამყრელით; ე-  
 საცეცხლე საჩხრეკი თამასით; ვ-საცეცხლე დახრილი ცეცხლიკებიანი ცხაურით. ზ.  
 -პომერანცევის სისტემის საცეცხლე.

საცეცხლეების ჯგუფს, რომლებშიც სათბობი გადაადგილდება ცხაურასთან ერთად, მიეკუთვნება საცეცხლეები მექანიკური ჯაჭვური ცხაურით (ნახ 4. ვ). სათბობი ჩასატვირთი ხვიშირიდან 1 თვითდინებით მიეწოდება მცირე სისწრაფით მოძრავ უსასრულო ჯაჭვური ცეცხლიკების ცხაურის (2) წინა ნაწილს. აალებული სათბობი უწყვეტად გადაადგილდება ცხაურასთან ერთად და მთლიანად იწვის. ცხაურას ბოლოში წარმოქმნილი წიდი იყრება წიდის ხვიშირში 3.

ჯაჭვისცხაურიანი საცეცხლეები საკმაოდ მგრძობიარეა სათბობის ხარისხის მიმართ. ამ საცეცხლეებში გამოიყენება დახარისხებული შეუცხოვადი ზომიერი ტენისა და ნაცრის შემცველი ქვანახშირი.

დიდი ტენის მქონე სათბობის დასაწვავად ჯაჭვის ცხურას უერთებენ შახტის წინა კამერას, რომლის დანიშნულებაცაა სათბობის წინასწარი შეშრობა.

განხილული ჯგუფის საცეცხლეების სხვა სახეს წარმოადგენს საცეცხლე ჯაჭვის ცხურის უკუსვლით და თვითჩამყრელით (ნახ. 4. გ). ამ საცეცხლეებში ჯაჭვის ცხური 2 მოძრაობს საწინააღმდეგო მიმართულებით, ე. ი. საცეცხლის უკანა კედლიდან წინა კედლისკენ. ეს საცეცხლეები ნაკლებად მგრძობიარეა სათბობის ხარისხის მიმართ.

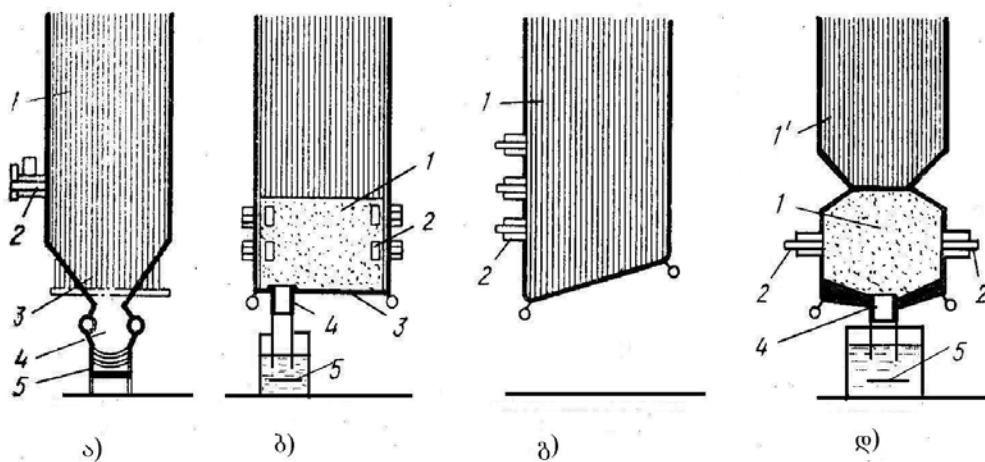
საცეცხლეები უძრავი ცეცხლრიკების ცხურით და მასზე გადაადგილებული სათბობის ფენით დაფუძნებულია სათბობის მოძრაობისა და წვის ორგანიზაციის სხვადასხვა პრინციპზე. საჩხრეკთამასიან საცეცხლეებში (ნახ.4.დ) სათბობი უძრავი ჰორიზონტალური ცხურის ცეცხლრიკების (2) გასწვრივ გადაადგილდება სპეციალური ფორმის თამასით 1, რომელიც ასრულებს უკუქცევით გადატანით მოძრაობას ცხურზე, ასეთ საცეცხლეებს იყენებენ 6,5 ტ/სთ მწარმოებლობის ორთქლის ქვებში მურა ნახშირის დასაწვავად.

დახრილი ცეცხლრიკების ცხურით (ნახ.4.ე) საცეცხლეში ზემოდან მიწოდებული სათბობის ახალი ულუფა დაწვის შემდეგ სიმძიმის ძალის გავლენით ჩაცურდება საცეცხლის ქვედა ნაწილში, მის ადგილს იკავებს სათბობის ახალი ულუფა. ამ საცეცხლეებს იყენებენ ორთქლის ქვებში ხის ნარჩენების დასაწვავად, ხოლო შახტურ საცეცხლეებს მწარმოებლობის ორთქლის ქვებში ნატროვანი ტორფის დასაწვავად.

ჩირაღდნულ პროცესში შეიძლება დაიწვას მყარი, თხევადი და აირადი სათბობი. ამასთან აირადი სათბობი არ საჭიროებს წინასწარ მომზადებას. მყარი სათბობი საჭიროა წინასწარ დაიფქვას განსაკუთრებულ მტვერმოსამზადებელ დანადგარებში, რომელშიც მთავარ ელემენტს ნახშირის სამსხვრევი წისკვილები წარმოადგენენ.

თხევადი სათბობი გაფრქვეული უნდა იქნას მცირე ზომის წვეთებად მფრქვევანას საშუალებით.

ჩირაღდნული საცეცხლე (ნახ. 5.) წარმოადგენს ცეცხლგამძლე აგურით ამოგებულ მართკუთხა კამერას 1, რომელშიც სანთურის 2 საშუალებით შეყავთ სათბობი და მისი წვისთვის საჭირო ჰაერი-სათბობისა და ჰაერის ნარევი. ეს ნარევი ინთება და იწვის წარმოქმნილ ჩირაღდანში. წვის პროდუქტები გარეთ გამოდის საცეცხლე კამერის ზედა ნაწილიდან.



ნახ.5. კამერული საცეცხლეების სქემები

საცეცხლის კამერის კედლებს შიგნიდან ფარავენ წყლით გაცივების მილთა სისტემით- საცეცხლის ეკრანებით. ეკრანების დანიშნულებაა დაიცვას საცეცხლის კამერის ამონაგები დაშლისაგან, რაც გამოწვეულია ჩირაღდნის მაღალი ტემპერატურით. გარდა ამისა ეკრანი წარმოადგენს ეფექტურ ხურების ზედაპირს, რომელიც ღებულობს ჩირაღდნის მიერ გამოსხივებული სითბოს დიდ რაოდენობას.

მტრისებრი სათბობისათვის ჩირაღდნულ საცეცხლეებს წილის მოცილების ხერხის მიხედვით ყოფენ ორ ჯგუფად: ა) საცეცხლეები მყარი წილის მოცილებით; ბ) საცეცხლეები თხევადი წილის მოცილებით.

მყარი წილის მოცილებით საცეცხლის კამერა 1 (ნახ. 5. ა) ბოლოვდება წილის ძაბრით 3, რომლის კედლები დაცულია ეკრანის

მიღებით. ჩირაღდნიდან გამოყოფილი წიდის წვეთები მოხვდება რა ამ ძაბრში გარემოს შედარებით დაბალი ტემპერატურის შედეგად, მყარდება ცალკეული მარცვლების სახით. ცივი ძაბრიდან მყარი მარცვლები ყელის 2 გავლით მოხვდება წიდის მიმღებ მოწყობილობაში 5, საიდანაც სპეციალური მექანიზმის საშუალებით გადადის წიდისა და ნაცრის მოცილების სისტემაში.

თხევადი წიდის მოცილების კამერა 1 (ნახ. 5. ბ) ქვემოდან შემოსახლვრულია მცირე დახრილი ქველით 3, ამის შემდეგ ჩირაღდნიდან ჩამოცვენილი წილა ამ ქველზე გადადის გამღვალ მდგომარეობაში და ჩამოედინება საცეცხლიდან კრიჭის 4 გავლით წყლით სავსე წიდის მიმღებ აბაზანაში 5, სადაც მყარდება და იმსხვრევა წვრილ ნაწილაკებად.

საცეცხლეებს თხევადი წიდის მოცილებით ყოფენ: ერთკამერიან (ნახ. 5. ბ) და ორკამერიან საცეცხლეებად მაღალი მწარმოებლობის ქვაბებისათვის (ნახ. 5. გ).

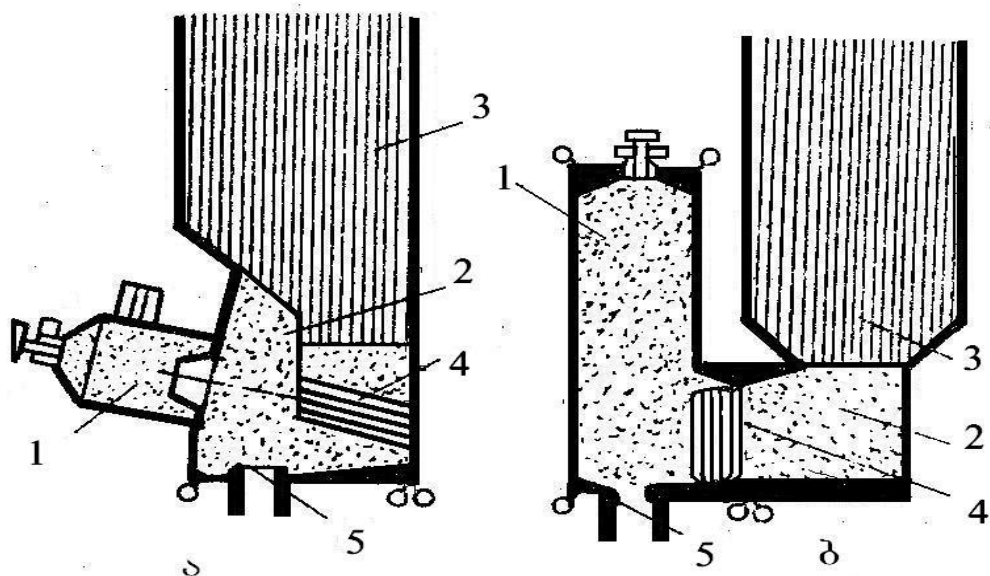
მაღალი მწარმოებლობის საქვაბე აგრეგატებში პრიზმული ფორმის საცეცხლე კამერის გარდა კეთდება ნახევრად ღია კამერები. ეს კამერები საცეცხლეს ყოფს ორ ზონად: წვისა და გაგრიგალების ზონებად. ნახევრად ღია კამერებს იყენებენ მტვრისებრი (ნახ. 5. გ) თხევადი და აირადი სათბობის დასაწვავად[27].

ჩირაღდნული საცეცხლეები შეიძლება დაიყოს სანთურების ტიპების მიხედვით, რომლებიც შეიძლება იყოს წინდენითი და გრიგალური, ასევე საცეცხლე კამერაში განლაგებული სანთურების მიხედვით. სანთურებს ათავსებენ საცეცხლე კამერის წინ (ნახ. 5, ა, ვ) გვერდით კედლებში და კუთხეებში (ნახ. 5. ბ). მაღალი მწარმოებლობის საქვაბე დანადგარებში შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას საცეცხლის წინა და უკანა კედლებზე სანთურების შემხვედრი განლაგება(ნახ.5. გ).

ციკლონურ საცეცხლეებში იწვის მყარი სათბობი, მოყვანილი მტვრისებრ მდგომარეობამდე ან 4-6 მმ ზომის მარცვლებამდე, აქროლადების შედარებით მაღალი შემცველობით, აგრეთვე მაზუთი.

ციკლონური საცეცხლის მუშაობის პრინციპი მდგომარეობს შემდეგში: ფორიზონტალურ ( ნახ. 6. ა) ან ვერტიკალურ (ნახ. 6. ბ) ცილინდრულ შედარებით მცირე დიამეტრის წინა საცეცხლეში 1

შეიქმნება აირისა და ჰაერის გრიგალი, რომელშიც აღებული სათბობის ნაწილაკები ბრუნავს, ვიდრე არ მოხდება მათი მთლიანი დაწვა შეწონილ მდგომარეობაში. მყარი სათბობის დაწვის დროს წვის პროდუქტები წინა კამერიდან გადადის წვის დასამთავრებელ კამერაში 2, ხოლო იქედან გაგრიგალების კამერაში 3, შემდეგ კი საქვაბე აგრეგატის აირსავალში. წვის დამთავრების კამერასა და გაგრიგალების კამერას შორის წილის დაჭერის მიზნით აყენებენ წილის შემკავებელ მილთა კონას 4, წინა საცეცხლეებიდან წილის მოცილება ხდება თხევადი სახის კრიჭის 5 გავლით.



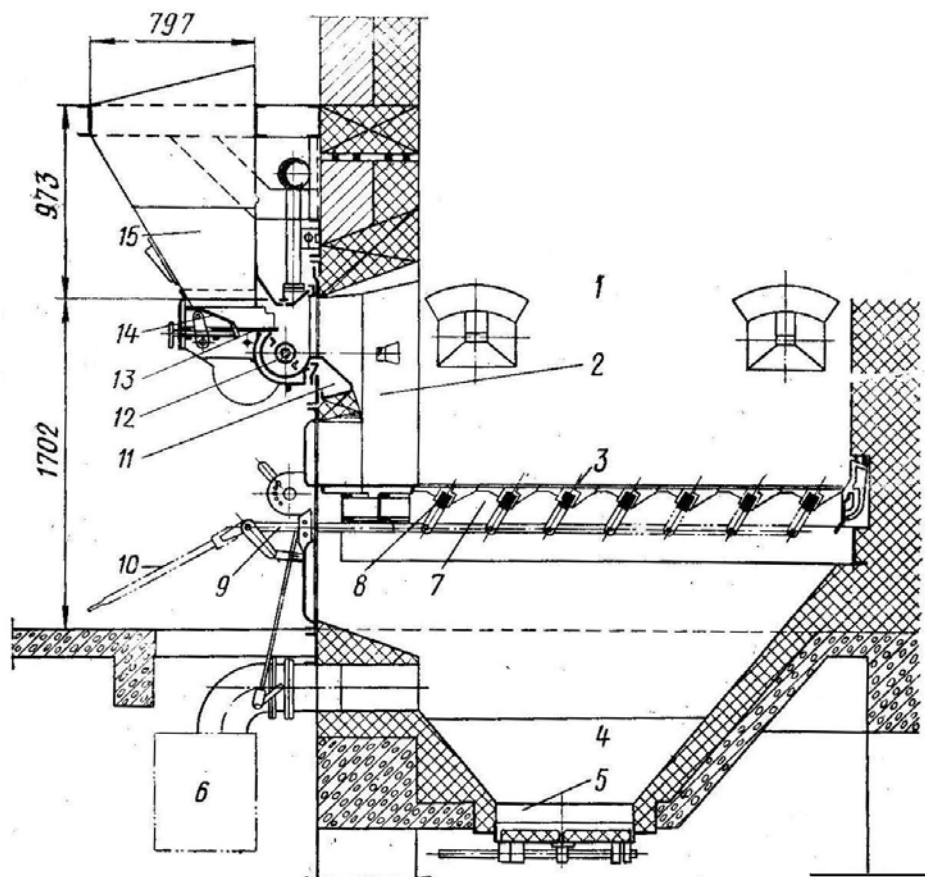
ნახ.6. ციკლონური საცეცხლეების სქემები.  
 ა-საცეცხლე პორიზონტალური ციკლონური წინასაცეცხლით; ბ-საცეცხლე ვერტიკალური ციკლონური წინა საცეცხლით;

ციკლონურ საცეცხლეებს იყენებენ შედარებით მაღალი ორთქლმწარმოებლობის ორთქლის ქვაბებისათვის.

არსებობს, აგრეთვე ჩირადნულ-ფენური საცეცხლეები, რომლებშიც ქვანახშირის წვრილმანი იწვის შეწონილ მდგომარეობაში, ხოლო მსხვილი ნაჭრები შრეში ან საცეცხლეებში “მღუღარე” შრით.

ფენური საცეცხლის ძირითად სახეს წარმოადგენს საცეცხლეები უძრავი ცხაურით და სათბობის უძრავი ფენით (ნახ.7), რომელიც შედგება ცხაურისაგან 3, რომელიც ყოფს საცეცხლეს კამერად 1 და სანაცრედ 4.





ნახ.7. საცეცხლე ПМЗ ტიპის პნევმატური თვითჩამყრელით და РПК ტიპის ცეცხლრიკების ცხაურათი;

სათბობი ცხაურაზე მიეწოდება ჩასატვირთი ხერედიდან 2, რომელიც მოთავსებულია საცეცხლის ფრონტის მხარეს, ხელით ან თვითჩამყრელით. სანაცრის ქვედა ნაწილი ჩაკეტილია წიდის საკეტიო 5 და იხსნება წიდის ჩამოყრის დროს. საცეცხლეში სათბობის დაწვისათვის ჰაერი მიეწოდება გაიშვიათების შედეგად, რაც შექმნილია საცეცხლე კამერაში შემბერი ვენტილატორის დაწნევით, მიწოდებული ჰაერის რაოდენობას არეგულირებენ ჰაერის შემბერით 6.

აღწერილ საცეცხლეზე აყენებენ სტანდარტული ტიპის ცეცხლრიკების ცხაურას(РПК). ცხაურა შედგება რამდენიმე რიგის ცეცხლრიკებისაგან 7, რომლებიც დასმულია მართკუთხა კვების ლილვზე 8. ლილვი მოძრაობაში მოყავთ ბერკეტისა და საწვეის საშუალებით 9, ხელით 10 ან ორთქლის ამძრავით. ასეთი ტიპის

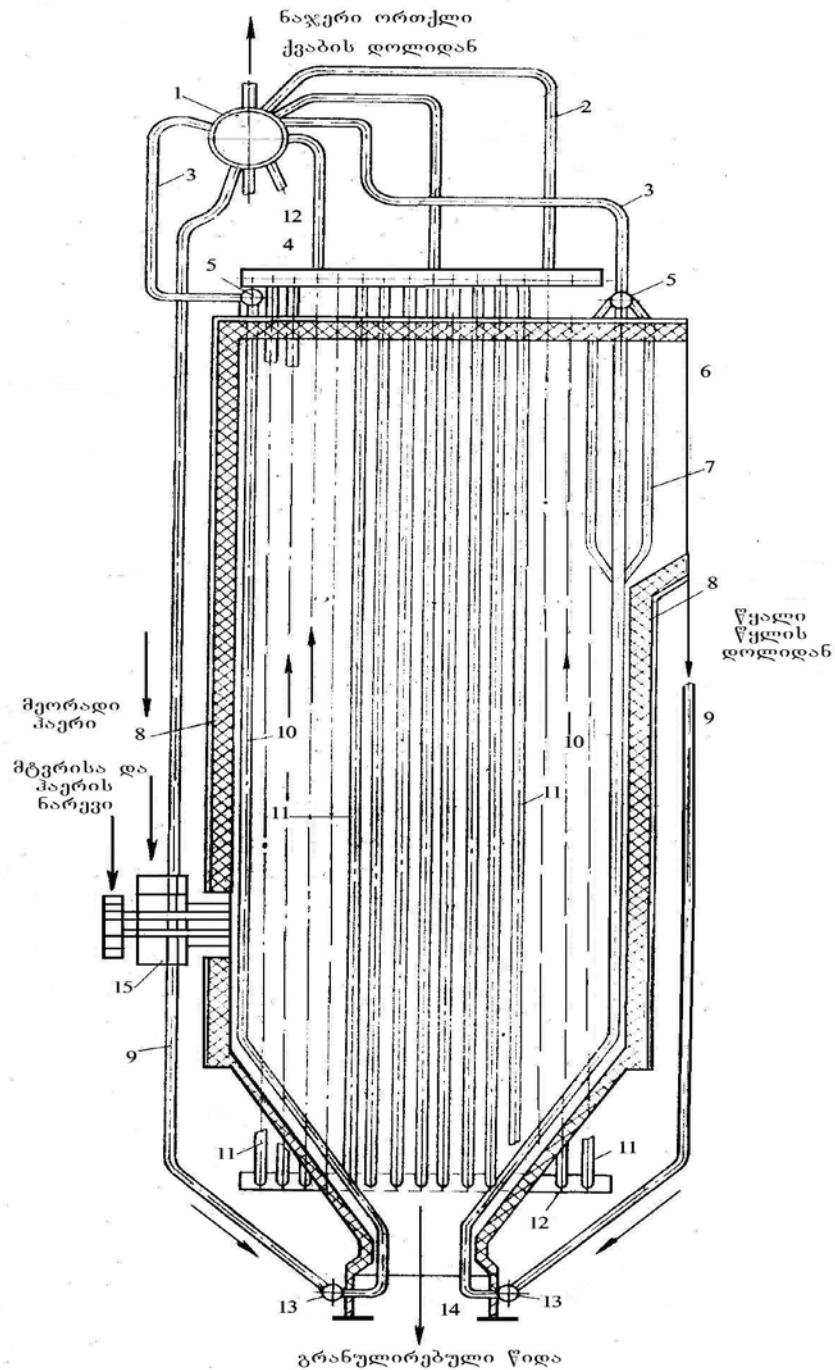
ცხაურა მზადდება ერთ, ორ, სამ და ოთხსექციანი, სიგანით 900 მმ-დან 3600მმ-მდე, როგორც ხელით მომსახურების, ასევე თვითჩამყრელ საცეცხლეებში.

ჩამყრელები სხვადასხვაგვარია: მექანიკური, რომლის გამოყენებით საცეცხლეში სათბობი მიეწოდება ჩამყრელი მექანიზმის მბრუნავი სიბრტყეების დარტყმით; პნევმატური, როცა საცეცხლეში სათბობი მიეწოდება ორთქლის ან ჰაერის ჭავლით, და პნევმომექანიკური, რომელშიც გაერთიანებულია ზემოთ დასახელებული ორივე პრინციპი.

თანამედროვე შედარებით გაერცელებული ნახშირის მტვრის საცეცხლე თავისი კონსტრუქციით წარმოადგენს მართკუთხა პარალელებიპედის ფორმის კამერას (ნახ.8). კამერის ზედა ნაწილი ებჯინება ორთქლგადამახურებლის 6 აირსავალს და მისგან გამოყოფილია სამი-ექვსი რიგი გაუხშობელი მილებით 7, რომელსაც ფესტონი ეწოდება. კამერის ქვედა ნაწილს ებჯინება ნაცრის ძირი. კამერის კედლებში ათავსებენ ნახშირის მტვრის სანთურას 15. საცეცხლის კამერის და წილის ბუნკერის შიგა კედლებს ფარავენ ფოლადის 51-76 მმ დიამეტრის მილების სისტემით 10-11, რომელიც წარმოადგენს ცირკულაციურ კონტურში ჩართულ 1-9-13-10-5-3-1 (წინა და უკანა ეკრანებს) და 1-12-11-4-2-1 საცეცხლის ეკრანებს.

სათბობის მტვერი სრული წვისთვის საჭირო ჰაერის რაოდენობასთან ერთად ნახშირის მტვრის სანთურის საშუალებით შედის საცეცხლე კამერაში[39]. საცეცხლეში ადრე შეყვანილი ანთებული სათბობის ნაწილაკების მიერ გამოყოფილი სითბოს მოქმედებით, ახლად შეყვანილი მტვრის ნაწილაკები ხურდება, გაზიფიცირდება და ინთება, რის შედეგადაც თვით იწყებს ანთებას და სითბოს გამოყოფას. ჰაერის ნაკადი და ამ ნაკადში შეწონილი,გაგარვარებული წვის პროდუქტები გაზიფიცირებულ და ანთებულ სათბობის ნაწილაკებთან ერთად ქმნის ეგრედ წოდებულ ჩირაღდანს. ასეთ საცეცხლეში ჩირაღდანში განვითარებული ტემპერატურა აღწევს 1300-1400°C და 1500°C-მდეც კი. ამის გამო ჩირაღდანი ასხივებს დიდი რაოდენობით სითბოს. ამ სითბოს დიდ ნაწილს ითვისებს საცეცხლის ეკრანები, რომლებშიც ხდება

ინტენსიური ორთქლწარმოქმნა. საცეცხლის ნაწილაკების მცირე ნაწილი, ერთმანეთზე შეცხობილი წარმოქმნის წილის მსხვილ წვეთებს, რომელიც გამოიყოფა ჩირაღდნიდან, გზაში ცივდება, გაივლის ჯერ სანაცრე ძაბრს, ხოლო შემდეგ ყელის 14 გავლით მოხვედება სანაცრეში, საიდანაც ხდება მისი გატანა.



ნახ.8. საცეცხლის სქემა სათბობის მტვრისებრ მდგომარეობაში დაწვისათვის

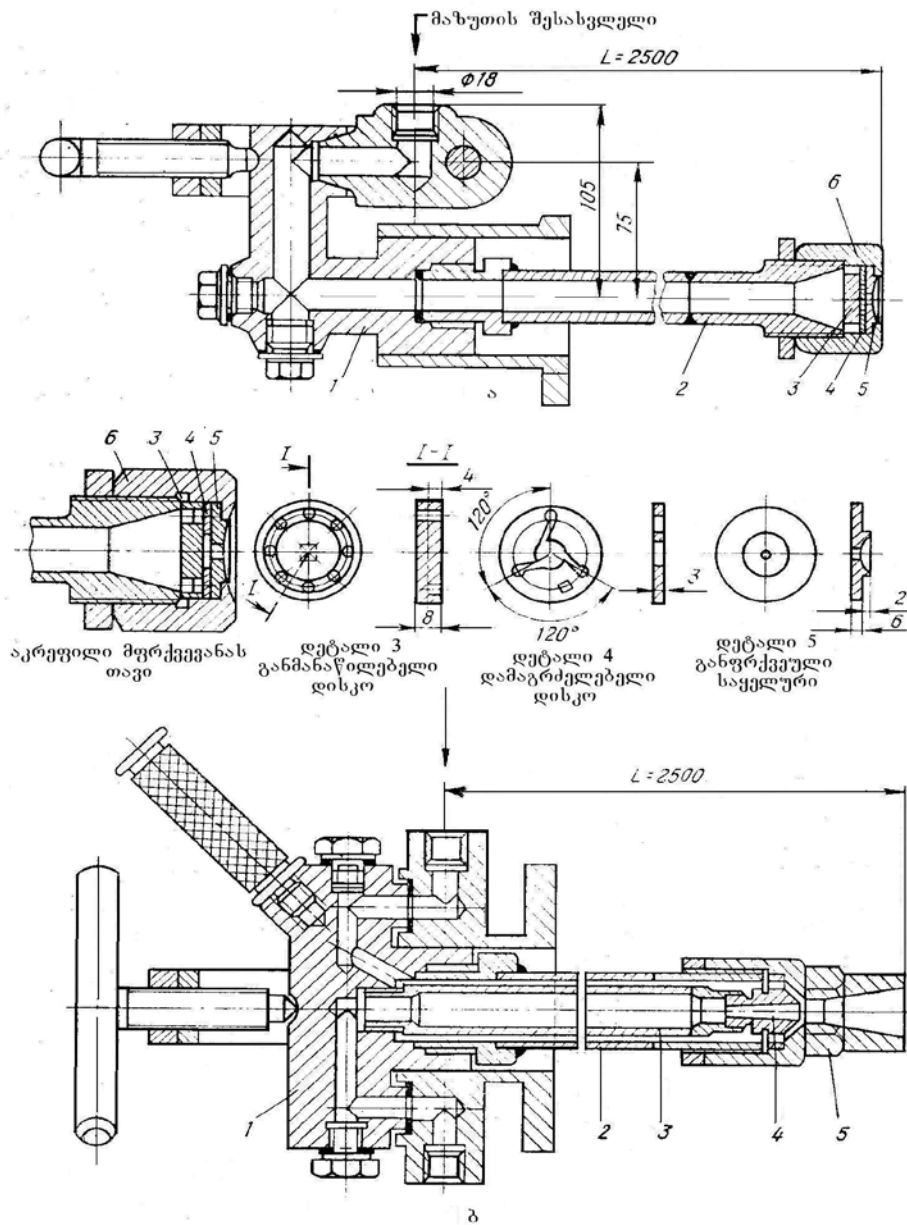
მაზუთისა და ბუნებრივი აირის დაწვისათვის საჭირო საცეცხლე შედგება საცეცხლე კამერისა, სხივმიმღები ზედაპირისა, ფრქვევანებისა (მაზუთის წვის დროს) და სანთურებისაგან (აირის წვის დროს).

თხევადი სათბობის დაწვისთვის საჭიროა მისი წინასწარი გაფრქვევა. საცეცხლეში თხევადი სათბობის შეყვანა და მისი გაფრქვევა განხორციელებულია ფრქვევანების საშუალებით.

ფრქვევანები ოთხი ძირითადი სახისაა: მექანიკური, ორთქლის, როტაციული და ჰაერის. გარდა ამისა, არსებობს აგრეთვე კომბინირებული ნახევრად მექანიკური ფრქვევანები.

მექანიკური ფრქვევანები დაფუძნებულია ცილინდრულ კამერაში მაზუთის გასაფრქვევად ბრუნვითი მოძრაობის ენერჯის გამოყენებაზე. დაგრიგალეული სითხე გამოდის საფრქვეველის ცენტრალური ხვრეტიდან და ასრულებს სწრაფ ბრუნვით მოძრაობას. საფრქვეველიდან გამოსვლისას სითხე წარმოქმნის ბრუნვის აფსკურ ჰიპერბოლოიდს. სითხის მოძრაობისას აფსკის სისქე ჯერ პატარავდება, ხოლო შემდეგ წყდება და იქცევა თხელ ჭავლებად, რომელიც მაშინვე იშლება ცალკეულ წვეთებად. ფრქვევანაში სათბობს აწოდებენ ტუმბოს საშუალებით წნევის ქვეშ. (ნახ. 9. ა) ნაჩვენებია მექანიკური ფრქვევანა.

ფრქვევანა შედგება კორპუსისაგან 1 მიმყვანი მილით 2, რომელზედაც ღრუ საყელურით 6 დამაგრებულია გამფრქვევის თავი. ეს უკანასკნელი შედგება გამანაწილებელი დისკოსაგან 3, დამგრიგალეულ დისკოსაგან 4 ცენტრალური კამერით და საფრქვევი საყელურისაგან 5, რომელსაც აქვს 2-8მმ დიამეტრის ხვრეტები, რაც დამოკიდებულია ფრქვევანას მწარმოებლობაზე. მაზუთი მილიდან გამანაწილებელი ხვრელის გავლით შედის პერიფერიულ ნაწილში, მათი საშუალებით მის ცენტრალურ კამერაში, ხოლო იქიდან გამფრქვეველი საყელურის ხვრეტილის გავლით შედის საცეცხლეში.



ნახ.9. მაზუთის მფრქვევანები.  
 ა-მექანიკური გაფრქვევით; ბ-ორთქლით გაფრქვევით

მექანიკური ფრქვევანების დადებითი მხარე ის არის, რომ სათბობის გაფრქვევა ხდება წყლის ორთქლის გამოყენების გარეშე. ხოლო უარყოფით მხარეს წარმოადგენს მწარმოებლობის შესაძლო რეგულირების შეზღუდვა მხოლოდ 80-100% დიაპაზონში.

ფრქვევანას ნორმალური მუშაობის უზრუნველსაყოფად მაზუთს ათბობენ  $100-120^{\circ}\text{C}$ -დე.

ფრქვევანების მუშაობა მაზუთის ორთქლით გაფრქვევის შემთხვევაში დამყარებულია წყლის ორთქლის ჭავლის კინეტიკური

ენერჯის გამოყენებაზე. როდესაც თხევადი სათბობის წერილი ჭავლი მოხვდება რომელიღაც კუთხით დიდი სიჩქარით მოძრავ ორთქლის ჭავლში, ჭავლი მას დაანაწილებს ცალკეულ წვეთებად. სათბობის გაფრქვევისათვის იყენებენ 0,4-0,6 მნ/მ<sup>2</sup> წნევის ორთქლს, ორთქლის ხარჯი წარმოადგენს 0,3-0,5 კგ 1 სათბობზე. სათბობი ფრქვევანებს მიეწოდება სპეციალური ტუმბოს საშუალებით 0,1-0,2 მნ/მ<sup>2</sup> წნევით.

(ნახ. 9. ბ) ნაჩვენებია ფრქვევანა ორთქლის გაფრქვევით. იგი შედგება ორი კონცენტრირებული მილისაგან 2 და 3, რომლებიც ჩახრახნილია საერთო კორპუსში 1 შედის შიგა მილში და გამოდის მისგან გამაფართოებელი საქმენის 4 გავლით, გამოდინების სიჩქარე აღწევს 1000მ/წმ და მეტს. სათბობი გაივლის ფრქვევანის შიგა და გარე მილებს შორის რგოლურ არხს, მოხვდება ორთქლის ნაკადში თხელი ჭავლის სახით, რასაც წარმოქმნის ორთქლის მილის საქმენი და ღრუ მილყელის 5 კონუსური ზედაპირი.

ორთქლის ფრქვევანების უარყოფითი მხარეა ის, რომ მათი მუშაობისათვის საჭიროა დიდი რაოდენობით ორთქლი. ფრქვევანები მუშაობენ დიდი ხმაურით. მათ ძირითადად გამოიყენებენ იმ ქვაბებისათვის რომელთა მწარმოებლობა 20 ტ/სთ-მდეა.

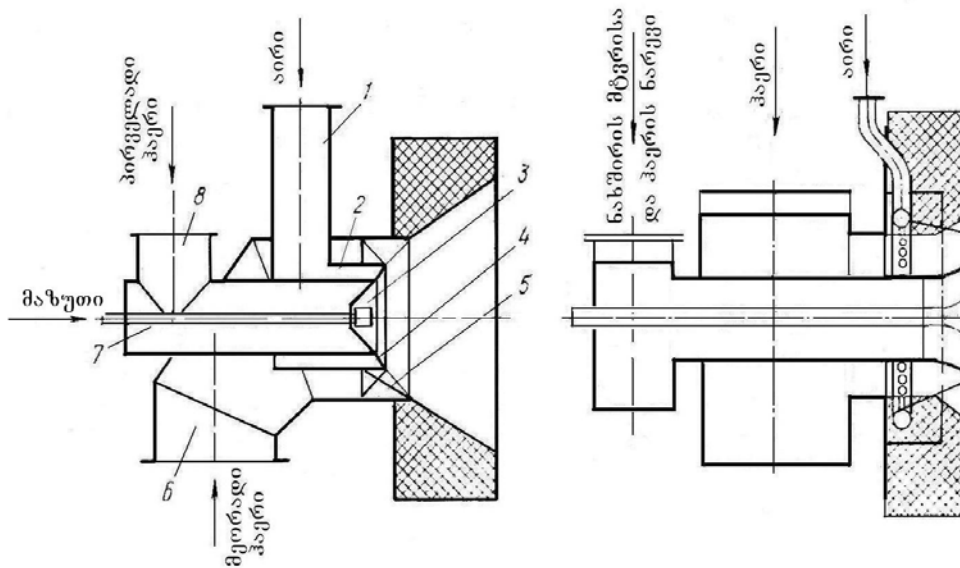
ორთქლმექანიკური ფრქვევანები. ეს ფრქვევანები კონსტრუირებულია ისე, რომ 80%-ზე მეტი დატვირთვის დროს ისინი მუშაობენ როგორც მექანიკური ფრქვევანები, შედარებით ნაკლები დატვირთვის დროს – როგორც ორთქლის. ამზადებენ 0,4–5,5 ტ/სთ მწარმოებლობით.

მექანიკური, ორთქლის და ორთქლ-მექანიკური ფრქვევანების დაყენების დროს წვისათვის საჭირო ჰაერის მთელი რაოდენობა საცეცხლეში მიეწოდება წრიული ამბრაზურის გავლით.

აირადი სათბობის დაწვისათვის ამჟამად უშვებენ, აირისა და მაზუთის კომბინირებულ სანთურებს, რომლებიც გამოიყენება ერთდროულად ან ცალცალკე აირისა და მაზუთის წვისათვის, აგრეთვე მტვრისა და აირის სანთურებს.

(ნახ.10.) ნაჩვენებია ГМГ ტიპის აირისა და მაზუთის კომბინირებული სანთურა. აირადი სათბობი 2,5–3,0 კნ/მ<sup>2</sup> წნევის ქვეშ მილყელის 1 გავლით მოხვდება წრიულ კამერაში 2, საიდანაც გაივლის

ხერტილს 4 და გადადის რეგისტრის 5 ზონაში, რომლის ფრთები სანთურის ღერძთან შედარებით დაყენებულია  $45^{\circ}$  კუთხით. აქ აირი შეერევა მეორეულ ჰაერს, რომელიც შედის სანთურაში მილყელის 6 გავლით და დაგრეხილი ნაკადის სახით შედის საცეცხლეში. პირველადი ჰაერი მიეწოდება მილყელის 8 გავლით. დამგრეხველში 3 და რეგისტრში 5 ჰაერის დაგრეხის მიმართულება ერთნაირია. მაზუთის სანთურა 7 გაივლის სანთურის ღერძში. საერთოდ იყენებენ ორთქლმექანიკურ სანთურებს, მაგრამ შესაძლებელია მექანიკური და ორთქლის ფრქვევანების დაყენებაც.



ნახ.10. აირის სანთურები: ა-ГМГ აირისა და მაზუთის კომბინირებული ტიპის; ბ- ТК3 ქარხნის აირისა და მტვრის კომბინირებული ტიპის.

ГМГ ტიპის სანთურებს უშვებენ 1,05-დან 8,1 მგტ/მდე თბომწარმოებლობით ნომინალური მწარმოებლობიდან 30-50% ფორსირების დროს მუშაობის შესაძლებლობით.

მაღალი მწარმოებლობის ორთქლის ქვაბებში ბუნებრივი აირის წვისათვის იყენებენ დაბალი წნევის სანთურებს ჰაერის იძულებითი მიწოდებით მათი ფრონტალური ან შემხვედრი განლაგების დროს. უფრო მეტად გავრცელებულია სხვადასხვა ტიპის დამგრეხი სანთურები, ნაწილობრივ გამოყენებულია ჭვრიტებიანი სანთურებიც. დამგრეხ სანთურებს შორის მაღალი მწარმოებლობით გამოირჩევა სანთურები, რომლებშიც აირი ჰაერის ნაკადში შედის ცილინდრული მილის

გავლით, და სანთურები, რომლებშიც აირი ჰაერის ნაკადში შედის რგოლური კამერიდან მრავალრიცხოვანი ხვრეტილების გავლით. ეს უკანასკნელი გადაწყვეტილება მოსახერხებელია აირ-მაზუთის მტვრის და აირის კომბინირებული სანთურების შექმნის დროს. ასეთი ტიპის მტვრის და აირის სანთურა წარმოდგენილია (10. ბ. ნახაზზე).

კუთხური განლაგების შემთხვევაში იყენებენ კონსტრუქციულად შედარებით მარტივი პირდაპირი დინების სანთურებს.

### **1.5. მტვრის მოსამზადებელი დანადგარები**

მტვრის მომზადება რთული ტექნოლოგიური პროცესია, რომელშიც შედის შემდეგი ოპერაციები: 1) ნედლი სათბობის პერველადი დამუშავება, სათბობში შემთხვევით მოხვედრილი ლითონი ან ხის ნაფოტების მოცილება; 2) ნედლი სათბობის შრობა; 3) გამშრალი სათბობის დაფქვა; 4) მტვრის სეპარაცია; 5) დამხმარე ოპერაციები ( ნედლი სათბობისა და მტვრის ტრანსპორტირება)[14,33];

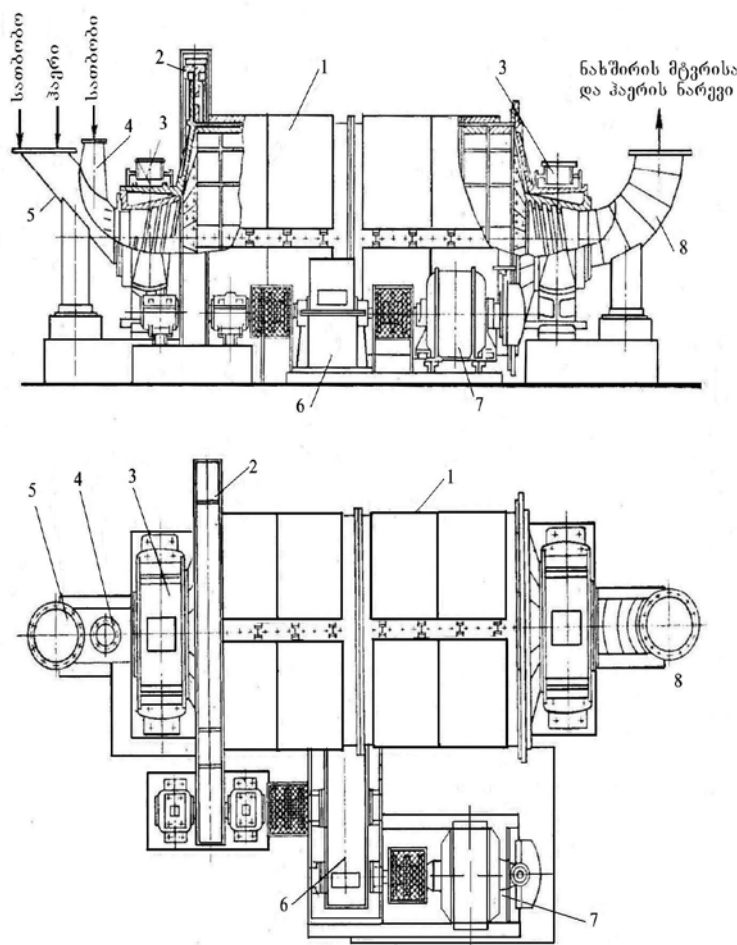
მტვრის მომზადების დანადგარის ძირითად აგრეგატს წარმოადგენს სათბობის დასაფქვავე წისქვილი. განასხვავებენ სხვადასხვა სახის წისქვილებს: ა) ნელმავალი დოლისებრი ბურთულებიანი; ბ) საშუალო სვლის; გ) სწრაფმავალი ჩაქუჩებიანი; ჩაქუჩებიანი და წისქვილ-ვენტილატორები.

წისქვილი (ნახ. 11. ) წარმოადგენს ფურცლოვანი ფოლადისაგან დამზადებულ ჰორიზონტალურ დოლს 1 დიამეტრით 1,6-4,0 მ და სიგრძით 2,3-10 მ. დოლის მთელი მოცულობის 15-25 % უკავია 30-60 მმ დიამეტრის თუჯის ბურთულებს, რომლებიც ბრუნავს 16-23 ბრ/წთ სიჩქარით. ბრუნვის დროს ბურთულები ამსხვრევენ წისქვილში მიწოდებულ სათბობს. დოლი შიგნიდან გაცვეთისაგან დაცულია მარგანეცის შემცველი ფოლადის ჯავშნიანი ფილებით. რომელიც ცილინდრული ნაწილის საზღვრებში ქმნის ტალღურ ზედაპირს. ასეთი ზედაპირი ბურთულების ჯავშანზე სრიალის საშუალებას არ იძლევა და ხელს უწყობს მათ ზემოთ აწევას, რაც ზრდის წისქვილის მწარმოებლობას.

წისქვილის ძრო შედგენილია ღრუ ნაწილებისაგან. ერთი მათგანიდან რომელშიც მოთავსებულია საჰაერო მილყელი 5, სათბობის



მილყელთან 4 ერთად, წისქვილში მიეწოდება სათბობი და ცხელი ჰაერი  $350-400^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურის დაფქვილი სათბობის შრობისა და ტრანსპორტირებისათვის. წისქვილიდან 8 მილყელის საშუალებით დაფქვილი სათბობი გადადის სეპარატორში. მცირე და საშუალო მწარმოებლობის წისქვილებში წისქვილის დოლი ეყრდნობა საკისრებს 3. წისქვილები მოძრაობაში მოჰყავს ელექტროძრავას 7 რედუქტორით 6 და კბილანური გვირგვინით. დიდი მწარმოებლობის წისქვილებში დოლი განსაკუთრებული ფერსოთი ეყრდნობა მძლავრ გორგოლაჭებს და მოძრაობაში მოდის ამ გორგოლაჭების საშუალებით.



ნახ.11. ნელმავალი ბურთულებიანი წისქვილი.

დოლისებრბურთულებიანი წისქვილები მუშაობენ ცენტრიდანული ტიპის მბრუნავ ფრთებიან სეპარატორთან შეთანწყობით. დოლის

ბურთულებიანი წისქვილების უპირატესობაა მუშაობაში საიმედოობა და გამოიხატება დასაფქვავე სხეულების და სათბობში არსებული ლითონის საგნების მიმართ უცვეთობაში, ასევე ახასიათებს დაფქვის სიწმინდის და შრობის კარგი რეგულირება, რაც განისაზღვრება კარგი სეპარატორის არსებობით. აღნიშნული წისქვილების უარყოფითი თვისებებია მათი დიდი მოცულობა, ძვირად ღირებულება და დაფქვაზე ელექტროენერჯის დიდი ხარჯი.

საშუალო სვლის წისქვილები ძირითადად განკუთვნილია მცირე ტენიანობის და აქროლადი აირების შეზღუდული რაოდენობით გამომყოფი ქვანახშირის დასაფქვაად. სწრაფი სვლის წისქვილები ორი ტიპისაა: ჩაქუჩებიანი და წისქვილ-ვენტილატორები. ჩაქუჩებიანი წისქვილები განკუთვნილია აქროლადი აირების დიდი რაოდენობით გამომყოფი რბილი სათბობისათვის, როგორც-ცაა: მურა ნახშირი, ახალგაზრდა ქვანახშირი, ფრეზული ტორფი, საწვავი ფიქლები.

წისქვილ-ვენტილატორები განკუთვნილია ძირითადად ტენიანი მურა ნახშირების დაფქვისათვის. ასეთ წისქვილებს უდგამენ საშუალო და დიდი მწარმოებლობის საქვაბე დანადგარებს, თითოეულ ქვაბს ოთხამდე წისქვილს. წისქვილი დამზადებულია ცენტრიდანული ვენტილატორის სახით, რომლის ფრთები მასიურია და წარმოადგენს დამფქველ ნაწილს.

მტვრის მოსამზადებელი დანადგარის დამხმარე მოწყობილობას მიეკუთვნება: ნედლი სათბობის და მტვრის მკვებები, ციკლონი, წისქვილის ვენტილატორები, მტვრის შნეკი და სხვა.

### ***1.6. ამართქლებელი ხურების ზედაპირები***

ამართქლებელი ხურების ზედაპირებს ვერტიკალურ წყალმილიან ქვაბებში მიეკუთვნება მადულარა მილების კონები, საცეცხლის ეკრანები, აგრეთვე საცეცხლის ეკრანები და ფესტონები ეკრანიანი ტიპის საქვაბე აგრეგატებში.

ამართქლებელი ხურების ზედაპირები და ეკრანები იყოფა რამოდენიმე დამოუკიდებელ საცირკულაციო კონტურად, რომლებსაც ამზადებენ ისე, რომ თითოეულ კონტურში უზრუნველყოფილ იქნეს სრული საიმედო ცირკულაცია.

ვერტიკალურ-წყალმილიანი საქვაბე აგრეგატების ამართქლებელი ხურების ზედაპირები შედგება მადუღარა მილების კონებისაგან, რომლებიც ვალცირებულია ზედა და ქვედა დოლებზე, და საცეცხლე ეკრანებისაგან, რომლებიც წყლით იკვებება ქვების დოლებიდან ჩამოსაშვები შემაერთებელი მილების და ეკრანის კამერის საშუალებით.

ვერტიკალურ-წყალმილიანი საქვაბის დოლს ამზადებენ ფურცლოვანი სუსტად ლევირებული ფოლადისაგან.

მილთა სისტემებს ( ეკრანები და მადუღარა მილების კონები) ამზადებენ უნაკერო მილებისაგან 51- 60 მმ გარე დიამეტრით და 2,5-3 მმ კედლის სისქით 10 და 20 მარკის ნახშირბადიანი ფოლადისაგან.

ეკრანის ტიპის დოლებიანი საქვაბე აგრეგატის ამართქლებელი ხურების ზედაპირები შედგება ეკრანის მილებისაგან, ეკრანის კამერებისაგან, ჩამოსაშვები მილებისა და შემაერთებელი მილებისაგან. დოლის დიამეტრი, დამოკიდებული საქვაბე აგრეგატის ორთქლმწარმოებლობაზე და ორთქლის წნევაზე შეადგენს 1200-1800 მმ, თუ სიგრძე აღწევს 18 მ. დოლის კედლის სისქე 1,37- 3,92 მმ/მ<sup>2</sup> წნევის ქვაბებისათვის შეადგენს 13-40 მმ, 9,8 მმ/მ<sup>2</sup> წნევის ქვაბებისათვის 90-100 მმ-ს, ხოლო უფრო მეტი წნევის ქვაბებისათვის მნიშვნელოვნად მეტს.

მრავალჯერადი იძულებითი ცირკულაციის და პირდაპირი დინების ქვაბების ამართქლებელ სისტემებს ამზადებენ 42-32 მმ დიამეტრის მილების გამოყენებით.

### **1.7. ორთქლის ქვების დოლი და საცირკულაციო კოლექტორები**

საშუალო, დაბალი და მაღალი წნევის ორთქლის გენერატორების (ბუნებრივი და ხელოვნური მრავალჯერადი ცირკულაციით) ერთ-ერთ საპასუხისმგებლო ელემენტებს წარმოადგენს დოლი და საცირკულაციო კოლექტორები, რომელთა საიმედო და უსაფრთხო მუშაობა დიდად არის დამოკიდებული მათ კონსტრუქციულ და საექსპლუატაციო მაჩვენებლებზე.

ქვების დოლში აკუმულირდება დიდი რაოდენობის ენერგია. მასში ხდება: მუშა სხეულის ორთქლის და ცხელი წყლის შეკრება-განაწილება; წყლისა და ორთქლის გაყოფა; ორთქლის გასუფთავება

მარილებისაგან და წყლის საჭირო მარაგის უზრუნველყოფა. ქვაბის დოლი საცირკულაციო კოლექტორების საშუალებით აერთიანებს ქვაბის მადულარა –“აღმავალ” და “დაღმავალ” მილებს.

ქვაბის დოლისა და კოლექტორების ლითონს მაღალი ტემპერატურის, დიდი მექანიკური დაძაბულობისა და აგრესიული მავნე ნივთიერებების ზემოქმედების გამო მძიმე პირობებში უწევთ მუშაობა. დასაშვები რეჟიმების დარღვევის შედეგად შეიძლება შეიცვალოს ლითონის სტრუქტურა, მისი მექანიკური თვისებები და ინტენსიური კოროზიის შედეგად ლითონის რღვევა გამოიწვიოს.

ქვაბის დოლი მზადდება ფოლადის ფურცლების რკალების ვალცვით, ან ნახევარ რკალების შტამპვით და შემდეგში შედუღებით წრიული ან გასწვრივი ნაკერებით. დოლის ძირს კი შტამპავაენ და ავტომატური შედუღებით აღუდებენ დოლის ცილინდრულ ნაწილთან. ნარჩენ დაძაბულობას შედუღების ნაკერებზე ხსნიან თერმული დამუშავებით. დოლების შიგნითა დიამეტრი თანამედროვე ორთქლის ქვაბებში აღწევს 180 მმ, კედლის სისქე 115 მმ, სიგრძე 18მ.

დოლთან ეკრანისა და მადულარა მილების მიერთება შეიძლება შესრულდეს ვალცვით ან შედუღების გზით.

დოლზე დაყენებულია: ორი თვითჩამწერი დონის საზომი; წყლის დონის ორი ავტომატური რეგულატორი; დოლის გადავსების და წყლის დონის მინიმუმის ქვევით დაწვეისაგან დამცავი ორი ავტომატური მოწყობილობა; ოთხი მანომეტრი; საკუთარი მიზნებისათვის ორთქლის გამოყენების ორი ხაზი; წვის პროცესის ავტომატური რეგულირების ორი მოწყობილობა; წნევის აწევის შემთხვევაში დოლის დამცავი სისტემა; კონდენსატორებში ორთქლის მიწოდების ოთხი ხაზი; ფოსფატირებისა და ავარიული გამომშვების ხაზი; კონდენსატორიდან კონდენსატის დაბრუნების ოთხი ხაზი.

დოლში წყლის ნომინალური დონე 700 მმ-ია. მაქსიმალური და მინიმალური დონეები შეიძლება 75 მმ-ით მეტი ან ნაკლები იყოს ნომინალურ დონეზე.

### **1.8. დეაერატორი**

დეაერატორი არის მოწყობილობა, რომლის დანიშნულებაა წყლის დეაერაცია(ე.ი. წყლისგან მასში გახსნილი აირების მოცილება).

დეაერატორს აყენებენ თბოელექტროსადგურებში მოსაწოდებელი საკვები წყლის დეაერაციისათვის. დეაერაციის გარეშე ორთქლგენერატორში ან თბურ ქსელში გამოყოფილ წყალში გახსნილი კოროზიულ-აქტიური აირები(ჟანგბადი და თავისუფალი ნახშირორჟანგი) ლითონის კოროზიას იწვევს[3,46].

მოქმედების პრინციპის მიხედვით დეაერატორი არის თერმული(ყველაზე მეტად გავრცელებული), დესორბციული, ქიმიური და სხვა.

წყლის გათავისუფლება მასში გახსნილი კოროზიისადმი აქტიური აირებისაგან, ხორციელდება სხვადასხვა ტიპის დეაერატორებში.

დეაერაციას განიცდის ქვაბში მოსაწოდებელი მთელი წყალი, რადგანაც ციკლში დაბრუნებული კონდენსატი თანდათან ჯერდება ჰაერით. ჰაერის დეაერაციის თერმული ხერხი დამყარებულია იმაზე, რომ წყლის მიერ აირების გახსნის თვისება ტემპერატურის ამაღლებით მცირდება და სრულებით იკარგება დუღილის ტემპერატურის მიღწევის დროს, როცა წყალში გახსნილი აირები მთლიანად გამოიყოფა მისგან. თერმულ დეაერაციას ახორციელებენ თერმულ დეაერატორებში. წყალი მიეწოდება დეაერატორის სვეტის სახურავის ქვეშ, სადაც იგი ისხმება განსაკუთრებულ ხერვტებიან თეფშებზე და წვრილი ჭავლით ჩამოედინება დეაერატორის ავზში. წყლის ჭავლი ხვდება აღმაგალი გზით მოძრავ დაბალი წნევის ორთქლის ნაკადს, რომელიც შემოდის საქვაბეს საკუთარო მომსახურების ორთქლსადენიდან, ან ტურბინის ართმევიდან რედუცირების გავლით. ჩამოედინებული წყლის ჭავლი ცხელდება დუღილის ტემპერატურამდე, რის გამოც წყალში გახსნილი ჰაერი და სხვა გაზები გამოიყოფა და გადის მცირე რაოდენობის არაკონდენსირებული ორთქლის სახით. წყლის ართმევა მკვებავ ტუმბოებზე ხდება დეაერატორის ქვედა ნაწილიდან.

### **1.9. ორთქლგადამხურებელი**

ენერგეტიკულ საქვაბე დანადგარებში ორთქლგადამხურებელი წარმოადგენს მნიშვნელოვან ხურების ზედაპირს. ორთქლგადამხურებელი ეს არის 38 მმ დიამეტრის მქონე ფოლადის უნაკერო მილების

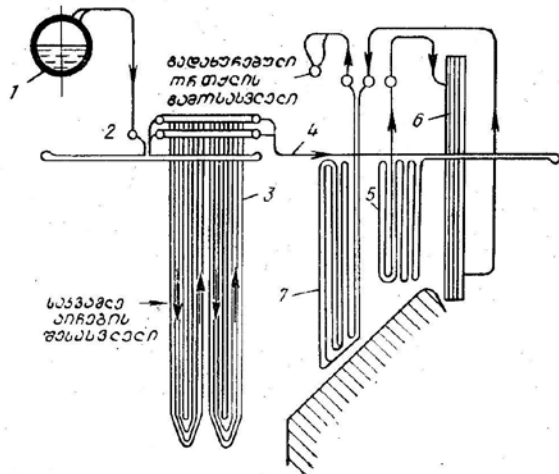
სისტემა, რომელიც მოხრილია კლაკნილას სახით და ბოლოებით შედუღებულია კოლექტორთან.

გადახურებული ორთქლი მიიღება ნაჯერი ორთქლის ორთქლგადამახურებელში გატარებით, სადაც ეს ნაჯერი ორთქლი ჯერ გამოშრება მასში არსებული ტენისაგან, შემდეგ კი ხდება მისი გადახურება საჭირო ტემპერატურამდე. ასეთი გადახურებისას ორთქლის წნევა პრაქტიკულად მუდმივია.

ორთქლგადამახურებელზე უნდა იყოს შემდეგი კაზმულობა: ორთქლის შესვლისა და გამოსვლის ხაზზე ვენტილი; ორთქლის გამოსვლის ხაზზე დამცავი სარქველი, თერმომეტრი და ორი საქრევი ვენტილი;

განასხვავებენ კონვექციურ და კომბინირებულ ორთქლგადამახურებელს. კონვექციური ორთქლგადამახურებლებს აყენებენ დაბალი, საშუალო და ცალკეულ შემთხვევებში მაღალი წნევის საქვაბე აგრეგატებზე, როდესაც გადახურებული ორთქლის საჭირო ტემპერატურა არ აღემატება  $440-510^{\circ}\text{C}$ . ორთქლგადამახურებელს ათავსებენ საქვაბე აგრეგატის აირსავალში ჩვეულებრივად საცეცხლის შემდეგ. საცეცხლისაგან გამოყოფენ მას ორი-სამი რიგი მადუღარა მილებით ვერტიკალურ-წყალმილიან ქვაბებში ან ფესტონით, რომელსაც წარმოშობს უკანა ეკრანის მილები ეკრანული ტიპის საქვაბე აგრეგატებში.

მაღალი და ზეკრიტიკული წნევის საქვაბე აგრეგატებში ორთქლის გადახურება ხდება  $570^{\circ}\text{C}$ -დ, ორთქლის გადახურები-სათვის საჭირო სითბო იზრდება, რის გამოც ორთქლგადამახურებლის გაზრდილი ზედაპირი აღარ შეიძლება მოვათავსოთ საცეცხლის შემდეგ. ამიტომ საჭირო ხდება კომბინირებული ორთქლგადამახურებლის დაყენება. იგი შედგება კონვექციური ნაწილისაგან, რომელიც განლაგებულია იქვე და საცეცხლეში განლაგებული რადიაციული და ნახევრად რადიაციული ნაწილებისაგან (ნახ. 12).



ნახ.12. ევრანული ტიპის ქვაბის კომბინირებული ორთქლგადამხურებლის სქემა

მაღალი და ზემოდალი წნევის მძლავრ საქვაბე აგრეგატებში არჩევენ პირველად და შუალედ ორთქლგადამხურებლებს. პირველში წარმოებს ქვაბში მიღებული ორთქლის გადახურება ტურბინაში

მისი მიწოდების წინ, ხოლო შუალედ გადახურებელში ტურბინის მაღალი წნევის საფეხურში გაფართოებული ორთქლის მეორადი გადახურება.

### 1.10. წყლის ეკონომიზერები

წყლის ეკონომიზერი წარმოადგენს თბომცვლელ აპარატს, ქვაბის მკვებავი წყლის შესატობობად წარმავალი აირების სითბოს ხარჯზე. წყლის ეკონომიზერები ორი სახისაა: თუჯის წიბოვანი მილებით და ფოლადის გლუვი მილებით. თუჯის წიბოვანი წყლის ეკონომიზერებს მცირე ორთქლმწარმოებლობის ქვაბებში, ხოლო ფოლადის გლუვი მილებიანს ნებისმიერი მწარმოებლობის და წნევის საქვაბე აგრეგატებში[30,36].

თუჯის ეკონომიზერზე: ყენდება შემდეგი კაზმულობა: შემავალი და გამომავალი წყლისთვის თერმომეტრი; მანომეტრი; ორი დამცავი სარქველი, ერთი წყლის შესვლის კოლექტორზე მეორე კი წყლის გამოსასვლელ კოლექტორზე; სამი ჩამკეტი ვენტილი ერთი წყლის მილსადენზე შესასვლელთან, მეორე წყლის გამოსასვლელთან და მესამე ქვაბის მკვებავი წყლის ხაზზე ეკონომიზერის გარეშე მუშაობის პირობებისათვის. ეკონომიზერის ზედა ნაწილში ყენდება საჰაერო ონკანები, ეკონომიზერიდან ჰაერის გამოსაშვებად; ერთი უკუსარქველი ყენდება წყლის შესვლის ადგილზე მეორე ყენდება ეკონომიზერსა და ქვაბს შორის; ასევე ყენდება ორი საქრევი ვენტილი;

თუჯის ეკონომიური ყენდება ქვაბის შემდეგ ან საერთო აირსადენზე. ეკონომიურში შემავალი წყლის ტემპერატურა უნდა იყოს 10-15<sup>0</sup>C-ით მეტი ნამის ტემპერატურაზე, რომ არ მოხდეს ნამწვი გაზებიდან წყლის კონდენსაცია და მიღების კოროზია. თუჯის ეკონომიურში წყლის გაცხელების ტემპერატურა ქვაბის შიგნით მყოფი წყლის ტემპერატურაზე 40<sup>0</sup>C-ით ნაკლები უნდა იყოს. თუ ტემპერატურა ეკონომიურში გაუტოლდება წყლის ტემპერატურას ქვაბში, მაშინ წყალი ეკონომიურში აღუდდება და ის მწყობრიდან გამოვა. ეკონომიურს გააჩნია შემოვლითი ხაზი (ბაიპასი) ქვაბი, რომ არ დარჩეს კვების გარეშე ეკონომიურის დაზიანების შემთხვევაში.

გამოურთავ ეკონომიურებს არ აქვთ არავითარი მოწყობილობა ცხელი წყლის გამოსასვლელთან. ამიტომ ეკონომიური წარმოადგენს ორთქლის ქვაბის განუყოფელ ნაწილს. ქვაბის მკვებავი მოწყობილობა (ჩამკეტი ვინტლები, უკუ-სარქველი, მარეგულირებელი ვინტილი) განლაგებულია მხოლოდ ეკონომიურის წინ. საკვები წყალი მიეწოდება ეკონომიურის ქვედა კოლექტორს, გამთბარი წყალი გამოდის ზედა კოლექტორიდან და მიეწოდება ქვაბის ზედა დოლს რამდენიმე შემთბარი მილის საშუალებით.

მუდმივ მოქმედი წყლის ეკონომიურები შეიძლება იყოს “მადუღარა” ან “არამდუღარა” ტიპის.

### **1.11. ჰაერ შემთბობები**

ჰაერ შემთბობის დანიშნულებაა წარმავალი აირების სითბოს ხარჯზე შეათბოს საცეცხლეში მისაწოდებელი ჰაერი, რაც სათბობის ეკონომიას იძლევა. ჰაერ შემთბობში ჰაერი თბება 100-დან 300<sup>0</sup>C-მდე.

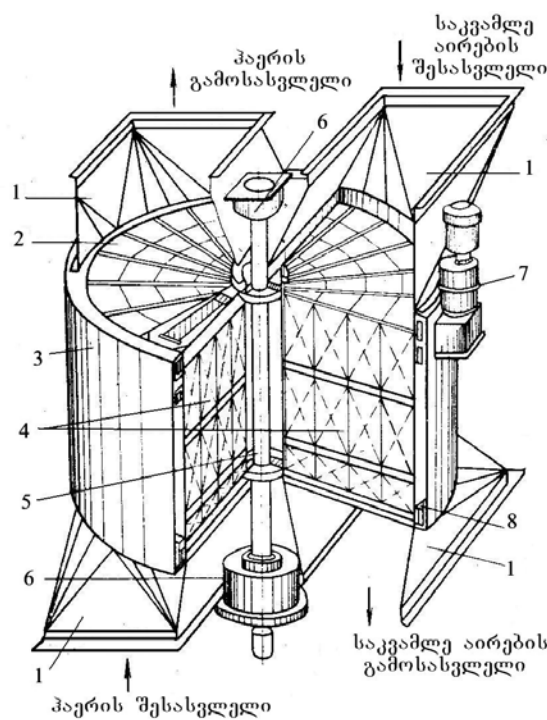
გმაოიყენება ფურცლოვანი, მილებიანი და რეგენერაციული ჰაერ შემთბობელი. ფურცლოვანი და მილებიანი ჰაერ შემთბობის მუშაობის პრინციპი მდგომარეობს იმაში რომ ხურების ზედაპირის ერთ მხარეს მოძრაობენ ცხელი აირები, მეორე მხარეს ჰაერი. რეგენერაციულ ჰაერ შემთბობში კი ლითონის ფირფიტები როტორის ბრუნვისას მორიგეობით ხან გაცხელებს ცხელი აირებით ხან კიდევ ამ სითბოს გადასცემს დაჭირხნულ ჰაერს.



ფურცლოვანი ჰაერშემთბობი მზადდება 2 მმ-იანი ფოლადის ფურცლებისაგან, რომელთაც ბოლოები ისე აქვთ შედუღებული რომ ფურცლებს შორის წარმოიშობა მორიგეობითი არხები გასაცხელებელ ჰაერისა და ცხელი გაზებისათვის. შემდეგ ეს შედუღებული ფურცლები თავსდება ფოლადის კუთხოვანებში. ასეთ შეკრულ პაკეტს ეწოდება კუბი. ჰაერშემთბობი იკრიბება რადმენიმე კუბისაგან.

მიღებიანი ჰაერშემთბობი მზადდება თხელკედლიანი ფოლადის მიღებისაგან რომელიც მიდუღებულია მიღების დაფაზე ან მასზე გლინით არის მიერთებული. მიღების შიგნით მოძრაობს ცხელი გაზები ხოლო გარედან ჰაერი.

რეგენერაციული ჰაერშემთბობი (ნახ.13.) წარმოადგენს ვერტიკალურ ცილინდრულ დოლს 2, რომელიც მოთავსებულია უძრავ ცილინდრულ კორპუსში 3 და შევსებულია გოფირებული ფოლადის ფურცლებისაგან 4, სისქით 0,5-1,25 მმ. დოლის ღერძის გასწვრივ გადის ლილვი 5, რომელიც ფიქსირებულია საკისრებში 6, და მოძრაობაში მოდის მცირე სიმძლავრის 7 ელექტროძრავას საშუალებით. კვამლის აირები და ჰაერი მიეწოდება კორპუსში 3 და აერთმევა მისგან კოლოფებით 1. როტორი ბრუნავს 2-5 ბრ/წთ სიჩქარით.



ნახ. 13. რეგენერაციული მბრუნავი ჰაერშემთბობი

ვინაიდან რეგენერაციულ ჰაერშემთბობში ხდება ლითონის გარსაცმის ბრუნვა ჰაერისა და გაზის ნაკადში, კონვექციური თბოგადაცემა ამ დროს მეტია ვიდრე მიღებიან ჰაერშემთბობში. რეგენარციული ჰაერშემთბობის უპირატესობაა მისი კომპაქტურობა . რეგენერაციულ ჰაერშემთბობებში ჰაერი თბება 200-250°C-მდე. რეგენერაციულ ჰაერშემთბობებს იყენებენ მაღალი მწარმოებლობის ორთქლის ქვაბებში, რომელიც განკუთვნილია აირისა და მაზუთის დასაწვავად. ქვაბს უყენებენ პარალელურად ჩართულ ორ ან მეტ ჰაერშემთბობს.

### **1.12. არმატურა, ხელსაწყოები და მკვებავი მოწყობილობანი**

რომ უზრუნველყოთ სამუშაო პროცესის მართვა, უსაფრთხო პირობების უზრუნველყოფა და ექსპლუატაციის გაანგარიშებული რეჟიმების დაცვა, ორთქლის ქვაბები უნდა იყოს აღჭურვილი[15,16]:

- ა) წნევის აწევის საწინააღმდეგო დამცავი მოწყობილობით;
- ბ) წყლის დონის მაჩვენებლით;
- გ) მანომეტრებით;
- დ) გარემოს ტემპერატურის საზომი ხელსაწყოთი;
- ე) ჩამკეტი და მარეგულირებელი არმატურით;
- ვ) უსაფრთხოების ხელსაწყოთი;
- თ) მკვებავი მოწყობილობით;

გარდა ზემოთ ჩამოთვლილისა ქვაბის პროექტში გათვალისწინებული უნდა იქნას არმატურის, გამზომი საშუალებების, ავტომატიკის და დაცვის ისეთი რაოდენობა, რომელიც აუცილებელია ქვაბის რეჟიმის რეგულირებისათვის, პარამეტრების კონტროლისათვის, ქვაბის გამორთვისა და საიმედო ექსპლუატაციისათვის, ასევე შეკეთებისა და უსაფრთხო მომსახურებისათვის.

#### **დამცავი მოწყობილობა**

ქვაბის ყველა ელემენტი, მისი შიგა მოცულობა, რომელიც შეზღუდულია ჩამკეტი ორგანოებით, უნდა იყოს დაცული დამცავი მოწყობილობით ისე, რომ მან ავტომატურად შეზღუდოს (არ დაუშვას) დასაშვებზე მეტად წნევის მომატება. ამისათვის დამცავმა

მოწყობილობამ ზედმეტი მუშა სხეული ანუ ორთქლი ან ცხელი წყალი გაუშვას ატმოსფეროში ან უტილიზაციის სისტემაში.

პირდაპირი დინების ორთქლის ქვაბებზე, რომლითაც პირველი ნაწილი (იგულისხმება პირველი ნაწილი წყლის მოძრაობის მიმართულებით) ხურების ზედაპირისა ქვაბის დანთებისას ან გაჩერებისას დანარჩენი ხურების ზედაპირიდან გამოირთვება ჩამკეტი ორგანოთი. დასაყენებელი დამცავი სარქველის რაოდენობა, მისი ზომები და დაყენების აუცილებლობა განისაზღვრება ქვაბის დამამზადებელი ორგანიზაციის მიერ.

დამცავ მოწყობილობად შეიძლება გამოვიყენოთ[6,38]:

- ა) პირდაპირი მოქმედების ბერკეტისანი – საბარგო დამცავი სარქველი;
- ბ) პირდაპირი მოქმედების ზამბარიანი დამცავი სარქველი;
- გ) იმპულსური დამცავი მოწყობილობა (იღმ).

თითოეულ ორთქლისა თუ წყალშემთბობ ქვაბზე, ეკონომიზერსა თუ ორთქლგადამახურებელზე უნდა იყოს არა ნაკლები ორი დამცავი სარქველისა.

ორთქლის ქვაბზე დაყენებული დამცავი მოწყობილობის ჯამური გამტარებლობა არ უნდა იყოს ქვაბის ნომინალურ საათურ მწარმოებლობაზე დაბალი.

დამცავი მოწყობილობა უნდა დაყენდეს:

- ა) ბუნებრივი ცირკულაციით, ორთქლგადამახურებლის გარეშე მომუშავე ორთქლის ქვაბებზე – ზედა დოლზე ან ორთქლსაშრობზე.
- ბ) პირდაპირი დინების ორთქლის ქვაბებზე, ასევე იძულებითი ცირკულაციით მომუშავე ქვაბებზე ის უნდა დაყენდეს გამოსასვლელ კოლექტორებზე ან გამოსასვლელ ორთქლის მილზე.
- გ) წყალშემთბობ ქვაბებზე – გამოსასვლელ კოლექტორებზე ან დოლზე.
- დ) შუალედურ ორთქლგადამახურებლებზე ყველა ტიპის დამცავი მოწყობილობა ყენდება ორთქლგადამახურებელში ორთქლის მიწოდების (შესვლის) მხრიდან.
- ე) ეკონომიზერებში ყენდება არა ნაკლები თითო დამცავი მოწყობილობა წყლის შესვლისა და გამოსვლის მხარეს.

ენერგეტიკულ ბლოკებში, რომელთაც აქვთ შუალედური ორთქლის გადამახურებელი, ტურბინის მაღალი წნევის ცილინდრის შემდეგ უნდა

დაყენდეს დამცავი სარქველები, რომლის გამტარუნარიანობა არ უნდა ჩამოუვარდებოდეს შუალედური ორთქლგადამახურებლის მაქსიმალურ ორთქლგამტარებლობას.

დამცველმა სარქველებმა ქვაბი, ორთქლგადამახურებელი და ეკონომიზერი უნდა დაიცვას, რომ მათში არ მოხდეს გაანგარიშებულზე (დასაშვებზე) 10%-ის ზევით წნევის მომატება.

დამცავი მოწყობილობა უნდა დაყენდეს მილზე ან მიმყვან მილსადენზე, რომელიც დამცავ მოწყობილობას აერთებს დასაცავ ელემენტთან.

ბერკეტიანი ან ზამბარიანი სარქველის კონსტრუქცია უნდა ითვალისწინებდეს მოწყობილობას, რომლითაც შემოწმდება ქვაბის მუშაობის დროს სარქველის მუშაობის ხარისხი (მისი გამართულობა). იმპულსური დამცავი მოწყობილობას უნდა ჰქონდეს ისეთი მოწყობილობა, რომელიც სარქველს იძულებით გახსნას დისტანციურად მართავს ფარიდან.

წყალშემათბობელი ქვაბის, ეკონომიზერის დამცავი სარქველის წყალსარინი მილი უნდა იქნას შეერთებული წყლის თავისუფალი გადაღვრის ხაზთან. აქვე უნდა ავლნიშნოთ, რომ არც მასზე და არც გადასადვრელ ხაზზე არ შეიძლება არანაირი ჩამკეტი ორგანოს დაყენება

### **წყლის დონის მაჩვენებელი**

ყველა ორთქლის ქვაბზე გარდა პირდაპირი დინების ქვაბებისა უნდა იყოს არა ნაკლები ორი პირდაპირი მოქმედების წყლის მაჩვენებელი. დასაშვებია დამატებით სათადარიგოდ დაგაყენოთ არაპირდაპირი მოქმედების წყლის დონის მაჩვენებელი. წყლის დონის მაჩვენებლის რაოდენობა და მისი დაყენების ადგილი ქვაბზე, მათ შორის დოლში საფეხურებით აორთქლებსას ან კიდევ გამოსატანი სეპარატორების არსებობისას განისაზღვრება ქვაბის დამამზადებელი ქარხნის მიერ.

წყლის დონის თითოეული მაჩვენებელი დამოუკიდებლად, ცალკე უნდა იყოს მიერთებული ქვაბის დოლთან. დასაშვებია წყლის დონის მაჩვენებელი ორი ხელსაწყოს შეერთება მილით, რომლის დიამეტრი 70 მმ-ზე ნაკლები არ იქნება[5,37].

წყლის დონის მაჩვენებელს უნდა ქონდეს უნდა უკეთდებოდეს ჩამკეტი არმატურა, კაზმულობა (ონკანი ან ვენტილი), რომ შესაძლებელი იყოს მისი ქვაბიდან გამორთვა და მისი გაქრევა ჩამკეტი არმატურაზე ნათლად უნდა იყოს, აღნიშნული, მითითებული გახსნისა და დაკეტვის მიმართულება, ონკანზე კი უნდა იყოს მითითებული მისი ღია მდგომარეობაც. ჩამკეტი არმატურის შიგა დიამეტრი 8 მმ-ზე ნაკლები არ უნდა იყოს.

წყალშემათობო ქვაბებზე უნდა იყოს გათვალისწინებული სასინჯი, საცდელი ონკანი, რომელიც უნდა დაყენდეს დოლის ზედა ნაწილში და თუ დოლი არ არის მაშინ ქვაბიდან მაგისტრალურ მილსადენში წყლის გამოსასვლელთან ოღონდ ჩამკეტი მოწყობილობამდე.

### **მანომეტრი**

თითოეულ ორთქლის ქვაბზე უნდა იყოს დაყენებული მანომეტრი, რომელიც ზომავს ორთქლის წნევას.

ორთქლის ქვაბებზე, რომლის ორთქლმწარმოებლობა არის საათი 10 ტონაზე მეტი და იმ წყალშემათობო ქვაბებზე, რომლის თბომწარმოებლობა მეტია 21 გჯოული/სთ (5 გკალ/სთ) აუცილებელია დაყენდეს დარეგისტრირებული მანომეტრი.

მანომეტრი უნდა დაყენდეს ქვაბის დოლზე და თუ ქვაბს აქვს ორთქლგადამახურებელი მანომეტრი ყენდება ასევე ორთქლგადამახურებლის შემდეგ მთავარ ურდულამდე.

წინდენით (პირდაპირი დინების) ქვაბებზე მანომეტრი ყენდება ორთქლგადამახურებლის შემდეგ ჩამკეტი ორგანოს წინ.

თითოეულ ორთქლის ქვაბზე მანომეტრი უნდა იყოს ასევე დაყენებული ქვაბის წყლით მკვებავ ხაზზე ოღონდ წყლის მიწოდების მარეგულირებელი ორგანოს წინ.

თუ მკვებავი ტურბოს ნაცვლად გამოყენებულია წყალგაყვანილობის ქსელი, ამ ქსელზე ქვაბთან უშუალო სიახლოვეს უნდა იყოს დაყენებული მანომეტრი.

წყლის ეკონომიაზე მანომეტრი უნდა დაყენდეს ეკონომიაზეში წყლის შესასვლელზე ჩამკეტი ორგანოს წინ და დამცავი სარქველის წინ ასევე ეკონომიაზერიდან წყლის გამოსასვლელზე ჩამკეტი მოწყობილობისა და დამცავი სარქველის წინ.

წყალშემათბობელ ქვაბებზე მანომეტრი ყენდება: ქვაბში წყლის შესასვლელთან და ცხელი წყლის ქვაბიდან გამოსასვლელზე ჩამკეტ მოწყობილობამდე.

### **ტემპერატურის საზომი ხელსაწყოები**

ქვაბებს, რომელთაც აქვთ ორთქლგადამხურებელი თითოეულ ორთქლსადენზე მთავარ ჩამკეთამდე უნდა ეყენოს გადახურებული ორთქლის ტემპერატურის საზომი. ქვაბებს, რომლებშიც ხდება ორთქლის შუალედური გადახურება ტემპერატურის საზომი უნდა ეყენოს ორთქლის შესავალთანაც და გამოსავალთანაც.

ეკონომიზერში წყლის შესავლისა და მისგან გამოსვლისას ასევე ორთქლის ქვაბის მკვებავ მილსადენზე უნდა იყოს მკვებავი წყლის ტემპერატურის საზომი ხელსაწყო.

წყალშემათბობელ ქვაბებში წყლის ტემპერატურის საზომი დაყენებული უნდა იყოს წყლის შესასვლელთან და გამოსასვლელთან. წყლის დასაშვები მაქსიმალური და მინიმალური ტემპერატურა თერმომეტრის შკალაზე უნდა იყოს აღნიშნული წითელი ხაზით[10,20].

გჯოული/სთ (1 გკალ/სთ) და მეტი ორთქლმწარმოებლობის ქვაბებზე წყლის ტემპერატურის საზომი უნდა იყოს დაყენებული ქვაბიდან წყლის გამოსასვლელზე და ის ტემპერატურას უნდა არეგულირებლდეს.

თხევად სათბობზე მომუშავე ქვაბებზე ტემპერატურის საზომი უნდა იყოს სათბობის მიმწოდებელ ხაზზე უშუალოდ ახლოს მფრქვევანასთან (მის წინ) დასაშვებია ტემპერატურის კონტროლისათვის დავაყენოთ ტემპერატურის მეორადი საზომი ხელსაწყო უშუალოდ ქვაბის მომსახურების ფარზე.

რომ ვაკონტროლოთ მეტალის ტემპერატურა და იმისათვის, რომ ამ ტემპერატურამ დასაშვებზე მაღლა არ მოიმატოს ქვაბის დანთების, გაჩერების თუ ქვაბის რეჟიმების მანევრირების დროს, გათვალისწინებული უნდა იყოს ქვაბის კედლებისა და ქვაბის ელემენტების (დოლების, მილების, და ა.შ.) ტემპერატურის საზომის არსებობა ტემპერატურის საზომი ხელსაწყოს დაყენების აუცილებლობა, მათი რაოდენობა და ის თუ, როგორ უნდა განლაგდეს ისინი განსაზღვრავს ქვაბის დამპროექტებელი ორგანიზაცია.

## **ჩამკეტი და მარეგულირებელი არმატურა**

ქვაბში მკვებავი წყლის შესასვლელთან უნდა იყოს დაყენებული უკუსარქველი, რომელიც არ დაუშვებს ქვაბიდან წყლის უკან გადინებას, ასევე უნდა იყოს ჩამკეტი ორგანოც. თუ ქვაბს აქვს უწყვეტად მომუშავე ეკონომიაზერის წინ. ეკონომიაზერებში, რომელშიც ხდება წყლის მიწოდების გამორთვა უკუსარქველი და ჩამკეტი უყენდება ეკონომიაზერის წინაც და მის შემდეგაც.

წყალშემთბობ ქვაბებში ჩამკეტი მოწყობილობა ყენდება ქვაბში წყლის შესასვლელთან და გამოსასვლელთანაც.

არმატურა უნდა განთავსდეს, გაკეთდეს რაც შეიძლება ახლოს ქვაბთან, რომ უფრო მოხერხებული იყოს მისი მართვა. 4 ტ/სთ და მეტი მწარმოებლობის ორთქლის ქვაბის ორთქლწარმომქმნელ ნაწილებს უნდა ჰქონდეს დისტანციური მართვის ამძრავი, რომელიც იმართება მემანქანის სამუშაო ადგილიდან (თუ არსებობს ცენტრალური ფარი მემანქანის სამუშაო ადგილი არის ამ ფარის შენობა და თუ ასეთი ფარი არ არის, მაშინ ქვაბის ფრონტალური ნაწილი).

ყოველი ქვაბის მკვებავ ხაზზე უნდა იყოს დაყენებული მარეგულირებელი არმატურა, თუ წყლის მიწოდების რეგულირება ხდება ავტომატურად, მაშინ უნდა იყოს მარეგულირებლისათვის დისტანციური ამძრავი, რომელიც იმართება მემანქანის სამუშაო ადგილიდან.

თუ არის დაყენებული რამდენიმე მკვებავი ტუმბო, რომელთანაც აქვთ ერთიანი შემწოვი და დამჭირხნი მილსადენები თითოეულ ტუმბოს, როგორც შემწოვის ისე დაჭრხვნის მხარეს უნდა ჰქონდეს ჩამკეტი. თითოეულ ცენტრიდანულ ტუმბოს დაჭრხვნის მხარეს ჩამკეტი ორგანოზე უკეთდება უკუსარქველი.

## **უსაფრთხოების ხელსაწყოები**

ყოველ ქვაბზე დგება უსაფრთხოების ხელსაწყოები, რომელთა საშუალებითაც აგრეგატების ექსპლუატაციის დადგენილი რეჟიმებიდან ავარიული გადახრების შემთხვევებში, ავტომატურად მოხდება ქვაბისა და მისი ცალკეული ელემენტების დროული და საიმედო გამორთვა.

სათბობის კამერული წვის მქონე ქვაბებს უნდა ჰქონდეთ ავტომატური მოწყობილობა, რომელიც დოლში წყლის დონის

დასაშვებზე მეტად შემცირებისას ავტომატურად წყვეტს სანთურაზე სათბობის მიწოდებას, ხოლო პირდაპირი დინების ქვაბებში ავარიული გამორთვა მოხდება წყლის ხარჯის დასაშვებზე დაბლა დაშვებისას. ქვაბებში სათბობის შრეობრივი წვით, ავტომატურმა მოწყობილობამ ზემოთ აღნიშნულ შემთხვევებში უნდა გამორთოს გამწოვ – შემბერი მოწყობილობა და საცეცხლეში სათბობის მიწოდება.

მრავალჯერადი ცირკულაციის მქონე წყალშემთბობ ქვაბებს, რომელთაც აქვთ კამერული წვის საცეცხლეები უნდა ჰქონდეთ ხელსაწყო, რომელიც ავტომატურად შეწყვეტს სანთურაზე სათბობის მიწოდებას, ხოლო თუ სათბობის შრეობრივ წვასთან გვაქვს საქმე ხელსაწომ უნდა გათიშოს შემბერ – გამწოვი მოწყობილობა იმ შემთხვევაში თუ წყლის წნევა სისტემაში იმ ზომამდე შემცირდება, რომ შეიქმნება ჰიდრაულიკური დარტყმების საშიშროება, ან კიდევ თუ წყლის ტემპერატურა გადააჭარბებს დადგენილ ზღვარს.

სათბობის კამერული წვით მომუშავე წყალშემთბობ ქვაბებს უნდა ჰქონდეთ ისეთი ავტომატური ხელსაწყოები, რომელიც გათიშავს სათბობის მიწოდებას საცეცხლეში, ხოლო სათბობის შრეობრივი წვის დროს გათიშავს შემბერ – გამწოვ მოწყობილობას და სათბობის მიწოდების მექანიზმს როცა:

- ა) გამოსასვლელ კოლექტორში წყლის წნევა მოიმატებს გაანგარიშებულზე დასაშვებ წნევაზე 5 %-ზე მეტად;
- ბ) გამოსასვლელ კოლექტორში წყლის წნევა შემცირდება იმ დონემდე, რომელიც შეესაბამება ნაჯერობის წნევას ქვაბიდან გამომავალი წყლის მაქსიმალური ტემპერატურის დროს.
- გ) ქვაბიდან გამომავალი წყლის ტემპერატურა მოიმატებს იმ დონემდე, რომელიც შეესაბამება 20 %-ით შემცირებულ ნაჯერობის ტემპერატურას მუშა წნევის დროს.

ქვაბზე უნდა იყოს დაყენებული ავტომატური ხმოვანი სიგნალიზატორი, რომელიც იმოქმედებს, როცა წყლის დონე ზედა ან ქვედა ზღვრულ მნიშვნელობას მიაღწევს.

ორთქლისა და წყალშემთბობ ქვაბებზე, რომლითაც აქვთ კამერული წვის საცეცხლეები უნდა იყოს ავტომატური მოწყობილობა, რომ გათიშოს სათბობის მიწოდება საცეცხლეში:



- ა) როცა საცეცხლეში ჩაქრება ჩირადდანი;
- ბ) როცა გამოირთვება ყველა კვამლმწოვი და შეწყდება წვევა;
- გ) როცა გამოირთვება ყველა შემბერი ვენტილიატორი.

ქვაბებს, რომლითაც აქვთ ინდივიდუალური ვენტილიატორით მომუშავე სანთურები უნდა ჰქონდეთ დაცვა ისეთი, რომ ვენტილიატორის გაჩერებისას შეწყდეს სათბობის მიწოდება სანთურაზე.

ქვაბში, რომელიც მუშაობს თხევად ან აირად სათბობზე უნდა ჰქონდეს ისეთი მოწყობილობა, ხელსაწყო, რომ ავტომატურად შეწყვიტოს სათბობის მიწოდება საცეცხლეში, როცა ბოილერში შეწყდება წყლის ცირკულაცია.

უსაფრთხოების ხელსაწყოები უნდა იყოს დაცული იმ პირთა ზემოქმედებისაგან (გამორთვა, რეგულირება და ა.შ.), რომლებსაც არ აქვთ კავშირი ქვაბის ექსპლუატაციასა და შეკეთებასთან. ასევე უნდა გვქონდეს ისეთი სამარჯვი (სასინჯი) მოწყობილობა (იარადი), რომ შევამოწმოთ უსაფრთხოების ხელსაწყოების გამართულობა.

ორთქლის ქვაბებს მიუხედავად მისი ტიპისა და მწარმოებლობისა უნდა ჰქონდეთ კვების ავტომატური მარეგულირებელი. ეს მოთხოვნა არ ვრცელდება იმ ქვაბ – ბოილერზე, რომელშიც ორთქლის ართმევა ბოილერის გვერდის ავლით საათში 2 ტონას არ აღემატება.

#### **მკვებავი მოწყობილობა**

ქვაბების კვება შეიძლება ერთი საერთო მკვებავი მილსადენით ან ინდივიდუალურად ცალკე მილსადენით ვაკუუმით ცალკეული ქვაბები. ქვაბების ჩართვა ერთ ჯგუფში, რომ შესაძლებელი იყოს მათი კვება ერთი საერთო ხაზიდან შეიძლება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როცა მუშა წნევათა სხვაობა სხვადასხვა ქვაბში არ აღემატება 15 %-ს.

მკვებავ ტუმბოებს, რომლებიც მიერთებულია საერთო მაგისტრალთან უნდა ჰქონდეთ ისეთი მახასიათებლები, რომ შესაძლებელი იყოს მათი პარალელურ რეჟიმში მუშაობა.

#### **6.8.2. ქვაბის წყლით მომარაგებისათვის შეიძლება გამოვიყენოთ:**

- ა) ცენტრალური და დგუშიანი ტუმბოები ელექტრული ამძრავით;
- ბ) ცენტრალური და დგუშიანი ტუმბოები ორთქლის ამძრავით;
- გ) ორთქლის ინექტორები;
- დ) ხელის ამძრავიანი ტუმბოები;

ე) წყალგაყვანილობის ქსელი;

### **1.13. შენობა ქვაბებისათვის, განათება, აგრეგატების შეთანწყობა**

სტაციონალური ქვაბები უნდა იდგეს შენობაში ან სადგომში, რომელიც პასუხობს აკმაყოფილებს СНИП 11.35 – 76-ის „საქვაბე დანადგარები“-ს მოთხოვნებს, СНИП 11 – 58.75-ისა „თბური ელექტროსადგურების“ მოთხოვნებს, აგრეთვე ის უნდა აკმაყოფილებდეს წინამდებარე წესების მოთხოვნებს.

სადგომის (შენობის) გარეთ ქვაბის დადგმა შეიძლება იმ შემთხვევაში თუ ქვაბი დაპროექტებულია მოცემულ კლიმატურ პირობებში სამუშაოდ.

საქვაბეში არ შეიძლება განთავსდეს საყოფაცხოვრებო და სამსახურეობრივი სადგომი სათავსი, რომელიც საქვაბის მომსახურე პერსონალისთვის არ არის გათვალისწინებული, ასევე არ შეიძლება საქვაბეში იმ სარემონტო სათავსოს არსებობა, რომელი ქვაბის ან მისი მოწყობილობის შეკეთებისათვის არ არის გათვალისწინებული.

საქვაბის დაბლა სართულის იატაკი არ უნდა იყოს საქვაბის მომიჯნავე მიწის ზედაპირზე დაბლა.

საქვაბეში ორმოები არ შეიძლება იყოს, ცალკეულ შემთხვევაში საპროექტო ორგანიზაციის გადაწყვეტილებით თუ ამას ითხოვს ტექნოლოგიური პროცესი დაიშვება ორმოს გაკეთება სათბობის სამსხვრევის გაწმენდისა და თბომაგისტრალის ნაწილების საქვაბეში შეყვანისა და გამოყვანისათვის.

ის ადგილები, რომლებიც ტექნიკური მიზეზით არ შეგვიძლია უზრუნველყოთ დღის, ბუნებრივი განათებით უნდა ნათდებოდეს ელექტრო განათებით. განათებულობა უნდა შეესაბამებოდეს СНИП 11.4-79 „ბუნებრივი და ხელოვნური განათება“-ის ნორმებს.

სამუშაო განათების გარდა საქვაბეში უნდა იყოს აგრეთვე ავარიული ელექტრო განათება[45].

ქვაბის ფრონტალური (შუბლა ნაწილი) ნაწილიდან ან საცეცხლის გამოშვებული ნაწილიდან საქვაბის მოპირდაპირე კედელი უნდა იყოს არა ნაკლები 3 მ-ისა, ამასთან ქვაბებისათვის, რომლებიც მუშაობენ აირად ან თხევად სათბობზე სანთურის გამოწვეულ ნაწილსა და

საქვების კედელს შორის უნდა იყოს მანძილი არა ნაკლები 1 მ-ისა, ხოლო ქვაბებისათვის, რომელთაც აქვთ მექანიზირებული საცეცხლეები საცეცხლის გამოშვებული ნაწილიდან საქვების კედლამდე მანძილი 2-ზე ნაკლები არ უნდა იყოს.

#### **1.14. ქვაბების წყლის ქიმიურად დამუშავების რეჟიმი.**

წყლის ქიმიურად დამუშავების რეჟიმი უნდა უზრუნველყოფდეს ქვაბისა და მკვებავი ტრაქტის მუშაობას მათი ელემენტების დაუზიანებლად მინადუღითა და წიღით მათი დაფარვის დროს, ან კიდევ ფარდობითი ტუტიანობის გაზრდისა და მეტალის კოროზიის დროს[46].

მრავალჯერადი ბუნებრივი და იძულებითი ცირკულაციით მომუშავე ყველა ორთქლის ქვაბს, ყველა წინდენითი (პირდაპირი დინების) ქვაბებს მათი მწარმოებლობის მიუხედავად, ასევე ყველა წყალშემთბობ ქვაბს უნდა ქონდეს წყლის დამამუშავებელი დანადგარი, რომელიც წყალს ასუფთავებს და ამზადებს მისი ქვაბში შესვლამდე. დასაშვებია აგრეთვე სხვა წყლის დამამუშავებელი ეფექტური საშუალები გამოყენება, რომლებიც იძლევა ამ სტატიით გათვალისწინებული მოთხოვნების დაკმაყოფილების საშუალებას.

არ შეიძლება ქვაბების კვება ხისტი წყლით, რომელიც აქვთ ქვაბში წყლის შესვლამდე წყლის დამამუშავებელი მოწყობილობა იმ შემთხვევაში, როდესაც ავარიულ სიტუაციაში პროექტით გათვალისწინებულია ქვაბის კვება ხისტი წყლით, ხისტი წყლის ხაზზე, რომლითაც ის ეყნდება დარბილებული წყლის ან კონდესატის დამატებით ხაზს უნდა დაყენდეს ორ ორი ჩამკეტი ორგანო, მათ შორის საკონტროლო ონკანით. ექსპლუატაციის ნორმალური პირობების დროს ჩამკეტი ორგანოები უნდა იყოს ჩამკეტილი და დაპლომბილი, ხოლო საკონტროლო ონკანი კი ღია.

#### **მოთხოვნები მკვებავი წყლის ხარისხზე**

0,7 ტ/სთ და მეტი ორთქლმწარმოებლობის, როგორც ბუნებრივი ისე იძულებითი მრავალჯერადი ცირკულაციის მქონე ქვაბებში მკვებავი წყლის ხარისხის მაჩვენებელი არ უნდა იყოს ქვემოთ მოცემული მონაცემების მაღლა[45].

მნიშვნელობები	მუშა წნევა მპა (კგს/სმ <sup>2</sup> )			
	0,9 (9)	1,4 (14)	2,4 (24)	4 (40)
1. გამჭვირვალობა შრიფტზე არა უმეტესი სმ	30	40	40	40
2. საერთო სიხისტე მკგ-მქ/კგ	30*/40	15*/20	10*/15	5*/10
3. შენაერთი რკინის რაოდენობა მკგ/კგ	ნორმირება არ ხდება	300*/ნორმ.არ ხდება	100*/200	50*/100
4. შენაერთი სპილენძის რაოდენობა მკგ/კგ	ნორმირება არ ხდება			10*/ნორმ.არ ხდება
5. გახსნილი უანგბადის შემცველობა	50*/100	30*/50	20*/50	20*/30
6. pH-ის მნიშვნელობა 25°C-ის დროს ***	8,5 – 10,5			
7. ნავთობპროდუქტების შემცველობა მგ/კგ	5	3	3	0,5

\* - მრიცხველში მოცემულია მნიშვნელობები თხევად სათბობზე მომუშავე ქვაბებისათვის, მნიშვნელში კი სხვა სახის სათბობზე მომუშავე ქვაბებისათვის.

### მთხოვნები საქვაბე წყლის ხარისხზე.

ქვაბის წყლის ხარისხის ნორმები, მისი კორექციული დამუშავების აუცილებელი რეჟიმები, პერიოდული თუ უწყვეტი გაქრვის რეჟიმების ნორმები აიღება ქვაბის დამამზადებელი ორგანიზაციის ინსტრუქციის საფუძველზე, ტიპური ინსტრუქციებისა თუ სხვა უწყებრივი ნორმატიული საბუთებიდან ან კიდევ ტექნოლოგიური გამოცდის შედეგად.

ამასთან 4 მპა (40 კგს/სმ<sup>2</sup>) წნევამდე ორთქლის ქვაბებისათვის, რომელთაც აქვთ მოქლონური შეერთება ქვაბის წყლის ფარდობითი ტუტიანობა არ უნდა აღემატებოდეს 20 %-ს. ქვაბებისათვის, რომელთაც აქვთ შედუღებული დოლები, ხოლო მილები შეერთებულია ვალცვით (ან ვალცვით და შემამჭიდროებელი მიღულებით) ქვაბის წყლის ფარდობითი ტუტიანობა დასაშვებია 50 %-მდე. იმ ქვაბებისათვის, რომელთაც აქვთ შედუღებული (მიღუღებული) დოლები და მილებიც მიღუღებულია ტუტიანობის ნორმები განსაზღვრული არ არის ანუ არ კონტროლდება.

4 მპა (40 კგ/სმ<sup>2</sup>) მეტი წნევის მქონე ქვაბებში წყლის ტუტიანობა 20 % არ უნდა აღემატებოდეს.

## თავი II. ორთქლის გენერატორების ავარიების აცილების სიტუაციური ვარჯიშების კომპიუტერული მოდელირება

### 2.1. სასწავლო და საგამოცდო პროგრამების ბლოკ-სქემები

თანამედროვე ორთქლგენერატორი რთული აგრეგატია, რომელიც აღჭურვილია მრავალრიცხოვანი საზომ-საკონტროლო ხელსაწყოებით, დაცვისა და მართვის ავტომატიზირებული სისტემებით.

ორთქლის გენერატორების პროექტირების სტადიაზე, როგორც მთლიანი აგრეგატისათვის, ასევე ცალკეული ელემენტებისათვის მუშავდება ნომინალური საექსპლუატაციო რეჟიმები. ნომინალური საექსპლუატაციო რეჟიმების გათვალისწინებით სრულდება მასალების ხარისხის, ცალკეული ელემენტების შეერთებებისა და სამაგრი კონსტრუქციების გათვლა განსაზღვრულ პარამეტრებზე.

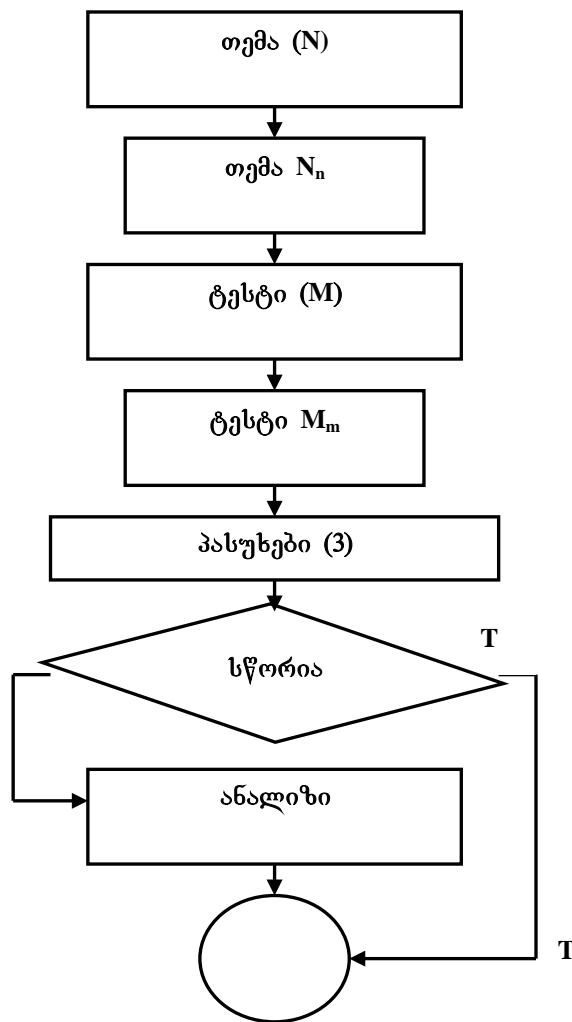
ორთქლის გენერატორების ეფექტური და უსაფრთხო მუშაობისათვის აუცილებელია მათი კვალიფიციური მომსახურება. ქვების შეკეთება და მონტაჟი მთლიანად უნდა შეესაბამებოდეს “ორთქლისა და წყალგამაცხელებელი ქვაბების მოწყობისა და უსაფრთხო ექსპლუატაციის წესებს” [48]. აღნიშნული წესების დარღვევა როგორც წესი იწვევს ავარიას და აგრეგატების დაზიანებას, ასეთი დაზიანების დროს დიდ საფრთხეს წარმოადგენს აფეთქებები, რომლებიც უმეტესად მთავრდება საქვების შენობის ნგრევით და მომსახურე პერსონალის ტრამირებით.

ავარიები ელექტროსადგურებზე, სამრეწველო თუ გამათბობელ საქვებებში დაკავშირებულია დიდ მატერიალურ ზარალთან.

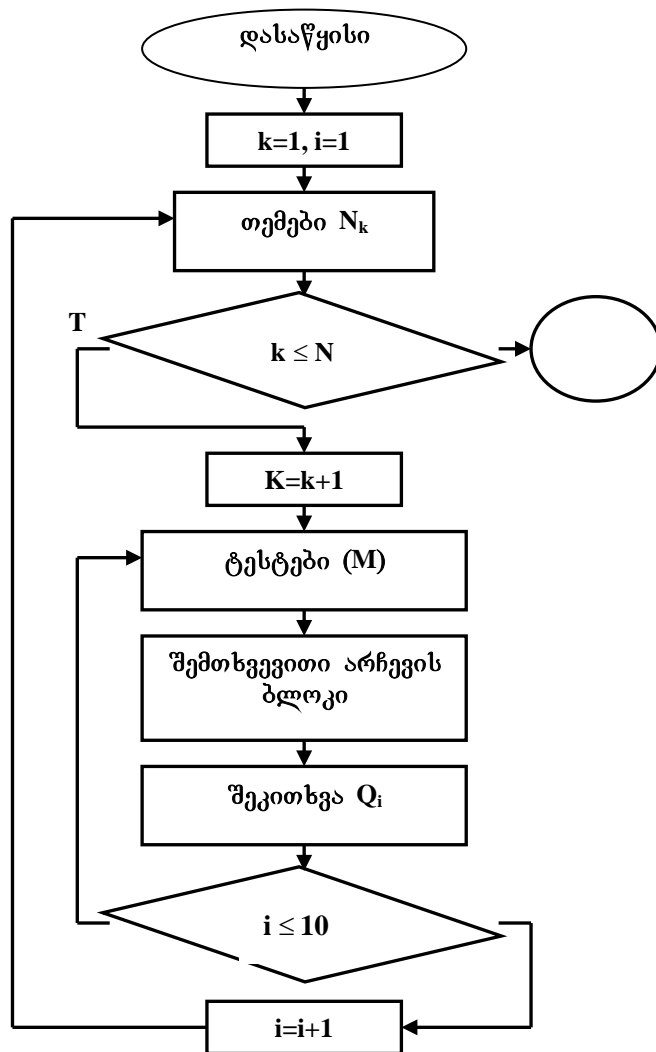
ორთქლის გენერატორის გამართული მუშაობა დამოკიდებულია მისი ცალკეული შემადგენელი აგრეგატებისა და მოწყობილობების გამართულ მუშაობაზე.

ორთქლის გენერატორის მომსახურე პერსონალმა და აგრეგატების მუშაობაზე პასუხისმგებელმა სხვა პირებმა ზედმიწევნით კარგად უნდა იცოდნენ ორთქლის გენერატორისა და მისი

მოწილობის ავარიის წარმოშობის შესაძლო მიზეზები, მათი აღმოფხვრის პირობები და ავარიების თავიდან აცილების გზები. ავარიების წარმოშობის მიზეზები შეიძლება იყოს მრავალი სახის და ამასთან სპეციფიკური ცალკეული აგრეგატებისა და მოწილობების მიხედვით. ორთქლის გენერატორების უსაფრთხო მუშაობის წესების შესწავლა, დაზიანებების და ავარიების გამომწვევი მიზეზების სისტემური ანალიზის ათვისება და ავარიების თავიდან აცილების ღონისძიებების დაუფლება შესაძლებელია შესაბამისი სიტუაციური ვარჯიშების კომპიუტერული მოდელირების საშუალებით[24,25].



ნახ.14. სასწავლო პროგრამის ალგორითმის ბლოკ-სქემა



ნახ.15. საგამოცდო პროგრამის ალგორითმის ბლოკ-სქემა

ნახ.14-ზე ნაჩვენებია სასწავლო, ხოლო ნახ. 15-ზე – საგამოცდო პროგრამების ალგორითმების ბლოკ-სქემები[48].

სასწავლო და საგამოცდო ტესტების შესადგენად შერჩეულია ორთქლის გენერატორის ძირითადი და დამხმარე მოწყობილობების შესაძლო დაზიანებების და ავარიების გამომწვევი მიზეზები და დასახულია მათი აღმოფხვრის და თავიდან აცილების გზები. სწავლება ხდება შემდეგი თემების მიხედვით: საცეცხლეები; ორთქლის გენერატორის დოლი და ეკრანის მიღები; ხურების ზედაპირები; ორთქლის გადამხურებელი, წყლის ეკონომიზერი და ჰაერშემთბობი; კვამლმწოვები და ვენტილატორები; მკვებავი ტუმბოები; სხვადასხვა მილსადენები და სხვა.

სასწავლო პროგრამა მუშაობს შედეგი ალგორითმით (ნახ.14).  $N$  რაოდენობის თემებიდან ვირჩევთ ნებისმიერ თემა  $n$ -ს. ამ თემის შინაარსს მოიცავს ტესტების  $M$  რაოდენობა. შესაძლებელია ნებისმიერი  $m$  ტესტის შერჩევა. ტესტს აქვს სამი სავარაუდო პასუხი, რომლიდანაც ერთ-ერთი უნდა შეირჩეს. თუ პასუხი სწორია, ერთი ციკლი დამთავრდება, ხოლო თუ სწორი არ იქნება, ბრძანების შემდეგ გაიხსნება ანალიზის ფანჯარა, რომელშიც მოცემულია აღნიშნული ტესტის სწორი პასუხი და მისი დასაბუთება. ამის შემდეგ ციკლი დამთავრდება და პროგრამა უბრუნდება საწყის მდგომარეობას.

საგამოცდო პროგრამა მუშაობს შედეგი ალგორითმით (ნახ.15). საწყის მდგომარეობაში  $k=1$ , ანუ  $N$  რაოდენობის თემებიდან აირჩევა პირველი თემა. ამ თემის შინაარსს მოიცავს  $M$  რაოდენობის ტესტები. ალგორითმის თანახმად შეკითხვისათვის ამ ტესტებიდან ამოირჩევა გარკვეული რაოდენობის ტესტი (მაგალითად 10 ტესტი). მას შემდეგ, რაც პასუხი გაცემული იქნება შეკითხვებზე, პროგრამა გადავა შემდეგი თემის ტესტებზე ანალოგიური პრინციპით. ტესტების არჩევა ხდება შემთხვევითი რიცხვების პრინციპით.

საბოლოო შედეგები სრული ინფორმაციით გამოტანილი იქნება მონიტორზე და სურვილის მიხედვით დაიბეჭდება.

## ***2.2. თბოგენერატორების საცეცხლე მოწობილობების უსაფრთხო მუშაობა***

თბოგენერატორების ეფექტური და უსაფრთხო მუშაობისათვის აუცილებელია კვალიფიციური მომსახურება. თბოგენერატორების მონტაჟისა და შეკეთების ხარისხი უნდა შეესაბამებოდეს “ორთქლისა და წყალგამაცხელებელი ქვაბების მოწყობისა და უსაფრთხო ექსპლუატაციის წესებს”. აღნიშნული წესების დარღვევა როგორც წესი იწვევს ავარიას და აგრეგატების დაზიანებას. ასეთი დაზიანების დროს დიდ საფრთხეს წარმოადგენს აფეთქებები, რომლებიც უმეტესად მთავრდება საქვაბის შენობის ნგრევით (დიდი მატერიალურ ზარალით) და მომსახურე პერსონალის ტრამვირებით. თბოგენერატორის გამართული მუშაობა დამოკიდებულია მისი ცალკეული შემადგენელი აგრეგატებისა და მოწყობილობების გამართულ მუშაობაზე.



ავარიების წარმოშობის მიზეზები შეიძლება იყოს სხვადასხვა სახის და ამასთან სპეციფიკური ცალკეული აგრეგატებისა და მოწყობილობების მიხედვით.

თბოგენერატორის ერთ-ერთ ძირითად ელემენტს წარმოადგენს საცეცხლე, რომელშიც მიმდინარეობს სათბობის წვისა და თბური ენერჯის მიღების პროცესი.

თბოგენერატორის მუშაობის საიმედოობა დიდად არის დამოკიდებული საცეცხლე მოწყობილობის კონსტრუქციასა და მის გამართულ მუშაობაზე. საცეცხლეების კლასიფიკაცია ხდება შემდეგი ნიშნების მიხედვით: გამოყენებული სათბობის სახე; წვის რეჟიმი; საცეცხლე მოწყობილობის თბოგენერატორთან შეთანწყობა; წვის ნარჩებების მოცილება; სანთურების განლაგება; საცეცხლის ეკრანირება; გაზების რეცირკულაცია და სხვა.

თანამედროვე საცეცხლე მოწყობილობას წაყენება შემდეგი ძირითადი მოთხოვნები:

- თბოგენერატორის საპროექტო თბური სიმძლავრის უზრუნველყოფა;
- სათბობის სრული დაწვის განხორციელება მინიმალური მექანიკური და ქიმიური დანაკარგებით;
- თბოგენერატორის სიმძლავრის რეგულირება ფართე დიაპაზონში;
- უსაფრთხო და საიმედო მუშაობა და მარტივი მომსახურება;
- სათადარიგო სათბობის გამოყენების შესაძლებლობა;
- საკუთარ მოხმარებაზე ენერჯის მინიმალური ხარჯი.

საცეცხლეში შეიძლება დაიწვას წინასწარ მომზადებული საწვავი გაზისა და ჰაერის ნარევი (კინეტიკური წვა-პრაქტიკულად მყისიერი სიჩქარით, განსაკუთრებით მაღალი ტემპერატურების დროს), ან საცეცხლეში დასაწვად ცალ-ცალკე მიეწოდოს საწვავი გაზი და ჰაერი (დიფუზიური წვა, შენელებული სიჩქარით).

პირველ შემთხვევაში მომზადებული ნარევი ძალიან ფეთქებადსააშიშია. იგი შეიძლება აფეთქდეს ელექტრული ნაპერწკლით, საცეცხლიდან სანთურის შიგნით აღის შეწოვით, ან უბრალოდ ნარევის გარკვეულ ტემპერატურაზე (თვითაალების ტემპერატურა)

გაცხელებით. თვითააღების ტემპერატურა ზოგიერთი აირის ჰაერთან ნარევის შემთხვევაში მოცემულია ცხრილში 2.

ცხრილი 2.

გაზი	H <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>
t, °C	580-590	644-658	650-750	406-440

აღსანიშნავია, რომ გაზების არა ყველა ნარევის ანთებაა შესაძლებელი გარე წყაროს (ელექტრონაპერწკალი) გამოყენებითაც კი. შესაბამისად არსებობს ანთების კონცენტრაციული საზღვრები რომელ ინტერვალშიაც შესაძლებელია ანთება: ქვედა- (სათბობის მიხედვით “ღარიბი” ნარევი) და ზედა – (სათბობის მიხედვით “მდიდარი” ნარევი). ამ ინტერვალის გარეთ შეუძლებელია ნარევის ანთება და ნარევი სახანძრო და არაფეთქებადსაშიშია. ამასთან მხედველობაში უნდა მივიღოთ ისიც, რომ სათბობით “მდიდარი” ნარევის ჰაერში გამოდინებისას განზავდება რა იგი ჰაერთ, ნარევი შესაძლებელია გახდეს სახანძრო და ფეთქებადსაშიში.

სათბობის ზღვრული მოცულობითი კონცენტრაცია ჰაერთან ნარევიში მოცემულია ცხრილში 3.

მომზადებული ნარევის ფეთქებადსაშიშროების გამო უმჯობესია უარი ითქვას (როცა ეს შესაძლებელია) ნარევის ტრანსპორტირებაზე და საცეცხლეში განცალკევებულად იქნას გაზის და ჰაერის მიწოდება. ამ უკანასკნელ შემთხვევაში წვის სიჩქარე დამოკიდებულია კომპონენტების შერევის პროცესზე, რომელიც მიმდინარეობს მათი ურთიერთ დიფუზიით[5,35,36].

ცხრილი 3.

ნარევის მაჩვენებელი						
	მეთანი	პროპანი	წყალბადი	ნახშირყანგი	კოქსის აირი	ბენზინის ორთქლი
ანთების ქვედა ზღვარი	5	2	4.1	12.5	5.6	2.4
სტექიომეტრული ნარევი	9.5	4	29.6	29.6	18.8	
ანთების ზედა ზღვარი	15	9.5	75	75	30.8	4.9

ტურბულენტური პულსაციის გამო სათბობის საკმარისად დიდი ულუფები შეერევა ჰაერს, სათბობისა და მუანგველის მოლეკულები გადაიტანება გამყოფ საზღვრისაკენ, წარმოშობენ ალს, რომელიც მუდმივად ქრება ტურბულენტური პულსაციების გამო და ისევე იქმნება ალის ახალი კერები სხვა ადგილებში. წვისათვის საჭიროა კომპონენტების აუცილებლად მიკროსკოპიულ დონეზე შეერევა. ადგილი ექნება სათბობის დიფუზიურ წვას ნელი სიჩქარით, ხდება სათბობის, ჰაერის და ნამწვი გაზების მოცულობების მაკროსკოპიული გადაადგილება და დიფუზიური ჩირადნის გაწელება- წაგრძელება წვის ცუდი პირობების გამო. დიფუზიური ჩირადნის მნიშვნელოვნად გრძელია ვიდრე წინასწარ მომზადებული ნარევის ჩირადნის. სათბობის დაწვა სათბობისა და მუანგველის ცალ-ცალკე მიწოდებით ხშირად გამოიყენება ორი მიზეზის გამო: 1. სათბობისა და მუანგველის ცალ-ცალკე მიწოდება და საცეცხლეში წვა მნიშვნელოვნად უსაფრთხოა ვიდრე წინასწარ მომზადებული ნარევის ტრანსპორტირება და წვა; 2. ზოგჯერ, როცა საჭიროა ღუმელში გრძელი ნამზადის თანაბარი გაცხელება მიზანშეწონილია ჩირადნის გაწელება სიგრძეში, ამავე დროს იზრდება ჩირადნის ნათება ჭვარტლის ნაწილაკების საშუალებით, რომელიც გამოიყოფა დიფუზიური წვის დროს.

მყარი სათბობის დაწვა მეტ სირთულეებთანაა დაკავშირებული ვიდრე აირადი და თხევადი სათბობის შემთხვევა. წვის უსაფრთხოების წესები გაცილებით მკაცრია კამერულ საცეცხლეში მყარი სათბობის მტვრის დაწვის დროს[34,11].

ნახშირის მტვრის ხარისხი ხასიათდება ნაფქვავის სიწმინდით, მასში ტენის შემცველობითა და ფეთქებასაშიშროებით. მაღალი ფეთქებასაშიში ნახშირის მტვერის აფეთქების მიზეზი შეიძლება გახდეს:

1. ნახშირში ლპობადი კერების არსებობა;
2. მტვრისა და ჰაერის ნარევის დასაშვებზე მაღალი ტემპერატურა;
3. დამცავი სარქველების ხმაურით გახსნა;
4. ასანთები ან ძირითადი ჩირადნის მოწყვეტა;

5. კვამლმწოვების, შემბერი ან წისქვილის ვინტილიატორების ავარიულად გამორთვა;

6. წისქვილში საფქვავის მიწოდების შეწყვეტა.

ნახშირის მტვრის აფეთქება ხშირად ხდება ისეთ საცეცხლეში, სადაც მტვრის დასაგროვებელი შუალედური ბუნკერებია გამოყენებული, იმასთან შედარებით სადაც ხდება წვა პირდაპირი შებერვით. ასევე აფეთქება უფრო ხშირად აღინიშნება იმ საცეცხლეში, სადაც გამავალი გაზებით მტვრის წინასწარი შეთბობა ხდება. საქვამე საამქროებში მომატებული მტვრიანობაც შეიძლება გახდეს აფეთქების მიზეზი.

წისქვილში გამაცხელებელი აგენტის მიწოდების შემცირებასთან ერთად შეიძლება ცეცხლის ალი მოხდეს მტვრის მიმწოდებელ მილში და გამოიწვიოს აფეთქება.

მტვრის სისტემებში მომხდარ აფეთქებებს, ხშირად თან სდევს მოწყობილობების დაზიანება, უმეტესი საფეთქი დამცველი სარქველების გაღება, ტერიტორიის ნახშირის მტვრით დანაგვიანება და მეორადი აფეთქებების საშიშროება.

გამოიყენებულია მტვრისდამამზადებელი სხვადასხვა სისტემა: ინდივიდუალური ჩაკეტილი მტვრის ბუნკერიანი სისტემა, რომელშიც მტვერი თბება ცხელი ჰაერით; იგივე სისტემა ჰაერის და ნამწვი გაზების ნარევის გამოყენებით; მტვრის მიმწოდებელი სისტემები პირდაპირი შებერვით; მტვრის გრძელი უბნით მიმწოდებლით, სანთურებით და შახტური წისქვილით.

აფეთქებები ხშირად ხდება ტენით გაჯერებული საწვავის მიწოდებას, რომელიც შეიცავს აყალო მიწას. ეს უკანასკნელი არღვევს სათბობის მიწოდების რეჟიმს იჭედება, რა ბუნკერებსა და სადენებში და შემდგომში შეიძლება გახდეს აფეთქების მიზეზი.

იმ თბოგენერატორებში, სადაც იწვის ჰაერთან ნახშირის წინასწარ მომზადებული ნარევი ერთი ხარისხის ნახშირიდან მეორეზე გადასვლა, რომელიც ხანდახან ცვლაში რამდენჯერმე მეორდება, ასევე შეიძლება იყოს აფეთქების მიზეზი. განსაკუთრებით ეს მოსალოდნელია არამომუშავე ტექნოლოგიური დაცვის სისტემის არმქონე მტვრის მომზადების დანადგარის შემთხვევაში.

აფეთქებისა და ხმაურის მიზეზების ანალიზის დროს დადგინდა რომ პრაქტიკულად ყველა შემთხვევაში გამოვლენილია ლპობადი დანალექები რომელიც წამოადგენს აალების კერას აფეთქებისას. დანალექები აღმოჩენილი იყო მტვრის ციკლონის შესასვლელთან, ასევე შესასვლელ მილისებში, წისქვილის ვინტილიატორის წინ და სხვა.

უანგბადის დიდი რაოდენობით შემცველობის შემთხვევაში მაღალი ტემპერატურის ცხელი ჰაერით სათბობის შრობა იწვევს მტვრის დანალექების აალებას. ასევე მოსალოდნელია ციკლონის შემდეგ, შნეკის შუალედურ სისტემაში, წისქვილის ვინტილიატორის წინ ფარსაკეტზე, ცივი ჰაერის შემბერ მილყელზე, პატარა დახრის კუთხის მქონე ფეთქადი სარქველების მილყელზე და სხვა ტექნოლოგიურ ნაწილებში დაგროვილი წვრილდისპერსიული მტვრის აალება[39].

მტვრის დაგროვება მიუთითებს იმაზე რომ კონსტრუქცია არ არის კარგად გააზრებული და დამუშავებული, ასევე ის შეიძლება მოხდეს მომსახურე პერსონალის შეცდომებითაც.

მტვრის დამამზადებელ სისტემაში ერთ-ერთი ფეთქებადსაშიში ადგილია ნახშირის მტვრის დასაგროვებელი შუალედური ბუნკერი. იმისთვის რომ არ დაეუშვათ აფეთქება გათვალისწინებულია ბუნკერში ორთქლის მიწოდება. ასევე ფეთქებად საშიშია მტვერის სეპარატორი, ციკლონი, მტვრის შნეკი და სხვა[40].

მტვრის დამამზადებელი დანადგარის გაშვებისა და გაჩერების მომენტი, ნახშირის მიწოდების დროებითი შეწყვეტა და სისტემაში დიდი რაოდენობის ჰაერის შეღწევა წარმოადგენს აფეთქების საშიშროებას. ამიტომ აუცილებელია მტვრის დანალექების წარმოქმნის მაქსიმალურად აცილება.

საჭიროა ლპობადი კერების ჩაქრობა ისეთი მეთოდით რომ გამოირიცხოს მტვრის აფეთქება. დანადგარის მუშაობის დროს დაუშვებელია საძრომების და სათვალთვალ ლუკების გაღება. გაჩერების შემდეგ საჭიროა მათი თანდათანობით ნელა გაღება, რომ არ მოხდეს დარჩენილი მტვრის გაფხვიერება. მოწყობილობის მტვრისაგან გაწმენდა უნდა მოხდეს მისი წყლით გავსების შემდეგ. საცეცხლეში არ უნდა დარჩეს გადახურებული სეპარირებული მტვერი და ქვების დანთების დროს საჭიროა საცეცხლისა და გაზსადენის

კარგი ვენტილიაცია. ასევე აფეთქების მიზეზი შეიძლება გახდეს საფეთქი დამცავი სარქველების გაუმართაობა.

გახსნილი ფეთქებადი სარქველების დროს მომხდარი აფეთქების ხმაურის შემდეგ მტვრისმიმწოდებელი სისტემის გაშვება შესაძლებელია მხოლოდ მას შემდეგ როცა მთლიანად იქნება გაუვნებელყოფილი აფეთქების კერა, გასუფთავდება მოწყობილობა და აღდგება საფეთქი დამცავი სარქველები და დაზიანებული ელემენტები. უცილებელია აფეთქების დარტყმების ყველა შემთხვევის რეგისტრირაცია და ანალიზი.

მტვრის მწარმოებელი სისტემის მომსახურება უნდა ხდებოდეს მუდმივად გაწერილი საწარმოო ინსტრუქციით და რეჟიმული რუკით.

რეჟიმული რუკა შედგება ყველა ცალკეული დანადგარისათვის მისი საექსპლუატაციო გამოცდის საფუძველზე. მითითებული უნდა უნდა იყოს დაფქვის ფრაქციის დასაშვები სიდიდე და მზა მტვრის სინესტე, სათბობის ნარევის ტემპერატურები წისქვილის წინ და მისგან გამოსვლისას, წისქვილის ელექტრო ძრავების და ვენტილიატორების დატვირთვები და სხვა.

ნახშირის მტვერზე მომუშავე საცეცხლეების მუშაობის საიმედოობის დაბალი ხარისხი განაპირობებს ჩირადნის არამდგრადობით, მისი ჩაქრობის სიძნელით საცეცხლის დაწიდიანებით.

ჩირადნის ჩაქრობა და წვის პროცესის არათანაბრობა შეიძლება გამოიწვიოს: სათბობის არათანაბარმა მიწოდებამ, საცეცხლეში ჰაერის არათანაბარმა მიწოდებამ, საცეცხლეში ტემპერატურის შემცირებამ იმის გამო რომ შემცირდა ქვების დატვირთვა და შესაბამისად შემცირდა სითბოს გამოყოფა საცეცხლეში. დაფქვის ხარისხის გაუარესება ანუ მტვრის ნაწილაკების ზომების გაზრდა და მისი ტენიანობის მომატება.

მყარი სათბობის დასაწვავად პირველ ეტაპზე (მე-19 საუკუნეში) დამუშავებული იყო საცეცხლეები ნახშირის ფენაში წვით. ასეთ საცეცხლეებში გამოიყენებოდა 6-25 მმ ფრაქციის ნახშირი. 6 მმ-ზე ნაკლები ზომის სათბობის ნაწილაკები ცხაურაში გაცვენის გამო იწვევს სითბოს მექანიკურად არასრული წვით დანაკარგების დაუშვებელ სიდიდეზე მეტად გაზრდას.

მე-20 საუკუნის დასაწყისში დამუშავებული იქნა კამერული (ჩირაღდნული) ტიპის საცეცხლეები ნახშირის მტვერის (ნახშირი დაქუცმაცებული 0.1მმ და უფრო მეტად) დასაწვავად. სანთურაში ანალოგიურად აირადი და თხევადი სათბობის დაწვის დროს, მიეწოდება ნახშირის მტვერისა და პირველადი ჰაერის ნარევი და შეიფრქვევა საცეცხლეში. ნახშირის მტვერი ასწრებს მაღალი საცეცხლის პირობებში სრულად დაწვას საცეცხლის ზონაშივე მეორადი ჰაერის მიწოდების პირობებში. კამერული ტიპის საცეცხლეების გამოყენება შესაძლებელია ნებისმიერი ტიპის სათბობის დასაწვავად. კიდევ ერთი უპირატესობა ასეთი საცეცხლეების არის ის, რომ ამ პრინციპით შესაძლებელია პრაქტიკულად ნებისმიერი სიმძლავრის საცეცხლის შექმნა. ჩირაღდნული წვის შემთხვევაში საცეცხლეში დროის ნებისმიერი მომენტისათვის არის ძალიან მცირე რაოდენობის სათბობის მარაგი, ამიტომ წვის პროცესი ძალიან მგრძობიარეა სათბობის ხარჯთან მიმართებაში, შედეგად განსაკუთრებული მოთხოვნები წაყენება საცეცხლის სათბობი მტვერით მომარაგებაზე, რადგან რამოდენიმე წამითაც კი სათბობის მიწოდების შეწყვეტა გამოიწვევს ჩირაღდნის ჩაქრობას, რაც დაკავშირებულია მტვერის მიწოდების აღდგენისას აფეთქების საშიშროებასთან. ამიტომ ნახშირის მტვერის დასაწვავ საცეცხლეებში აყენებენ, როგორც წესი, რამოდენიმე სანთურას.

ნახშირის მტვერის დაწვისას ჩირაღდნის გულში ტემპერატურა აღწევს 1400-1500°C. ამ ტემპერატურაზე ნაცარი ხდება თხევადი, იგი ეკვრის საცეცხლის კედლებს და ქმნის წიდას, რომლის სისქეც მატულობს ექსპლუატაციის დროს. კედლების გაწიდიანების ასაცილებლად კარგ შედეგს იძლევა საცეცხლის კედლების ეკრანირება წყლით გაცივების მიღებით. ამ მიღების სიახლოვეს გაზი ცივდება ისეთ ტემპერატურამდე, რომ მასში შეწონილი ნაცრის მტვერის ნაწილაკები ასწრებს გამყარებას კედელთან შეხებამდე. ნახშირის მტვერის სახით დაწვა შესაძლებელია აგრეთვე ისეთ საცეცხლეებში, სადაც გამოყენებულია ნაცრის სველი წესით მოცილების მეთოდი, როცა კედელი დაფარულია თხევადი წიდის თხელი ფენით და ნაცრის გამდნარი ნაწილაკები ჩამოედინება ამ აფსკში.

ციკლონური საცეცხლეებში გამოყენებულია მცირე ზომის ნახშირის მტვერი (ნაკლები 5მმ-ზე). წვისათვის საჭირო ჰაერი მიეწოდება ძალიან მაღალი სიჩქარით (100მ/წმ რიგის) მსებად და იქმნება ციკლონი ძლიერი გრიგალებით, რომელთა ცენტრშიც ძალიან მაღალი ტემპერატურაა (2000 °C) და ზედაპირების დაწიდიანება პრობლემატურია. ენერგეტიკაში ასეთი წვის კამერები პრაქტიკულად არ გამოიყენება და იხმარება მხოლოდ გარკვეული ტექნოლოგიური პროცესების განხორციელებისათვის.

ნახშირის მტვერის ჩირაღდნული წვა შესაძლებელია მის გულში მხოლოდ მაღალი ტემპერატურის პირობებში (1300-1500 °C). ამ ტემპერატურაზე იჟანგება სათბობში არსებული და ჰაერით მიწოდებული აზოტი მიიღება აზოტის ჟანგი, რომელიც ატმოსფეროში გამოსვლის შემდეგ დაიჟანგება აზოტის ორჟანგის მიღებით, რომელიც მაღალტოქსიკურია. ჰაერში მისი დასაშვები ზღვრული კონცენტრაცია შეადგენს 0.085 მგ/მ<sup>3</sup>. სათბობი, რომელიც შეიცავს გოგირდს წვის დროს გამოყოფს ასევე ტოქსიკურ გოგირდის ორჟანგს. მანვ ტოქსიკური გაზების გამონაბოლქვების შემცირება შესაძლებელია წვის ტემპერატურის შემცირებით (850-900 °C)-დ. ამ ტემპერატურაზე ჰაერის აზოტი საერთოდ არ იჟანგება, ხოლო გოგირდის ორჟანგი უერთდება სათბობის ნაცარში მყოფ კალციუმის და მაგნიუმის ჟანგეულებს და მიიღება გიბსი, რომელიც არ იშლება და შედეგად ტოქსიკური გოგირდის ორჟანგი ჩაიჭირება ამ ნაერთში, რომელიც საბოლოოდ გაიტანება საცეცხლიდან ნაცართან ერთად. თუ ნაცარში არასაკმარისი რაოდენობაა კალციუმისა და მაგნიუმის ჟანგეულები, მაშინ სათბობს უნდა შეუერთონ საჭირო რაოდენობის კირქვა.

ნახშირის ნარჩენების დაწვა წარმატებით ხორციელდება ეგრეთწოდებულ “მდულარე” ფენაში. იგი წარმოადგენს წვრილმარცვლოვანი მასალის ფენას, რომელშიც ქვემოდან ზემოთ გაივლის (შებენით) ჰაერის ნაკადი ისეთი სიჩქარით, რომელიც აღემატება მკვრივი ფენის მდგრადობის ზღვარს, მაგრამ არასაკმარისია ფენიდან ნაწილაკების გამოსატანად. კამერის განსაზღვრულ მოცულობაში ადგილი აქვს ნაწილაკების ინტენსიურ ცირკულაციას, აეროდინამიკური წინაღობის ძალა გაწონასწორებულია მასალის წონით



და ნაწილაკები იმყოფება შეწონილ მდგომარეობაში, იზრდება ნაწილაკების შეხების ფართი მუხანგველთან და წვის პროცესი ხორციელდება ეფექტურად. მდულარე შრის საცეცხლეში სათბობის ნაწილაკების საშუალო ზომა შეადგენს 2-3 მმ, რომელსაც შეესაბამება ნაკადის სიჩქარე 1.5-4 მ/წმ. მდულარე შრის საცეცხლე ბევრი კონტრუქციული მაჩვენებლებით ჰგავს ფენური ტიპის საცეცხლეს, მაგრამ მათ შორის პრინციპიალური განსხვავება იმაში მდგომარეობს, რომ ნაწილაკების ინტენსიური გადაადგილების გამო მდულარე შრის მთელ მოცულობაში პრაქტიკულად ერთნაირი ტემპერატურაა.

მდულარე შრის ტემპერატურის შენარჩუნება ოპტიმალურ ინტერვალში (850-900 °C) შეიძლება განხორციელდეს სახვადასხვა გზით მცირე და დიდი სიმძლავრის საცეცხლებში. პირველ შემთხვევაში საცეცხლეში აწოდებენ მნიშვნელოვნად მეტი რაოდენობის ჰაერს, ვიდრე ეს საჭიროა სათბობის სრული წვისათვის. ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტის გაზრდით მცირდება გაზების ტემპერატურა “მდულარე” შრეში. მეორე შემთხვევაში საცეცხლაში ითვალისწინებენ სითბოს მიმღებ ფართებს: წყლით საცირკულაციო მილებს (წყლით), ასევე ეკრანის მილებს და ამით ამცირებენ გაზების ტემპერატურას “მდულარე” შრეში. სათბობის წვა მდგრადია როცა მდულარე შრეში მისი რაოდენობა 1%-ზე ნაკლებია, ხოლო დანარჩენი დაახლოებით 99% მოდის ნაცარზე. ინტენსიური ცირკულაციის გამო სათბობის ნაწილაკები მდულარე შრის მთელ მოცულობაში თანაბარია. საცეცხლეში სათბობით შეტანილი ნაცრის მოსაცილებლად ფენის მასალის ნაწილი უწყვეტად გაიტანება გარეთ წიდის სახით[4,7,17,18].

მდულარე შრის საცეცხლის უარყოფითი მხარეა დიდი მექანიკური დანაკარგები სათბობის ნაწილაკების წატაცებით. საქმე იმაშია, რომ სათბობი არის მრავალდისპერსული. თუ ძირითადი რაოდენობა (80%) ნაწილაკებისა არის 2-3მმ ზომის დანარჩენი (20%) ის ფრაქცია ნაკლებია 0,5მმ –ზე. ამ ზომის ნაწილაკები ვერ ასწრებენ მდულარე ფენაში სრულად დაწვას და წარიტაცებიან ზონიდან. მათი დაწვისათვის საჭიროა მდულარე ფენის თავზე საცეცხლის მაღალი მოცულობა, სადაც ეს ნაწილაკები დაიწვება დამატებითი ჰაერის მიწოდებით, ისევე როგორც ჩირადნული წვის დროს.

საცეცხლე ცირკულირებადი მდულარე შრით ხასითდება სათბობის წატაცებით არასრული მექანიკური წვით სითბოს შემცირებული დანაკარგებით. ეს მიიღწევა იმით, რომ საცეცხლის შემდეგ დგება ციკლონი, რომელშიც დაკავდება სათბობის ყველა დაუწვავი ნაწილაკები და დაბრუნდება ისევ საცეცხლეში. ეს განხორციელდება მანამ, სანამ მთლიანად არ დაიწვება. ასეთი საცეცხლეები ხასიათდებიან მაღალი ეკონომიკური და ეკოლოგიური მაჩვენებლებით. ასეთი საცეცხლეები გამოიყენება აგრეთვე წარმოების მანვე ნარჩენების გაუვნებლობისათვის (ჩამდინარე წყლების ოსვეტლენი, ნაგვის და სხვა).

საცეცხლის მუშაობის არასწორმა რეჟიმმა შეიძლება გამოიწვიოს თბოგენერატორის ხურების ზედაპირების დაზიანება, წყლის ცირკულაციის დარღვევა, ლითონის ზედაპირების ეროზიული ცვეთა, საცეცხლის წილით გადატვირთვა, ჭვარტლის დაგროვება, მილების გარეთა ზედაპირების ნაწილობრივი კოროზია და სხვა უწესივრობები [29,41].

სათბობის კამერული წვის საცეცხლეში დაზიანების ძირითადი მიზეზები შეიძლება იყოს: საცეცხლის მუშაობის რეჟიმის დარღვევა, ამონაგებისა და ეკრანის მილების დაწილიანება, თბოგენერატორის გაზსადენებში და საკვამლე მილში აფეთქება, ხმაური საცეცხლში და სხვა.

საცეცხლეში წვის პროცესის არასწორი ორგანიზაცია გამოიწვევს თბოცვლის ინტენსივობის შემცირებას, საცეცხლედან გამომავალი გაზების ტემპერატურის მომატებას და საცეცხლის ზედა ნაწილის წილით დაფარვას. ეს უკანასკნელი განაპირობებს ლოკალური თბური დაძაბულობის გაზრდას, ასევე ტემპერატურულ გადახრებს, რაც აუარესებს ხურების კონვექციური ზედაპირების მუშაობის პირობებს და შეიძლება გახდეს მილების დაზიანებისა მათი გადაწვის მიზეზი.

სათბობის შრეში წვის დროს განსაკუთრებით ხშირად გამოდის მწყობრიდან ცხაურა და მისი ნაწილები. უძრავი ცხაურის დროს ყურადრება უნდა მიექცეს ცხაურის ამძრავი მოწყობილობის საიმედოობას რომ დროულად მოხდეს ცხაურის აბრუნება და

საცეცხლის გასუფთავება. მექანიკურ საცეცხლეში მუშაობის საიმედოობა განისაზღვრება მოძრავი ნაწილის გამართულობით და ამძრავის გამართულობით.

ხშირად ჯაჭვურ – მექანიკური ცხაურის ექსპლუატაციის დროს თავს იჩენს დეფექტი- ცხაურის მოძრავი ნაწილის საცეცხლის უძრავ ნაწილთან მოღება, გამოწვეული მოძრავ და უძრავ ნაწილებს შორის ღრეხოს შემცირებით ლითონის კონსტრუქციების თბური დეფორმაციებისა და დაბრეცის გამო.

რედუქტორების დამცავი მოწყობილობის გაუმართაობამ, ჯაჭვების არათანაბრმა დაჭიმვამ, ან კიდევ ვარსკვლავას კბილებთან არასწორად შეერთებამ შეიძლება გამოიწვიოს ცხაურას გატეხვა (გაბზარვა), ჯაჭვების გაწყვეტა, ასევე მოძრავი ზედაპირის დაზიანება.

ცხაურის ნაწილის დაზიანებამ, შეიძლება გამოიწვიოს ცხაურას გადახურება (რადგან ამ დროს ცხაურის ზედაპირის გაციება ჰაერის ნაკადით ვერ ხდება), რყევა და გატეხვა. ცხაურის დაზიანება მოსალოდნელია, როცა წიდის მომცილებელი მექანიზმის წვეტი (ბუნიკი) ებჯინება ცხაურას და ტეხს მას.

ცხაურა ასევე შეიძლება გამოვიდეს მწყობრიდან თუჯისა და სხმულის დაბალი ხარისხის გამო. ცხაურა შეიძლება დაზიანდეს აგრეთვე საკისრების დაზიანებით, როცა საზეთი მასალების ხარისხი არაადამაკმაყოფილებელია და სხვა.

### ***2.3. ორთქლის ქვაბების დოლისა და კოლექტორების დაზიანების მიზეზები და პროფილაქტიკა***

ორთქლის ქვაბის ექსპლუატაციის დროს მისი აგრეგატები და ნაწილები მუშაობენ სხვადასხვა პირობებში.

ორთქლის ქვაბის ერთ-ერთი საპასუხისმგებლო ელემენტია დოლი, რომელშიც აკუმულირდება მნიშვნელოვანი რაოდენობის ენერგია. დოლში ხდება მუშა სხეულის- ორთქლის ან ცხელი წყლის შეკრება, სეპარაცია (ორთქლიდან წყლის წვეთების მოცილება), ორთქლის მარილებისაგან გასუფთავება და ქვაბში წყლის მარაგის შექმნა[22,23,26].

საშუალო, დაბალი და მაღალი წნევის ქვაბებში დოლი ჩართულია ბუნებრივი ან ხელოვნური მრავალჯერადი ცირკულაციის სქემაში. პირდაპირი დინების ქვაბები დოლის გარეშეა, რადგან მისი საჭიროება არ არის.

ქვაბის დოლისა და საცირკულაციო კოლექტორების ლითონს მუშაობა უწევს მაღალი წნევისა და ტემპერატურის, მავნე ნივთიერებების ზემოქმედების და დიდი მექანიკური დაძაბულობის პირობებში. აღნიშნულის გამო მოსალოდნელია ლითონის სტრუქტურის შეცვლა და მისი მექანიკური თვისებების მკვეთრად გაუარესება. ყოველივე ამან შეიძლება გამოიწვიოს ლითონის კოროზია და ელემენტის რღვევაც კი.

ქვაბის ექსპლუატაციის დროს დოლის გარღვევა ერთ-ერთი ყველაზე უფრო სერიოზული ავარიაა, რაც დაკავშირებულია დიდ მატერიალურ ზარალთან და ხშირად მთავრდება უბედური შემთხვევებით. დოლისა და კოლექტორების პროექტირების დროს დიდი მნიშვნელობა აქვს არა მარტო ლითონის შერჩევას, არამედ მისი ხანგრძლივი ექსპლუატაციის დროს თავს იჩენს ტექნოლოგიური ფაქტორების, დაწყებული ლითონის გამოდნობიდან და დამთავრებული მზა ნაწარმების დამუშავებით, გავლენა. ლითონის მუშაობის საიმედოობისათვის განმსაზღვრელია აგრეთვე მუშაობის სახვადასხვა რეჟიმული ფაქტორები, როგორებიცაა- ქვაბის დატვირთვა, ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტი, გამავალი გაზების რეცირკულაციის სქემა, სანთურების განლაგება, ეკრანის მიღების დატვირთვა და სხვა. დატვირთვის გაზრდა მნიშვნელოვნად ზრდის ეკრანის მიღების თბურ დაძაბულობას, მაგალითად მაღალი წნევის ქვაბებში მინიმალურიდან მაქსიმალურ დატვირთვამდე გაზრდა იწვევს ეკრანის მიღების თბური დაძაბულობის 40-50 %-ით გაზრდას. ქვაბში განსაკუთრებით მძიმე ტემპერატურულ პირობებში მუშაობს ორთქლგადამახსურებლის მიღები.

ქვაბის ნორმალური ექსპლუატაციის პირობებში დაცული უნდა იყოს ხურების ყველა ზედაპირის სითბოს ამთვისებლობის დასაშვები ნორმები, რომ არ მოხდეს წყლის ცირკულაციის დარღვევა, ლითონის ტემპერატურის დაუშვებელ სიდიდეებამდე გაზრდა და მიღების მწყობრიდან გამოსვლა.

რადგან დიდი თბური დაძაბულობის ქვაბებში ლითონს უწევს მძიმე პირობებში მუშაობა, ამიტომ მაღალი და ზემოდალი წნევებით მომუშავე ქვაბებისათვის აუცილებელია ქვაბის მკვებავი წყლის განსაკუთრებული დამუშავება, - გასუფთავება მინარევეებისაგან. ნორმების მიხედვით ეკრანის მილებისა და მადუღარა მილების შიგა ზედაპირების ტემპერატურასა და მუშა სხეულის ტემპერატურას შორის განსხვავება არ უნდა აღემატებოდეს 5 – 7 °C. თუ მინადულის სიდიდე მილების შიგნით 0.5 მმ-ს მიაღწევს, კედლების ლითონის ტემპერატურა შეიძლება გაიზარდოს საშიშ ნიშნულამდე, დაირღვეს ნაკადის ჰიდროდინამიკა და ცირკულაციის ნორმალური რეჟიმი და მილი გადაიწვას.

ასევე ყურადღება მისაქცევია დოლების, კოექტორების იმ ნაწილებზე, რომლებიც ტექნოლოგიური სქემის შესაბამისად არ ცხელდებიან. ასეთი ნაწილები ჩვეულებრივ გაიანგარიშება გამავალი თბომტარების საშუალო ტემპერატურაზე. მაშინ როცა პრაქტიკულად ცალკეული დეტალები შეიძლება მუშაობდეს არათანაბარი ტემპერატურის პირობებში რისი გათვალისწინებაც პროექტირების დროს დიდ სირთულეებთანაა დაკავშირებული. ამიტომ პრაქტიკულად საშუალო ტემპერატურის რყევა შეიძლება გათვალისწინებული იქნას გაანაგრიშების დროს ლითონის სიმტკიცის მარაგით.

#### **2.4. ძირითადი მოთხოვნები ლითონზე რომელიც გამოიყენება ქვაბის დოლის დასმზადებლად**

ქვაბის ელემენტების დამზადებისა და შეკეთებისას როცა ხდება ლითონის შერჩევა უნდა გავითვალისწინოთ რომ მან უნდა უზრუნველყოს მუშაობის საიმედოობა, და ხანგრძლივი უსაფრთხო მუშაობა. ქვაბების კონსტრუქცია ლითონის არჩევა, მისი დამზადების საშუალებები და ექსპლუატაცია რეგლამენტირებულია ორთქლისა და წყალგამახცვლებელი ქვაბების მოწყობილობისა და ექსპლოატაციის წესებით, რომელიც დამტკიცებულია სახელმწიფო ზედამხევედლობის მიერ[41].

აუცილებელია დაძაბულობის გათვალისწინება, რომელიც წარმოიშობა ქვაბის ჰიდრავლიკური გამოცდის დროს. ის არ უნდა

ადემატებოდეს დასაშვებ დაძაბულობას 20°C ტემპერატურის დროს .25 %-ზე მეტად.

მასალების ხარისხი და თვისებები უნდა აკმაყოფილებდეს შესაბამისი სტანდარტების მოთხოვნებს, რაც დამტკიცებული უნდა იყოს დამკვეთი ქარხნის სერთიფიკატით. სერთიფიკატში მიეთითება ასევე თერმული დამუშავების რეჟიმი. სერთიფიკატების არარსებობისას უნდა ჩავატაროთ შესაბამისი გამოცდა, რომელიც მოგვცემს უფლებას რომ არჩეული მასალები აკმაყოფილებს დამამზადებელი ქარხნის სტანდარტებს და ტექნიკურ პირობებს.

ლითონის ხარისხის არჩევა ხდება ძირითადი პირობის დასაშვები მუშა ტემპერატურის მიხედვით და აგრეგატის მუშაობის ვადით.

ქვების შეკეთებისა და დამზადებისათვის გამოიყენება ფურცლოვანი ფოლადი ელექტროლუმელში გამოდნობილი მარტენის მეთოდით. ასევე მნიშვნელოვანია მისი ქიმიური შედგენილობა, მექანიკური თვისებები, სტრუქტურა, ფურცლების თერმული დამუშავების რეჟიმი. ფურცლის სისქე 4-დან 160 მმ-დია. ფურცლები გადის დეფექტოსკოპიურ კონტროლს რომ ერთიანობა არ იყოს დარღვეული.

ნახშირბადიანი დაბალლეგირებული ფოლადის ფურცლებში, შედუღების კარგი თვისებისათვის მასში სტანდარტებით შეზღუდულია ქრომის, ნიკელის, სპილემბის, შემადგენლობა (თითოეულისათვის 0.3 %-ზე ნაკლები), ხოლო დარიშხანის შემცველობა არა უმეტესი 0.08%. ფოლადის ფურცლებს უნდა ჩაუტარდეს მაკროსტრუქტურის კონტროლი, ფურცლების ზედაპირზე არ უნდა იყოს ბზარები, ლაქები, დაჭუჭყიანება.

ადგილობრივი უმნიშვნელო დეფექტები ( ნაფხაჭნები, ანაბეჭდები.) შეიძლება გასწორებული იქნას შედუღებით.

დაბალი და საშუალო წნევების დროს ქვების კორპუსისა და დოლების დასამზადებლად ძირითადად გამოიყენება ნახშირბადიანი ლითონი. დოლის დამზადების დროს გამოიყენება ავტომატური შედუღება.

## **2.5. ორთქლის ქვების დოლებისა და კოლექტორების დაზიანება**

ქვების დოლებისა და კოლექტორების დაზიანება უმთავრესად გამოწვეულია წყლის დაშვებით მინიმალურ დასაშვებ დონეზე დაბლა, რაც იწვევს ავარიას, რომელიც მიეკუთვნება სერიოზულ დაზიანებათა რიცხვს, თუმცა ქვების ავარიულად გაჩრება დოლის დაზიანების გამო არც თუ ისე ხშირია. ავარიის მიზეზი შეიძლება იყოს აგრეთვე დეფექტები, რომლებიც ვერ იქნა აღმოჩენილი დოლის ნაკერების შედუღების დროს, ასევე დოლის კორპუსის ზედაპირზე დარჩენილი დეფექტები და დოლსშიგა მოწყობილობების მიდუღებისას დაშვებული შეცდომები. ეს ფაქტორები განსაკუთრებით თავს იჩენს ქვების გაშვებისა და გაჩერების დროს, განსაკუთრებით მისი ავარიული გაჩერებისას. მნიშვნელოვანია კოროზიით გამოწვეული ნახეთქების გაჩენა და მექანიკური დაზიანების (ე.წ. დაღლილობის) დროს არასასურველი დეფორმაციები. ნებისმიერი მწარმოებლურობის ქვებისათვის ავარიის გამომწვევი მიზეზი შეიძლება გახდეს საცირკულაციო სისტემაში კოროზიით დაზიანებული მილების არსებობა.

ქვების დაზიანების მიზეზი შეიძლება გახდეს აგრეთვე მისი ცალკეული ელემენტების ხისტი შეერთების ადგილებში წარმოიშობილი ადგილობრივი დაძაბულობები, რაც ხშირად განპირობებულია კონსტრუქციული ნაკლოვანებებით, ასევე არასწორი მონტაჟითა და ექსპლუატაციით. განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს დოლისა და კოლექტორების შემოკირვაში ჩასმას, მილების დამაგრებას, ეკრანის მილების ნაწილის ჩაწობას შემოკირვაში ისე, რომ მილების თერმული წაგრძელებების დროს შესაძლებელი იყოს მათი თავისუფალი გადაადგილება, რომ თავიდან იქნას აცილებული ადგილზე დამატებითი მექანიკური დაძაბულობები. ასევე მნიშვნელოვანია წყლის ტემპერატურა დოლში დიდად არ უნდა განსხვავდებოდეს მკვებავი წყლის ტემპერატურისაგან.

ქვების დოლის თერმული დეფორმაციების თავიდან ასაცილებლად განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ქვების გაშვება, გაჩერების (მით უმეტესი ავარიული გაჩერების) ნორმალური რეჟიმებით ჩატარება.

ქვების დატვირთვის მნიშვნელოვანი ცვლილება, როცა ქვაბი ივსება დიდი რაოდენობით ცივი მკვებავი წყლით, შეიძლება გახდეს თერმული დეფორმაციის წარმოშობის მიზეზი. ასევე, ცხელ მდგომარეობაში სათადარიგოდ გამორთული ქვაბი თუ არ არის გამორთული მომქმედი ქვაბის ორთქლსადენიდან, არ არის თავისუფალი არასასურველი თბური დეფორმაციისაგან.

დოლის დეფორმაცია შეიძლება მოხდეს მაშინაც თუ დაზიანდა საიზოლაციო შემოკირვა. ეკრანის მილების, კოლექტორების ასევე ორთქლგადამახურებლის, ეკონომიაზერების გადახურება ხდება მაშინ როცა მაღალი ტემპერატურის გამავალი გაზებით ხდება ამ მილების გარსდენა. ასევე დაღმავალი მილების ცუდი თბური იზოლიაციის დროს და შეიძლება დაირღვეს საცირკულაციო კონტურში ცირკულაცია და დაზიანდეს კოლექტორები და მილები.

განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა ელემენტების (ქვების დოლი, კოლექტორები) თბური გაფართოებით გამოწვეული გადაადგილების რეპერული წერტილების მაჩვენებლებს. გასწვრივი გადაადგილების ფაქტიური სიდიდე არ უნდა აჭარბებდეს დასაშვებს. მაგალითად, E(DE)-4-14-225 ГМ ქვების დოლის ნორმირებული თბური გადაადგილება ტოლია 6.05მმ, ხოლო ქვაბისათვის E(DE)-25-24-380 ГМ - 23.1მმ.

ეკრანის მილები ქვების დანთების დროს წაგრძელდება 40-60 მმ-ით და ქვების გაჩერების დროს ისინი ისევ მოკლდებიან.

E(DE) ტიპის ქვაბში[22] ქვედა დოლი შედუღებულია (მაგრდება უძრავად) ქვების ფრონტალურ ნაწილში საყრდენი ჩარჩოს ბალიშზე. თბური გაფართოებისათვის დოლის შუა და უკანა საყრდენი მოძრავია, რეპერი დგება ქვების ბოლოს, რომლითაც ფიქსირდება დოლის გადაადგილება. ქვების კონსტრუქციით გათვალისწინებულია ვერტიკალური და განივი მიმართულებით თავისუფალი გადაადგილდება.

დიდი მწარმოებლობის ქვაბებისათვის ეკრანი მისი წყლის დამშვები მილებით დაკიდებულია ზედა კოლექტორზე ან დოლზე. დოლი ან დევს საყრდენზე ან ჩამოკიდებულია ქვების კარკასზე.

ქვების კაპიტალური შეკეთების დროს აუცილებელია შემოწმდეს დოლის საყრდენის მდგომარეობა, სახსრული შეერთებები



ყოველი რემონტის შემდეგ მოწმდება ხომ არ დანაგვიანდა ღრეჩოები რომლებიც უზრუნველყოფენ გაფართოებას გაცხელების დროს, უნდა გაიწმინდოს დოლისა და კოლექტორების მოძრავი საყრდენები, რადგან ისინი ექსპლუატაციის პროცესში ნაგვიანდება და გადაადგილებისთვის დამატებით წინააღმდეგობას ქმნის. ელემენტების ლითონი მოწმდება ულტრაბერითი დეფექტოსკოპით.

## **2.6. მაღალი წნევის ქვაბებში დოლებისა და ძირის (ფსკერი) დაზიანება.**

მაღალი წნევით მომუშავე ქვაბებში დოლი მზადდება მომატებული სიმტკიცის ლეგირებული ფოლადით. მაღალი წნევის ქვაბის დოლი წარმოადგენს ფოლადის ღრუ ცილინდრს, რომელსაც ორივე მხარეს აქვს ავტომატური ელექტორეშედულებით მიდუღებული ნახევრად სფერული დაშტამპული ძირები.

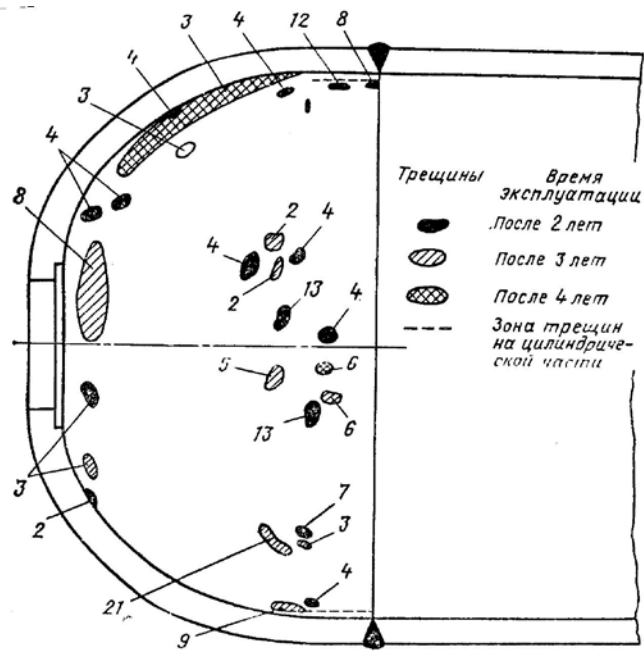
დოლების შიგნითა დიამეტრი თანამედროვე ორთქლის ქვაბებში აღწევს 180 მმ, კედლის სისქე 115 მმ, სიგრძე 18მ. მაგ. ბარნაულის ქვაბმშენებელი ქარხანა ამზადებს 1600მმ შიგა დიამეტრის და 115 მმ სისქის დოლს 16ГНМА მარკის ფოლადისაგან, რომელსაც გააჩნია გამოავლინა ყველაზე უფრო საიმედო საექსპლუატაციო მანქვნებლები.

მაღალი წნევით მომუშავე ქვაბებისათვის დოლის განსაკუთრებით დამახასიათებელი დაზიანება არის, ბზარები: ნახვრეტების, ჭუჭრუტანების მიდამოებში, რკალის შიგა ზედაპირზე, გლინვით შეერთების ადგილებში ასევე შტულების ნაკერებთან დამახასიათებელი დაზიანებაა ასევე რკალის და ძირის შეერთების ადგილის კოროზიით დაზიანება. ფოლადის ფურცლების აშრევა, მათ შორის იმ ფურცლების რომლებიც გამოდის დოლის ზედაპირზე და ძირზე.

ქვაბის კაპიტალური შეკეთების დროს, დოლში შესაძლო ბზარების გამოსავლენად, უნდა მოხდეს დოლსშიგა მოწყობილობების (ორთქლის სეპარატორი, ფარები და სხვა) დემონაჟი და ზედაპირის გაწმენდა.

ნახ. 16. -ზე ნაჩვენებია დოლის ლითონის დაზიანების სამაგალითო შემთხვევა. ბზარები უფრო ხშირადაა იმ მიდამოებში სადაც წყლის მიღებია განლაგებული. შედარებით იშვიათია ის მიღებს შორის ღრეჩოებში.

ნახ.16  
]



სშირია სხვადასხვა სიგანის 5 – 7 მმ-ის სიღრმის ბზარები. ნახაზზე ციფრებით აღნიშნულია ბზარების სიღრმეები.

დადგენილია, რომ ბზარების წარმოშობა დაკავშირებულია მეტალურგიულ ან ტექნოლოგიურ დეფექტებთან ან კიდევ დოლის მონტაჟისა და რემონტის დაშვებულ შეცდომებთან. აგრეგატის ექსპლუატაციის დროს თერმული დაძაბულობებით გამოწვეული რყევები მეტწილად განაპირობებენ ბზარების წარმოქმნას.

ბზარების თავიდან ასაცილებლად აუცილებელია ლითონის თერმული დამუშავება, რითაც მიიღწევა ქვაბის დოლის დასამზადებელი ლითონის მაღალი პლასტიკურობა.

დოლში ბზარების წარმოქმნას უკავშირებენ დოლის კედელთან ტემპერატურის მკვეთრ ცვლილებებს, როცა ირღვევა ეკრანის მიღები, ასევე უხარისხოდ შესრულებულ რემონტებს და ქვაბის ცივი მკვებავი წყლით შევსებას და წყლის ნორმალური ქიმიური რეჟიმის დარღვევას.

ქვაბის გაჩერების დროს რომ არ მოხდეს ბზარების გაჩენა საჭიროა დოლის ზედაპირის გაციება ნაჯერების ტემპერატურის მქონე წყლით, რაც დოლის სხვადასხვა მოწყობილობის და უბნების გაციებას უზრუნველყოფს მათ შორის ტემპერატურათა მცირე სხვაობის პირობებში.

## **2.7. გლინვით შეერთების დეფექტები და დაზიანებები**

ქვაბის დოლთან ეკრანის მიღების და მადულარა მიღების მიერთება შესაძლებელია გლინვით. ასეთი შეერთება დაიშვება მხოლოდ იმ მიღებისათვის რომელთა გარე დიამეტრიც არ აღემატება 100მმ-ს და სამუშაო ტემპერატურა არის 400°C-მდე. შეერთების ძირითადი მოთხოვნა არის სიმტკიცე და სიმჭიდროვე. თუ გლინვა არადაამაკმაყოფილებლად ჩატარდა მაშინ ადგილი აქვს სიმჭიდროვის დარღვევას, უფრო ხშირად ეს მოსალოდნელია განმეორებითი გლინვის დროს. თუ ეკრანის და მადულარა მიღები მუშაობენ ნორმალურ საშტატო პირობებში, გლინვით შეერთების სიმჭიდროვე გარანტირებულია. მიღების სამუშაო რეჟიმის დარღვევისას (სწრაფი გაცივება ან გაცხელება) ადგილი აქვს გლინვით შეერთების ადგილში ხდება სითხის წვეთვა[5].

გლინვით შეერთების სიმჭიდროვე ყველაზე ხშირად ირღვევა გადახურებული ორთქლის გამოსასვლელ კოლექტორში. რადგან გადახურებული ორთქლის ტემპერატურა ქვაბის მუშაობისას ხშირად იცვლება (იწვევს თბურ დეფორმაციებს), მაშინ როდესაც ნაჯერ ორთქლს შემავე კოლექტორში პრაქტიკულად მუდმივი ტემპერატურა აქვს. დაზიანებული შეერთების აღდგენა ხდება განმეორებითი გლინვით. ხშირი გაგლინვა ზრდის ლითონის სიმტკიცეს და სიმაგრეს, მაგრამ საზიანოდ ლითონის პლასტიკური თვისებები მცირდება იგი ხდება მსხვერვადი. ამიტომ რემონტის დროს ასეთ შეერთებებს ცვლიან შედუღებით.

არასრულყოფილი გლინვის მიზეზი შეიძლება იყოს ინსტრუმენტის დეფექტი, მილისთვის ნახვრეტის დარღვეული კონუსობა, ოსტატის დაბალი კვალიფიკაცია და შესრულების ხარისხი.

## **2.8. წყლის დონის მაჩვენებელი ხელსაწყოების გაუმართაობები, დაზიანების მიზეზები და პროფილაქტიკა**

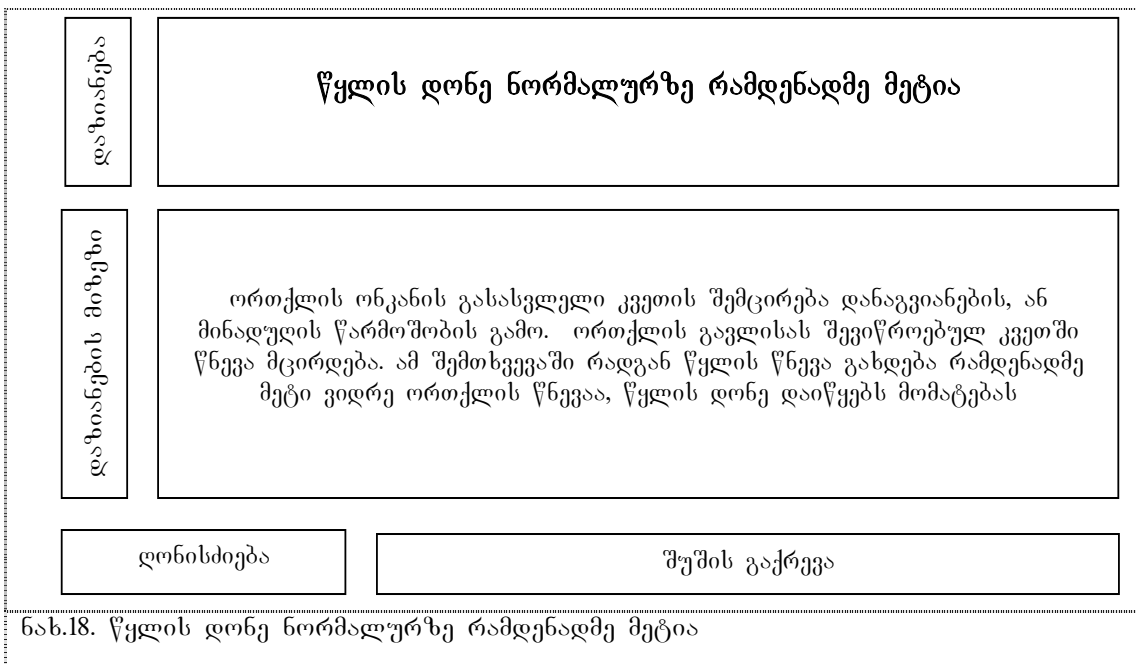
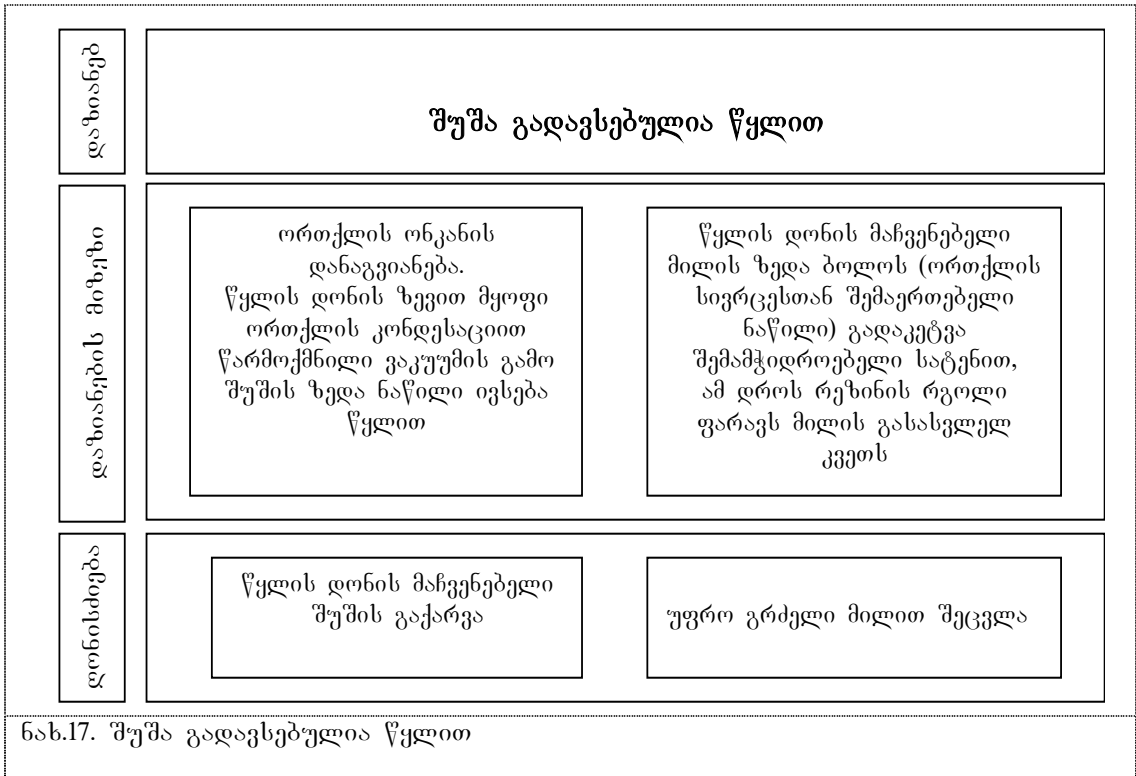
სახელმწიფო ზედამხედველობის კომიტეტის ინსტრუქციების და წესების ზუსტი დაცვა ყოველთვის უზრუნველყოფს წარმოების უსაფრთხო მუშაობას. ამ წესების არცოდნამ ან შეუსრულებლობამ შეიძლება გამოიწვიოს დაზიანებები და ავარიები. წყლის დონის

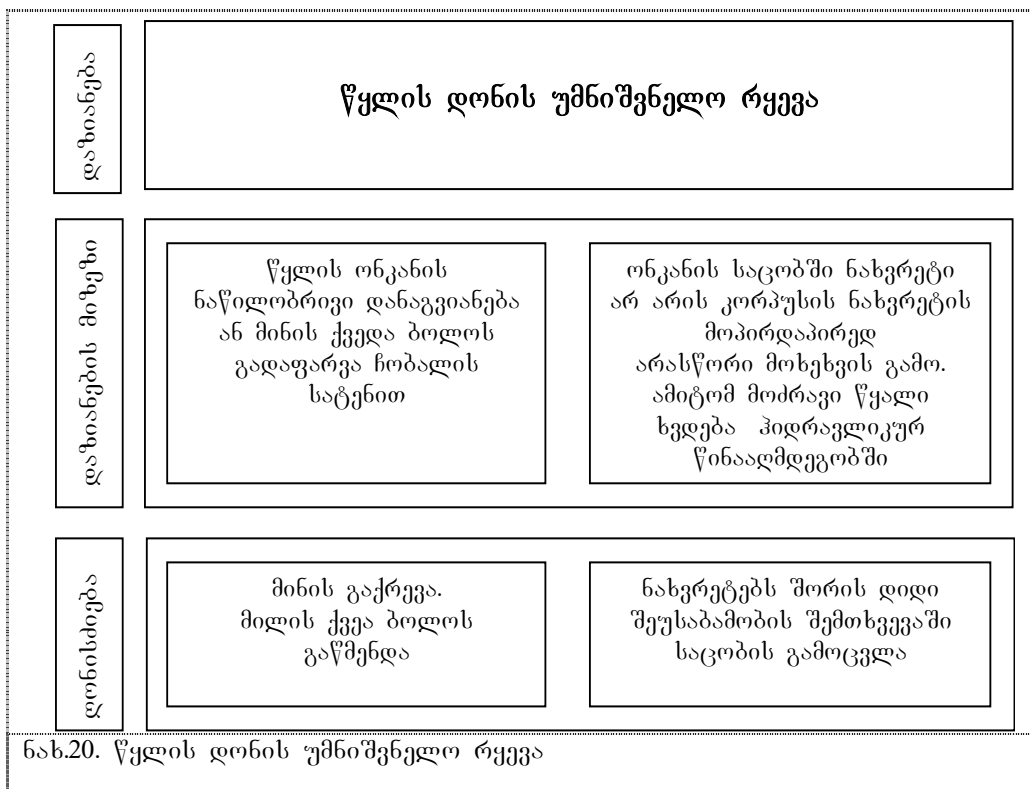
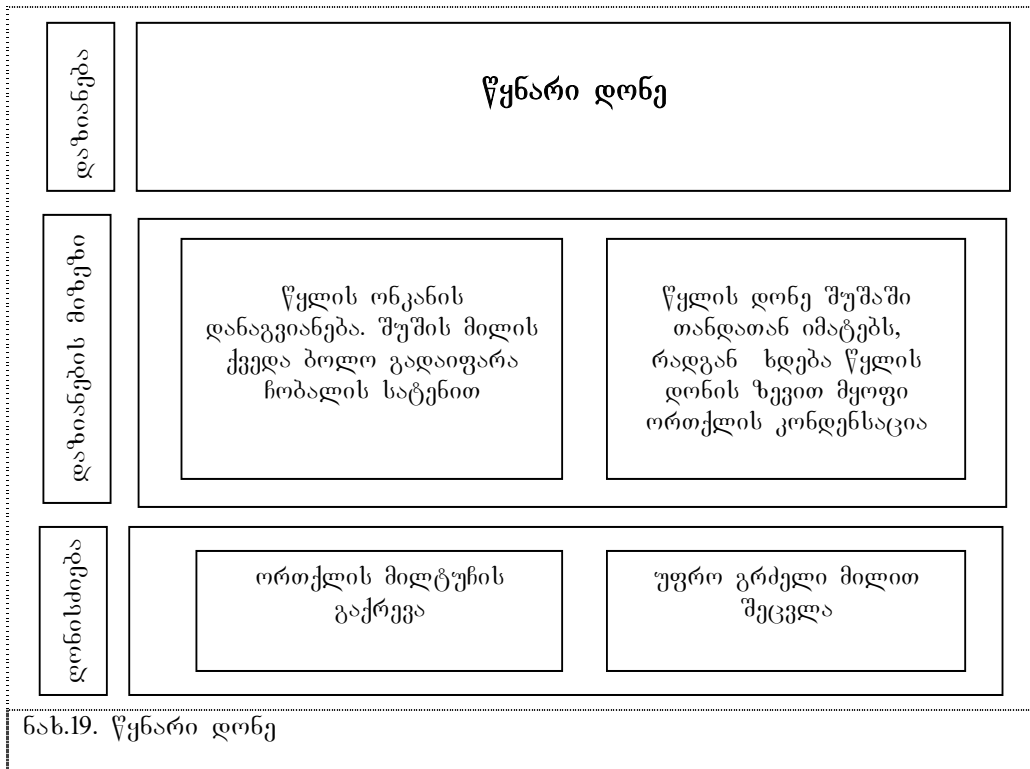
მინიმალურ დასაშვებ დონეზე დაბლა დაშვება შეიძლება მიღების გახეთქვის (გადაწვის) და დოლის დაზიანების მიზეზი გახდეს.

ქვების ექსპლუატაციის დროს დოლის კედლების დაზიანების და ეკრანისა და მადულარა მიღების გახეთქვის ძირითადი მიზეზი შეიძლება იყოს:

- წყლის დონის დაშვება წყლის დონის მინიმალურ დასაშვებ დონეზე დაბლა და შემდეგ დოლის გავარვარებულ კედელზე წყლის მიწოდება;
- ქვაბში მუშა წნევის საგრძნობი მომატება;
- წყლის ცირკულაციის დარღვევა ქვაბში;
- ხურების ზედაპირზე მინადულის დაგროვება რომელიც იწვევს კედლის ადგილობრივ გადახურებას;
- ლითონის ცუდი ხარისხი მასში ფუჭვილის და სხვადასხვა მინარევების არსებობა და უხარისხო დამზადება;
- წყლის ქიმიური რეჟიმის დარღვევა;
- ლითონის კოროზია და ეროზია.

ავარია რომელიც გამოწვეულია წყლის დაწვევით ხშირად გამოწვეულია ოპერატორის უყურადღებობით და წყლის დონის მზომი ხელსაწყოს უწესიერობით. წყლის დონის მინიმალურ ნიშნულზე დაბლა დაწვევა (წყლის “გაპარვა”) და მაქსიმალურ ნიშნულზე მაღლა აწვევა (წყლით “გადავსება”) ხდება ერთროულად სამი მიზეზის დამთხვევის შემთხვევაში: ადგილზე არ არის ოპერატორი, მკვებავი მოწყობილობების უწესიერობა და წყლის ზღვრული დონეების სიგნალიზაციის ან არ არსებობა, ან მისი უწესიერობა.





დაზიანება	<p align="center"><b>წყლის ან ორთქლის “გაპარვა” წყლის მაჩვენებელი მილის ჩობალში და ამის საფუძველზე ხელსაწყოს არასწორი ჩვენება</b></p>
მიზეზი	<p align="center">ჩობალის არასაკმარისი სიმჭიდროვე, ონკანები ცუდად არის მოხეხილი საცობი გაცვეთილია</p>
დონისძიება	<p align="center">ჩობალის სატენის შეცვლა მოხდეს ონკანების მიხეხვა (მორგება) საცობის შეცვლა</p>
<p>21. წყლის ან ორთქლის “გაპარვა” მილის ჩობალში</p>	

დაზიანება	<p align="center"><b>წყლის მაჩვენებელი მილის მინის გატეხვა</b></p>
მიზეზი	<p align="center">შუშის გადახრა ბზარების გაჩენა შეუთბობელ მინაში ცხელი წყლის მიწოდება</p>
დონისძიება	<p align="center">გადახრის გასწორება მინის დაყენება ბზარების გარეშე მინის შეთბობა ჩართვამდე</p>
<p>22. წყლის დონის მაჩვენებელი მილის გატეხვა</p>	

## 2.9. მცველი სარქველების გაუმართაობები, მათი მიზეზები და პროფილაქტიკის ღონისძიებები

ორთქლისა და წყალგამაცხელებელი ქვაბის ექსპლუატაციის დროს წნევის მომატებით, რომ არ მოხდეს ავარია გათვალისწინებულია თითოეულ ქვაბზე არა ნაკლები ორი დამცავი სარქველის დაყენება რომელთა მწარმოებლობა 100 კგ/სთ და მეტია. ორთქლის ქვაბებზე 3.9 მგპასკალზე მაღლა უყენდება მხოლოდ იმპულსურ-დამცავი სარქველები.

დამცავი სარქველებს არასწორი ექსპლუატაციის ან კიდევ მათში დეფექტების არსებობისას შეიძლება ადგილი ქონდეს ავარიებს როგორც ელექტროსადგურებში, ისე სამრეწველო საწარმოებში. მაგალითად: ელექტროსადგურზე დატვირთვის სწრაფად შემცირებამ, თუ წესრიგში არ არის საიმპულსო-დამცველი სარქველები, შეიძლება გამოიწვიოს წნევის სერიოზული მომატება (30-40%--ით) და ცირკულაციის სქემის დაირღვევა, შედეგად ეკრანული მილების გახეთქვა და მწყობრიდან გამოყვანა.

დამცველი სარქველები უნდა დაიცვათ, რომ წნევა მათში არ მოიმატოს დასაშვებზე (გაანგარიშებულზე) 10 %-ზე მეტად. წნევის მომატება 10 %-ზე მეტად შეიძლებოდა მხოლოდ მაშინ თუ ქვაბის და ეკნომაიზერის სიმტკიცის გაანგარიშებისას ასეთი ზრდა გათვალისწინებულია.

მცველი სარქველები ქვაბზე და ორთქლის გადამხურებელზე რეგულირდება გარკვეულ წნევაზე, რაც ქვაბის უსაფრთხო მუშაობის წესებით დგინდება.

მცველი სარქველი ქვაბზე უნდა გაიხსნას შემდეგ წნევაზე:

ა) როცა ქვაბში წნევა 13 ატ-მდეა:

უნდა გაიხსნას საკონტროლო სარქველი - მუშა წნევას პლუს 0.2ატ.

უნდა გაიხსნას მუშა სარქველი - მუშა წნევას პლუს 0.3 ატ.

ბ) როცა წნევა ქვაბში 13 ატ-დან 39 ატ-მდეა:

უნდა გაიხსნას საკონტროლო სარქველი- მუშა წნევას პლუს მუშა წნევის 3% .

უნდა გაიხსნას მუშა სარქველი- მუშა წნევას პლუს მუშა წნევის 5%.



საკონტროლო მცველი სარქველი მუშა სარქველისაგან განსხვავდება იმით რომ სარქველის ბერკეტი ტვირთით მოთავსებულია გარსაცმში რომელიც იკეტება საკეტით და დაპლომბილია. ზამბარიან სარქველებს პლომბი უკეთდებათ სახურავზე რომლითაც იკეტება სარქველის მარეგულირებელი მოწყობილობა. გარსაცმი და პლომბი ისე უნდა შესრულდეს, რომ ხელი არ შეუშალოს სარქველების მუშა მდგომარეობის შემოწმებას და მათ გაქრევას.

მცველი სარქველების ძირითადი გაუმართაობები და მათი გამოსწორების გზები მოცემულია ნახ. 22- 24.

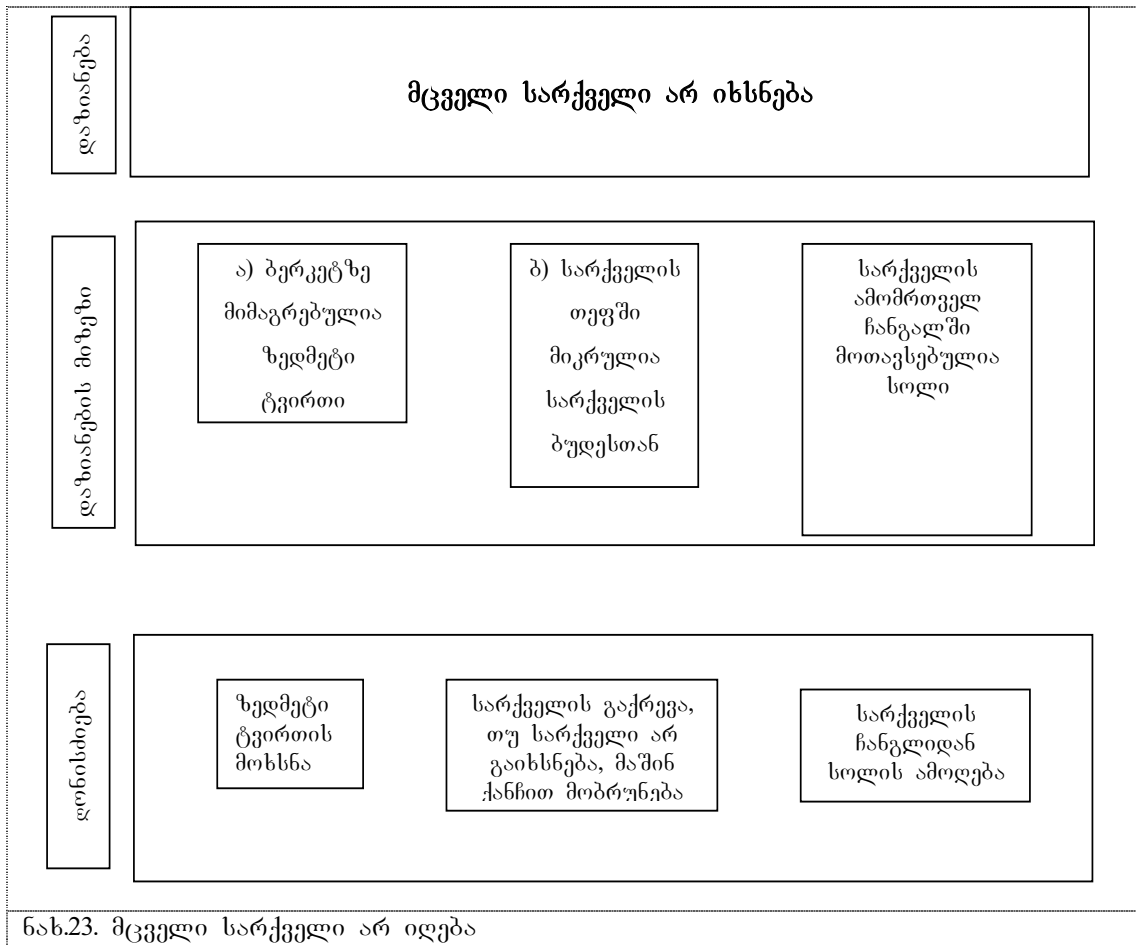
განხილულია მცველი სარქველების შემდეგი გაუმართაობები, რომლებსაც შეიძლება ქონდეს ადგილი საექსპლუატაციო პრაქტიკაში:

- მცველი სარქველი არ იღება;
- მცველი სარქველი იღება დაგვიანებით;
- მცველი სარქველი იღება ძალიან ადრე (მანამ სანამ მანომეტრის ისარი წითელ ზოლს გადასცდება)

მცველი სარქველებისათვის რომელიც დაყენებულია ორთქლგადამახურებლის შემდეგ მიიღება წნევის სიდიდე, რომელიც ორთქლგადამახურებლის კოლექტორის გამოსასვლელთან წნევის ტოლია.

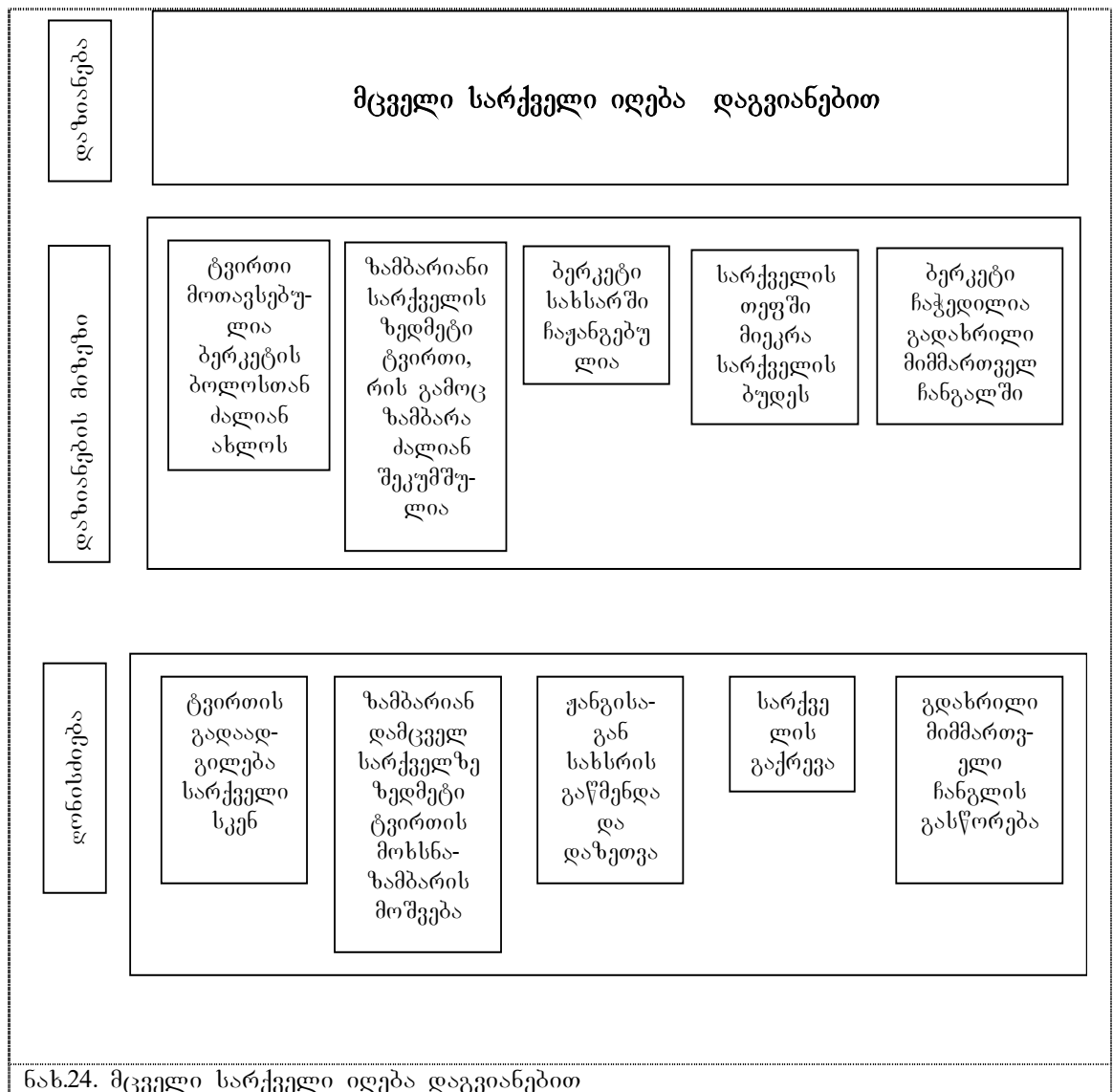
მცველი სარქველების რეგულირება ისე ხდება რომ დაცული იყოს ქვემოთ მოყვანილი მიმდევრობა.

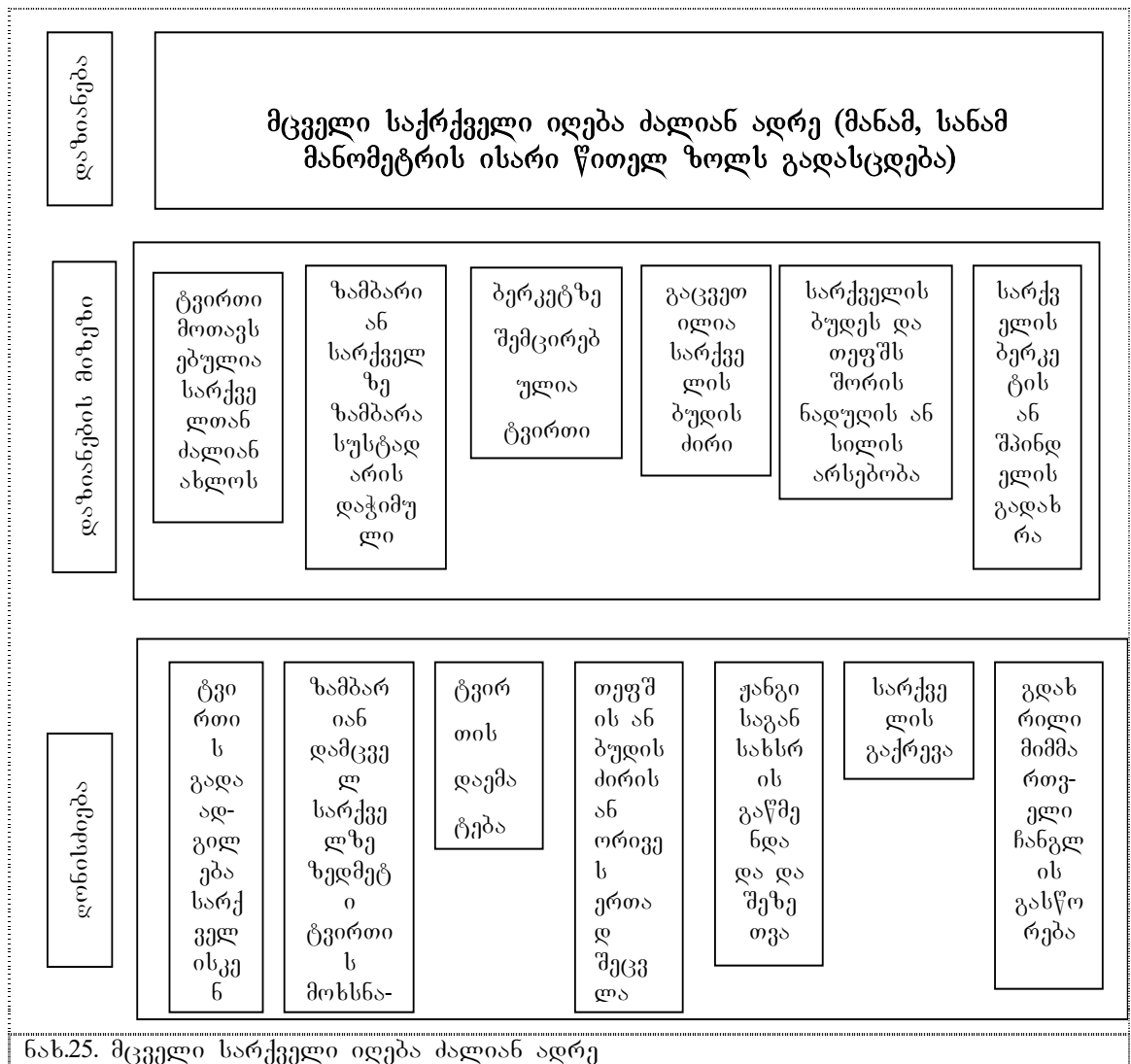
პირველად უნდა გაიხსნას დამცავი სარქველი ორთქლგადამახურებლის შემდეგ, მისი გახსნა უზრუნველყოფს ორთქლის გადინებას ორთქლგა-დამახურებლიდან და მილების გაციებას თუ შეწყდა გადახურებული ორთქლის მოხმარება. გარდა ამისა სარქველის გახსნა სიგნალს აძლევს მომსახურე პერსონალს სასწრაფოდ შეამცირონ დატვირთვა ან მთლიანად ჩააქრონ საცეცხლე, რომ არ მოხდეს წნევის მომატება ქვებში. ასევე ეს აუცილებელია ორთქლგადამახურებლის გასანიავევლად, ამის შემდეგ უნდა გაიხსნას საკონტროლო დამცავი სარქველი, მისი გახსნა ხსნის დაბრკოლებას რომ ქვებში წნევამ არ მოიმატოს, ბოლოს იხსნება მუშა მცველი სარქველები, რაც უზრუნველყოფს ქვებში წნევის სწრაფ დაცემას.



იმის გასარკვევად გამართულად მუშაობს თუ არა მცველი სარკველი ხდება მისი გაქრევა ორთქლით შემდეგ ვადებში: თუ ქვაბში მუშა წნევა 22 ატ-მდეა ყოველი საქრველი დღეში ერთხელ. თუ ქვაბში მუშა წნევა 22ატ-ზე მეტია თითო სარკველი მორიგეობით არა ნაკლებ 1-ჯერ დღეში. გაქრევის შემდეგ დამცავ სარკველში ორთქლი არ უნდა ეპარებოდეს, თუ ეს მაინც ხდება მას კიდევ უნდა ჩაუტარდეს გაქრევა. აკრძალულია მცველი სარკველის გაჭედვა, ჩასოლვა ან კიდევ ტვირთის მიმატება მის თებშებზე. მცველი სარკველის ამოქმედების შემდეგ (ქვაბში წნევის მომატების გამო) მუშაობის გარკვეული დროის შემდეგ თუ ქვაბში წნევამ იმატა საჭიროა დარწმუნება იმაში, რომ სარკველიდან არ ამოდის ორთქლი, არ არის დარღვეული მისი სიმჭიდროვე და თუ ასეთს აქვს ადგილი, ანუ მცველი საქრველი ორთქლს “აპარებს”, უახლოს მომავალში მიმდინარე შეკეთების დროს ის უნდა შეკეთდეს. შეკეთებამდე კი უნდა მოხდეს მისი გაქრევა ნაკლები სიხშირით ვიდრე წესდებით არის გათვალისწინებული

(მხოლოდ ხელმძღვანელ მუშაკთა ნებართვით) რომ კიდევ არ მოიმატოს სიმჭიდროვის დარღვევამ. მცველი სარქველის გაქრევა უნდა მოხდეს დისტანციურად რომ უზრუნველყოფილი იყოს მომსახურე პერსონალის უსაფრთხოება.





ნახ.25. მცველი სარქველი იღება ძალიან ადრე

იმისთვის რომ ავიცილოთ თავიდან ორთქლის ქვაბის ავარია წნევის მომატების გამო წესების მიხედვით ქვაბს უყენდება დამცავი სარქველები. დამცავი სარქველის დანიშნულებაა ქვაბში წნევის მომატებისას დასაშვებ ნომრაზე ზევით მოგვცეს შეტყობინების სიგნალი. დოლში წნევის მომატებამ შეიძლება გამოიწვიოს ეკრანულ მილებზე ეკონომიზერის მილებისა და თვით დოლის კედლების რღვევა. ქვაბში წნევის მომატების მიზეზი არის ორთქლის ხარჯის უეცარი შემცირება ან შეწყვეტა. (მომხამრებლის გამროთვა და საცეცხლის იძულებითი ფორმის დაჩქარებული ფორმირება ხელით). განსაკუთრებით მაშინ როცა ქვაბი მუშაობს მაზუთზე ან გაზზე.

ქვაბში წნევამ რომ არ მოიმატოს დასაშვებზე მაღლა ქვაბის ექსპლუატაცია გაუმართავი სარქველით ან დაურეგულირებელი

სარქველით კატეგორიულად იკრძალება. წნევის მომატება რომ არ მოხდეს ორთქლის ქვაბში უნდა მოვახდინოთ დამცავი სარქველების რეგულარული შემოწმება, ასევე უნდა შემოწმდეს მანომეტრების მუშაობის სიხშირე, სიგნალიზაციის მოწყობილობა (როცა გაწვდის ინფორმაციას ორთქლის მომხარების ხარჯის შესახებ). მომსახურე პერსონალი უნდა იყოს საქმის მცოდნე რომ დროულად და ხარისხიანად (საქმის ცოდნით) შეასრულოს როგორც საწმარმოო ინსტრუქცია ისე ავარიების საწინააღმდეგო ცირკულარი.

იმისთვის რომ შევამოწმოთ ქვაბის დამცავი სარქველების გამართულობა ასევე ორთქლგადამახურებლისა და აეკონომიზერის გამართულობა ახდენენ მის გაქარვას, იმ დროს სარქველებს, (დამცავ სარქველებს) ხელით ადებენ.

2.4 მგპასკლი მუშა წნევის დროს ყოველი სარქველი დღეში ერთხელ მაინც უნდა გაიღოს და მოხდეს მისი გაქარვა.

როცა წნევა 2.4 – 3.9 მგპასკალამდეა, როგორც ქვაბის ისე ეკონომიზერისა და ასევე ორთქლგადამახურებლის სარქველები თანმიმდევრობით დღეში ერთხელ მაინც უნდა გაიღოს და მოხდეს მათი გაქარვა ქვაბის ყოველი გაშვების დროს. ხოლო 3.9 მგპასკალი წნევაზე მეტის დროს ინსტრუქციის თანახმად. ქვაბების ექსპლუატაციის პრაქტიკაში კვლავ გვხვდება ავარიები რომლებიც დაკავშირებულია ქვაბში წნევის დასაშვებ დონეზე მეტ მომატებასთან. ძირითადი მიზეზი ამ ავარიებისა არის ქვაბების მუშაობა გაუმართავი ან დაურეგულირებელი დამცავი სარქველებით და გაუმართავი მანომეტრებით. ცალკეულ შემთხვევაში ავარიები ხდება იმის გამო რომ ქვაბში ექსპლუატაციისას შეყავთ ისეთი დამცავი სარქველები რომლებიც გამორთულია, ან ახდენენ რეგულირებას თვითნებურად, უმატებენ დამატებით ტვირთს სარქველის ბერკეტზე ან როცა გაუმართავია ან არ არსებობს ავტომატიკისა და უსაფრთხოების საშუალებანი.

**3.1. ქვაბში წყლის დონის რეგულირება**

გარდამავალი პროცესები აღიბრება ობიექტში სხვადასხვა ზემოქმედების დროს, რომლებიც იწვევენ მათი მუშაობის რეჟიმების შეცვლას.

ქვაბის უსაფრთხო და საიმედო მუშაობა მოითხოვს ქვაბის დოლში წყლის დონის გარკვეულ საზღვრებში შენარჩუნებას.

წყლის დონის აწევამ ზედა დასაშვებ დონეზე მაღლა (ქვაბის ზედმეტად კვება) შეიძლება გამოიწვიოს წყლის მოხვედრა ორთქლის გადამხურებელში და ორთქლის გადახურების ტემპერატურის შემცირება. წყლის დონის დაწევამ ქვედა დასაშვებ დონეზე დაბლა (წყლის “გაპარვა” შეიძლება გამოიწვიოს ცირკულაციის დარღვევა ეკრანის მიღებში და მათი გადაწვა. ამით აიხსნება ქვაბის წყლით კვების რეგულირებისადმი განსაკუთრებული მოთხოვნები[10].

ქვაბის დოლში წყლის დონე დამოკიდებულია რამოდენიმე ფაქტორზე: ორთქლის დატვირთვის ცვლილება (ორთქლის მოხმარების შემცირება, ან მომატება), ქვაბში მკვებავი წყლის რაოდენობის ცვლილება, საცეცხლის თბური დატვირთვის ცვლილება, დოლში წნევის ცვლილება.

**ქვაბის დოლში წყლის დონეზე წნევის გავლენა**

ქვაბის დოლში წყლის დონის ცვლილებას შეიძლება ადგილი ქონდეს დოლში წნევის ცვლილების გამო. ორთქლის მომხმარებლის დატვირთვის შემცირებისას (დატვირთვის ხაზზე ორთქლის ურდულის მიხურვა) ქვაბის დოლში გაიზრდება წნევა, რაც გამოიწვევს აორთქლების სარკის ქვეშ ორთქლის ბუშტების კონდენსაციას და მოცულობის შემცირებას. ე.ი. წყლის დონის შემცირებას. პირიქით ორთქლის მომხმარებლის დატვირთვის გაზრდისას (დატვირთვის ხაზზე ორთქლის ურდულის მეტად გაღება) დოლში წნევა შემცირდება და აორთქლების სარკის ქვეშ ადგილი ექნება წყლის წვეთების აორთქლებას და მოცულობის გაზრდას. ე.ი. წყლის დონის მომატებას.

ამრიგად, წნევის ცვლილების გავლენის ალგორითმი ასეთია:

- მომხმარებელი ამცირებს ორთქლის მოხმარებას მცირდება ორთქლის ხარჯი;
- დოლში იზრდება წნევა
- მცირდება დოლში წყლის დონე.
- მომხმარებელი ზრდის ორთქლის მოხმარებას იზრდება ორთქლის ხარჯი;
- დოლში მცირდება წნევა
- იზრდება დოლში წყლის დონე.

### 3.2. ქვაბის დოლში მიმდინარე პროცესების მათემატიკური მოდელირება

ქვაბაგრეგატის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან კვანძს წარმოადგენს ქვაბის დოლი. ქვაბის დოლის სითბურ ბალანსს აქვს შემდეგი სახე[23]:

$$Q_{საღ.} + Q_{მკ.წყ.} = Q_{ორთ.} + Q_{გაქრ.}, \text{ ანუ } Q_{საღ.} + Q_{მკ.წყ.} - Q_{ორთ.} - Q_{გაქრ.} = 0, \quad (1)$$

სადაც

$Q_{საღ.}$  - არის დოლში საცეცხლიდან შეტანილი სითბურ სიმძლავრე;

$Q_{მკ.წყ.}$  - დოლში მკვებავი წყლით შეტანილი სითბური სიმძლავრე;

$Q_{ორთ.}$  - დოლიდან ორთქლით გამოტანილი სითბური სიმძლავრე;

$Q_{გაქრ.}$  - დოლიდან საქვაბე წყლის გაქრევით გამოტანილი სითბური სიმძლავრე.

$$Q_{საღ.} = \eta_{საღ.} \cdot B \cdot Q_{უდ.}^{\beta}, \text{ კვტ.}, \text{ სადაც}$$

$\eta_{საღ.}$  - არის საცეცხლის მ.ქ. კოეფიციენტი;  $B$  - სათბობის წამური ხარჯი, მ<sup>3</sup>/წმ;  $Q_{უდ.}^{\beta}$  - სათბობის მუშა უდაბლესი თბოუნარი, კჯ/მ<sup>3</sup>.

$$Q_{მკ.წყ.} = G_{მკ.წყ.} \cdot i_{მკ.წყ.} \text{ კვტ.}, \text{ სადაც}$$

$G_{მკ.წყ}$  - არის დოლში მიწოდებული მკვებავი წყლის წამური ხარჯი, კგ/წმ;

$i_{მკ.წყ}$  - დოლში მიწოდებული მკვებავი წყლის ენთალპია, კჯ/კგ.

$$Q_{გაქრ.} = G_{გაქრ.} \cdot i' - \text{კვტ., სადაც}$$

$G_{გაქრ.}$  - არის დოლიდან უწყვეტი გაქრევის წყლის წამური ხარჯი, კგ/წმ;

$i'$  - გაქრევის წყლის (საქვაბე წყლის ენთალპია), კჯ/კგ

$$Q_{ორთ.} = D_{ორთ.} \cdot i'' , \text{ კვტ., სადაც}$$

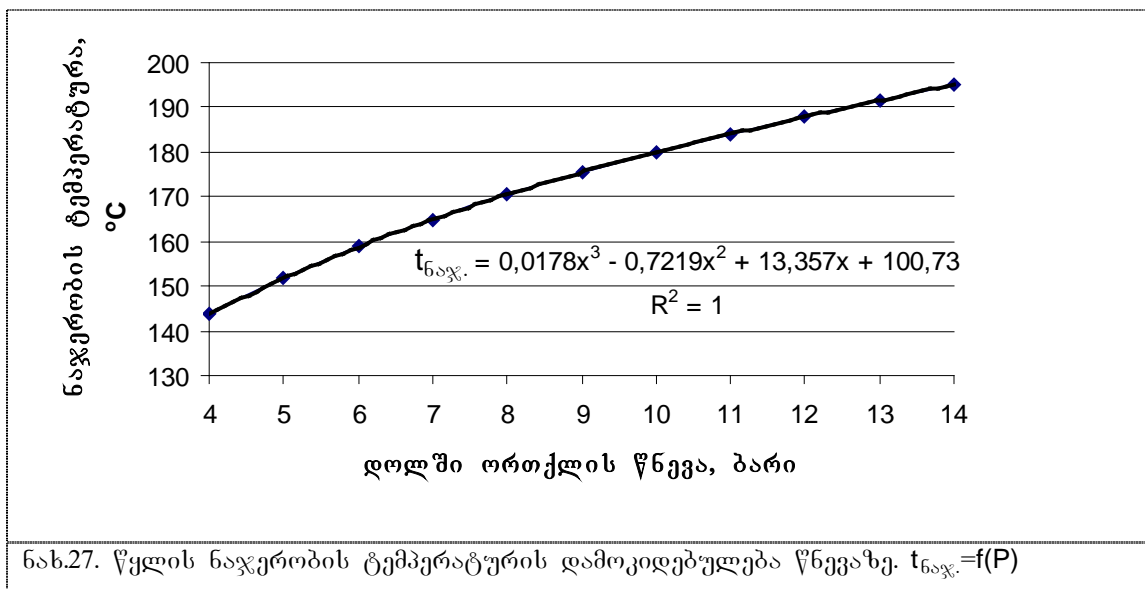
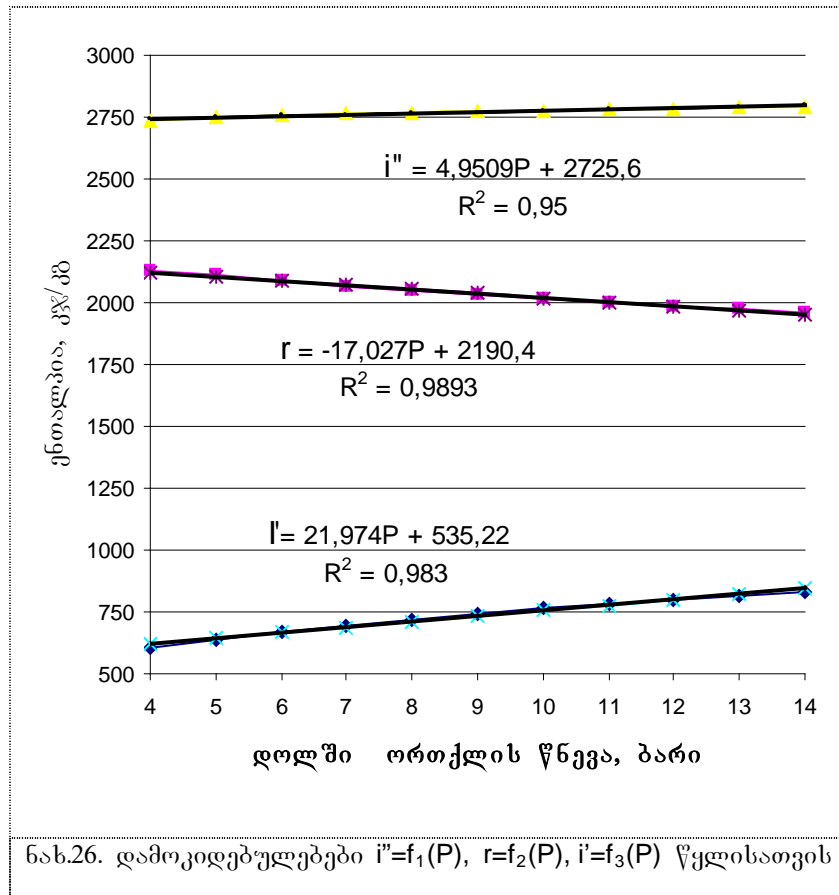
$D_{ორთ.}$  - არის ქვების ორთქლმწარმოებლობა, კგ/წმ;  $i''$  - მშრალი ნაჯერი ორთქლის ენთალპია, კჯ/კგ.

მაშინ (1) განტოლება მიიღებს სახეს:

$$\eta_{საც.} \cdot B \cdot Q_{უდ.}^d + G_{მკ.წყ} \cdot i_{მკ.წყ} - D_{ორთ.} \cdot i'' - G_{გაქრ.} \cdot i' = 0, \quad (2)$$

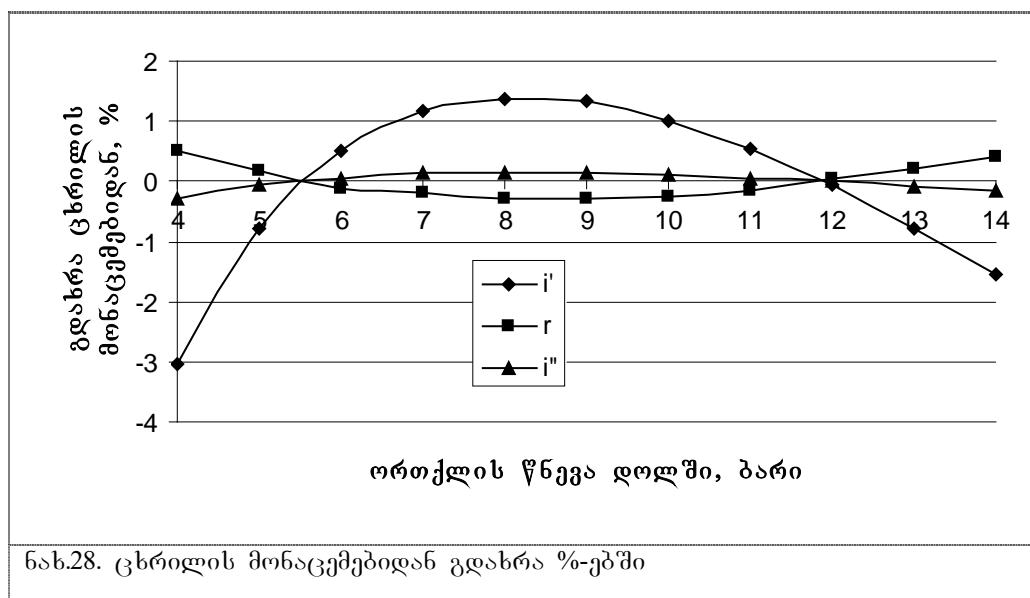
პროცესის მათემატიკური აღწერისათვის საჭიროა მკვებავი წყლის, გაქრევის წყლის და მშრალი ნაჯერი ორთქლის ენთალპიების და ორთქლადქცევის სიბოის წნევაზე დამოკიდებულებების ანალიზური გამოსახულებების ცოდნა. აპროქსიმაცია შესრულებულია აბსოლიტური წნევის 4-14 ბარი დიაპაზონისათვის.





ნახ.26. მოცემულია ანალიზური დამოკიდებულებები  $i''=f_1(P)$ ,  $r=f_2(P)$ ,  $i'=f_3(P)$  წყლისათვის. ასევე ნახ.27. - წყლის ნაჯერობის ტემპერატურის დამოკიდებულება წნევაზე (მესამე ხარისხის პოლინომი). ნახ.28. მოყვანილია ნაჯერობის ტემპერატურაზე წყლის ენთალპიის,

მშრალი ნაჯერი ორთქლისა და ორთქლადქცევის სიბოის აპროქსიმაციის ფორმულებით მიღებული მნიშვნელობების გადახრა %-ებში ცხრილის მონაცემებიდან.



აბსოლუტური წნევის დიაპაზონისათვის =4-14 ბარი მკვებავი წყლის ენთალპია ანალიზისათვის საკმარისი სიზუსტით ტოლია:

$$i_{აკ.წყ} = 4.2 \cdot t_{აკ.წყ}$$

წყლის და მისი ორთქლის პარამეტრების დამოკიდებულებების გამოყენებით  $i_{აკ.წყ} = 4.2 \cdot t_{აკ.წყ}$ ,  $i'' = f_1(P)$ ,  $r = f_2(P)$ ,  $i' = f_3(P)$  (2) ფორმულა მიიღებს სახეს:

$$\eta_{საც.} \cdot B \cdot Q_{უდ.}^{\beta} + G_{აკ.წყ} \cdot 4.2 \cdot t_{აკ.წყ} - D_{ორთ.} \cdot (4.9464 \cdot P + 2725.6) - G_{გაქრ.} \cdot (21.974 \cdot P + 535.22) = 0 \quad (3)$$

დოლის სტატიკური რეჟიმით მუშაობის შემთხვევაში, თუ ცვლადი პარამეტრებისათვის შემოვიღებთ აღნიშვნას “0”-ს მაშინ ფორმულა (3) მიიღებს სახეს:

$$\eta_{\text{საც.}} \cdot B \cdot Q_{\text{უდ.}}^{\partial \circ} + 4.2 \cdot G_{\text{მკ.წყ}} \cdot t_{\text{მკ.წყ}}^{\circ} - P^{\circ} (4.9464 \cdot D_{\text{თ}} + 21.974 \cdot G_{\text{ბაქრ.}}) - D_{\text{თ}} \cdot 2725.6 - G_{\text{ბაქ}} \cdot 535.22 = 0 \quad (4)$$

დოლის დინამიკური რეჟიმით მუშაობის შემთხვევაში ფორმულა (4) მიიღებს სახეს:

$$\eta_{\text{საც.}} \cdot B \cdot Q_{\text{უდ.}}^{\partial \circ} + 4.2 \cdot G_{\text{მკ.წყ}} \cdot t_{\text{მკ.წყ}}^{\circ} - P^{\circ} (4.9464 \cdot D_{\text{თ}} + 21.974 \cdot G_{\text{ბაქრ.}}) - D_{\text{თ}} \cdot 2725.6 - G_{\text{ბაქ}} \cdot 535.22 = \frac{d(i \cdot g)}{d\tau} \quad (5)$$

სადაც  $\frac{d(i \cdot g)}{d\tau}$  - არის ქვაბის დოლში აკუმულირებული სითბური სიმძლავრე დინამიკური რეჟიმით მუშაობის დროს.

გ- ქვაბში არსებული წყლის რაოდენობა, კგ.

შემოვიღოთ აღნიშვნები:  $\eta_{\text{საც.}} \cdot B = a_1$ ;  $4.2 \cdot G_{\text{მკ.წყ}} = a_2$ ;

$4.9464 \cdot D_{\text{თ}} + 21.974 \cdot G_{\text{ბაქრ.}} = a_3$ ;  $21.974 = a_4$ . კოეფიციენტების

განზომილებებია:  $[a_1] = \text{კგ/წმ}$ ;  $[a_2] = \text{კგ}^{\circ}\text{C}$ ;

$[a_3] = \text{კგ}^{\circ} \cdot \text{სმ}^2/\text{კგ}$ ;  $[a_4] = \text{კგ}^{\circ} \cdot \text{სმ}^2/\text{კგ}^2$ ; მაშინ (4) და (5) გამოსახულებები

ჩაიწერება:  $a_1 \cdot Q_{\text{უდ.}}^{\partial \circ} + a_2 \cdot t_{\text{მკ.წყ}}^{\circ} - a_3 \cdot P^{\circ} - D_{\text{თ}} \cdot 2725.6 - G_{\text{ბაქ}} \cdot 535.22 = 0$ , (6)

$$a_1 \cdot Q_{\text{უდ.}}^{\partial \circ} + a_2 \cdot t_{\text{მკ.წყ}}^{\circ} - a_3 \cdot P - D_{\text{თ}} \cdot 2725.6 - G_{\text{ბაქ}} \cdot 535.22 = \frac{d(i \cdot g)}{d\tau}, \quad (7)$$

ვისარგებლოთ მცირე გადახრების მეთოდით, მივიღებთ

$$Q_{\text{უდ.}}^{\partial \circ} = Q_{\text{უდ.}}^{\partial \circ} + \Delta Q_{\text{უდ.}}; \quad t_{\text{მკ.წყ}}^{\circ} = t_{\text{მკ.წყ}}^{\circ} + \Delta t_{\text{მკ.წყ.}}; \quad P = P^{\circ} + \Delta P, \quad (8)$$

დინამიკის განტოლებიდან (7) სტატიკის განტოლების (6) გამოკლებით და გამოსახულებების (8) გათვალისწინებით მივიღებთ:

$$a_1 \cdot \Delta Q_{\text{უდ.}}^{\partial \circ} + a_2 \cdot \Delta t_{\text{მკ.წყ.}} - a_3 \cdot \Delta P = \frac{d(i \cdot g)}{d\tau}, \quad (9)$$

$$\frac{d(i \cdot g)}{d\tau} = \frac{d(i)}{d\tau} = \frac{gd(21.974 \cdot P + 535.22)}{d\tau} = \frac{21.974 \cdot gdP}{d\tau} = \frac{a_4 \cdot gdP}{d\tau}, \quad (10)$$

(10) -ს გათვალისწინებით გვექნება

$$a_1 \cdot \Delta Q_{\text{უდ.}}^{\partial \circ} + a_2 \cdot \Delta t_{\text{მკ.წყ.}} - a_3 \cdot \Delta P = \frac{a_4 \cdot gdP}{d\tau}, \quad (11)$$

(11) დიფერენციალური განტოლების ცვლადების განცალკევებით მივიღებთ:

$$d\tau = \frac{a_4 \cdot g \cdot dP}{a_1 \cdot \Delta Q_{\text{უღ.}}^{\beta} + a_2 \cdot \Delta t_{\text{მკ.წყ}} - a_3 \cdot \Delta P}, \text{ შემოვიღოთ აღნიშვნები}$$

$$a_1 \cdot \Delta Q_{\text{უღ.}}^{\beta} + a_2 \cdot \Delta t_{\text{მკ.წყ}} = k, \quad \text{და} \quad k - a_3 \cdot \Delta P = X, \quad \text{მაშინ}$$

$$dx = -a_3 \cdot d(\Delta P) = -a_3 \cdot dP, \quad \text{და} \quad dp = -\frac{dx}{a_3}$$

$$\text{ე.ო.} \quad d\tau = -\frac{a_4 \cdot g}{a_3} \cdot \frac{dx}{x}, \quad \text{და} \quad \int d\tau = \int -\frac{a_4 \cdot g}{a_3} \cdot \frac{dx}{x}$$

$$\tau = -\frac{a_4 \cdot g}{a_3} \cdot \ln x + C, \quad (12)$$

ინტეგრირების მუდმივა  $C$  განისაზღვრება საწყისი პირობებიდან: როცა

$$\tau = 0, \text{ მაშინ } a_3 \cdot \Delta P = 0 \text{ და } C = \frac{a_4 \cdot g}{a_3} \ln k, \text{ მაშინ (12) მიიღებს სახეს:}$$

$$\tau = -\frac{a_4 \cdot g}{a_3} \cdot \ln x + \frac{a_4 \cdot g}{a_3} \ln k, \quad (13)$$

(13) -ის პოტენციურების შემდეგ მივიღებთ:

$$e^{\frac{a_3 \cdot \tau}{a_4 \cdot g}} = \frac{k}{k - a_3 \cdot \Delta P}, \quad \text{და} \quad \Delta P = \frac{k}{a_3} \cdot \left( 1 - e^{-\frac{a_3 \cdot \tau}{a_4 \cdot g}} \right)$$

კომპლექსს  $1/\left(\frac{a_3}{a_4 \cdot g}\right) = T$  აქვს დროის (წმ) განზომილება.

საბოლოოდ მივიღებთ:

$$\Delta P = \frac{a_1 \cdot \Delta Q_{\text{უღ.}}^{\beta} + a_2 \cdot \Delta t_{\text{მკ.წყ}}}{a_3} \cdot \left( 1 - e^{-\frac{\tau}{T}} \right), \quad \text{ბარი} \quad (14)$$

ფორმულით (14) მოცემულია ქვაბის დოლში წნევის ( $\Delta P$ ) ცვლილება

გრადამავალ რეჟიმებში სათბობის თბოუნარის ( $\Delta Q_{\text{უღ.}}^{\beta}$ ), მკვებავი წყლის

ტემპერატურის ( $\Delta t_{\text{მკ.წყ}}$ ) ცვლილებების დროზე ( $\tau$ ) დამოკიდებულებით.

განვიხილოთ კონკრეტული მაგალითი.

მოცემულია ДКVp -10/13 ტიპის ორთქლის ქვაბი. მისი

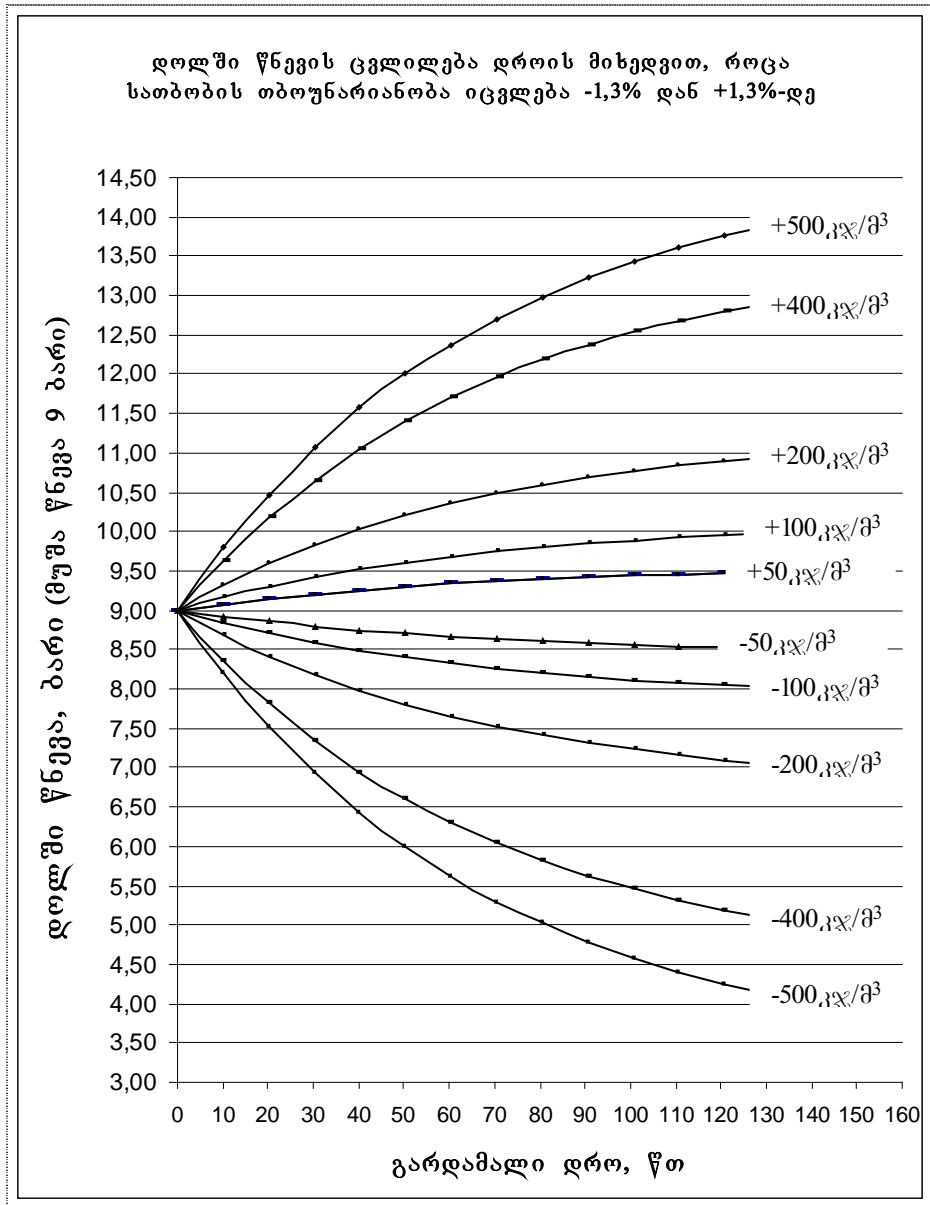
ნომინალური წარმადობაა 10 ტონა ორთქლი საათში. (სათბობი-  
ქვანახშირი). ბუნებრივ გაზზე მუშაობის შემთხვევაში ორთქლის  
წარმადობა იზრდება 30-40%-ით.

ამიტომ მივიღოთ:  $D_{\text{თ}}=3.892$ კგ/წმ, ნომინალური წნევა  $P_{\text{ახს.}}=14$  ბარი, მკვებავი წყლის ტემპერატურა  $t_{\text{მკ.წყ}}=100^{\circ}\text{C}$ , უწყვეტი გაქრვის წყლის რაოდენობა 3%, ბუნებრივი გაზის თბოუნარი  $\Delta Q_{\text{ულ}}^{\text{მ}}=37100$  კჯ/მ<sup>3</sup>  $G_{\text{მკ.წყ}}=4.009$  კგ/წმ, მ.კ. კოეფიციენტი  $\eta=91\%$ , სათბობის ხარჯი  $B=0.274$  მ<sup>3</sup>/წმ, გაქრვის წყლის რაოდენობა  $G_{\text{გაქრ}}=0.12$  კგ/წმ.

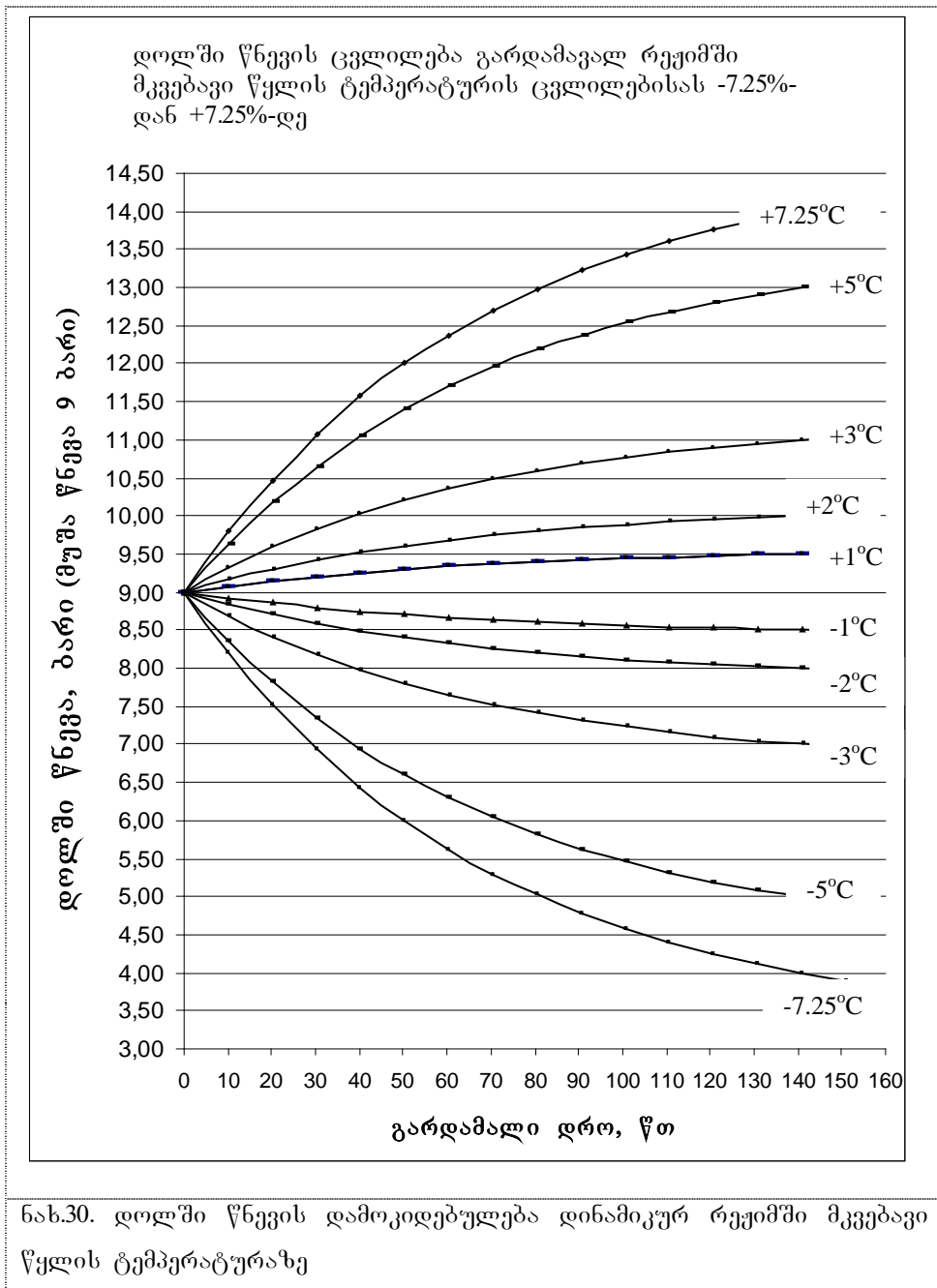
ქვაბი ექსპლუატაციაშია ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში და ამიტომ პრაქტიკულად მუშა წნევად მიღებულია 9 ბარი აბსოლუტური (საპასპორტო მონაცემებით ნომინალური წნევაა 14 ბარი). ზემოთ ჩამოთვლილი პარამეტრები შესაბამისია ქვაბის სტატიკურ რეჟიმში მუშაობის პირობებისათვის. რეალურად ქვაბს უწევს დინამიკურ რეჟიმში მუშაობა, როცა შეიძლება შეიცვალოს სათბობის თბოუნარი, მკვებავი წყლის ტემპერატურა და სხვა, რაც გამოიწვევს საბოლოო ჯამში ქვაბის დოლში წნევის გარკვეულ ცვლილებას.

კონკრეტული შემთხვევისათვის ფორმულით (14) გაანგარიშების საფუძველზე ნახ. 4. ნაჩვენებია დოლში წნევის ცვლილების ხასიათი სათბობის სხვადასხვა თბოუნარიანობის პირობებში[23]. დოლის მუშაობის რეჟიმი დინამიკურია, რაც გამოწვეულია სათბობის თბოუნარიანობის ცვლილებით. (-1.3% დან+1.3%-დე). ქვაბის სტატიკურ რეჟიმში მუშაობისას სათბობის თბოუნარიანობა შეადგენს 37100 კჯ/მ<sup>3</sup>. , ხოლო აბსოლუტური მუშა წნევა 9 ბარს.

ნახ. 29. ნაჩვენებია დოლში წნევის ცვლილების ხასიათი საკვები წყლის სხვადასხვა ტემპერატურის პირობებში. დოლის მუშაობის რეჟიმი დინამიკურია, რაც გამოწვეულია საკვები წყლის ტემპერატურის ცვლილებით. მკვებავი წყლის ტემპერატურა ქვაბის სტატიკურ რეჟიმში მუშაობისას შეადგენს 100 °C, ხოლო აბსოლუტური მუშა წნევა 9 ბარს.



ნახ.29. დოლში წნევის დამოკიდებულება დინამიკურ რეჟიმში სათბობის თბუნარიანობაზე



ნახაზებიდან 29, 30 ჩანს, რომ გარდამავალ რეჟიმში ქვების დოლში წნევის ცვლილება უფრო მნიშვნელოვანია (პროცენტულად) სათბობის თბოუნარიანობის ცვლილებით გამოწვეული, ვიდრე მკვებავი წყლის ტემპერატურის ცვლილებით.

**3.3. ორთქლის ქვების წყლის ეკონომიაზერის გარდამავალ რეჟიმში მუშაობის მათემატიკური მოდელირება**

ავაგოთ ორთქლის ქვების წყლის ეკონომიაზერის გარდამავალ რეჟიმში მუშაობის მათემატიკური მოდელი[23]. შემოვიღოთ შემდეგი აღნიშვნები. ეკონომიაზერში შესვლაზე წყლის ტემპერატურაა  $t'$ , °C, ხოლო გამოსვლაზე  $t''$ , °C. წყალი ცხელდება ნამწვი გაზების სითბოს ხარჯზე. ეკონომიაზერში შესვლაზე გაზების ტემპერატურაა  $t'_g$ , °C. და გამოსვლაზე -  $t''_g$ , °C. ნამწვი გაზების საშუალო ტემპერატურაა  $\bar{t}_g$ , °C, რომელიც ტოლია  $\bar{t}_g = 0.5(t'_g + t''_g)$ , °C. თბოგადაცემის კოეფიციენტი ნამწვი გაზებიდან წყალზე არის  $k$ , კვტ/მ<sup>2</sup>/კ. წყლის საშუალო ტემპერატურაა  $\bar{t} = 0.5(t' + t'')$ , °C.

ეკონომიაზერის მუშაობის სტატიკური რეჟიმისათვის სითბურ ბალანსს აქვს სახე:

$$Q'_0 + Q_{g0} - Q''_0 = 0, \text{ სადაც}$$

$Q'_0 = G \cdot c \cdot t'_0$  - არის წყლის ეკონომიაზერში წყლით შეტანილი სითბური სიმძლავრე, კვტ;

$G$  - ეკონომიაზერში მიწოდებული გასაცხელებელი წყლის ხარჯი, კგ/წმ;

$c = 4.19$  - წყლის მასური სითბოტევადობა, კჯ/კგ/კ;

ანალოგიური სიდიდეები ეკონომიაზერიდან გამოსვლაზე:

$$Q''_0 = G \cdot c \cdot t''_0, \text{ კვტ;} \tag{1}$$

$Q_{g0} = k \cdot F \cdot \Delta t_0$  - არის ნამწვი გაზებიდან წყალზე გადაცემული სითბოს რაოდენობა, კვტ;

$F$  - ეკონომიაზერის ხურების ზედაპირი, მ<sup>2</sup>

$\Delta t_0 = \bar{t}_g - \bar{t}$  - ტემპერატურული დაწნევა “გაზი-წყალი”.

ინდექსით “0” აღნიშნულია პარამეტრები, რომლებიც მიეკუთვნებიან მუშაობის სტატიკურ რეჟიმს.

ანალოგიურად გარდამავალი რეჟიმისათვის ადგილი ექნება შემდეგი სახის სითბურ ბალანსს:



$$Q' + Q_{\delta} - Q'' = \frac{dQ}{d\tau} \text{ სადაც}$$

$\frac{dQ}{d\tau}$  - არის ეკონომიკურში არსებული წყალში აკუმულირებული სითბო.

თუ ეკონომიკურში არსებული წყლის რაოდენობაა -  $G^*$ , კგ, მაშინ

$$\frac{dQ}{d\tau} = G^* \cdot c \cdot \frac{dt''}{d\tau}, \text{ კვტ. ანუ,}$$

$$Q' + Q_{\delta} - Q'' = G^* \cdot c \cdot \frac{dt''}{d\tau}, \quad (2)$$

საბოლოოდ ეკონომიკურის მუშაობის სტატიკურ განტოლებას აქვს სახე:

$$G \cdot c \cdot t'_0 + k \cdot F \cdot (\bar{t}_{\delta,0} - \bar{t}_0) - G \cdot c \cdot t''_0 = 0, \quad (3)$$

ანალოგიურად ეკონომიკურის მუშაობის დინამიკურ განტოლებას ექნება სახე:

$$G \cdot c \cdot t' + k \cdot F \cdot (\bar{t}_{\delta} - \bar{t}) - G \cdot c \cdot t'' = G^* \cdot c \cdot \frac{dt''}{d\tau} \quad (4)$$

თუ ვისარგებლებთ მცირე გადახრების მეთოდით, გვექნება

$$t' = t'_0 + \Delta t'; \quad \bar{t}_{\delta} = \bar{t}_{\delta,0} + \Delta \bar{t}_{\delta}; \quad t'' = t''_0 + \Delta t''; \quad \bar{t} = \bar{t}_0 + \Delta \bar{t}; \quad \Delta t = \Delta t_0 + \delta(\Delta t). \quad (5)$$

დინამიკის (4) განტოლებიდან სტატიკის (3) განტოლების გამოკლებით მივიღებთ:

$$G \cdot c \cdot (t' - t'_0) + k \cdot F [(\bar{t}_{\delta} - \bar{t}) - (\bar{t}_{\delta,0} - \bar{t}_0)] - G \cdot c \cdot (t'' - t''_0) = G^* \cdot c \cdot \frac{dt''}{d\tau}$$

(5) გათვალისწინებით:

$$G \cdot c \cdot \Delta t' + k \cdot F [(\Delta \bar{t}_{\delta} - \Delta \bar{t}_0) - \Delta \bar{t}_0] - G \cdot c \cdot \Delta t'' = G^* \cdot c \cdot \frac{dt''}{d\tau}$$

$$[(\bar{t}_{\delta} - \bar{t}) - (\bar{t}_{\delta,0} - \bar{t}_0)] = [(\bar{t}_{\delta} - \bar{t}_{\delta,0}) - (\bar{t} - \bar{t}_0)]$$

$$(\bar{t} - \bar{t}_0) = 0.5(\Delta t' - \Delta t'') \text{ და } (\bar{t}_{\delta} - \bar{t}_{\delta,0}) = 0.5(\Delta t'_{\delta} - \Delta t''_{\delta})$$

$t'' = t''_0 + \Delta t''$ , ამ გამოსახულების დიფერენციალი არის

$$dt'' = d(\Delta t''), \text{ რადგან } dt''_0 = 0, \text{ მაშინ}$$

$$G \cdot c \cdot \Delta t' + 0.5k \cdot F(\Delta t'_{\delta} - \Delta t''_{\delta}) - 0.5k \cdot F(\Delta t' - \Delta t'') - G \cdot c \cdot \Delta t'' = G^* \cdot c \cdot \frac{d(\Delta t'')}{d\tau}$$

შემოვიღოთ აღნიშვნები:

$$G \cdot c \cdot \Delta t' + 0.5k \cdot F(\Delta t'_{\delta} - \Delta t''_{\delta}) - 0.5k \cdot F\Delta t' = n, \text{ და}$$

$G \cdot c - 0.5k \cdot F = m$ , მაშინ

$n - m\Delta t'' = G^* \cdot c \cdot \frac{d(\Delta t'')}{d\tau}$ , ცვლადთა განცალკევით მივიღებთ:

$$d\tau = \frac{G^* c}{n - m\Delta t''} d(\Delta t'') \quad \text{ანუ} \quad d\tau = \frac{G^* c}{x} d(\Delta t''), \quad \text{სადაც}$$

$n - m\Delta t'' = x$ ,  $dx = -m d(\Delta t'')$ , აქედან  $d(\Delta t'') = -\frac{dx}{m}$ , მაშინ

$d\tau = -\frac{G^* c}{m} \frac{dx}{x}$  ამ განტოლების ინტეგრებით მივიღებთ:

$$\tau = -\frac{G^* c}{m} \ln x + c \quad (6)$$

ინტეგრების მუდმივა განისაზღვრება სტატიკური პირობიდან, როცა  $\tau = 0$ , მაშინ  $t'' = t_0''$  და  $\Delta t'' = 0$ ,  $x = n$  და

$$c = \frac{G^* c}{m} \ln n, \quad \text{მაშინ (6) ჩასმით}$$

$\tau = \frac{G^* c}{m} \ln \frac{n}{x}$ , და პოტენციურების შემდეგ მივიღებთ

$$e^{\frac{m}{G^* c} \tau} = \frac{n}{x}$$

თუ ამოვხსნით  $\Delta t''$ -ის მიმართ გვექნება:

$$\Delta t'' = \frac{n}{m} \cdot \left( 1 - e^{-\frac{m}{G^* c} \tau} \right), \quad ^\circ\text{C} \quad (7)$$

შემოვიღოთ აღნიშვნები:

$$\Delta t' = A_1; \quad \Delta t'_\delta = A_2; \quad \Delta t''_\delta = A_3; \quad Gc = a_1; \quad 0.5Fk = a_2; \quad G^* c = a_3. \quad (8)$$

(8) ჩასმით (7)- ში საბოლოოდ მივიღებთ:

$$\Delta t'' = \frac{(a_1 - a_2)A_1 + a_2(A_2 - A_3)}{a_1 - a_2} \cdot \left( 1 - e^{-\frac{a_1 - a_2}{a_3} \tau} \right), \quad ^\circ\text{C} \quad (9)$$

$\frac{a_3}{a_1 - a_2} = T$ , წმ -არის დროის მუდმივა, რის გათვალისწინებითაც

ეკონომიზურიდან გამოსვლაზე წყლის ტემპერატურის ცვლილებას შემფოთების შედეგად, გარდამავალ რეჟიმში დროზე დამოკიდებულებით ექნება სახე:

$$\Delta t'' = \frac{(a_1 - a_2)A_1 + a_2(A_2 - A_3)}{a_1 - a_2} \cdot \left(1 - e^{-\frac{\tau}{T}}\right), \text{ } ^\circ\text{C} \quad (10)$$

(10) ფორმულაში შემავალი სიდიდეების განზომილებებია:

$a_1, a_2$  - კვტ/კ;  $a_3$  - კვჯ/კ;  $A_1, A_2, A_3$  -  $^\circ\text{C}$ ;  $G$  - კგ/წმ;  $G^*$  - კგ;  $F$  - მ<sup>2</sup>;

$\tau$  - წმ;  $k$  - კვტ/მ<sup>2</sup>/კ და  $T$  - წმ.

(10) გამოსახულებიდან ჩანს, რომ იგი პერიოდული რგოლის განტოლებაა.

(10) გამოსახულების საშუალებით შესაძლებელია ავაგოთ ეკონომიზერიდან გამოსული წყლის ტემპერატურის ცვლილება დროის მიხედვით როცა ადგილი აქვს: ეკონომიზერში შემავალი წვის პროდუქტების ტემპერატურის ნახტომისებრ ცვლილებას სიდიდით  $A_2$ , ეკონომიზერში შემავალი წყლის ტემპერატურის ცვლილებას სიდიდით  $A_1$  და ეკონომიზერიდან გამოსული ნამწვი გაზების ცვლილებას სიდიდით  $A_3$ .

ფორმულის (10) ანალიზიდან ჩანს, რომ ეკონომიზერიდან გამოსული წყლის ტემპერატურის ცვლილება  $\Delta t''$  (საბაზო სტატიკურ სიდიდის მიმართ) დამოკიდებულია წყლის ხარჯზე  $G$ , ეკონომიზერის ხურების ზედაპირის სიდიდეზე  $F$ , თბოგადაცემის კოეფიციენტზე ნამწვი გაზებიდან გასაცხელებელ წყალზე  $k$ , ეკონომიზერში წყლის ტევადობაზე  $G^*$ , ტემპერატურის “გაქანების” დროის მუდმივაზე  $T$ , კოეფიციენტებზე  $A_1, A_2$  და  $A_3$ . ე.ი

$$\Delta t'' = \Psi(G, F, k, G^*, T, A_1, A_2, A_3)$$

დროის მუდმივა  $T$  ცალსახად განისაზღვრება კოეფიციენტებით  $a_1, a_2$ , და  $a_3$ .

განვიხილოთ გარდამავალი რეჟიმის მაგალითი, რომელიც მიმდინარეობს DKBP -10-13 წყლის ეკონომიზერში, როცა ადგილი აქვს შეშფოთებას – ნახტომისებრად იცვლება ეკონომიზერში შემავალი ნამწვი გაზების ტემპერატურა. გაანგარიშებისათვის საჭირო პარამეტრებია: ორთქლის მწარმოებლურობა- 13600კგ/სთ (3.78კგ/წმ); ორთქლის აბსოლუტური წნევა – 1,4მგპა; ქვების დოლის უწყვეტი

გაქრევის წყლის რაოდენობის გათვალისწინებით (410კგ/სთ) ეკონომიზერში გატარებული წყლის რაოდენობაა 14010კგ/სთ (3.89კგ/წმ). ეკონომიზერში შესასვლელზე წყლის ტემპერატურა- 100°C, ხოლო გამოსასვლელზე - 128 °C. ნამწვი გაზების ტემპერატურა ეკონომიზერში შესვლაზე- 239 °C , ხოლო გამოსვლაზე 140 °C. თბომტარების დინება წინაღი ხასიათისაა. უწყვეტი გაქრევის სიდიდე – 3% (420 კგ/სთ). ეკონომიზერში გავლილი წყლის რაოდენობა ტოლია 4კგ/წმ. სათბობად გამოყენებულია ბუნებრივი აირი თბოუნარი-37100კჯ/მ<sup>3</sup>. თბოგადაცემის კოეფიციენტი ნამწვი გაზებიდან წყალზე (ეკონომიზერის საზღვრებში) ტოლია 21 ვტ/მ<sup>2</sup>/k [28]

ეკონომიზერი წარმოადგენს თუჯის გაწიბონებული მილებისაგან (76/60მმ) აწყობილ ბლოკს (ВТИ –ის სისტემის “არამადუღარა” ეკონომიზერი). მილების საერთო რაოდენობაა 101 ცალი. ჰორიზონტალური რიგების რაოდენობაა- 15, ხოლო ჰორიზონტალურ რიგში მილების რიცხვია-7. ეკონომიზერში წყლით დაკავებული მოცულობა შეადგენს 0.856მ<sup>3</sup>. წყლის ეკონომიზერის ხურების ფართია- 298.5მ<sup>2</sup>.

გაზების საშუალო ტემპერატურაა  $0.5(239+140)=189.5$  °C., ხოლო წყლის საშუალო ტემპერატურა-  $0.5(100+128)=114$  °C., თბომტარებს შორის უდიდესი ტემპერატურული დაწნევა ტოლია  $239-128=111$  °C., ხოლო უმცირესი დაწნევა-  $140-100=40$  °C. თბომტარებს შორის საშუალო ლოგარითმული დაწნევა ტოლია  $(111-40)/\ln(111/40)=70.3$  °C. თბომტარების საშუალო ტემპერატურებით გამოთვლილი საშუალო ტემპერატურული დაწნევა ტოლია  $0.5(189.5+114)=75.5$  °C.

(10) ფორმულაში მიღებული აღნიშვნების შესაბამისად გვაქვს: ეკონომიზერში წყლის მასა(ტევადობა) 14მგკა. დროს სიმკვრივის 951 კგ/მ<sup>3</sup> გათვალისწინებით ტოლია  $G^*=814.3$ კგ.

$$a_1 = 3.89 \cdot 4.19 = 16.31 \text{ კგტ/კ; } a_2 = 0.5 \cdot 298.6 \cdot 21 \cdot 10^{-3} \text{ კგტ/კ;}$$

$$a_3 = 814.3 \cdot 4.19 = 3412 \text{ კგტ/კ; } T = 3412 / (16.31 - 3.135) = 259.03 \text{ წმ;}$$

$$A_1 = 0; \quad A_2 = 30 \text{ გრად; } \quad A_3 = 0.$$

აღნიშნული მონაცემების გათვალისწინებით ეკონომიზერიდან გამოსვლაზე წყლის ტემპერატურის დროის მიხედვით ცვლილების გაანგარიშებისათვის (10) ფორმულას ექნება სახე;

$$\Delta t'' = \frac{(16.31 - 3.135) \cdot 0 + 3.15(30 - 0)}{16.31 - 3.135} \cdot \left(1 - e^{-\frac{\tau}{259}}\right) \quad (11)$$

$$\Delta t'' = 7.173 \cdot \left(1 - e^{-\frac{\tau}{259}}\right), \quad (12)$$

ეკონომიზერიდან გამოსვლაზე ტემპერატურის ცვლილების (“გაქანების”) მრუდის ასაგებად (10) ფორმულით რეკომენდირებულია ავიღოთ დროის სიდიდეები  $\tau = 0.1T; 0.2T; 0.4T; 0.7T; 1.5T; 2T; 3T; 4T; 5T; 6T; 7T$ . (12) ფორმულით გაანგარიშებით მიღებული შედეგები, როცა  $A_2=30$  გრად. მოცემულია ცხრ. 4.

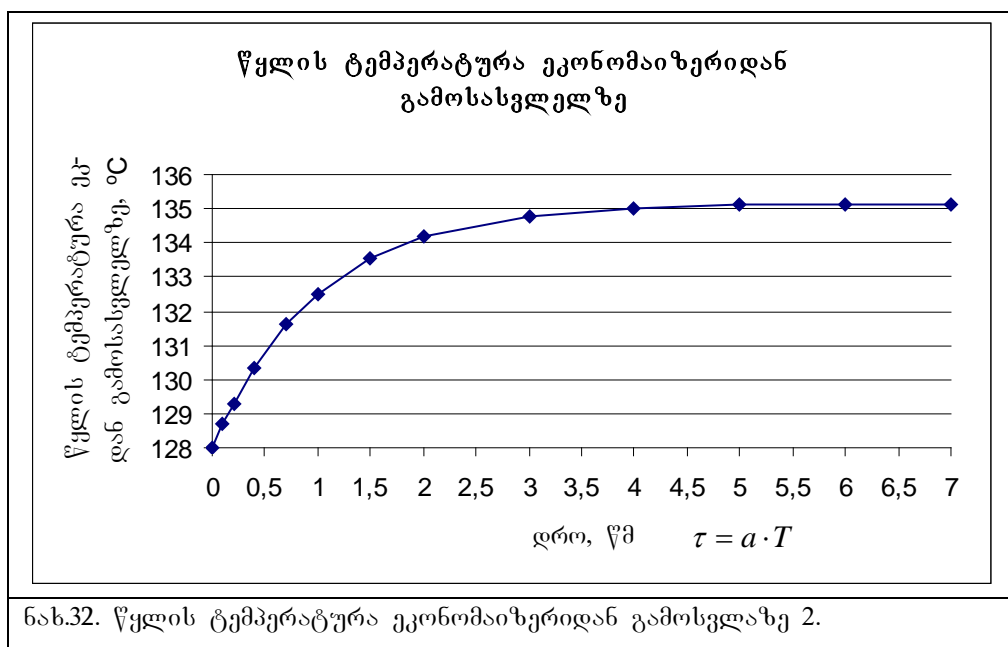
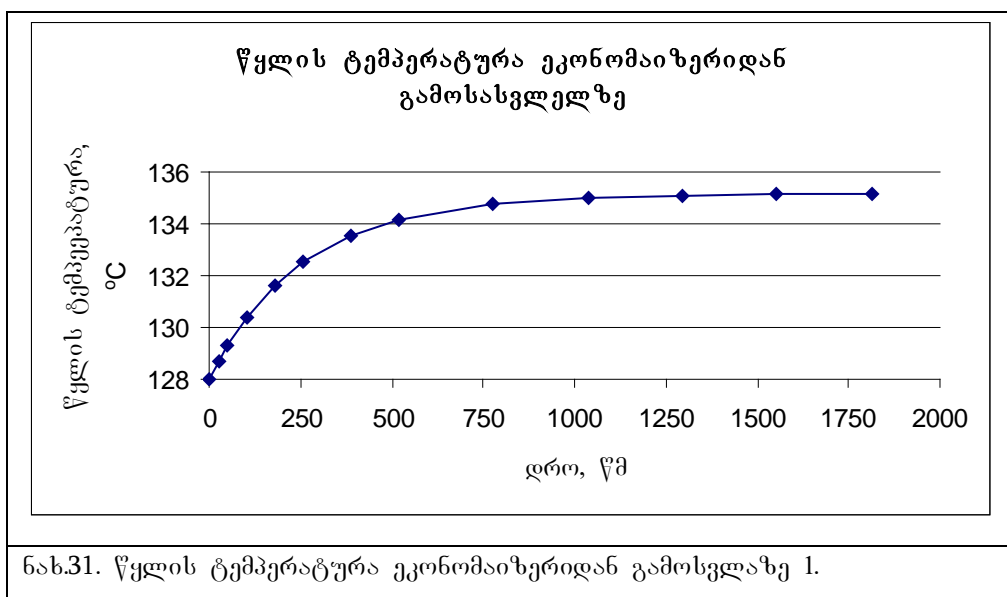
ცხრ.4

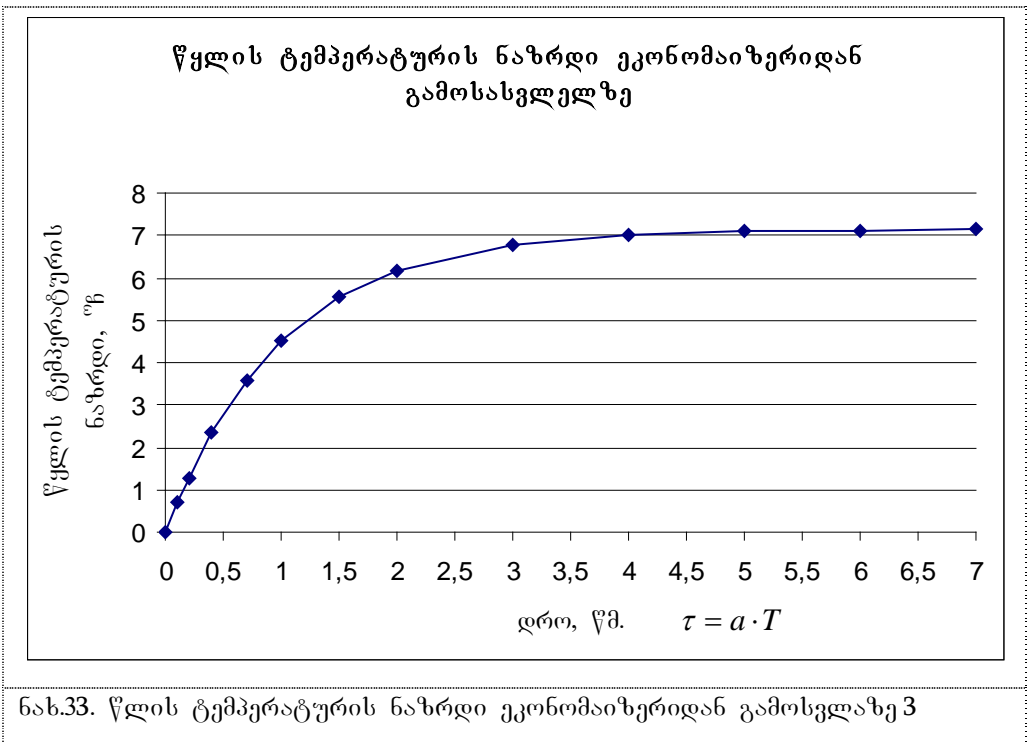
$A_1 = 0; A_2 = 30$ გრად.; $A_3 = 0$ ., $T=259.03$ წმ				
კოეფ. $a$	$aT$ , წმ	$aT$ , წთ	$t''$ , °C	$\Delta t''$ , °C
0	0	0	128	0
0,1	25,9	0,43	128,7	0,7
0,2	51,8	0,86	129,29	1,29
0,4	103,6	1,73	130,36	2,36
0,7	181,3	3,02	131,6	3,6
1	259,0	4,32	132,52	4,52
1,5	388,5	6,48	133,55	5,55
2	518,1	8,63	134,18	6,18
3	777,1	12,95	134,79	6,79
4	1036,1	17,27	135,01	7,01
5	1295,2	21,59	135,1	7,1
6	1554,2	25,90	135,12	7,12
7	1813,2	30,22	135,13	7,13

ნახ. 31 და 32 ნახვენებია ეკონომიზერიდან გამოსული წყლის ტემპერატურის ცვლილება დროის მიხედვით, როცა მყისიერად მოხდა ეკონომიზერში შესვლაზე გაზების ტემპერატურის მომატება 30 გრადუსით.

ნახ. 33 ნახვენებია ეკონომიზერიდან გამოსული წყლის ტემპერატურათა სხვაობის (ათვლილი სტატიკური რეჟიმის შესაბამისი

სიდიდიდან) ცვლილება დროის მიხედვით, როცა მყისიერად მოხდა ეკონომიზერში შესვლაზე გაზების ტემპერატურის მომატება 30 გრადუსით.

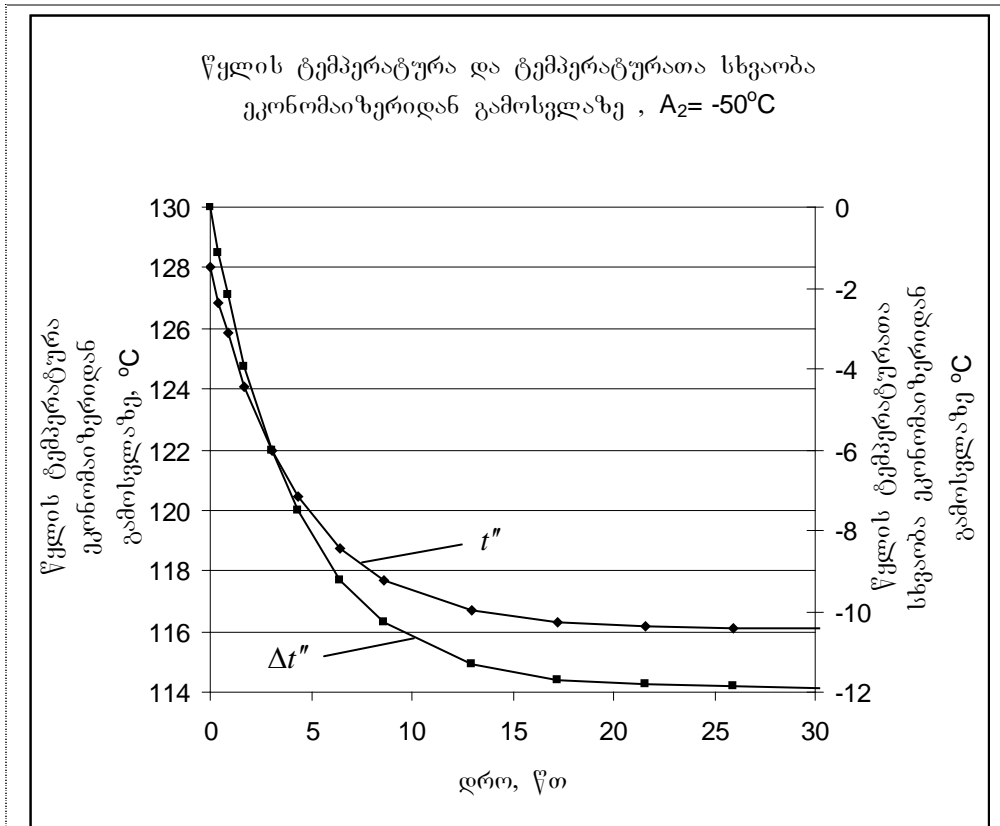




ცხრილში 5. მოცემულია მონაცემები ეკონომიაზერიდან გამოსული წყლის ტემპერატურის და ტემპერატურათა სხვაობის დროის მიხედვით ცვლილების შესახებ, როცა მყისიერად მოხდა ეკონომიაზერში შესვლაზე გაზების ტემპერატურის შემცირება 50 გრადუსით. იგივე დამოკიდებულება მოცემულია ნახაზზე (ნახ.34).

ცხრ.5

$A_1 = 0; A_2 = -50$ გრად.; $A_3 = 0$ ., $T=259.03$ წმ		
$aT$ , წმ	$t''$ , °C	$\Delta t''$ , °C
0	128	0
0,43	126,87	-1,13
0,86	125,84	-2,16
1,73	124,07	-3,93
3,02	122	-6
4,32	120,47	-7,53
6,48	118,75	-9,25
8,63	117,71	-10,29
12,95	116,69	-11,31
17,27	116,32	-11,68
21,59	116,18	-11,82
25,90	116,13	-11,87
30,22	116,11	-11,89



ნახ.34. წყლის ტემპერატურა და ტემპერატურათა სხვაობა 1.

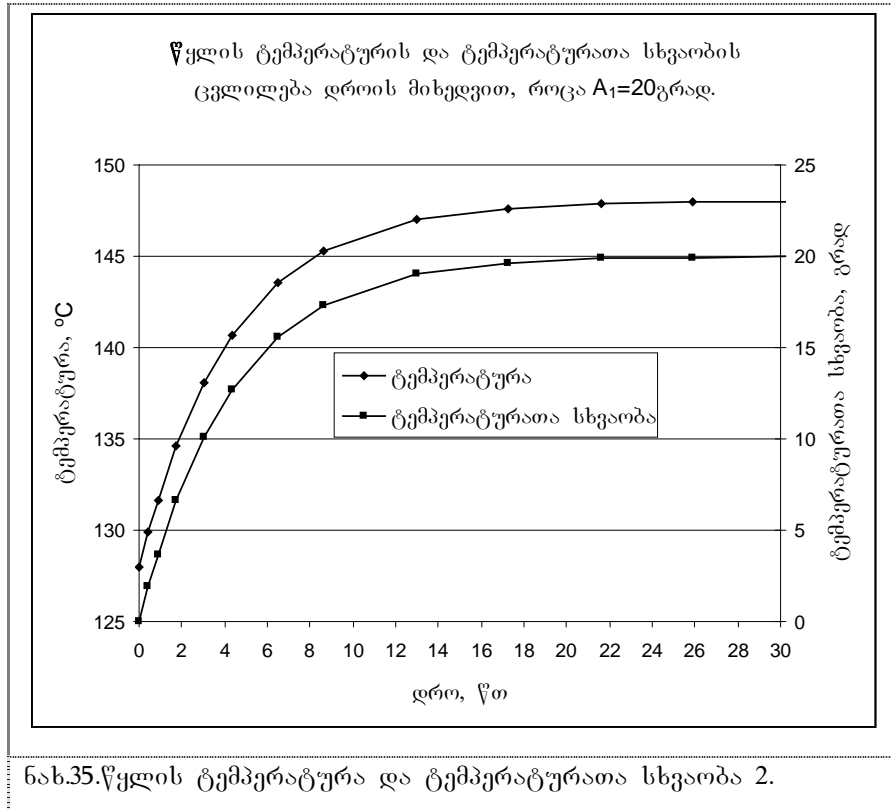
ცხრილში 6. მოცემულია მონაცემები ეკონომიზერიდან გამოსული წყლის ტემპერატურის და ტემპერატურათა სხვაობის დროის მიხედვით ცვლილების შესახებ, როცა მყისიერად მოხდა ეკონომიზერში შესვლაზე წყლის ტემპერატურის გაზრდა 20 გრადუსით.

იგივე დამოკიდებულება მოცემულია გრაფიკზე (ნახ.35)

ცხრ.6.

$A_1 = 20$ გრად, $A_2 = 0$ ; $A_3 = 0$ ., $T=259.03$ წმ		
$aT$ , წთ	$t''$ , °C	$\Delta t''$ , °C
0	128	0
0,43	129,9	1,9
0,86	131,63	3,63
1,73	134,6	6,6
3,02	138,07	10,07
4,32	140,65	12,65
6,48	143,54	15,54
8,63	145,3	17,3
12,95	147	19
17,27	147,64	19,64
21,59	147,87	19,87
25,90	147,95	19,95
30,22	147,98	19,98

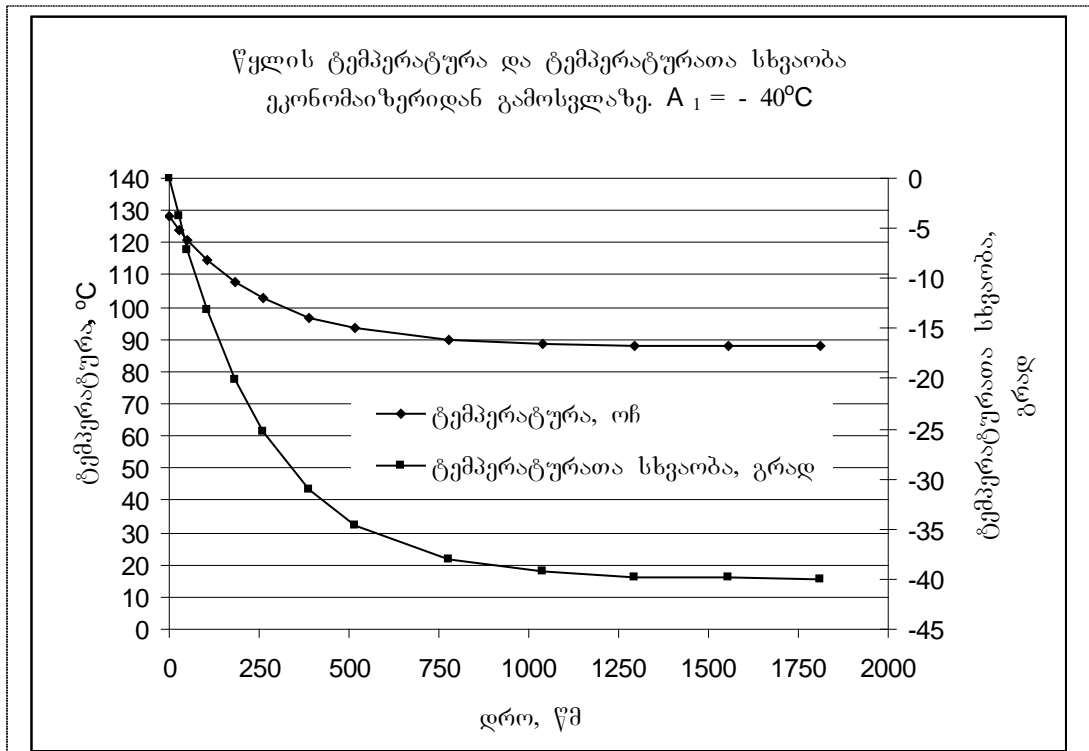




ცხრილში 7. მოცემულია მონაცემები ეკონომიზერიდან გამოსული წყლის ტემპერატურის და ტემპერატურათა სხვაობის დროის მიხედვით ცვლილების შესახებ, როცა მყისიერად მოხდა ეკონომიზერში შესვლაზე წყლის ტემპერატურის შემცირება 40 გრადუსით. იგივე დამოკიდებულება მოცემულია გრაფიკზე (ნახ.36)

ცხრ.7.

$A_1 = -40$ გრად, $A_2 = 0$ ; $A_3 = 0$ ., $T=259.03$ წმ		
$aT$ , წთ	$t''$ , °C	$\Delta t''$ , °C
0	128	0
0,43	124,19	-3,81
0,86	120,75	-7,25
1,73	114,81	-13,19
3,02	107,85	-20,15
4,32	102,71	-25,29
6,48	96,92	-31,08
8,63	93,41	-34,59
12,95	89,99	-38,01
17,27	88,73	-39,27
21,59	88,27	-39,73
25,90	88,1	-39,9
30,22	88,04	-39,96

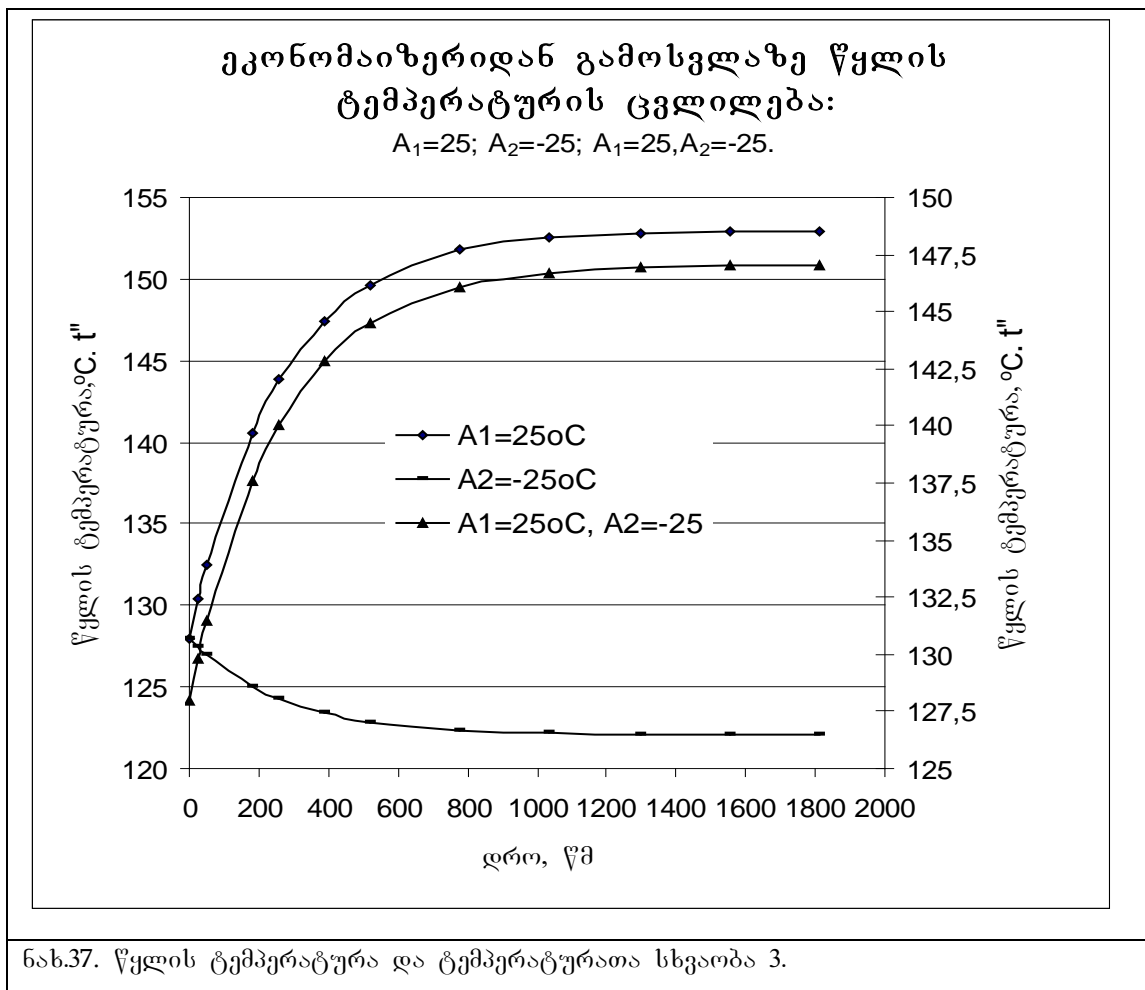


ნახ.36. წყლის ტემპერატურა და ტემპერატურათა სხვაობა 3.

ეკონომიზერიდან გამოსვლაზე წყლის ტემპერატურის ცვლილება, როცა ერთდროულად ადგილი აქვს “შეშფოთებას” ეკონომიზერში შესვლაზე წყლის ტემპერატურის და ნამწვი გაზების ნახტომისებრი ცვლილებებით  $A_1=25^{\circ}\text{C}$  და  $A_2=-25^{\circ}\text{C}$ , ნაჩვენებია ცხრილში 8, ხოლო შესაბამისი გრაფიკები ნახ. 37-ზე.

დრო, წმ	$A_1=25^{\circ}\text{C}, A_2=-25^{\circ}\text{C}$	$A_1=25^{\circ}\text{C}$	$A_2=-25^{\circ}\text{C}$
	$t^{\circ}, ^{\circ}\text{C}$		
0	128	128	128
25,9	129,81	130,38	127,43
51,8	131,46	132,53	126,92
181,3	137,59	140,59	125
259,0	140,05	143,81	124,24
388,5	142,8	147,43	123,38
518,1	144,47	149,62	122,85
777,1	146,1	151,76	122,35
1036,1	146,7	152,54	122,16
1295,2	146,92	152,83	122,09
1554,2	147	152,94	122,06
1813,2	147,03	152,98	122,05

ცხრ.8



ნახ.37. წყლის ტემპერატურა და ტემპერატურათა სხვაობა 3.

როგორც 37 ნახაზიდან ჩანს ეკონომიზერში შესვალზე წყლის ტემპერატურის 25 გრადუსით ნახტომისებრად მომატების დროს, ეკონომიზერიდან გამოსვლაზე წყლის ტემპერატურა იზრდება, ხოლო ეკონომიზერში შესვალზე ნამწვი გაზების ტემპერატურის იგივე 25 გრადუსით შემცირების დროს ეკონომიზერიდან გამოსვლაზე წყლის ტემპერატურა მცირდება. ამასთან ერთად პირველ შემთხვევაში, მეორე შემთხვევასთან შედარებით ტემპერატურის ცვლილების სიჩქარე უფრო მაღალია. ე.ი. პროცესის “შეშფოთებაზე” წყლის ტემპერატურის ცვლილების გავლენა უფრო მნიშვნელოვანია, ვიდრე ნამწვი გაზების ტემპერატურის ცვლილება.

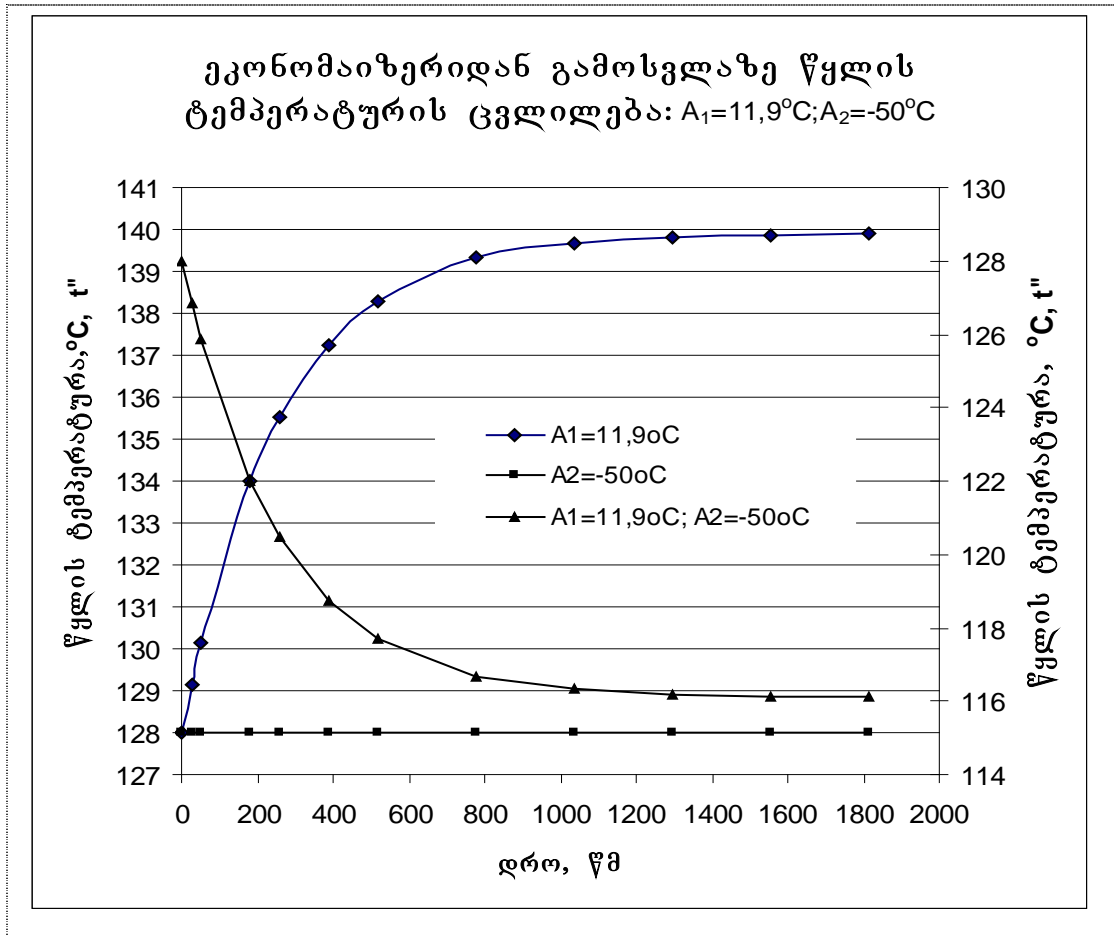
ნახ.37-ზე ნაჩვენებია აგრეთვე ეკონომიზერიდან გამოსვლაზე წყლის ტემპერატურის რეზულტატური ცვლილება გამოწვეული ერთდროულად ორივე სახის “შეშფოთებების” გავლენით.

ერთიდაიგივე მიმართულებით მომქმედი “შეშფოთებები” გარდამავალ პროცესს აძლიერებენ და პირიქით შემთხვევებში კი ასუსტებენ. ცხრ. 9-ში მოყვანილია შემთხვევა, როცა ორი სხვადასხვა “შეშფოთება” საწინააღმდეგო ნიშნისაა და ამასთან ერთად მათი რიცხვითი მნიშვნელობები ისეთია, რომ რეზულტატური “შეშფოთება” ნულის ტოლია. კონკრეტულად ( 12 ) ფორმულით გაანგარიშებული მონაცემებია: ეკონომიზერში შესვლაზე წყლის ტემპერატურის ცვლილებაა  $A_1=11.9\text{ }^{\circ}\text{C}$  და ეკონომიზერში შესვლაზე ნამწვი გაზების ტემპერატურის შესაბამისი ცვლილებაა  $A_2=-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

დრო,წმ	$A_1=11,9; A_2=-50$	$A_1=11,9$	$A_2=-50$
	$t, \text{ }^{\circ}\text{C}$		
0	128	128	128
25,9	128	129,13	126,87
51,8	128	130,16	125,84
181,3	128	133,99	122,01
259,0	128	135,53	120,47
388,5	128	137,25	118,75
518,1	128	138,29	117,71
777,1	128	139,31	116,69
1036,1	128	139,68	116,32
1295,2	128	139,82	116,18
1554,2	128	139,87	116,13
1813,2	128	139,89	116,11

ცხრ.9

ნახ. 38-ზე წარმოდგენილია შემთხვევა, როცა ორი სხვადასხვა “შეშფოთება” საწინააღმდეგო ნიშნისაა და ამასთან ერთად მათი რიცხვითი მნიშვნელობები ისეთია, რომ რეზულტატური “შეშფოთება” ნულის ტოლია. კონკრეტულად: ეკონომიზერში შესვლაზე წყლის ტემპერატურის ცვლილებაა  $A_1=11.9\text{ }^{\circ}\text{C}$  და ეკონომიზერში შესვლაზე ნამწვი გაზების ტემპერატურის შესაბამისი ცვლილებაა  $A_2=-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . ასეთ შემთხვევაში ეკონომიზერიდან გამოსვლაზე წყლის ტემპერატურა ორივე “შეშფოთების” გავლენით უცვლელია.



ნახ.38. წყლის ტემპერატურა და ტემპერატურათა სხვაობა 4.

**3.4. ქვაბის წყლის ეკონომიზერის გარდამავალი რეჟიმების გაანგარიშების ფრაგმენტი პროგრამა ექსელ-ში**

ქვაბის წყლის ეკონომიზერის გარდამავალი რეჟიმების გაანგარიშების ალგორითმის მიხედვით შერჩეულია საწყისი მონაცემები თუჯის ეკონომიზერისათვის: წყლის ეკონომიზერის ხურების ფართი, წყლის და გაზების ტემპერატურები ეკონომიზერში შესვლაზე და გამოსვლაზე სტატიკური რეჟიმის დროს, წყლის რაოდენობა ეკონომიზერში, ეკონომიზერის შიგა და გარე დიამეტრები. გაანგარიშებულია: თბოგადაცემის კოეფიციენტი გაზებიდან წყალზე, წყლის ხარჯი ეკონომიზერში, წყლის მიერ მიღებული სითბური სიმძლავრე, კოეფიციენტები  $a_1, a_2, a_3, A_1, A_2, A_3$ , დროის მუდმივა  $T$  და საბოლოოდ ეკონომიზერიდან გამოსვლაზე წყლის ტემპერატურა გარდამავალი რეჟიმების დროს.  $t''$ .

ცხრ. ///გარდამავალი პროცესების გაანგარიშების ფრაგმენტი

	წყლის ეკონომიაზერის ხურების ფართი	298,6	მ <sup>2</sup>
	[42,43,44] თბოგაც. კოეფ. მილთა ჭადრაკული კონის გარსდენის დროს	19,1	ვტ/მ2/К
	თბოგაცემის კოეფიციენტი გამოსხივებით	3,26	ვტ/მ2/К
	თბოგადაცემის კოეფიციენტი გაზებიდან წყალზე	21	ვტ/მ2/К
	წყლის ტემპერატურა ეკონომიაზერში შესვლაზე	100	°C
	წყლის ტემპ. ეკონომიაზერიდან გამოსვლაზე	128	°C
	გაზების ტემპ. ეკონომიაზერში შესვლაზე	239	°C
	გაზების ტემპ. ეკონომიაზერიდან გამოსვლაზე	140	°C
	წყლის ხარჯი ეკონომიაზერში იგივე	3,89 14011,2	კმ/წმ კგ/სთ
[10]	წყლის რაოდენობა ეკონომიაზერში	814,3	კმ
	წლის მიერ მიღებული სითბური სიმძლავრე	457	კვტ
	a1	16,31	კვტ/К
	a2	3,14	კვტ/К
	a3	3412,0	კვტ/К
	დროის მუდმივა $a_3/(a_1-a_2)$	259,03	წმ
	A1	20	°C

A2	0	°C
t'gaz	239	°C
A3	0	°C
მამრავლი	1813,2 0,99909	წმ
delta t "	19,98	°C
t "	147,98	°C
ეკონომიზერის დიამეტრი შიგა იგივე	60 0,06	მმ მ
ეკონომიზერის დიამეტრი გარე	76	მმ
სიგრძე მიღების რაოდენობა	3 101	მ ცალი
ეკონომიზერის შიდა სივრცე წყლისათვის	0,8563	მ3
წყლის სიმკვრივე	951	კგ/მ3
წყლის მასა	814,3	კგ

### **დანართი**

დანართ დ.1.- ში მოყვანილია თბოგენერატორების უსაფრთხო და ეკონომიკური ექსპლუატაციისათვის შედგენილი კითხვარი, რომელიც მოიცავს თბოგენერატორის არმატურას, ხელსაწყოებს და მკვებავი მოწყობილობებს.

დანართ დ.2.- ში მოცემულია დამუშავებული სასწავლო და საგამოცდო ალგორითმების მიხედვით VISUAL BASiC-ში შესრულებული ნიმუშები.

## ძირითადი დასკვნები

1. წყლის ეკონომიზერის მუშაობის გარდამავალი რეჟიმების დასახასიათებლად, პროცესის მათემატიკური მოდელირების გზით, მიღებულია ეკონომიზერიდან გამოსული წყლის ტემპერატურის დროის მიხედვით ცვლილების საანგარიშო ფორმულა, რომელსაც აქვს ექსპონენტის სახე. მუშაობის გარდამავალი რეჟიმები გამოწვეულია ნამწვი გაზების და ეკონომიზერში შესული წყლის ტემპერატურების ცვლილებებით. მიღებული შედეგებით სარგებლობა აგრეგატების უსაფრთხო და ეკონომიკურ მუშაობის ხელშეწყობის კარგი პირობაა.
2. ქვების დოლის მუშაობის გარდამავალი რეჟიმების დასახასიათებლად პროცესის მათემატიკური მოდელირების გზით, მიღებულია წნევის დროის მიხედვით ცვლილების საანგარიშო ფორმულა. მუშაობის გარდამავალი რეჟიმები გამოწვეულია სათბობის თბოუნარის და მკვებავი წყლის ტემპერატურის ცვლილებებით. მიღებული შედეგებით სარგებლობა აგრეგატების უსაფრთხო და ეკონომიკურ მუშაობის ხელშეწყობის კარგი პირობაა.
3. ნაშრომში განხილულია საცეცხლე, როგორც თბოგენერატორის ქვესისტემა, სათბობის (მყარი, თხევადი და აირადი) მოსამზადებელი და საცეცხლეში მისაწოდებელი ელემენტებით. გაანალიზებულია ფეთქებად-საშიში გაზების კონცენტრაციები და შესაძლო აფეთქებების აცილების ღონისძიებები.
4. განხილულია წყლის დონის მაჩვენებელი ხელსაწყოების გაუმართაობები: საჩვენებელი მინა გადავსებულია წყლით; წყლის დონე ნორმალურზე რამდენადმე მეტია; წყნარი დონე; დონის უმნიშვნელო რყევა; წყლის, ან ორთქლის “გაპარვა” ხელსაწოდან; მაჩვენებელი მინის გატეხვა. გაანალიზებულია დაზიანების მიზეზები და შესაბამისი პროფილაქტიკური ღონისძიებები.



5. განხილულია მცველი სარქველების გაუმართაობები: მცველი სარქველი არ იღება; იღება დაგვიანებით; იღება ძალიან ადრე. შესრულებულია გაუმართაობების მრავალი მიზეზის დიფერენცირება და დასახულია შესაბამისი პროფილაქტიკური ღონისძიებები.
6. შედგენილია თბოგენერატორების უაგარიო და ეკონომიკური მუშაობის უზრუნველსაყოფად სასწავლო-საგამოცდო კითხვარი, რომელიც აპრობირებულია შპს საქართველოს ენერჯეტიკული კორპორაციის თბოელექტროსადგურში მომსახურე პერსონალის პროფესიული კვალიფიკაციის ამაღლების მიზნით.

## ლიტერატურა

1. Павлов И.И., Федоров М.Н., Котельные установки и тепловые сети. Москва, Стройиздат, 1986 стр-232.
2. Фингер Е.Д., Бойко Г.Г., Авдеева А.А., Трёмбовля В.И., Методика испытаний котельных установок. Издательство. Энергия. стр-287.
3. Лифшиц О.В., Справочник по водоподготовке котельных установок малой мощности. Энергия. Москва 1969. стр-142.
4. Кондратьев Г.М. Тепловые измерения. Москва 1967 Ленинград. стр-220.
5. Баранов П.А. Предупреждение аварий паровых котлов. Москва энергоатомиздат 1991. стр-271.
6. Мясковский И.Г. Тепловой контроль и автоматизация тепловых процессов. Москва. Машиностроение. 1978. стр-207.
7. Сосновский А.Г., Столярова Н.И. Измерение температур. Москва-1970. стр-257.
8. Нестеров Н.П., Наладка приборов теплоэнергетического контроля. Издательство машиностроение. Ленинград-1971. стр-253.
9. Щеголев М.М., Гусев Ю.Л., Иванова М.С., Котельные установки. Издательство литературы по строительству, Москва-1972. стр-383.
10. Эстеркин Р.И., Противо-аварийные тренировки в производственно-отопительных котельных. Ленинград Энергоатомиздат, Ленинградское отделение. 1990. стр-245.
11. Рябов П.И., Передвижные паровые котлы. Энергия. Москва 1971. стр-318.
12. Равич М.Б., Упрощенная методика теплотехнических расчетов. Издательство академии наук ссср. Москва 1961. стр-303.
13. კიღურაძე ო., ნადარეიშვილი ს., ხიღაშვილი ა., გოგოღაძე მ., მეღუა ს., პატარიძე ე., კეჟურაძე ნ. ქართული თარგმანი “განათღება”, 1979. გვ-
14. ყიფშიძე მ., ჯიშკარიანი თ., არაბიძე გ., ახაღაია გ. საქვაბე დანადგარები. თბიღისი 2000. გვ-
15. კიღურაძე ო. ლაბორატორიული პრაქტიკული ტექნოლოგიურ გაზომვებსა და ხეღსაწყოებში. ვ. ი. ლენინის სახ. პოღიტექნიკური ინსტიტუტი. თბიღისი 1979. გვ-72.
16. კიღურაძე ო. საქვაბე აგრეგატების თბოტექნიკური გამოცღა(ღამხმარე სახეღმდღვანეღ). თბიღისი 1982. გვ-79.
17. არაბიძე გ., გუღიაშვიღი მ., კიღურაძე ო., ლომიძე ი., ჯიშკარიანი თ. ენერგოაუღიტი სამრეწვეღო სექტორში. ტექნიკური უნივერსიტი. თბიღისი.2011. გვ-275.

18. მიქიაშვილი თ. ენერგოაუდიტი. ტექნიკური უნივერსიტეტი.თბილისი 2010. გვ-217.
19. ლოსაბერიძე ა. თბოტექნიკური გაზომვები და თბური პროცესების ავტომატიზაცია, I ნაწილი. “განათლება”, თბილისი-1977. გვ-258.
20. ლოსაბერიძე ა., თბოტექნიკური გაზომვები და თბური პროცესების ავტომატიზაცია, II ნაწილი. გამომცემლობა “განათლება”, თბილისი-1979. გვ-318.
21. ლომინაძე შ., ყიფშიძე მ., ჩიტაშვილი გ., ენერგეტიკული დანადგარები. გამომცემლობა“განათლება”. თბილისი-1987. გვ-416.
22. ფანცხავა ე. “ორთქლის ქვაბების დოლისა და საცირკულაციო კოლექტორების უსაფრთხო მუშაობა”, ჟურნალი “ენერჯია”, 2012წ.№1(61). 7 გვ.
23. ფანცხავა ე., კიღურაძე ო., “ქვაბის დოლში მიმდინარე პროცესების მათემატიკური მოდელირება”, ჟურნალი “მშენებლობა”, 2012წ.№1(24). 6გვ.
24. ფანცხავა ე., ჩხიკვაძე თ., კიღურაძე ო., , “ორთქლის გენერატორების ავარიების აცილების სიტუაციური ვარჯიშების კომპიუტერული მოდელირება”. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია, “ენერგეტიკა: რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები”. ა. წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი. 21-22 მაისი, 2010 წ. ქუთაისი, საქართველო. მოხსენების კრებული. 3 გვ.
25. ფანცხავა ე., ჩხიკვაძე თ., ტესტირების პროგრამა საგანში” საავარიო სიტუაციების აცილება თბოდანადგარებში”(სადემონსტრაციო ნაწილი).საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სტუდენტთა №79 ღია საერთაშორისო კონფერენცია. კონფერენციის დასკვნით ეტაპში გამარჯვებული სტუდენტების ნაშრომთა თეზისების კრებული. თბილისი 2011წ. 1 გვ.
26. ფანცხავა ე., გუდიაშვილი მ., “თბოგენერატორის ტექნიკურ-ეკონომიკური მახასიათებლები”. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. ქალი და XXI საუკუნე. თბილისი-2011წ. 2 გვ.
27. ფანცხავა ე., ჩხიკვაძე თ., კიღურაძე ო., “თბოგენერატორების საცეცხლე მოწყობილობების უსაფრთხო მუშაობა”, ჟურნალი “ენერჯია”, 2011წ.№3(59). 6 გვ.
28. Кузнецов Н.Д., Чистяков В.С., Сборник и вопросов по теплотехническим измерениям и приборам. Москва энергоатомиздат 1985. стр-323.
29. Бурдун Г.Д., Марков Б.Н. Основы метрологии. Издательство стандартовб Москва-1972. стр-317.
30. Киселев Н.А. Устройство и эксплуатация котлов и котельного оборудования. Москва-высшая школа. 1976. стр-231.

31. Гусев Ю.Л. Основы проектирования котельных установок. Госстройиздат, 1967. стр-265.
32. Стырикович М.А., Катковская К.Я., Серов С.Н. Котельные агрегаты. Госэнергоиздат, 1959. стр-342.
33. Зах Р.Г. Котельные установки. „Энергия,, 1961. стр-217.
34. Филипов Н.Д. Паровые котлы малой мощности котлы- утилизаторы и вспомогательное оборудование котельных. каталог-справочник. Госинти, 1965. стр-276.
35. Кибрик П.С. и Либерман Г.Р. Эксплуатация котельных установок небольшой производительности. „Энергия,, 1969. стр-289.
36. Кибрик П.С., Либерман Г.Р. Памятка, Машиниста(кочегара) парового котла. Издательство „энергия,, Москва 1965. стр-119.
37. Миндин М.Б., Непомнящий И.Б. Монтаж приборов измерения расхода жидкости и газа. Москва „энергия,, 1977. стр-96.
38. Кузьменко Д.Я. Автоматическое регулирование и технологические защиты паровых котлов. „энергия,, Москва 1970. стр-118.
39. Вергазов В.С., Спутник кочегара. Издательство литературы по строительству. Москва 1968. стр-182.
40. Либерман Г.Р., Предупреждение аварий и неполадок котельного оборудования.-2-е изд, перераб. и доп. М:Стройиздат, 1966. стр-232.
41. Акользин П.А. Предупреждение коррозии металла паровых котлов. М:энергия, 1975. стр-187.
42. Блох А.Г., Тепловое излучение в котельных установках. „энергия,, 1967. стр-253.
43. Смирнов В.П., Руководство для кочегара, Госэнергоиздат, 1959. стр-182.
44. Шорин С.Н., Руководство для кочегара, Госэнергоиздат, 1953. стр-118.
45. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов. М:Энергоатомиздат, 1989. стр-287.
46. Шкроб М.С., Вульфсон В.И., Водоподготовка, водный режим и химконтроль на паросиловых установках. выпуск 6. Москва „энергия,, 1978. стр-231.
47. Алесинская Т.В. Основы логистики. Учебное пособие. Таганрог. 2005. стр. 285
48. მაჭარაძე თ., წვერაძე ზ. “ინფორმაციის საფუძვლები. ინფორმაცია და კომპიუტერები, ალგორითმიზაცია, დაპროგრამება, VISUAL BASIC.” ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი-2003წ. გვ-320.

## დანართი

დანართი 1. თბოგენერატორების უსაფრთხო ექსპლუატაციის წესების (არმატურა, ხელსაწყოები და მეგებაგი მოწყობილობები) კითხვარი

### ქვეთემა - მცველი სარქველები

001. ქვების ელემენტის შიგა მოცულობა შემოსახდრული ჩამკეტი ორგანოებით, უნდა იყოს დაცული:

მცველი მოწყობილობით წნევაზე

ხარჯსაზომით

ტემპერატურის მზომით

002. სად ხდება ჩამკეტი ორგანოებით შემოსახდრული ქვების ელემენტის შიგა მოცულობიდან საჭიროების შემთხვევაში მუშა სხეულის გაშვება:

მხოლოდ ატმოსფეროში

მხოლოდ უტილიზაციის სისტემაში

ატმოსფეროში ან უტილიზაციის სისტემაში

003. რა ტიპის მცველი სარქველები უნდა დაყენდეს ორთქლის ქვაბებზე, სადაც წნევა 4 მგპ-ზე (40 კგძ/სმ<sup>2</sup>) –ზე მეტია

იმპულსური

ზამბარიანი

ბერკეტიანი

004. თითოეულ ორთქლის ქვაბზე, ეკონომიზერზე, ორთქლგადამსურებელზე, რომლებიც მუშა სხეულის მხრიდან გათიშვადია, უნდა დაყენდეს მცველი სარქველი:

არანაკლები ორისა

ორი

მხოლოდ ერთი

005. იმპულსური სარქველის მთავარ მცველ იმპულსურ სარქველთან შემაერთებელი მილაკის პირობითი გასასვლელის დიამეტრია:

არანაკლები 15 მმ

ნაკლები 15 მმ-ზე

ნაკლები 10 მმ-ზე

006. ორთქლის ქვაბზე დაყენებული მცველი მოწყობილობის ჯამური გამტარებლობა უნდა იყოს:

ქვების ნომინალურ საათურ მწარმოებლობის ტოლი

ქვების ნომინალურ საათურ მწარმოებლობაზე დამოუკიდებელი

ქვების ნომინალურ საათურ მწარმოებლობაზე დაბალი

007. ბუნებრივი ცირკულაციით მომუშავე (ორთქლგადამსურებლის გარეშე) ორთქლის ქვაბებზე მცველი მოწყობილობები უნდა დაყენდეს:

ზედა დოლზე ან ორთქლსაშრობზე

საცირკულაციო სისტემის კოლექტორზე

ქვედა დოლზე (არსებობის შემთხვევაში)

008. პირდაპირი დინების ორთქლის ქვაბებზე, ასევე იძულებითი ცირკულაციით მომუშავე ქვაბებზე მცველი მოწყობილობები უნდა დაყენდეს:

გამოსასვლელ კოლექტორებზე ან გამოსასვლელ ორთქლის მილზე შესასვლელ კოლექტორზე  
არ არის საჭიროება

009. შუალედურ ორთქლგადამხურებლებზე ყველა ტიპის მცველი მოწყობილობა ყენდება:

ორთქლის გამოსასვლელზე  
ორთქლის მიწოდების (შესვლის) მხრიდან  
შუალედური ორთქლგადამხურებლის შუა ნაწილში

010. გამორთვად ეკონომიზერზე ყენდება:

არა ნაკლები თითო მცველი მოწყობილობისა წყლის შესვლისა და გამოსვლის მხარეს.

მხოლოდ წყლის შესვლაზე  
მხოლოდ წყლის გამოსვლაზე

011. ქვაბის გამოურთვად ორთქლგადამხურებელის გამოსასვლელ კოლექტორზე ყენდება მცველი სარქველების ისეთი რაოდენობა, რომ მათი გამტარუნარიანობა არ უნდა იყოს მთლიანად ქვაბზე დაყენებული სარქველების ჯამური გამტარუნარიანობის:

50%-ზე ნაკლები  
30%-ზე ნაკლები  
20%-ზე ნაკლები

012. 4 მკპ (40 კგ/სმ<sup>2</sup>) მეტი მუშა წნევით მომუშავე ორთქლის ქვაბებზე გამოურთვადი ორთქლგადამხურებლზე იმპულსური მცველი სარქველები უნდა დაყენდეს:

გამოსასვლელ კოლექტორზე ან კიდევ ორთქლსადენზე მთავარ ჩამკვეტ ორგანომდე  
შესასვლელ კოლექტორზე ან კიდევ ორთქლსადენზე მთავარ ჩამკვეტ ორგანოს შემდეგ  
მხოლოდ გამოსასვლელ კოლექტორზე

013. ტურბინის მაღალი წნევის ცილინდრის (მწც) შემდეგ უნდა დაყენდეს მცველი სარქველები, რომელთა გამტარუნარიანობა ნაკლები არ უნდა იყოს შუალედურ ორთქლგადამხურებლზე მიწოდებული ორთქლის:

მაქსიმალურ რაოდენობაზე  
მინიმალურ რაოდენობაზე  
50%-ზე

014. ენერგეტიკულ ბლოკებზე, რომელთაც აქვთ შუალედური ორთქლის გადამხურებელი, თუ მაღალი წნევის ცილინდრის (მწც) შემდეგ არსებობს გამთიშველი არმატურა აუცილებელია თუ არა დამატებითი მცველი სარქველების დაყენება:

აუცილებელია  
არ არის აუცილებელი  
წყვეტს სარემონტო სამსახური

013. მცველმა სარქველებმა ქვაბი, ორთქლგადამახურებელი და ეკონომიზური უნდა დაიცვას, რომ მათში არ მოხდეს დასაშვებზე მეტად წნევის გაზრდა

10%-ის ზევით

20%-ს ზევით

30%-ს ზევით

014. მცველი სარქველისა და დასაცავი ელემენტის შემაერთებელი მილსადენიდან ან მილაკიდან მუშა სხეულის (წყლის ან ორთქლის) ართმევა:

არ შეიძლება

შეიძლება

გარკვეულ პირობებში შეიძლება

015. მცველი მოწყობილობა უნდა დაყენდეს მილზე ან მიმყვან მილსადენზე, რომელიც დამცავ მოწყობილობას აერთებს დასაცავ ელემენტთან და რომლის წინაღობა არ უნდა აღემატებოდეს სარქველის გახსნის წნევის

3%-ს

10%-ს

20%-ს

016. 6.2.18. სარქველთან ორთქლის მიმყვანზე და იმპულსური მცველი მოწყობილობის მთავარი სარქველისა და იმპულსური სარქველის შემაერთებელ ორთქლსადენზე ჩამკეტი ორგანოს დაყენება:

არ შეიძლება

შეიძლება

აუცილებელია

017. იმპულსურ მცველ მოწყობილობა უნდა ჰქონდეს შესაძლებლობა, რომელიც უზრუნველყოფს:

მართვის ფარიდან დისტანციურად სარქველის იძულებით გახსნას

სარქველის გათიშვას სქემიდან

სარქველის გდართვას სხვა სქემაში

018. მცველი სარქველების წყალსარინ მილზე და გადასადვრელ ხაზზე ჩამკეტი ორგანოს დაყენება:

არ შეიძლება

შეიძლება მხოლოდ წყალსარინ მილზე

შეიძლება მხოლოდ გადასადვრელ ხაზზე

**ქვეთემა - წყლის დონის მაჩვენებელი**

019. ორთქლის ყველა ქვაბზე ვარდა წინდენითი (პირდაპირი დინებისა) ქვაბებისა უნდა იყოს წყლის დონის მაჩვენებელი:

არა ნაკლები ორი პირდაპირი მოქმედების

არა ნაკლები სამი პირდაპირი მოქმედების

ერთი პირდაპირი მოქმედების და დამატებით სათადარიგოდ ერთი

არაპირდაპირი მოქმედების

020. წყლის დონის თითოეული მაჩვენებელი მიერთებულია ქვაბის დოლთან:

დამოუკიდებლად

ორი ხელსაწყო გაერთიანებულია 50 მმ შიგა დიამეტრის მილით

ორი ხელსაწყო გაერთიანებულია 25 მმ შიგა დიამეტრის მილით

021. წყლის დონის თითოეული მაჩვენებელი მიერთებულია ქვაბის დოლთან:

ორი ხელსაწყო გაერთიანებულია არანაკლები 70 მმ შიგა დიამეტრის მილით

ორი ხელსაწყო გაერთიანებულია არანაკლები 50 მმ შიგა დიამეტრის მილით

ორი ხელსაწყო გაერთიანებულია არანაკლები 25 მმ შიგა დიამეტრის მილით

0.22. შეიძლება თუ არა პირდაპირი მოქმედების წყლის დონის მაჩვენებელთან, მის შემაერთებელ მილთან ან მილყელთან სხვა ხელსაწყოს მიერთება:

არ შეიძლება

შეიძლება

გადაწვევებილებას ღებულობს სარემონტო პრიგადა

023. 4მგპ-დე (40 კგ/სმ<sup>2</sup>)-მდე მუშა წნევით მომუშავე ორთქლის ქვაბებისათვის პირდაპირი მოქმედების წყლის დონის მაჩვენებელში გამოიყენება:

მხოლოდ გლუვი გამჭირვალე ფირფიტები

მხოლოდ ორმხრივ გლუვი ზედაპირის მქონე ფირფიტები

რთგორც ღარული, ასევე გლუვი ზედაპირის მქონე გამჭირვალე ფირფიტები

024. წყლის დონის მაჩვენებელი უნდა იყოს დაყენებული :

ვერტიკალურად, ან მაქსიმუმ არა უმეტეს 30<sup>0</sup>-ნი დახრით

მხოლოდ ვერტიკალურად

მხოლოდ დახრით არა უმეტეს 10<sup>0</sup>-ნი დახრით

025. აუცილებლად გააჩნია თუ არა 4 მგპ (40 კგ/სმ<sup>2</sup>) და მეტი წნევით მომუშავე ქვაბებზე დაყენებულ წყლის დონის მაჩვენებელს დამცავი გარსაცმი:

არ გააჩნია

გადაწვევებილებას ღებულობს სარემონტო სამსახური

გააჩნია

026. უნდა ქონდეს თუ არა ჩამკეტი არმატურა (ონკანი ან ვენტილი), წყლის დონის მაჩვენებელს:

უნდა ქონდეს, რომ შესაძლებელი იყოს მისი ქვაბიდან გამორთვა და მისი გაქრევა

არ არის აუცილებელი

გადაწვევებილებას ღებულობს სარემონტო სამსახური

027. თუ ქვაბის დოლში წნევა 4,5 მგპ-ზე (45 კგ/სმ<sup>2</sup>) მეტია წყლის დონის მაჩვენებელს უნდა ეყენოს:

ორი თანმიმდევრობით დაყენებული ჩამკეტი ორგანო ერთ-ერთი მათგანი სწრაფმომქმედი

ორი თანმიმდევრობით დაყენებული ორგანო ერთ-ერთი მათგანი

კონუსური საცობით

ერთი კონუსური საცობით

028. რის გათვალისწინებაა საჭირო რამოდენიმე ცალკეული წყლის დონის მაჩვენებელი ფირფიტისაგან შედგენილი წყლის დონის ხელსაწყოს დაყენების დროს:

ისინი ისე უნდა იყოს განლაგებული, რომ ქვაბში წყლის დონის

ჩვენება იყოს მუდმივი, განუწყვეტელი.



ისე უნდა განლაგდეს, რომ არ მოხდეს მათი ჩვენებების დადაფარვა

განლაგებას მნიშვნელობა არ აქვს

029. თუ დაშორება ადგილიდან, საიდანაც ხდება წყლის დონის მაჩვენებელზე დაკვირვება 6 მ-ზე მეტია უნდა დაყენდეს:

ორი დისტანციური დაწეული წყლის დონის მაჩვენებელი

ერთი დისტანციური დაწეული წყლის დონის მაჩვენებელი

ქვაბის დოლზე დამატებით ერთი პირდაპირი ქმედების წყლის დონის მაჩვენებელი

030. დაწეული ან დისტანციური წყლის დონის მაჩვენებელი უნდა შეუერთდეს ქვაბის დოლს:

ცალკე დამოუკიდებელი მილყელით, ნაკადის დამაწყნარებელი მოწყობილობით

სხვა პირდაპირი ქმედების წყლის დონის მაჩვენებლის საშუალებით

ცალკე დამოუკიდებელი მილყელით

### **ქვეთემა - მანომეტრები**

031. მანომეტრი დგება ქვაბის დოლზე და თუ ქვაბს აქვს ორთქლგადამახურებელი:

ორთქლგადამახურებლის შემდეგ მთავარ ურდულამდე

ორთქლგადამახურებლის შემდეგ მთავარ ურდულის შემდეგ

ორთქლგადამახურებლამდე

032. მანომეტრი დგება თითოეულ ორთქლის ქვაბის წყლით მკვებაგ ხაზზე წყლის მიწოდების მარეგულირებელი ორგანოს:

წინ

შემდეგ

წინ და შემდეგ

033. გამორთვად წყლის ეკონომიზერზე მანომეტრი უნდა დაყენდეს:

წყლის შესასვლელზე ჩამკეტი ორგანოს და მცველი სარქველის

წინ და წყლის გამოსასვლელზე ჩამკეტი ორგანოს და მცველი სარქველის წინ

მხოლოდ წყლის შესასვლელზე ჩამკეტი ორგანოს და მცველი

სარქველის წინ

მხოლოდ წყლის გამოსვლაზე ჩამკეტი ორგანოს და მცველი

სარქველის წინ

034. თუ ქვაბის მუშა წნევა არის 14 მგპ-ზე მეტი (140 კგძ/სმ<sup>2</sup>) მანომეტრების სიზუსტის კლასი უნდა იყოს არა ნაკლები:

1,0

2,5

1,5

035. მანომეტრის სკალა ისე უნდა აირჩეს, რომ მუშა წნევის დროს ისარი უნდა იყოს სკალის -

მესამედის (მეორე) ნაწილში

მესამედის პირველ ნაწილში

მესამედის მესამე ნაწილში

036. მანომეტრის სკალა უნდა იყოს:

ვერტიკალურად ან 30<sup>0</sup>-ზე ნაკლები დახრის კუთხით

მხოლოდ ვერტიკალურად

მხოლოდ 45<sup>0</sup>-ზე დახრის კუთხით

037. ქვაბზე, სადაც წნევა 4 მგა და მეტია მანომეტრის სამსვლიანი ონკანის მაგივრად უნდა იყოს დაყენებული ვენტილი, რომლის დანიშნულებაა:

მხოლოდ ქვაბიდან მანომეტრის გამორთვა, მისი ატმოსფეროსთან შეერთება და სიფონური მილის გაქრევა  
მხოლოდ ქვაბიდან მანომეტრის გამორთვა  
მხოლოდ მისი ატმოსფეროსთან შეერთება და სიფონური მილის გაქრევა

038. მანომეტრების გამოყენება შეიძლება:

თუ მანომეტრზე არსებობს პლომბი და “ნული” ნიშნული წესრიგშია

თუ მანომეტრის შემოწმების დროს ვადა გასული არ აქვს

თუ მანომეტრზე არსებობს პლომბი, დამოწმების დრო და “ნული” ნიშნული წესრიგშია

### **ქვეთემა - ტემპერატურის საზომი ხელსაწყოები**

039. ტემპერატურის საზომი დგება ორთქლგადამხურებლის თითოეულ ორთქლსადენზე:

მთავარ ჩამკეტამდე

მთავარი ჩამკეტის შემდეგ

მთავარ ჩამკეტამდე და მის შემდეგ

040. ორთქლის შუალედური გადამხურებელში ტემპერატურის საზომი უნდა ეყენოს:

ორთქლის შესავალთანა და გამოსავალთანა

მხოლოდ ორთქლის შესავალთან

მხოლოდ ორთქლის გამოსავალთან

041. გადახურებული ორთქლის ტემპერატურა უწყვეტად იზომება (რეგისტრირდება), როცა ქვაბის მწარმოებლობა მეტია:

20 გ/სთ-ში

50 გ/სთ-ში

100 გ/სთ-ში

042. ორთქლის ტემპერატურა 500°C მეტია ორთქლგადამხურებლის კლაკინას გამოსასვლელზე ყენდება:

თითო თერმოწყვილი აირსავალის სიგანის ყოველ მეტრზე

თითო თერმოწყვილი აირსავალის სიგანის ყოველ ორ მეტრზე

თითო თერმოწყვილი აირსავალის სიგანის ყოველ სამ მეტრზე

043. თუ 400გ/სთ-ში და მეტი მწარმოებლობის ქვაბებზე, ორთქლგადამხურებლის კლაკინას გამოსასვლელზე ტემპერატურის საზომი უნდა იყოს:

უწყვეტმოქმედი მარეგისტრირებელი მოწყობილობით

პერიოდული ქმედების

მაჩვენებლიანი

044. ორთქლის ტემპერატურის საზომი დგება:

მხოლოდ ორთქლგადამაციებლამდე

მხოლოდ ორთქლგადამაციებლის შემდეგ

ორთქლგადამაციებლამდე და მის შემდეგ

045. მკვებავი წყლის ტემპერატურის საზომი ხელსაწყოები დგება:

ეკონომიზერში წყლის შესვლაზე, მისგან გამოსვლაზე და

ორთქლის ქვაბის მკვებავ მილსადენზე

ეკონომიკურში წყლის გამოსვლაზე და ორთქლის ქვების მკვებაზე მილსადენზე  
ეკონომიკურში წყლის შესვლაზე და ორთქლის ქვების მკვებაზე მილსადენზე

046. თხევად სათბობზე მომუშავე ქვაბებზე ტემპერატურის საზომი უნდა დადგეს:

სათბობის მიმწოდებელ ხაზზე უშუალოდ მფრქვევანასთან (მის წინ)

სათბობის მიმწოდებელ ხაზზე მფრქვევანიდან მოშორებით (მის წინ)

სათბობის მიმწოდებელ ხაზზე უშუალოდ მფრქვევანაში

047. როდის არის უფრო მნიშვნელოვანი მეტალის ტემპერატურის კონტროლი:

მხოლოდ ქვების დანთების დროს

მხოლოდ ქვების გაჩერების დროს

ქვების დანთების გაჩერების და რეჟიმების მანევრირების დროს ქვეთემა - ჩამკეტი და მარეგულირებელი არმატურა

048. არმატურაზე მითითებული უნდა იყოს:

სასაქონლო ნიშანი, პირობითი გასასვლელი, ტემპერატურა, წნევა

პირობითი გასასვლელი, ტემპერატურა, წნევა

სასაქონლო ნიშანი, პირობითი გასასვლელი

049. არმატურა, რომლის პირობითი გასასვლელი 50 მმ და მეტია

დამამზადებელი ქარხნის მიერ უნდა იქნას მოწოდებული სპეციალური ფორმის პასპორტი, რომელშიც ძირითადი ნაწილებისათვის მითითებული უნდა იყოს მონაცემები:

მისი ქიმიური შემადგენლობის, მეტალის მექანიკური თვისებების, თერმული დამუშავების რეჟიმების შესახებ

მეტალის მექანიკური თვისებების, თერმული დამუშავების

რეჟიმების შესახებ

მისი ქიმიური შემადგენლობის, თერმული დამუშავების რეჟიმების შესახებ

050. არმატურის მქნევარაზე უნდა იყოს აღნიშნული:

გახსნისა და კეცვის დროს ბრუნვის მიმართულება

გახსნის დროს ბრუნვის მიმართულება

არ არის აუცილებელი ბრუნვის მიმართულების მითითება

051. ენერგობლოკებისათვის ქვაბიდან გამოსასვლელზე ჩამკეტი მოწყობილობის დაყენება:

არ არის სავალდებულო თუ ეს დანთების და გაჩერების სქემით არ არის გათვალისწინებული

სავალდებულოა ყველა შემთხვევაში

დგება სარემონტო სამსახურის გადაწყვეტილებით

052. ენერგობლოკისათვის ქვების წინ ჩამკეტი მოწყობილობის დაყენება:

აუცილებელი არ არის თუ ჩამკეტი მოწყობილობა დაყენებულია მაღალი წნევის შემთბობისა და მისი ბაიპასის შემდეგ

აუცილებელია

დგება სარემონტო სამსახურის გადაწყვეტილებით

053. ქვაბში მკვებავი წყლის შესასვლელთან უნდა იყოს დაყენებული:

მხოლოდ უკუსარქველი

მხოლოდ ჩამკეტი ორგანო

უკუსარქველი და ჩამკეტი ორგანო

054. თუ ქვაბს აქვს წყლის მხარეს გამოურთვადი ეკონომიზური მაშინ უკუსარქველი და ჩამკეტი ორგანო ყენდება:

მხოლოდ ეკონომიზერამდე

მხოლოდ ეკონომიზურის შემდეგ

ეკონომიზერამდე და ეკონომიზურის შემდეგ

055. თუ ქვაბს აქვს წყლის მხარეს გამორთვადი ეკონომიზური მაშინ უკუსარქველი და ჩამკეტი ორგანო ყენდება:

მხოლოდ ეკონომიზერამდე

მხოლოდ ეკონომიზურის შემდეგ

ეკონომიზერამდე და ეკონომიზურის შემდეგ

056. წყალშემთბობ ქვაბებში ჩამკეტი მოწყობილობა ყენდება:

ქვაბში წყლის მხოლოდ შესასვლელთან

ქვაბში წყლის შესასვლელთან და გამოსასვლელთან

ქვაბში წყლის მხოლოდ გამოსასვლელთან

057. ქვევებისათვის, სადაც წნევა 10 მპ-ზე (100 კგ/სმ<sup>2</sup>)-ზე მეტია თითოეულ გამქრევ და სადრენაუო მილსადენზე ასევე წყლის ან ორთქლის სინჯის ასაღებ მილსადენზე უნდა იყოს არანაკლები:

ორი ჩამკეტი ან ერთი ჩამკეტი და ერთი მარეგულირებელი

მოწყობილობა, დასაშვებია დამატებით დროსეღური საყელურიც

ერთი ჩამკეტი ან ერთი ჩამკეტი და ერთი მარეგულირებელი

მოწყობილობა

ერთი ჩამკეტი და დროსეღური საყელური

058. თუ ქვაბიდან მუშა სხეულის ართმევა ხდება შემკრებ ავზში სადაც წნევა უფრო დაბალია ვიდრე ქვაბში, ავზზე დაცვის საშუალებების დაყენების ადგილს და არმატურის შერჩევას განსაზღვრავს:

დამპროექტებული ორგანიზაცია

სარემონტო სამსახური

სადგურის ტექნიკური სამსახური

059. ქვაბის, ორთქლგადამახურებლის და ეკონომიზურის ყველა მილზე დამცავი არმატურის მიერთება უნდა მოხდეს:

მხოლოდ პირდაპირი შედუღებით

მხოლოდ მილტუჩით

პირდაპირი შედუღებით ან მილტუჩით

060. 2,5 ტ/სთ ორთქლმწარმოებლობამდე ორთქლის ქვაბებში, სადაც წყლის დონის რეგულირება ხდება ავტომატური პოზიციური რეგულირებით მკვებავ ხაზზე მარეგულირებელი არმატურის დაყენება:

არ არის სავალდებულო

სავალდებულოა

სადგურის ტექნიკური სამსახურის პრეროგატივაა

061. რამდენიმე მკვებავი ტუმბოს არსებობისას, ერთიანი შემწოვი და დამჭირხნი მილსადენებით, თითოეულ ტუმბოს უნდა ჰქონდეს ჩამკეტი:

მხოლოდ შეწოვის მხარეს

მხოლოდ დაჭრხენის მხარეს

როგორც შეწოვის ისე დაჭრხენის მხარეს

062. თითოეულ ცენტრიდანულ ტუმბოს დაჭრხენის მხარეზე ჩამკეტი ორგანომდე:

უყენდება უკუსარქველი

არ საჭიროებს უკუსარქველს

უყენდება ორი უკუსარქველი

**ქვეთემა - უსაფრთხოების ხელსაწყოები**

063. *ქვაბზე დაყენებული უსაფრთხოების ხელსაწყოების დანიშნულებაა: ავარიულ შემთხვევაში ქვაბისა და მისი ცალკეული ელემენტების ავტომატურად გამორთვა*

ავარიულ შემთხვევაში ქვაბისა და მისი ცალკეული ელემენტების გამორთვა

ავარიულ შემთხვევაში ქვაბის ცალკეული ელემენტების გამორთვა

064. *სათბობის კამერული წვის მქონე დოლიან ქვაბებს უნდა ჰქონდეთ მოწყობილობა, რომელიც წყლის დონის შემცირებისას დასაშვებზე დაბლა:*

წყვეტს სანთურაზე სათბობის მიწოდებას

ავტომატურად წყვეტს სანთურაზე სათბობის მიწოდებას

ამცირებს სანთურაზე სათბობის მიწოდებას

065. *სათბობის კამერული წვის მქონე პირდაპირი დინების ქვაბებს უნდა ჰქონდეთ მოწყობილობა, რომელიც - წყლის ხარჯის შემცირებისას დასაშვებზე მეტად:*

შეწყვეტს სანთურაზე სათბობის მიწოდებას

შეამცირებს სანთურაზე სათბობის მიწოდებას

ავტომატურად შეწყვეტს სანთურაზე სათბობის მიწოდებას

066. *ქვაბებში, სადაც ხდება სათბობის შრეობრივი წვა უნდა ჰქონდეს მოწყობილობა, რომელიც წყლის დონის შემცირებისას დასაშვებზე დაბლა:*

ავტომატურად გამორთავს გამწოვ - შემბერი მოწყობილობას და შეწყვეტს საცეცხლეში სათბობის მიწოდებას

გამორთავს გამწოვ - შემბერი მოწყობილობას და შეწყვეტს საცეცხლეში სათბობის მიწოდებას

ავტომატურად გამორთავს შეწყვეტს საცეცხლეში სათბობის მიწოდებას

067. *ქვაბზე უნდა იყოს დაყენებული ავტომატური ხმოვანი სიგნალიზატორი, რომელიც იმოქმედებს:*

მხოლოდ მაშინ, როცა წყლის დონე ზედა ზღვრულ მნიშვნელობას მიაღწევს.

მხოლოდ მაშინ, როცა წყლის დონე ქვედა ზღვრულ მნიშვნელობას მიაღწევს.

როცა წყლის დონე ზედა ან ქვედა ზღვრულ მნიშვნელობას მიაღწევს.

068. *კამერული წვის საცეცხლეებიან ორთქლისა და წყალშემთბობ ქვაბებზე, უნდა იყოს ავტომატური მოწყობილობა, რომ გათიშოს სათბობის მიწოდება საცეცხლეში როცა:*

ჩაქრება ჩირაღდანი

შემცირდება სათბობის ხარჯი

მოიმატებს სათბობის ხარჯი

069. *კამერული წვის საცეცხლეებიან ორთქლისა და წყალშემთბობ ქვაბებზე, უნდა იყოს ავტომატური მოწყობილობა, რომ გათიშოს სათბობის მიწოდება საცეცხლეში როცა:*

გამოირთვება ყველა კვამლმწოვი ან შეწყდება წვევა

შემცირდება წვევა

გაიზრდება წვევა

070. კამერული წვის საცეცხლეებიან ორთქლისა და წყალშემთბობ ქვაბებზე, უნდა იყოს ავტომატური მოწყობილობა, რომ გათიშოს სათბობის მიწოდება საცეცხლეში როცა:

ერთი რომელიმე შემბერი ვენტილიატორი

ყველა შემბერი ვენტილიატორი

შემბერი ვენტილიატორების 50%

071. ქვაბებს, რომლითაც აქვთ ინდივიდუალური ვენტილიატორით მომუშავე სანთურები უნდა ჰქონდეთ დაცვა ისეთი, რომ ვენტილიატორის გაჩერებისას:

დროებით შემცირდეს სათბობის მიწოდება სანთურაზე

შემცირდეს სათბობის მიწოდება სანთურაზე

შეწყდეს სათბობის მიწოდება სანთურაზე

072. ქვაბზე უსაფრთხოების დამატებითი ხელსაწყოების დაყენების აუცილებლობას განსაზღვრავს:

ქვაბის დამპროექტებული ორგანიზაცია

სადგურის სარემონტო სამსახური

სადგურის ტექნიკური სამსახური

073. უსაფრთხოების ხელსაწყოებთან დაიშვებიან:

მხოლოდ ის პირები, რომლებსაც აქვთ კავშირი ქვაბის

ექსპლუატაციასთან

მხოლოდ ის პირები, რომლებსაც აქვთ კავშირი ქვაბის

შეკეთებასთან

ის პირები, რომლებსაც აქვთ კავშირი ქვაბის ექსპლუატაციასთან

და შეკეთებასთან

074. ორთქლის ქვაბებს, რომელშიც შუალედურ თუ ძირითადი ორთქლგადამახურებლიდან გამოსული ორთქლის ტემპერატურა 400°C-ს აღემატება უნდა ჰქონდეთ:

ორთქლის ხარჯის საზომი მოწყობილობა

ორთქლის ტემპერატურის მარეგულირებელი მოწყობილობა

ორთქლის ტენიანობის საზომი მოწყობილობა

ქვეთემა - მკვებავი მოწყობილობა

075. ქვაბების კვება ერთი საერთო ხაზიდან შეიძლება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როცა მუშა წნევათა სხვაობა სხვადასხვა ქვაბში არ აღემატება”

15 %-ს

10%-ს

30%-ს

076. ქვაბების კვება შეიძლება:

ერთი საერთო მკვებავი მილსადენით ან ინდივიდუალურად ცალკე

მილსადენით - ცალკეული ქვაბისათვის

მხოლოდ ერთი საერთო მკვებავი მილსადენით

მხოლოდ ინდივიდუალურად ცალკე მილსადენით - ცალკეული

ქვაბისათვის

077. ქვაბის წყლით მომარაგებისათვის შეიძლება გამოყენებული იყოს:

მხოლოდ ტუმბოები ელექტრული ამძრავით

მხოლოდ ტუმბოები ორთქლის ამძრავით

ტუმბოები როგორც ელექტრული ამძრავით, ასევე ორთქლის

ამძრავით

078. ქვების წყლით მომარაგებისათვის შეიძლება გამოყენებული იყოს:

მხოლოდ ცენტრიდანული ტუმბოები  
მხოლოდ დგუშიანი ტუმბოები  
როგორც ცენტრიდანული ასევე დგუშიანი ტუმბოები და  
ორთქლის ინექტორები

079. ტუმბოს მიერ შექმნილი დაწნევა უნდა უზრუნველყოფდეს ქვების წყლით კვებას მუშა წნევის დროს, ასევე უნდა ითვალისწინებდეს:

მხოლოდ წნევის კარგვას ქვების ტრაქტში  
მხოლოდ ჰიდროსტატიკურ სიმაღლეს  
წნევის კარგვას ქვების ტრაქტში და ჰიდროსტატიკურ სიმაღლეს

080. მეგობავი მოწყობილობის კვების სიდიდე უნდა შეირჩეს ქვების ნომინალური ორთქლმწარმოებლობით ისე, რომ გათვალისწინებული იქნას წყლის ხარჯი:

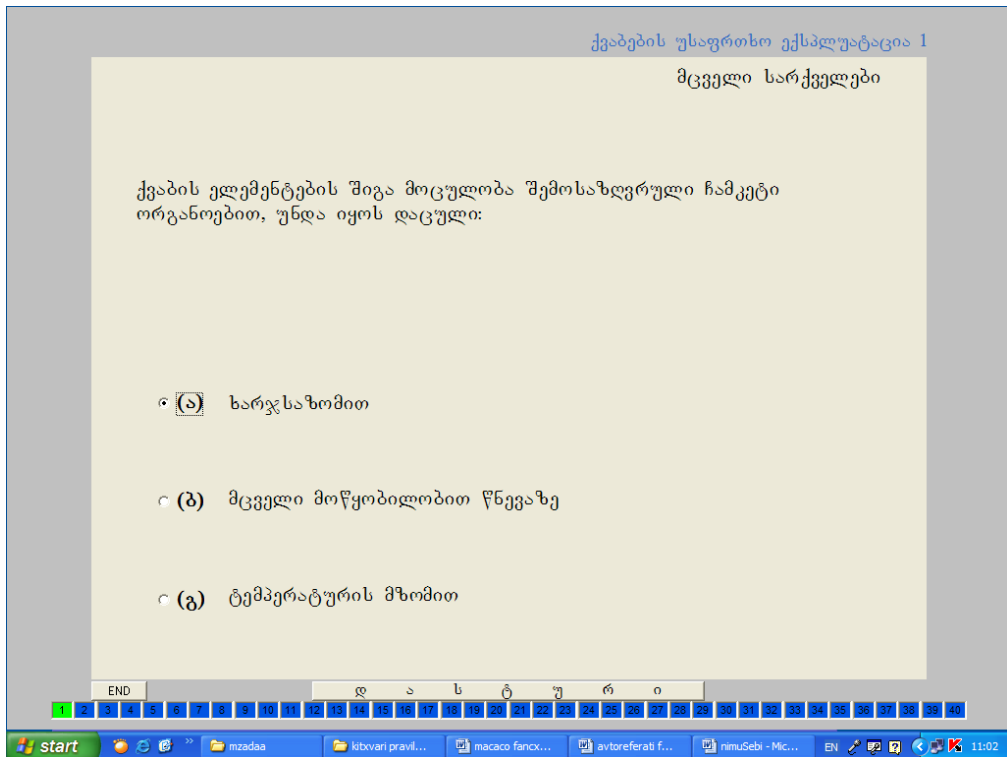
მხოლოდ პერიოდულ ან უწყვეტ გაქრევაზე  
პერიოდულ ან უწყვეტ გაქრევაზე და სარედუქციო გამაცივებელ  
მოწყობილობებში  
მხოლოდ სარედუქციო გამაცივებელ მოწყობილობებში

**დანართი 2. სასწავლო და საგამოცდო ალგორითმების მიხედვით ბეისიკ-ში შესრულებული ნიმუშები.**

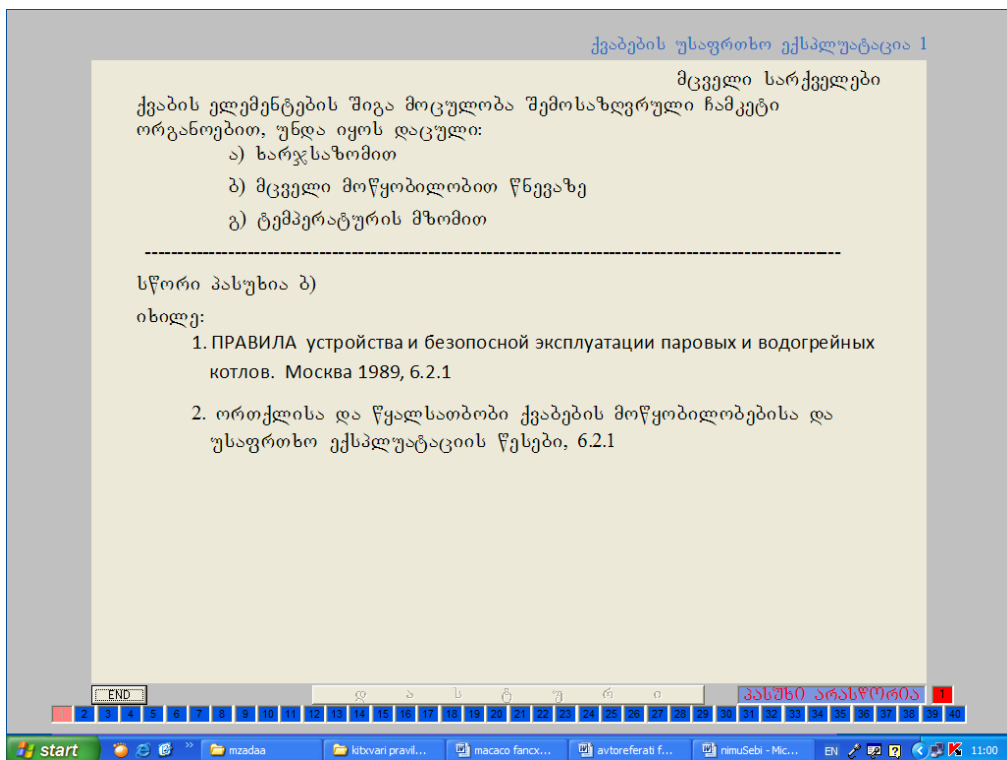
ორთქლისა და წყალსათბობი ქვების მოწყობისა და უსაფრთხო ექსპლუატაციის წესების კითხვარი მოიცავს 120 შეკითხვას. კითხვარი დაყოფილია სამ 40-40 კითხვიან მოდულებად. სასწავლო პროგრამის მიხედვით აპლიკანტს საშუალება აქვს მოემზადოს ყველა კითხვის შესაბამისად. გამოდის ფანჯარა სურ.1. თითოეულ შეკითხვას აქვს სამი სავარაუდო პასუხი (ერთი მათგანი სწორი პასუხით). ერთ-ერთი პასუხის მონიშვნისა და მისი დადასტურების შემდეგ გამოჩნდება ინფორმაცია პასუხის სისწორის შესახებ. თუ პასუხი სწორია, შეიძლება შემდეგ შეკითხვაზე გადასვლა. თუ პასუხი არასწორია, ინფორმაციის მიღების შემდეგ წითელი ღილაკის გააქტიურებით გამოვა ახალი ფანჯარა - სურ.2. იგივე შეკითხვებითა და სავარაუდო პასუხებით და სწორი პასუხის მითითებით. იქვე მითითებული ლიტერატურიდან მონიშნულია გვერდები სადაც განხილულია კონკრეტული საკითხი.

სათანადოდ მომზადების შემდეგ აპლიკანტი გადის ტესტირებას. ბაზაში 120 შეკითხვაა, ამათგან ტესტირებისათვის შემთხვევითი კანონზომიერებით შეირჩევა 20 შეკითხვა. პასუხების გაცემის შემდეგ გამოვა შედეგების ფანჯარა- სურ.3., რომელშიც მითითებულია: შეკითხვის ნომერი, ტესტის ნომერი, არჩეული პასუხი და მიღებული

ქულა და ჯამური შეფასების ქულა. ქულათა მაქსიმუმი არის 100, სწორად გაცემული პასუხი ფასდება 5 ქულით, ხოლო არასწორად გაცემული პასუხი მინუს 6 ქულით.

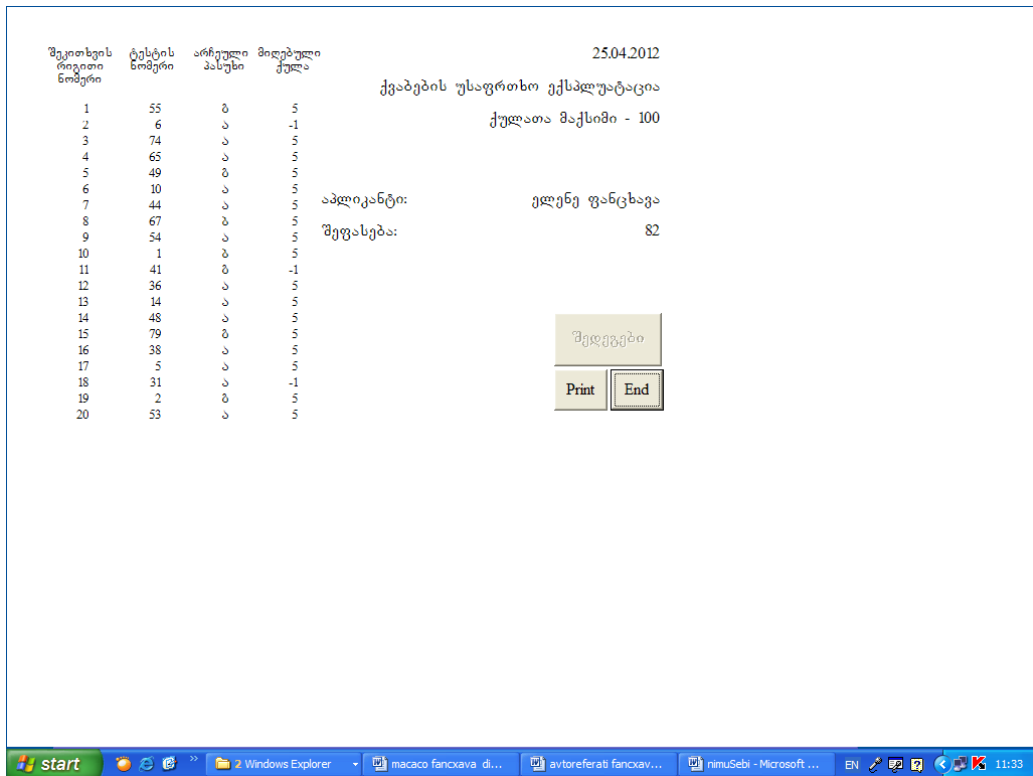


სურ.1. სასწავლო პროგრამის ფანჯარა (ნიმუში 1.)



სურ.2. სასწავლო პროგრამის ფანჯრა (ნიმუში 2.)





სურ.3. საგამოცდო პროგრამის ფანჯარა (ნიმუში)