

მ. გრძელიშვილი, ო. გიორგობიანი

თხევადი და მყარი სათბობით  
გათბობა

„ტექნიკური უნივერსიტეტი“

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მ. გრძელიშვილი, ო. გიორგობიანი

# თხევადი და მყარი სათბობით გათბობა



რეკომენდებულია სტუ-ის  
სარედაქციო-საგამომცემლო საბჭოს  
მიერ. 18.05.2011, ოქმი №2

თბილისი  
2011

უაკ 697 (075.8)

განხილულია თხევადი და მყარი სათბობით გათბობის სისტემები, მათი კონსტრუქციები, თხევადი და მყარი სათბობის ფიზიკურ-ტექნიკური თვისებები და წვის მეთოდები. მნიშვნელოვანი ყურადღება ეთმობა გათბობის სისტემებში ეკოლოგიურად სუფთა განახლებადი მყარი ბიოსათბობის გამოყენებას.

განკუთვნილია თბოაირმომარაგების და ვენტილაციის სპეციალობის სტუდენტებისა და ამ დარგში მომუშავე სპეციალისტებისათვის.

რეცენზენტები: ო. ფურცელაძე,

ვ. ჩახნაშვილი

© საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2011

ISBN 978-9941-14-956-6

<http://www.gtu.ge/publishinghouse/>

ყველა უფლება დაცულია. ამ წიგნის არც ერთი ნაწილი (იქნება ეს ტექსტი, ფოტო, ილუსტრაცია თუ სხვა) არანაირი ფორმით და საშუალებით (იქნება ეს ელექტრონული თუ მექანიკური), არ შეიძლება გამოყენებულ იქნას გამომცემლის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

საავტორო უფლებების დარღვევა ისჯება კანონით.



Verba volant,  
scripta manent

## წინასიტყვაობა

სახელმძღვანელოში წარმოდგენილია თხევად და მყარ სათბობზე მომუშავე ცენტრალური და ადგილობრივი გათბობის სისტემების თბოგენერატორები, თხევადი და მყარი სათბობების ფიზიკურ-ქიმიური და ტექნიკური მახასიათებლები, მათი წვის მეთოდები, წვის შედეგად გამოყოფილი მავნე ნივთიერებები და გარემოში გაყვანის გზები. თხევადი სათბობიდან განხილულია ნავთობის გადამუშავების პროდუქტები – სოლარის ზეთი, საღუმლე სათბობი და მაზუთი; მყარი სათბობიდან – ტრადიციული: შეშა, ნახშირი, ტორფი, და არატრადიციული – განახლებადი ბიოსათბობი: პელეტი და ბრიკეტი, ასევე თხევადი და მყარი გრანულირებული სათბობის სანთურები, ქვაბები და მათი კონსტრუქციები.

ვინაიდან დღეისათვის საქართველოში, უარყოფითი თვისებების გამო, აღარ ფუნქციონირებს ცენტრალიზებული თბომომარაგების სისტემები, ძირითადი ყურადღება ეთმობა გათბობის ავტონომიურ სისტემებს, მათი თხევადი და მყარი სათბობით მომარაგებისა და თბური ენერჯის გამომუშავების ტექნოლოგიურ სქემებს. მართალია, სადღეისოდ ჩვენ ქვეყანაში გრანულირებული მყარი სათბობი პელეტების სახით არ არსებობს, მაგრამ მისი გამოყენება, როგორც ეკოლოგიურად სუფთა ბიოსათბობისა, მთელ მსოფლიოში დღითი დღე იზრდება. სულ მალე ასეთი თბოგენერატორები დაინერგება საქართველოშიც, ამიტომ მათი შესწავლა დარგის მომავალი სპეციალისტებისათვის უდავოდ სასარგებლო იქნება.

## თხევადი სათბობი

თხევადი სათბობით მომუშავე სითბურ გენერატორებსა და საყოფაცხოვრებო ხელსაწყოებში გამოიყენება ნავთობის გადამუშავების პროდუქტები (დიზელის და საღუმლე სათბობი, მაზუთი, სოლარის ზეთი) და სხვადასხვა ზეთი (ნამუშევარი, ფიქლის, მცენარეული).

ნავთობი მკვეთრი სუნის მქონე შავი ფერის ზეთოვანი სითხეა, წყალს არ ერევა. ესაა სასარგებლო წიაღისეული, რომელსაც ჭაბურღილის საშუალებით მოიპოვებენ. ჭაბურღილიდან მოპოვებულ ნავთობს ნედლი ნავთობი ეწოდება. იგი რთული ნივთიერებაა, აქვს ზეთოვანი სითხის სახე და ნახშირწყალბადების ნარევი. ამ ნარევი შემავეალი ნახშირწყალბადების რაოდენობა 70%-ია, ხოლო დანარჩენი 30% არის არანახშირწყალბადოვანი კომპონენტები და წყალი.

თუ ნავთობს წყალს გამოვაცლით, მივიღებთ სასაქონლო ნავთობს. ასეთი სახით იგი არ გამოიყენება არც სათბობად, არც ნედლეულად ქიმიური პროცესებისათვის. სასაქონლო ნავთობი აუცილებლად უნდა გადამუშავდეს.

პირველადი გადამუშავება არის ნავთობის გამოხდა, რომლის დროსაც ნავთობი, დუღილის ტემპერატურის შესაბამისად, ფრაქციებად იყოფა.

მეორეული გადამუშავებაა ნავთობის კრეკინგი და პიროლოზი.

ნავთობის პირველადი გადამუშავების დაწყებამდე მას აცლიან თანმხლებ გაზებს: პროპანს და ბუტანს. ნავთობის პირველადი გადამუშავება მიმდინარეობს სპეციალურ მოწყობილობაში, რომელსაც სარექტიფიკაციო სვეტი ეწოდება. პირველადი გადამუშავების შედეგად ნავთობიდან, დუღილის ტემპერატურის შესაბამისად, მიიღება:

ბენზინი –  $t=40-200^{\circ}\text{C}$ ;

ლიგროინი –  $t=150-230^{\circ}\text{C}$ ;

ნავთი –  $t=180-300^{\circ}\text{C}$ ;

გაზოილი (დიზელის სათბობი) –  $t=280-350^{\circ}\text{C}$ ;

მაზუთი (საპოხი და სოლარის „სალიარკა“) ზეთები) –  $t>350^{\circ}\text{C}$ .

ნავთობის პირველადი გადამუშავების შედეგად რჩება გუდრონი, რომელიც გზების მშენებლობაში გამოიყენება.

როგორც ჩანს, პირველადი გადამუშავების შედეგად ნავთობი მთლიანად იშლება ფრაქციებად. ისმის კითხვა: რაღა საჭიროა მეორეული გადამუშავება? ირკვევა, რომ პირველადი გადამუშავების შედეგად დაბალია ბენზინის გამოსავალი, ასევე დაბალია მისი ოქტანური რიცხვი. ბენზინის გამოსავლის და მისი ოქტანური რიცხვის გაზრდის მიზნით ახდენენ კრეკინგს (მაღალი რიგის ნახშირწყალბადების დაშლა უფრო მარტივ ნახშირწყალბადებად თერმული ან კატალიზური ხერხით) და პიროლიზს (ორგანული ნივთიერებების დაშლა ჰაერის გარეშე).

გათბობის თბურ გენერატორებში გამოიყენება მაზუთი და სოლარის ზეთი. ამ უკანასკნელს ნარჩენ დიზელის სათბობსაც უწოდებენ.

ამრიგად, როდესაც ლაპარაკია თხევადი სათბობით გათბობაზე, ტერმინი „თხევადი სათბობი“ აღნიშნავს დიზელის სათბობსა და მაზუთს. გარდა ამ ორი სახის სათბობისა, გათბობის თბურ გენერატორებში (ქვაბებში) გამოიყენება აგრეთვე საღუმლე სათბობი და ნამუშევარი ზეთები.

ევროპის ქვეყნების გათბობის თბურ გენერატორებში გამოიყენება თხევადი სათბობი (Heizöl), რომელიც თვისებებით შეესაბამება დიზელის სათბობს, მაგრამ მისი გამოყენება დიზელის ძრავებში, საგადასახადო მოსაზრებიდან გამომდინარე, აკრძალულია.

საყოფაცხოვრებო თხევადი (მსუბუქი) ანუ დიზელის სათბობი დღეისათვის ყველაზე მეტად გამოიყენება გათბობის

თბურ გენერატორებში, რომლებიც დამონტაჟებულია საცხოვრებელ, საზოგადოებრივ და სამრეწველო დანიშნულების შენობებში. ამ სათბობის ქიმიური შედგენილობა ასეთია:

ნახშირბადი – 86% ;

წყალბადი – 13,4% ;

გოგირდი – 0,3% ;

აზოტი – 0,3% ;

ჟანგბადი – 0,3%.

თხევადი სათბობის ფიზიკურ-ტექნიკური მახასიათებლები:

სიმკვრივე მოცემულ ტემპერატურაზე – სათბობის მასის ფარდობა წყლის მასასთან. მსუბუქი თხევადი სათბობის სიმკვრივე (840 - 860)კგ/მ<sup>3</sup> -ია.

აალების ტემპერატურა – სადამდეგ უნდა იქნეს მიყვანილი თხევადი საწვავი, რათა მის ზედაპირზე წარმოქმნილი ორთქლი მომენტალურად აბრიალდეს. აალების ტემპერატურის მიხედვით განისაზღვრება ის მაქსიმალური ტემპერატურა, რომლის დროსაც შესაძლებელია თხევადი სათბობის უსაფრთხო წინასწარი გაცხელება ჰაერთან ერთად. ამ ტემპერატურით კი განისაზღვრება უსაფრთხოების ღონისძიებები თხევადი სათბობის შენახვისა და ტრანსპორტირებისას. თხევადი სათბობი მიეკუთვნება წვადი სითხეების მეორე კატეგორიას, რომელთა აალების ტემპერატურა შემდეგ შუალედშია:

$55^{\circ}\text{C} \leq t_{\text{აა}} < 120^{\circ}\text{C}$ .

სიბლანტე არის მოლეკულათა შორის შეჭიდულობის ძალა. იგი განსაზღვრავს თხევადი სათბობის გამოდინებისა და მისი მცირე წვეთებად დაყოფისადმი წინააღმდეგობას. ეს კი განაპირობებს მექანიკური გაფრქვევის სანთურების წვის ხარისხს.

სიბლანტე გავლენას ახდენს:

წვეთების სიწვრილესა და ერთგვაროვნებაზე;

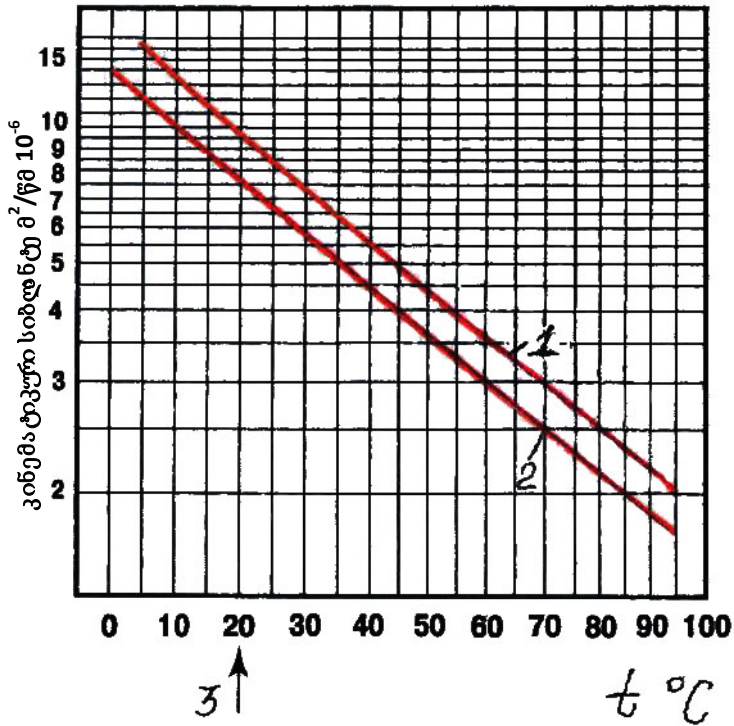
ალის სტაბილურობაზე, მის სიგრძესა და ფორმაზე;

ანთების სიადვილეზე;

უკმარწვის წარმოქმნაზე, თხევადი სათბობის ხარჯზე.

თხევადი სათბობის სიბლანტე დამოკიდებულია მის ტემპერატურაზე. სათბობის ტემპერატურის გაზრდით მისი სიბლანტე იზრდება.

1-ლ ნახ-ზე მოცემულია თხევადი სათბობის სიმკვრივის დამოკიდებულება მის ტემპერატურაზე.



ნახ. 1. მსუბუქი თხევადი სათბობის სიბლანტის ტემპერატურაზე დამოკიდებულების დიაგრამა

1-ადმინისტრაციული ნორმები; 2-პროფკავშირული ნორმები; 3-საბაზისო ტემპერატურა



კუთრი სითბოტევადობა სითბოს ის რაოდენობაა (კჯ), რომელიც საჭიროა 1 კგ მასის სათბობის 1°-ით გასათბობად. ეს სიდიდე გამოიყენება თხევადი სათბობის გაცხელების წინასწარ გაანგარიშებებში, ტემპერატურისა და სიმკვრივის მიხედვით უმნიშვნელოდ იცვლება. პრაქტიკული გაანგარიშებისას მიიღება, რომ კუთრი სითბოტევადობა

$$2,1 \text{ კჯ/კგ} \cdot \text{°C} \rightarrow 0,5 \text{ კკალ/კგ°C} \rightarrow 0,58 \text{ ვტ.სთ/კგ°C}.$$

დაწვის სითბო (თბოუნარიანობა) ის სითბოა, რომელიც გამოიყოფა 1კგ სათბობის სრული დაწვისას. არსებობს სათბობის უმაღლესი და უდაბლესი თბოუნარიანობა.

უმაღლესია ის თბოუნარიანობა, როდესაც ნამწვ გაზებში შემავალი წყლის ორთქლი კონდენსირებულია, ხოლო უდაბლესია, როდესაც ნამწვ გაზებში შემავალი წყლის ორთქლი არ არის კონდენსირებული.

საყოფაცხოვრებო (მსუბუქი) თხევადი სათბობისათვის, რომელიც დიზელის სათბობის ტოლფასია, უდაბლესი და უმაღლესი თბოუნარიანობები მოცემულია ცხრილში.

საზომი ერთეული	უდაბლესი თბოუნარიანობა	უმაღლესი თბოუნარიანობა
მჯ/კგ	42,45	45,47
კვტ·სთ/კგ	11,8	12,65
კკალ/კგ	10250	10980
კვტ·სთ/ლ	10	10,7

უნდა აღინიშნოს, რომ თხევადი საწვავით მომუშავე ქვაბებისათვის ძირითადად განიხილება უდაბლესი თბოუნარიანობა, რადგან უმეტეს შემთხვევაში ნამწვი პროდუქტები გაიყვანება წყლის ორთქლის კონდენსაციის ტემპერატურაზე უფრო მაღალი ტემპერატურით, თუმცა ზოგიერთი ფირმის მიერ უკვე შექმნილია თხევად საწვავზე მომუშავე საკონდენსაციო ქვაბები.

ზოგადად თბოტექნიკური გაანგარიშებისას ევროპული ნორმები განიხილავს სათბობის უდაბლეს თბოუნარიანობას.

მაზუთი მიეკუთვნება მაღალკალორიულ სათბობს  $Q_{\text{მ.უდ}} = 38,3 \text{ მჯ/კგ}$  (9150 კკალ/კგ). მისი სიმკვრივე  $0,89 - 1 \text{ გ/სმ}^3$  ტოლია  $20^{\circ}\text{C}$ -ის დროს, ნახშირბადის რაოდენობა 87%-მდეა.

მაზუთის შედგენილობაში შედის:

ნახშირბადი – 87%;

წყალბადი – 11,1%;

ჟანგბადი და აზოტი – 1%-მდე.

გოგირდის შემცველობის მიხედვით მაზუთი, როგორც ნავთობი, იყოფა ორ კლასად: დაბალგოგირდიანი – 1% გოგირდის შემცველობით და მაღალგოგირდიანი – 2,5% გოგირდის შემცველობით.

მაზუთის მნიშვნელოვანი საექსპლუატაციო მახასიათებელია სიბლანტე, რომელიც განსაზღვრავს მაზუთის ტრანსპორტირების, ჩამოსხმის, გადატუმბვის და წვის უნარს. იგი  $8-80 \text{ მმ}^2/\text{წმ}$ -ის ტოლია  $100^{\circ}\text{C}$ -ის დროს.

სიბლანტის მიხედვით მაზუთი რამდენიმე მარკისაა; ერთ-მანეთისგან განსხვავდება გამყარების ტემპერატურით. ეს ტემპერატურა ყოველთვის  $0^{\circ}\text{C}$ -ზე მეტია. ბლანტი მაზუთისათვის ეს გამყარების ტემპერატურა  $25^{\circ}\text{C}$  და მეტია, ამიტომ საჭიროა ასეთი მაზუთის წინასწარ შეთბობა: გადატუმბვისას –  $60 - 70^{\circ}\text{C}$ -მდე, წვისას –  $140^{\circ}\text{C}$ -მდე. მაზუთის აფეთქების ტემპერატურა მისი მარკის მიხედვით  $90-140^{\circ}\text{C}$ -ის ფარგლებში მერყეობს, ხოლო გამყარების ტემპერატურა – 10-დან  $35^{\circ}\text{C}$ -მდე. მაზუთი ძირითადად გამოიყენება ენერგეტიკული და სამრეწველო ობიექტების დიდი სიმძლავრის საქვაბებში.

საღუმლე სათბობი გამოიყენება მცირე სიმძლავრის ადგილობრივი გათბობის თბოგენერატორებში, რომლებიც უშუალოდ გასათბობ სათავსებშია განლაგებული. ეს სათბობი მიი-

ღება დიზელის ფრაქციის პირდაპირი გამოხდით. იგი დი-ზელის სათბობზე უფრო მძიმეა და ბლანტი.

ნამუშევარი ზეთი მაღალი თბოუნარიანობის მქონე იაფი სათბობია (მისი თბოუნარიანობა მსუბუქი თხევადი სათბობის თბოუნარიანობის ტოლია). იგი გროვდება ავტობაზებში, საავტომობილო სერვისცენტრებში, დიდ სატრანსფორმატორო ქვესადგურებში, სალოკომოტივო დეპოებში, მცენარეული ზეთის გადამამუშავებელ ქარხნებში.

შენობის გათბობა ნამუშევარი ზეთის გამოყენებით მინიმალურ ფასად შეიძლება. ნამუშევარი ზეთის დაბალი ფასის გამო, შეიძლება ამოდებულ იქნეს ნებისმიერი, მათ შორის, მალიან ძვირი გათბობის სისტემის ღირებულება ექსპლუატაციის პირველსავე სეზონში.

## მყარი სათბობი

ყველა სახის მყარი სათბობი, რომელიც ჩვენს პლანეტაზე არსებობს, წარმოშობილია მზის ენერჯის ზემოქმედებით ქლოროფილზე. ქლოროფილი განსაკუთრებული ნივთიერებაა, რომელიც იმყოფება მცენარეების ფოთლებსა და სხვა ნაწილებში. მზე და ქლოროფილი ქმნის რთულ ორგანულ ნივთიერებებს, რომლებიც შემდეგ სათბობად იქცევა. ამ პროცესში სათბობის ნივთიერება გაივლის ტორფის, მურა ნახშირის, ქვანახშირის და ანთრაციტის წარმოქმნის სტადიებს. მცენარეთა ხმელი ნაწილები ჰაერის ზემოქმედებისას სოკოებით დაიშლება და ტორფად გარდაიქმნება. ტორფის დაგროვებით იქმნება მურა მასა, შემდგომ – მურა ნახშირი. მაღალი წნევა და ტემპერატურა განაპირობებს მურა ნახშირის ჯერ ქვანახშირად, შემდგომ ანთრაციტად ქცევას.

მოპოვებული მყარი სათბობი ორგანული მასისა და ბალანსისაგან შედგება. ორგანულად ითვლება მყარი სათბობის ის

ნაწილი, რომელიც წარმოიქმნება ორგანული ნივთიერებებიდან, როგორცაა ნახშირბადი C, წყალბადი H, ჟანგბადი O და აზოტი N. ბალასტი შეიცავს გოგირდს S და მინერალურ მინარევეებს – ნაცარსა A და ტენს W.

ნახშირბადი – ყველა სახის მყარ სათბობში დიდი რაოდენობითაა – ხე-ტყესა და ტორფში 50 - 58%, ქვანახშირსა და მურა ნახშირში 65 - 80%, მკვლე ნახშირებსა და ანთრაციტში – 90-95%, ფიქლებში 61- 73%. რაც მეტია მყარ სათბობში ნახშირბადი, მით მეტია მისი დაწვისას მიღებული სითბო.

წყალბადი – შემდეგი ძირითადი ენერგეტიკული შემადგენელია. მყარ სათბობში წყალბადი ნაწილობრივ იმყოფება ჟანგბადთან ბმულ (შეკრულ) მდგომარეობაში და შეადგენს სათბობის ტენს, რაც ამცირებს სათბობის სითბურ ღირებულებას (ფასეულობას). წყალბადი მნიშვნელოვანი შემადგენელია აქროლადი ნივთიერებების წარმოქმნისათვის, ჰაერის გარეშე სათბობის გაცხელებისას. აქროლადებში წყალბადი შედის როგორც სუფთა სახით, ისე სხვა ნახშირწყალბადოვანი და ორგანული შენაერთების სახით. წყალბადის რაოდენობა სათბობის წვადი მასის 6%-ს შეადგენს შემისა და ტორფისათვის, 3,8 - 5,8%-ს – მურა ნახშირისა და ქვანახშირებისათვის; 9,5%-მდე – ფიქლებში და 2%-ს – ანთრაციტისათვის.

ჟანგბადი – ბალასტია, არ არის სითბოს წარმომქმნელი. სათბობის წყალბადთან კავშირის გამო, ჟანგბადი ამცირებს მის თბოუნარიანობას. სათბობის ორგანულ მასაში ჟანგბადის შემცველობა ასაკის მიხედვით მცირდება 41%-მდე ხისათვის, 2,2%-მდე – ანთრაციტისთვის.

აზოტი – სათბობის შემადგენელი ინერტული ბალასტია, რომელიც ამცირებს მასში წვადი ელემენტების შემცველობას. სათბობის დაწვისას წვის პროდუქტებში აზოტი მონაწილეობს როგორც თავისუფალი, ასევე აზოტის ჟანგეულების (NOx)

სახით. იგი წარმოადგენს მავნე ნაძვწ პროდუქტებს, რომელთა რაოდენობა ლიმიტირებულია.

გოგირდი – შედის მყარ სათბობში ორგანული შენაერთების (SO<sub>2</sub>) და ალმადანის სახით. ორივე ერთად შეადგენს აქროლად გოგირდს. სათბობის შედგენილობაში გოგირდი შედის აგრეთვე გოგირდოვანი მარილების – სულფატების სახით, რომლებიც არ იწვის. სულფატური მარილები შედის ნაცრის შედგენილობაში. სათბობში გოგირდის არსებობა ამცირებს მის ხარისხს, რადგანაც SO<sub>2</sub> და SO<sub>3</sub> წყალთან შეერთებისას წარმოქმნის გოგირდმჟავას, რომელიც ქვების ლითონს შლის და გარემოში მოხვედრისას მას აბინძურებს.

ნაცარი სხვადასხვა მინერალური ნივთიერების ბალასტური ნარევი, რომელიც სათბობის წვადი ნაწილის სრული დაწვისას რჩება. ის გავლენას ახდენს სათბობის დაწვის ხარისხზე – ამცირებს წვის ეფექტურობას.

ნაცრის შემცველობა მყარი სათბობის მუშა მასაში შემდეგია: მუშაში – 0,6%, ტორფში – 5-7%, მურა ნახშირსა და ქვანახშირში – 4-25 %.

მყარი სათბობი შეიცავს ორი სახის ტენს – გარე ანუ მექანიკური, რომელიც გამოწვეულია სათბობის ნარევის ზედაპირული დატენიანებით და წონასწორული ანუ ჰიგროსკოპიული, რომელიც გამოწვეულია გარემოსთან სათბობის ხანგრძლივი შეხებით. ამ დროს სათბობის ფორები და კაპილარები ტენით ივსება.

თუ სათბობში ტენიანობა 60%-ზე მეტია, მისი დაწვა შეუძლებელია. სათბობის ტენიანობის გაზრდით მისი თბოუნარიანობა მცირდება. სათბობის თბოუნარიანობის ცვლილება მისი ტენიანობის 1%-ით გაზრდისას ნაჩვენებია ქვემოთ მოცემულ ცხრილში.

სათბობი	ტენის შემცველობა, %	უდაბლესი თბოუნარიანობა Q <sup>ბ</sup> <sub>უღ</sub> , კკაღ/კგ	Q <sup>ბ</sup> <sub>უღ</sub> შემცირება ტენის 1%-ით მატებისას, კკაღ/კგ (კკაღ/კგ)	
			ბალასტისათვის	სითბოს რაოდენობა ტენის აორთქლებზე
ქვანახშირი	10	25100 (6000)	2510 (60)	25 (6)
ტორფი	50	8360 (2000)	84 (20)	25 (6)
ხე-ტყე	40	10032 (2400)	100 (24)	25 (6)

აქროლადები და კოქსი. თუ სათბობს 200°-დან 800°-მდე გავაცხელებთ, ჰაერის გარეშე მისი დაშლისას მიიღება აქროლადი ნივთიერებები (წყალბადი, მეთანი, მძიმე ნახშირწყალბადები, ნახშირჟანგი, მცირე რაოდენობით ნახშირორჟანგი და სხვა გაზები) და მყარი ნარჩენი – კოქსი. რაც მეტია აქროლადობის გამოსავალი, მით დაბალია აალების ტემპერატურა ანუ ადვილია ცეცხლის ანთება და მით მეტია ალის ფრონტის ფართობი. დიდი აქროლადობის გამოსავლის მქონე სათბობი (ტორფი, მურა ნახშირი, ახალი ქვანახშირი) ადვილად ინთება და სწრაფად იწვის. სათბობი, რომლის აქროლადობის გამოსავალი დაბალია, მაგ., ანთრაციტი, ძნელად ინთება, იწვის ნელა და არასრულად.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე, სათბობის მუშა შედეგენილობა ასე გამოისახება:

$$C^a + H^a + O^a + N^a + S^a + A^a + W^a = 100\%. \quad (1)$$

მუშა ეწოდება სათბობის იმ შედეგენილობას, რა სახითაც მიეწოდება მომხმარებელს.

თუ სათბობიდან გამოვრიცხავთ ბალასტს, მივიღებთ სათბობის წვად მასას

$$C^b + H^b + O^b + S^b = 100\%. \quad (2)$$

სათბობის მშრალი მასა (როდესაც სათბობში გამოცლილია ტენი)

$$C^{\text{მშრ}} + H^{\text{მშრ}} + O^{\text{მშრ}} + S^{\text{მშრ}} + A^{\text{მშრ}} = 100\%. \quad (3)$$

ბუნებაში ყველაზე მეტად გავრცელებული მყარი სათბობია ხე-ტყე, ტორფი, ნახშირი (მურა ნახშირი, ქვანახშირი, ანთრაციტი).

ხე-ტყე სათბობია, რომელსაც იყენებენ მცირე სიმძლავრის საქვავე დანადგარებში. სათბობად გამოიყენება ხე-ტყის დამამუშავებელი წარმოების ნარჩენები, ნაგვერდულები, ნაფოტი, ბურბუშელა, ნახერხი, ქერქი და სხვა (შეშა იშვიათად გამოიყენება, უმთავრესად, ადგილობრივი გათბობის ღუმლებსა და ბუხრებში. შეშას აქვს აქროლადობის მაღალი გამოსავალი – 85% და მცირე, 1%-მდე ნაცრიანობა, თბოუნარიანობა  $Q^{\text{მ.უდ}} = 18,9$  მჯ/კგ (4510 კკალ/კგ).

ტორფი, როგორც სათბობი, თვისებებით უახლოვდება შეშას. ტორფის ტენიანობა 30 - 55%-ია, ნაცრიანობა 7-15%, თბოუნარიანობა  $Q^{\text{მ.უდ}} = 8,38 - 10,72$  მჯ/კგ (3511 - 4492 კკალ/კგ).

მურა ნახშირი დიდი რაოდენობით ტენს შეიცავს, ადვილად უერთდება ჟანგბადს, აქვს დიდი მიდრეკილება თვითაალებისკენ. მურა ნახშირი გამოირჩევა ბალასტის მაღალი შემცველობით და ჰიგროსკოპიულობით, რის გამოც მისი ტენიანობა 17-55%-ის ფარგლებშია. მურა ნახშირში გოგირდის შემცველობა 0,6-5,9%-ია, ხოლო თბოუნარიანობა  $Q^{\text{მ.უდ}} = 10,7-17,5$  მჯ/კგ (4177 კკალ/კგ).

ქვანახშირი გამოირჩევა მაღალი თბოუნარიანობით,  $Q^{\text{მ.უდ}} = 21,2-28,1$  მჯ/კგ (5097-6700 კკალ/კგ), აქროლადობის გამოსავალი 3,5-45%-ია. ქვანახშირი გამოიყენება, როგორც სათბობი ან ხდება მისი კოქსად გადამუშავება. ქვანახშირს თვითაალები-სადმი დაბალი მიდრეკილება აქვს. მის ზოგიერთ სახეობას საერთოდ არ ახასიათებს თვითაალება.

ანთრაციტი ქვანახშირებიდა ანთრაციტი უძველესი წარმოშობისაა, ძნელად ინთება, იწვის მოკლე ალით, ადვილად გადასატანია, აქროლადობის გამოსავალი 2-9 %-ია, თბოუნარიანობა  $Q_{\text{დ}}^{\text{დ}} = 24,35-27,24$  მჯ/კგ (5800-6500 კკალ/კგ), არ ახასიათებს თვითაალება.

ქვემოთ მოცემულ ცხრილში ნაჩვენებია სხვადასხვა სახის სათბობის შედგენილობა ქიმიურ ელემენტთა მიხედვით.

სათბობი	წვადი მასის შედგენილობა, %				
	C <sup>ა</sup>	H <sup>ა</sup>	O <sup>ა</sup>	N <sup>ა</sup>	S <sup>ა</sup>
ხე-ტყე	51	6	42,5	0,5	-
ტორფი	58	6	33	2,5	0,5
მურა ნახშირი	64-77	4-6	15-25	1	0,5-7,5
ქვანახშირი: გრძელალიანი მჭლე	75-80	5-6	10-16	1,5	0,5-7
	88-90	4-4,5	3-4	1,5	1-3
ანთრაციტი	90-93	2-4	2-4	1	0,5-2
წვადი ფიქლები	60-65	7-9	10-17	1	5-15
თხევადი	86-88	10-10,5	0,5-0,8		0,5-3

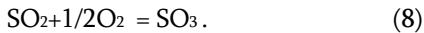
### თხევადი და მყარი სათბობების წვა. წვისთვის საჭირო ჰაერის რაოდენობა

წვა სათბობის წვადი მასის ნამწვ პროდუქტებად გარდაქმნის რთული ფიზიკურ-ქიმიური პროცესია ანუ წვადი გაზების ჟანგბადთან ურთიერთქმედების პროცესი, რომელიც მაღალ ტემპერატურაზე მიმდინარეობს. წვადი გაზების და



ჟანგბადის ანუ წვადი ნარევის ნამწვ პროდუქტებად გარდაქმნის შედეგად გამოიყოფა დიდი რაოდენობით სითბური ენერგია (სითბო).

მყარი და თხევადი სათბობის დაწვისას წვადი ნივთიერებები იჟანგება და წარმოქმნის სხვადასხვა ჟანგეულს. ნახშირბადის (C), წყალბადის (H) და გოგირდის (S) წვის რეაქციის სტექიომეტრიული განტოლებები ასე გამოისახება:



წვისთვის საჭირო ჰაერისა და წვის პროდუქტების რაოდენობის დასადგენად ვღებულობთ, რომ წვადი ნივთიერებები სრულად იჟანგება და წარმოქმნის დაჟანგვის მაღალი ხარისხის მქონე ჟანგეულებს [რეაქციები (4), (6) და (7)].

(4) განტოლებიდან გამომდინარეობს, რომ 1 კმოლი (12 კგ) ნახშირბადის სრული დაჟანგვისას იხარჯება 1 კმოლი ანუ 22,4 მ<sup>3</sup> ჟანგბადი და წარმოიქმნება 1 კმოლი (22,4მ<sup>3</sup>) ნახშირორჟანგი. შესაბამისად, 1 კგ ნახშირბადისთვის საჭიროა 22,4/12=1,866 მ<sup>3</sup> ჟანგბადი და წარმოიქმნება 1,866 მ<sup>3</sup> ნახშირორჟანგი (CO<sub>2</sub>). 1 კგ სათბობში შედის C<sup>g</sup>/100კგ ნახშირბადი. მის დასაწვავად საჭიროა 1,866·C<sup>g</sup>/100 მ<sup>3</sup> ჟანგბადი და წვის შედეგად წარმოიქმნება 1,866 C<sup>g</sup>/100 მ<sup>3</sup> CO<sub>2</sub>.

შესაბამისად, (6) და (7) განტოლებებიდან გამომდინარეობს, რომ 1კგ სათბობში შემავალი წვადი გოგირდის (μ=32) დაჟანგვისათვის საჭიროა (22,4/32 S<sup>g</sup>/100 მ<sup>3</sup> ჟანგბადი და წარმოიქმნება ასეთივე რაოდენობის SO<sub>2</sub>, ხოლო 1 კგ სათბობში შემავალი წყალბადის (μ =2,02) დაჟანგვისათვის საჭირო იქნება 0,5 (22,4/2,02) H<sup>g</sup>/100 მ<sup>3</sup> ჟანგბადი და წარმოიქმნება (22,4/2,02) H<sup>g</sup>/100 მ<sup>3</sup> წყლის ორთქლი.

თუ შევკრებთ მიღებულ გამოსახულებებს და გავითვალისწინებთ სათბობში ჟანგბადის ( $\mu = 32$ ) არსებობას, მივიღებთ:

$$V^{\circ}_{O_2} = 1,866 C^{\circ}/100 + 0,75 S^{\circ}/100 + 5,55 H^{\circ}/100 - 0,7 O^{\circ}/100. \quad (9)$$

როგორც ცნობილია, ჰაერი შეიცავს მისი მოცულობის 21% ჟანგბადს, ამიტომ 1კგ თხევადი ან მყარი სათბობის დასაწვავად საჭირო ჰაერის თეორიული რაოდენობა იქნება:

$$V^{\circ} = 100/21 V^{\circ}_{O_2} = 0,0889 (C^{\circ} + 0,3755 S^{\circ}) + H^{\circ} - 0,0033 O^{\circ}. \quad (10)$$

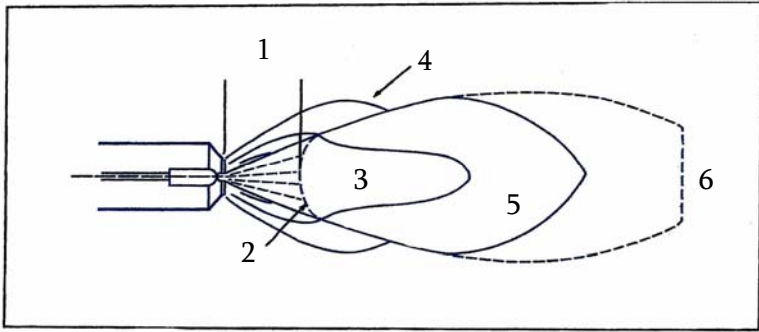
ჰაერის სრული წვისათვის წვის კამერაში (საცეცხლურში) მიეწოდება უფრო მეტი ჰაერის რაოდენობა, ვიდრე ეს (9) ფორმულითაა განსაზღვრული. ჰაერის დამატებითი რაოდენობის შეფასება წარმოებს ე.წ. ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტით, რომელიც მიიღება საცეცხლურში პრაქტიკულად მიწოდებული ჰაერის რაოდენობის შეფარდებით თეორიულად საჭირო ჰაერის რაოდენობასთან

$$\lambda = V/V^{\circ}. \quad (11)$$

ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტი დამოკიდებულია დასაწვავი სათბობის სახეზე, მის ხარისხზე, სათბობის მომზადების ხარისხსა და პარამეტრებზე, სათბობის წვის მეთოდსა და საცეცხლურის კონსტრუქციაზე. თხევადი და მყარი სათბობებისთვის ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტი აიღება 1,2 - 1,16-ის ფარგლებში.

## თხევადი სათბობის წვის თავისებურებები

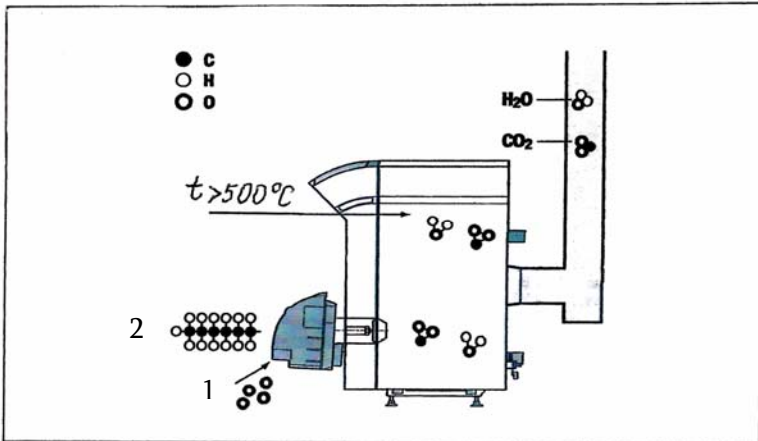
თხევადი სათბობის წვის მექანიზმი ნაჩვენებია მე-2 ნახ-ზე. ჟანგბადთან იდეალური ნარევის მისაღწევად საჭიროა თხევადი სათბობის გაზად გარდაქმნა, რაც მიიღწევა სათბობის მცირე ზომის წვეთებად გაფრქვევით. საკმარისია წარმოქმნილ ნარევთან ნაპერწკლის არსებობა, რომ წვა დაიწყოს. წვის დროს სათბობის ელემენტები უერთდება ჰაერის ჟანგბადს, რის შედეგადაც გამოიყოფა სითბო და ახალი მოლეკულური რეკომბინაციები.



ნახ. 2. თხევადი სათბობის წვის პრინციპული სქემა

1 - სათბობის ღრუბელი; 2 - ჩირაღდნის წარმოქმნა; 3 - აორთქლების ზონა; 4 - ჰაერი წნევის ქვეშ; 5 - წვის ზონა; 6 - მაღალტემპერატურული წვის პროდუქტები

ამრიგად, ნახშირწყალბადის მოლეკულები (ნახ. 3), რომლებიც შედგება ნახშირბადისა და წყალბადისაგან, გარდაიქმნება



ნახ. 3. ქვაბში თხევადი სათბობის წვის და ნამწვი პროდუქტების წარმოქმნის სქემა

1 - ჟანგბადი; 2 - სათბობი (ნახშირწყალბადები); C - ნახშირბადის ატომი; H - წყალბადის ატომი; O - ჟანგბადის ატომი

სათბობის წვა მიმდინარეობს (4)-(7) რეაქციების მიხედვით, როდესაც ნახშირბადის წვა მიმდინარეობს ჰაერის საკმარისი სიჭარბით, (4) ფორმულის თანახმად, წარმოიქმნება ნახშირორჟანგი (CO<sub>2</sub>). უნდა აღინიშნოს, რომ CO<sub>2</sub> ის გაზია, რომელიც იწვევს ე.წ. „სათბურის ეფექტს“ და წვისას უნდა ვეცადოთ მის მაქსიმალურად შემცირებას. CO<sub>2</sub>-ის რაოდენობის მიხედვით განისაზღვრება წვის ხარისხი და მწარმოებლურობა მქ კოეფიციენტის დონეზე.

CO<sub>2</sub>-ის მაქსიმალური პროცენტული რაოდენობა, რომელიც თეორიულად შეიძლება იქნეს მიღწეული, 15,6%-ია ჰაერის სიჭარბის გარეშე. მიუხედავად ამისა, პრაქტიკაში უკმარწვის და ნახშირორჟანგის (CO) წარმოქმნის აღმოსაფხვრელად ვუმშვებთ ჰაერის სიჭარბეს 20 - 30%-ის ფარგლებში, რაც კვამლსადენში სითბოს დანაკარგებით აიხსნება. თანამედროვე თბოგენერატორების (ქვაბების) გამონაბოლქვში CO<sub>2</sub>-ის რაოდენობა 11 - 13%-ია.

თუ ნახშირბადის წვა ჰაერის ნაკლებობით მიმდინარეობს (5), ასეთ წვას არასრული ეწოდება და წარმოიქმნება მხუთავი გაზი (CO), რომელიც ძლიერი მომწამვლელი ნივთიერებაა და გარემოს აბინძურებს. გარდა მხუთავი გაზისა, ნახშირბადის არასრული წვისას წარმოიქმნება ჭვარტლი. ჭვარტლი გროვდება ქვაბის ზედაპირებზე და აუარესებს მათ თბოგადაცემას. ამის გამო, იზრდება ნამწვი გაზების ტემპერატურა და მცირდება ქვაბის მქ კოეფიციენტი. არასრული წვა თბოგენერატორში აკრძალულია. იგი შეიძლება გამოწვეული იყოს ნარევი სათბობის ზედმეტად გამდიდრებით ან ჰაერის მიწოდების ნაკლებობით (საქვაბებში არ არის ჰაერის მიწოდება ან ძალიან მცირეა).

წყალბადის წვის შედეგად [(6) რეაქცია] წარმოიქმნება წყალი ორთქლის სახით, რომელიც განსაკუთრებული სისუფთავით გამოირჩევა, თითქოს საქმე გვექონდეს იდეალურ სათ-

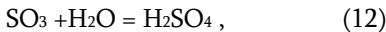
ბობთან. უნდა აღინიშნოს, რომ წვისას წარმოქმნილი წყლის აორთქლებაზე იხარჯება ალის სითბოს გარკვეული რაოდენობა, საიდანაც მოდის უმაღლესი და უდაბლესი თბოუნარიანობის ცნება.

თხევადი სათბობის უმაღლესი თბოუნარიანობაა 10,7 კვტ.სთ/ლ, ხოლო უდაბლესი – 10 კვტ.სთ/ლ.

ამ ორ სიდიდეს შორის სხვაობა სითბოს ის რაოდენობაა, რომელიც საჭიროა წვისას წარმოქმნილი წყლის ასაორთქლებლად. ეს ენერგია წვის პროდუქტებთან ერთად გაედინება.

აქვე უნდა აღინიშნოს ერთი არსებითი შენიშვნა: წყლის ორთქლწარმოქმნის ტემპერატურა ატმოსფერული წნევის დროს 100°C-ის ტოლია, ხოლო წყლის ორთქლის თხევად მდგომარეობაში გადასვლა (კონდენსაცია) იწყება დაახლოებით 50°C -ზე. ამ დროს წარმოქმნილ კონდენსატს გარკვეული მჟავიანობა ქვს, რაც გამოწვეულია გოგირდით. ეს მოვლენა იწვევს კვამლსა-დენის დაშლას.

გოგირდის წვა (7) რეაქციით მიმდინარეობს. გოგირდს, როგორც სათბობის სხვა ელემენტებს, გარკვეული წვლილი შეაქვს თხევადი საწვავის თბოუნარიანობაში. მას ორი ნაკლი აქვს: SO<sub>2</sub>-ის და SO<sub>3</sub>-ის სახით აბინძურებს გარემოს (მჟავური წვიმები); შედის წყლის ორთქლთან რეაქციაში და გოგირდ-მჟავას წარმოქმნის



რომელიც განსაკუთრებით საშიში მჟავაა – შლის კვამლ-სადენს და ქვაბსაც კი (განსაკუთრებით, ფოლადის ქვაბს).

კონდენსაცია მიმდინარეობს, როდესაც წვის პროდუქტები კედელს ეხება, რომლის ტემპერატურა 50°C -ზე ნაკლებია. ეს ხდება სრული გაცივებისას ან დაბალ ტემპერატურაზე მუდმივი მუშაობისას.

## მყარი სათბობის წვის თავისებურებები

სათბობის თბოგენერატორები (ლუმლები) დიდი ხნის განმავლობაში იქმნებოდა და მათი დანიშნულება იყო მყარი სათბობის დაწვა. ყველა თბოგენერატორში მყარი სათბობი (შეშა, სხვადასხვა სახის ნახშირი, ანთრაციტი, კოქსი და სხვა) იწვის ცეცხლრიკზე შრისებრი მეთოდით – პერიოდული ჩატვირთვით და ცეცხლრიკის პერიოდული წმენდით.

მყარი სათბობის წვა რამდენიმე სტადიად მიმდინარეობს: სათბობის შეთბობა, შეშრობა, აქროლადების გამოხდა და კოქსის წარმოქმნა, აქროლადების და კოქსის დაწვა. ყველა ამ სტადიიდან განმსაზღვრელია კოქსოვანი ნარჩენის წვა, ე.ი. ნახშირბადის წვა, რომელიც მთლიანობაში განსაზღვრავს სათბობის წვას და მის გაზიფიკაციას.

ნახშირბადის წვის განმსაზღვრელი როლი შემდეგნაირად აიხსნება: ჯერ ერთი მყარი ნახშირბადი, რომელიც სათბობში შედის, არის ყველა სახის ნატურალური მყარი სათბობის მთავარი წვადი შემადგენელი. მაგ., ანთრაციტის კოქსოვანი ნარჩენის თბოუნარიანობა მთელი წვადი მასის 95% შეადგენს. აქროლადობის გამოსავლის გაზრდით კოქსოვანი ნარჩენის სითბოს წილი მცირდება და ტორფისათვის მთელი საწვავი მასის 40,5% შეადგენს.

მეორე – კოქსოვანი ნარჩენის წვის სტადია ყველა სტადიაზე ხანგრძლივია და წვისთვის საჭირო პერიოდის 90% მოიცავს.

მესამე – კოქსის წვის პროცესს გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს სხვა სტადიების სითბური პირობების შესაქმნელად. აქედან გამომდინარე, მყარი სათბობის დაწვის ტექნოლოგიის დამუშავებისას ძირითადია ნახშირბადის წვის პროცესის ოპტიმალური პირობების შექმნა.

ზოგიერთ შემთხვევაში, წვის პროცესის განმსაზღვრელი შეიძლება აღმოჩნდეს მეორეხარისხოვანი მოსამზადებელი

სტადიები. მაგალითად, ძალიან დატენიანებული სათბობის დაწვისას განმსაზღვრელია სათბობის შეშრობის სტადია. ამ დროს უმჯობესია სათბობის დაწვამდე მისი შეშრობა საცეცხლურიდან აღებული გაზების ხარჯზე.

რაც შეეხება მტვრისებრ სათბობს, მისი წვა მიმდინარეობს წვის კამერის (საცეცხლურის) მოცულობაში – სათბობისა და ჰაერის დიდი მასების ნაკადში, რომელსაც წვის პროდუქტები ერევა. მტვრისებრ სათბობს ძირითადად ნახშირის მტვერი შეადგენს. ასეთი წვა რთული ფიზიკურ-მათემატიკური პროცესია, რომელიც შედგება ქიმიური რეაქციებისა და ფიზიკური პროცესებისაგან, მათი ურთიერთქმედებისა და ურთიერთგავლენის პირობებში.

## თხევადი სათბობის სანთურა

არის მოწყობილობა, რომელიც უზრუნველყოფს სათბობისა და ჰაერის (ჟანგბადის) მიწოდებას, მათ შერევას, შეთბობას, აალებას, მდგრად წვას და წვის პროცესის რეგულირებას.

გათბობის თბოგენერატორებში უმთავრესად გამოიყენება მექანიკური გაფრქვევის მქონე ვენტილატორული სანთურები. ვენტილატორული სანთურები შემდეგი ძირითადი ნაწილები-საგან შედგება:

- სანთურის თავი, რომელიც უზრუნველყოფს სათბობისა და ჰაერის მიწოდებას და ოპტიმალურ შერევას, ჩირად-დანს აძლევს ოპტიმალურ ფორმას;
- წვისათვის საჭირო ჰაერის მიწოდების სისტემა – შეიცავს ვენტილატორს და ჰაერის სანთურის თავზე მიმწოდებელ ჰაერსადენებს.

- სათბობის მიწოდების სისტემა – შეიცავს სათბობის ხარჯის რეგულირებისა და წვის მთელი სისტემის უსაფრთხოების უზრუნველყოფის ყველა საჭირო კომპონენტს;
- ელექტრული და მართვის მოწყობილობა, რომელიც საჭიროა სათბობის აალებისათვის, ექსპლუატაციის უსაფრთხოების უზრუნველყოფის, ძრავების ელექტროკვებისა და სითბური სიმძლავრის რეგულირებისათვის.

სანთურებს, რომლებიც ახდენს ერთი სახის თხევადი სათბობის დაწვას (მაზუთი, სოლარის ან ნამუშევარი ზეთი) უწოდებენ ერთსათბობიანს, ხოლო სანთურებს, რომლებიც წვავს თხევად სათბობს ან გაზს – კომბინირებულს. ეს სანთურები შეიძლება იყოს მონობლოკური ან ბლოკური. მონობლოკურ სანთურებში ვენტილატორი და სათბობის ტუმბო ჩაშენებულია სანთურაში. მონობლოკურ სანთურებში ვენტილატორი, ტუმბო ან სანთურის სხვა ძირითადი ნაწილები განცალკევებულია სანთურის ძირითადი კორპუსისაგან. მონობლოკური სანთურები გამოიყენება შედარებით დაბალი სითბური მწარმოებლურობის დროს, რამდენიმე მგტ-მდე. უფრო მაღალი სიმძლავრეების დროს (მაგ., როგორცაა სამრეწველო დანიშნულების სანთურები) ბლოკური სანთურები გამოიყენება.

ვენტილატორული სანთურები, თბური სიმძლავრის რეგულირების მიხედვით, სამი სახისაა:

- ერთსაფეხურიანი;
- მრავალსაფეხურიანი;
- სანთურები მდოვრე რეგულირებით (სამოდულაციო).

ერთსაფეხურიან სანთურებს აქვს მხოლოდ ერთი თბური სიმძლავრე. ასეთ სანთურებში სათბობის მიწოდება არ იცვ-

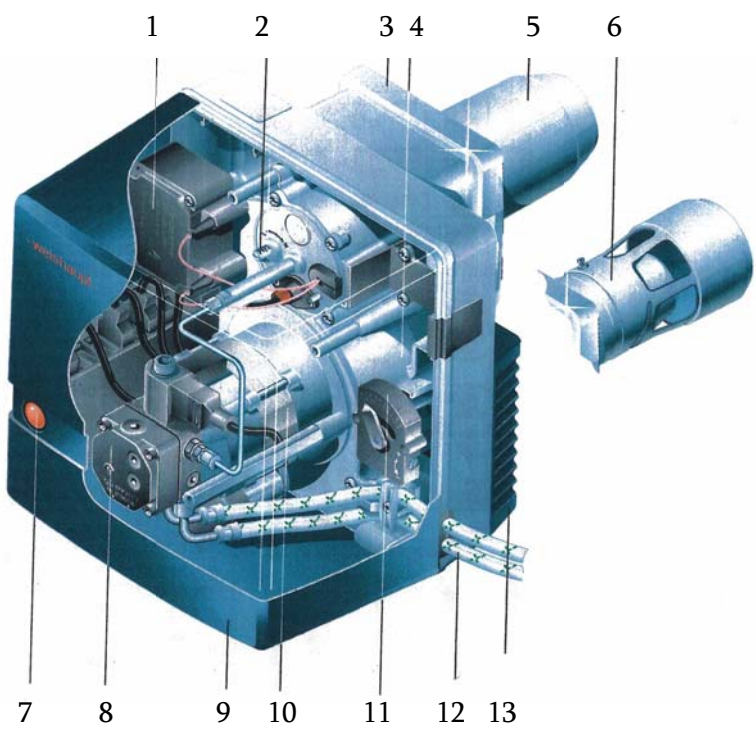


ლება, ხოლო სანთურა შეიძლება იყოს ჩართული ან გამორთული.

მრავალსაფეხურიანი სანთურები (როგორც წესი, ორ- ან სამსაფეხურიანი) მუშაობს როგორც ორჯერ ან რამდენიმეჯერ შემცირებული მწარმოებლობით, ასევე მაქსიმალური სიმძლავრით. სანთურის გადართვა ერთი სიმძლავრიდან მეორეზე ხდება ხელით ან ავტომატურად.

არსებობს კიდევ ორსაფეხურიანი სანთურები, რომელთაც პროგრესულ ორსაფეხურიან სანთურებს უწოდებენ. მათში სიმძლავრეების გადართვა ხდება არა საფეხურებრივად, არამედ მდოვრედ. ასეთ სანთურებთან მართვის ელექტრონული ბლოკის (მოდულატორის) მიერთების შემთხვევაში მათ შეუძლიათ სამოდულაციო რეჟიმში მუშაობა. ამ დროს სანთურის სიმძლავრე ავტომატურად იცვლება, მინიმალურიდან მაქსიმალურ სიდიდემდე, ქვაბის (თბოგენერატორის) სითბური მოთხოვნილების მიხედვით. გათბობის სისტემის სითბური მოთხოვნილების განმსაზღვრელ მოწყობილობად გამოიყენება ტემპერატურის გადამწოდი (წყალსატბობი ქვაბები, ცხელი ჰაერის გენერატორები და სხვა) ან წნევის გადამწოდი (ორთქლის ქვაბები).

თხევადი სანთურის პრინციპულ-ტექნოლოგიური სქემა ნაჩვენებია მე-4 ნახ-ზე.



**ნახ. 4. თხევადი სათბობის შემზერი სანთურა**

1 - ანთების ელექტრონული ხელსაწყო; 2 - საყრდენი საყელურის სარეგულირებელი ხრანხნი; 3 - სანთურის მილტუჩი; 4 - ვენტილატორის თვალი; 5,6 - აალების მილი შემრევი მოწყობილობით; 7 - წვის ციფრული მენეჯერი; 8 - სათბობის ტუმბო მაგნიტური სარქველით; 9 - სანთურის გარსაცემი; 10 - სანთურის ძრავა; 11 - ჰაერის რეგულატორის კორპუსი; 12 - სათბობის შლანგები; 13 - ჰაერმიმღები

## სანთურის თხევადი სათბობით უზრუნველყოფა

სანთურების თხევადი სათბობით უზრუნველყოფის მიზნით ეწყობა სათბობის საცავები (ავზები), საიდანაც სათბობი მილსადენის საშუალებით სანთურას მიეწოდება. მიწები კი მზადდება ფოლადის ან სპილენძისაგან. მსუბუქი თხევადი სათბობისათვის (დიზელი, სოლარის ზეთი) უმთავრესად გამოიყენება სპილენძის მილსადენი. მილსადენში სათბობის მოძრაობის სიჩქარე შემდეგ ზღვრებში აიღება:

შეწოვის მხარეს, დიზელი - 0,2-0,4 მ/წმ,

მაზუთი - 0,1-0,2 მ/წმ;

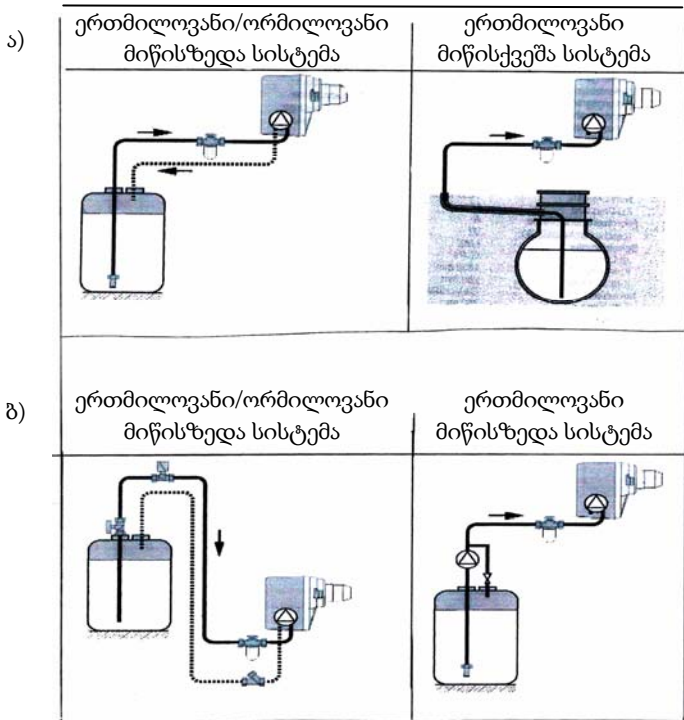
დაწნევის მხარეს, დიზელი - 0,4-0,8 მ/წმ,

მაზუთი - 0,2-0,5 მ/წმ.

ტუმბოს შემწოვ მხარეს მილსადენის გაიშვიათება 0,4 ბარს არ უნდა აღემატებოდეს. მაღალი სიბლანტის თხევადი სათბობის (მაგ., მაზუთი) ტრანსპორტირებისას საჭიროა მათი წინასწარი შეთბობა. გადასატუმბი თხევადი სათბობის ტემპერატურა სიბლანტის მიხედვით 50 - 70°C-ს შეადგენს. სათბობის ავზი შეიძლება მოთავსდეს როგორც მიწის ზემოთ, ისე მიწაში. ავზიდან თხევადი სათბობი სანთურამდე მილსადენით გადაიტუმბება, რომელიც კეთდება როგორც ორმილოვანი, ასევე ერთმილოვანი. ერთმილოვანი სისტემა გამოიყენება მხოლოდ მსუბუქი თხევადი სათბობის გადასატუმბად.

სათბობით უზრუნველყოფის სქემები ნაჩვენებია მე-5 ნახ-ზე. სათბობის ავზის განლაგების და თბოგენერატორების მიხედვით, აგრეთვე ადგილობრივი ნორმების გათვალისწინებით, სათბობით უზრუნველყოფის სხვადასხვა სისტემა გამოიყენება. ამ ნახაზზე წარმოდგენილია როგორც ორმილოვანი, ასევე ერთმილოვანი სისტემა, სათბობის ავზის მიწისზედა ან მიწისქვეშა განლაგებით. ორმილოვანი სისტემის დროს გვაქვს ორი

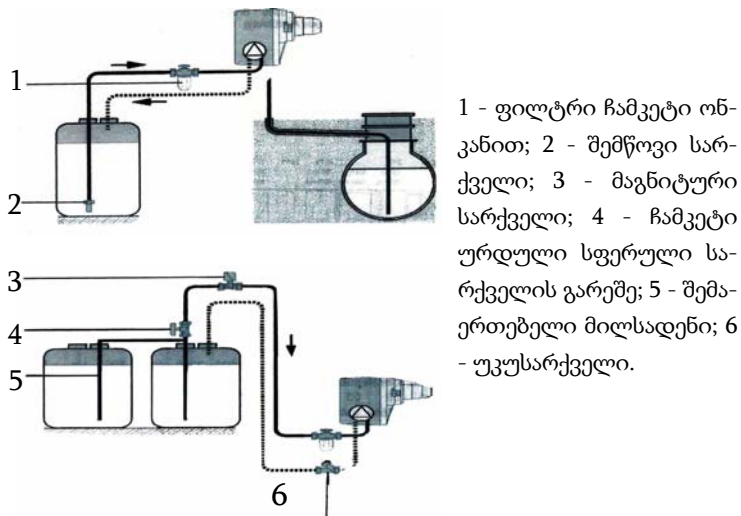
მილი - მიმწოდი და უკუმილი. მიმწოდი მილით გადატუმბული სათბობი ეთანადება ტუმბოს მიერ გადატუმბულ სითბურ სიმძლავრეს. ერთმილოვან სისტემაში სათბობის ავზსა და სანთურის ტუმბოს შორის ეწყობა მხოლოდ ერთი მილი. ამ მილით გადატუმბული სათბობის რაოდენობა ეთანადება სანთურის სითბურ სიმძლავრეს. სათბობის ავზი, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, შეიძლება მოთავსდეს მიწის ზემოთ ან მიწაში. საწვავის ავზის მიწის ზემოთ მოთავსების შემთხვევაში სათბობით უზრუნველყოფის სისტემა შეიძლება იყოს როგორც ერთმილოვანი, ასევე ორმილოვანი, სათბობის ავზის მიწაში განლაგებისას კი - მხოლოდ ერთმილოვანი.



ნახ. 5. სათბობით უზრუნველყოფის სისტემები

ა - შეწოვის რეჟიმი; ბ - შეტბორვის რეჟიმი

თუ სათბობის ავზი განლაგებულია სანთურაზე უფრო დაბლა, მაშინ სისტემა მუშაობს შეწოვის რეჟიმში, თუ სათბობის ავზი განლაგებულია სანთურაზე მაღლა, მაშინ - შეტბორვის რეჟიმში. თუ სანთურასა და სათბობს შორის სიმაღლეთა სხვაობა დიდია, შეწოვის რეჟიმში გამოიყენება მიმტუმბი ტუმბო (სისტემა წნევის ქვეშ). მე-6 ნახ-ზე ნაჩვენებია სათბობით უზრუნველყოფის სისტემებში აუცილებელი ელემენტების დაყენება როგორც შეწოვის, ასე შეტბორვის შემთხვევაში. შეწოვის რეჟიმის დროს სათბობის მილსადენზე ეწყობა შემწოვი სარქველი, ჩამკეტი ონკანი და ფილტრი. ფარული მილსადენის შემთხვევაში სათბობსადენი უნდა მოეწყოს სათბობის ავზისკენ მუდმივი ქანობით. შეტბორი რეჟიმის დროს სათბობსადენზე აუცილებელია აწევის საწინალო მოწყობილობის დაყენება მაგნიტური სარქვლის სახით, ამასთან, სათბობსადენზე ავზიდან მაგნიტურ სარქვლამდე უკუდინებისათვის არ უნდა იყოს არავითარი დაბრკოლება.

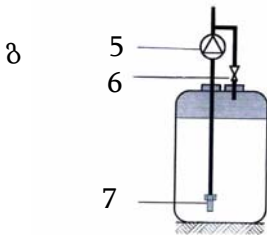
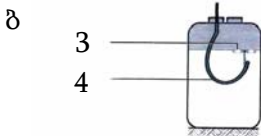
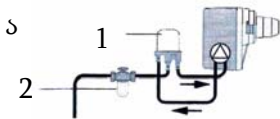


**ნახ. 6.** სათბობით უზრუნველყოფის ერთმილოვანი/ორმილოვანი სისტემების ელემენტები. ა. - შეწოვის რეჟიმი; ბ. - შეტბორვის რეჟიმი

ორმილოვან სისტემებში ერთმანეთთან შეერთებული რამდენიმე ავზის შემთხვევაში დაუშვებელია შემწოვი სარქვლის გამოყენება.

შეტბორვის რეჟიმის დროს ორმილოვანი სისტემის (ნახ. 6, ბ) უკუმილსადენზე აუცილებელია უკუსარქვლის გამოყენება.

ერთმილოვან სისტემებში თხევადი სათბობიდან ჰაერისა და გაზის გაყვანის მიზნით გამოიყენება სათბობის გაზ-ჰაერის გამყვანი. ამ შემთხვევაში სანთურის ტუმბო ისე მუშაობს, როგორც ორმილოვანი სისტემის შემთხვევაში (ნახ. 7, ა).



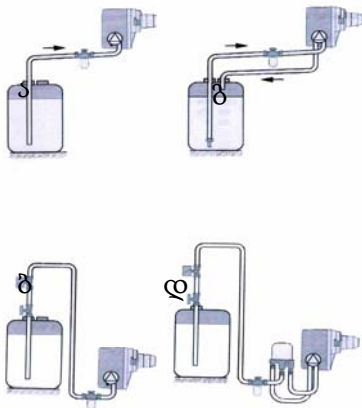
- 1 - სათბობის გაზჰაერმაცალკევებელი;
- 2- ფილტრი ჩამკეტი ონკანით; 3 - ტივტივა; 4 - მოქნილი შლანგი; 5 - მიმტუმბი ტუმბო; 6 - წნევის მარეგულირებელი სარქველი; 7 - შემწოვი სარქველი

ნახ. 7. სათბობით უზრუნველყოფის ერთმილოვანი სისტემის ელემენტები: ა - სათბობის ჰაერმაცალკევებელი; ბ - სათბობის აღება სუფთა ზონიდან; გ - მიმტუმბი ტუმბოს დაყენება სიმაღლეთა დიდი სხვაობის დროს

სანთურის მუშაობისას უნდა ვეცადოთ, რომ სათბობის აღება მოხდეს ავზის „სუფთა“ ზონიდან. ამ დროს საწვავის ავზში სპეციალური ტივტივა კეთდება (ნახ. 7, ბ).

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, იმ შემთხვევაში, როდესაც სანთურის ტუმბოს შემწვავ მხარეს გაიშვიათება აღემატება 0,4 ბარს, გამოიყენება მიმტუმბი ტუმბო (ნახ. 7, გ).

სანთურის უსაფრთხო, სრულყოფილი მუშაობისათვის საჭიროა სათბობსადენიდან ან მთლიანი სისტემიდან (ავზი-სანთურა) გავიყვანოთ ჰაერი. ჰაერის გაყვანის სქემები ნაჩვენებია მე-8 ნახ-ზე. როდესაც სათბობის ავზი განლაგებულია სანთურაზე დაბლა, ჰაერი გაიყვანება სანთურიდან სათბობის აღმავალი დინებით ერთმილოვან სისტემებში (ნახ. 8,ა) და ტუმბოს უკუსადენიდან – ორმილოვან სისტემებში (ნახ. 8,ბ). იმ შემთხვევაში, როდესაც სათბობის ავზი განლაგებულია სანთურაზე მაღლა, სისტემის ყველაზე მაღალ წერტილებში შეიძლება მოგროვდეს სათბობის ორთქლი და ჰაერი. ამ მოვლენის თავიდან ასაცილებლად თხევადი სათბობის მოძრაობის სიჩქარე 0,2-0.4 მ/წმ უნდა იყოს.



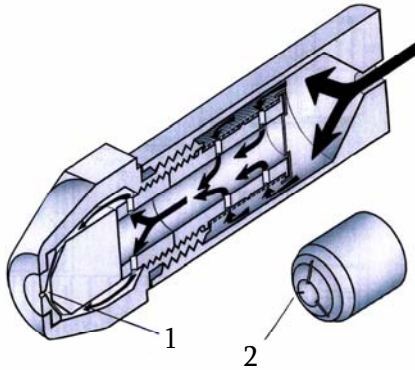
ა, ბ - სანთურიდან;  
გ, დ - ტუმბოს უკუსადენიდან

ნახ. 8. სათბობით უზრუნველყოფის სისტემაში ჰაერის გაყვანა:

## თხევადი სათბობის ფრქვევანა

თხევადი სათბობის სანთურის მნიშვნელოვანი ტექნოლოგიური დეტალია ფრქვევანა. მისი დანიშნულებაა წვის კამერაში (საცეცხლურში) სათბობის გაფრქვევა. მართალია, თხევადი სათბობი განიხილება, როგორც აალებადი სითხე, მისი ანთება ხდება მხოლოდ წვეთების წარმოქმნის შემდეგ (მისი აორთქლებისას). წვეთის ზომები მოქმედებს წვის ხარისხზე.

თხევადი სანთურის ფრქვევანას (ნახ. 9) გარე ზედაპირზე აქვს ხვრელი და +16მმ კუთხვილი წახნაგი ფრქვევანას ჭოკზე დასამაგრებლად. ფრქვევანას შიგნით მოთავსებულია არხები თხევადი სათბობის ასაგრიგალეზლად. ფრქვევანას აქვს აგრეთვე დამცავი ფილტრი, რომელიც გაბიდვისაგან იცავს. თხევადი სათბობის ფრქვევანა ხასიათდება სიდიდეებით:



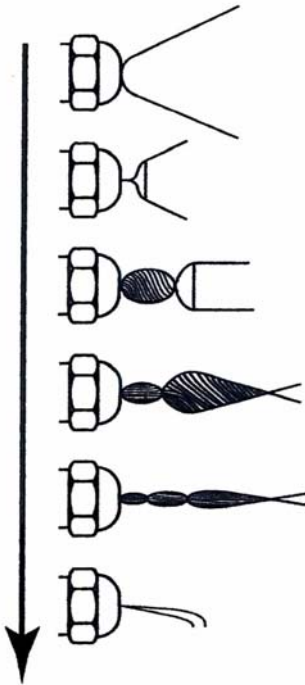
ნახ. 9. თხევადი სათბობის ფრქვევანა: 1 - აგრიგალეზის კამერა; 2 - ტანგენციური (მხეზი) კილოები



- თხევადი სათბობის ხარჯი საათში;
- წვეთების სიწმინდე (სიწვრილე);
- წვეთების გაფრქვევის კუთხე;
- გაფრქვევის კონუსში წვეთების განაწილება.

ფრქვევანასათვის ეს სიდიდეები ფიქსირებულია და მოწმდება 7 ბარი წნევის დროს. თუ შეიცვლება თხევადი სათბობის წნევა, შეიცვლება ფრქვევანას მახასიათებლებიც.

გაფრქვევის წნევის 7 ბარზე დაბლა დაცემის გავლენა გაფრქვევის კონუსზე ნაჩვენებია მე-10 ნახ-ზე.



ნახ. 10. გაფრქვევის კონუსის ცვლილება წნევის მიხედვით

აქედან გამომდინარე, თხევადი სათბობის გაფრქვევის წნევა უნდა იყოს არანაკლებ 7 ბარისა, რათა უზრუნველყოთ ფრქვევანას გაფრქვევის მახასიათებლები, და არა უმეტეს 14 ბარისა, სათბობის ტუმბოს მახასიათებლების გათვალისწინებით.

ფრქვევანას ხარჯი დამოკიდებულია გაფრქვევის წნევაზე. გაფრქვევის წნევის გაზრდით სათბობის ხარჯი იზრდება, ხოლო შემცირებით – მცირდება.

სათბობის ხარჯი პირდაპირპროპორციულია წნევის ცვლილების კოეფიციენტის კვადრატული ფესვისა.

მაგალითი. 7 ბარი წნევის დროს ფრქვევანას ხარჯი 3,1 კგ/სთ-ია. როგორი იქნება ხარჯი 10 ბარი წნევის დროს? წნევის ცვლილების კოეფიციენტი:  $10/7 = 1,43$ .

ხარჯი 10 ბარი წნევის დროს იქნება:  $3,1 \cdot \sqrt{1,43} = 3,7$  კგ/სთ.

ფრქვევანას გარდა, სანთურის კონსტრუქციაში შედის ისეთი კომპონენტები, როგორცაა: თხევადი სათბობის შემთბობი, აალების თავი, ტრანსფორმატორი და ამნთები ელექტროდები, ვენტილატორი, პროგრამული მართვის ბლოკი და სხვა. ამ კომპონენტების მახასიათებლები სანთურის პასპორტშია მოცემული.

## თხევადი სათბობის ქვაბები

თხევადი სათბობისათვის გამოიყენება იგივე ქვაბები, როგორც გაზით სათბობის დროს. გაზით სათბობის ქვაბებში, სადაც გამოიყენება შემხერი სანთურა, თუ გაზის სანთურას შევცვლით ანალოგიური თხევადი სათბობის (დიზელი, სოლარის ზეთი, მაზუთი, ნამუშევარი ზეთი) სანთურით, მივიღებთ თხევადი სათბობის ქვაბს. გარდა ცალ-ცალკე გაზზე ან თხევად სათბობზე მომუშავე სანთურებისა, შეიძლება გვქონდეს ერთი ორსათბობიანი სანთურა, რომელსაც კომბინირებულ სანთურას

უწოდებენ და მუშაობს გაზზე ან რომელიმე სახეობის თხევად სათბობზე.

თხევადი და გაზის სათბობის ქვაბები არის როგორც ფოლადის, ასევე თუჯის, ერთკონტურიანი ან ორკონტურიანი. აქამდე გამოყენებული ქვაბები ძირითადად დასადგმელი იყო. დღეისათვის უკვე შექმნილია კედლის ქვაბები თხევად სათბობზე. თხევადი სათბობის ქვაბების უმეტესობა ტრადიციული კონსტრუქციისაა, რომლებშიც გამოიყენება სათბობის უდაბლესი თბოუნარიანობა. თუ ასეთ ქვაბებზე გამოვიყენებთ საკონდენსაციო ეკონომიზერებს, გვექნება საკონდენსაციო ქვაბი.

საკონდენსაციო თხევადი ქვაბების მქ კოეფიციენტი 104%-მდეა, ტრადიციული ქვაბებისა კი – 95%-მდე.

თხევად სათბობზე მომუშავე ქვაბების კონსტრუქციები ისეთივეა, როგორც გაზის ქვაბებისა და განხილულია გაზით გათბობაში.

## მყარი ბიოსათბობი

ბიოლოგიური ნედლეული – მყარი ბიოსათბობი მიიღება ბიოლოგიური ნარჩენების გადამუშავებით. ბიოსათბობი არის თხევადი (შიგაწვის ძრავებისათვის – ეთანოლი, მეთანოლი, ბიოდიზელი); მყარი (შეშა, პელეტი, ბრიკეტი) და გაზისებრი (ბიოგაზი, წყალბადი). გათბობის სისტემებში გამოიყენება მყარი ბიოსათბობი.

შეშა ყველაზე ძველი სათბობია, რომელსაც კაცობრიობა იყენებს. პელეტი (სათბობი გრანულები) და ბრიკეტი არის ხის, სოფლის მეურნეობის ნარჩენებისა და სხვა ბიომასის დაწეხილი ნაწარმი. დღეს მსოფლიოში, შეშისა და ბიომასის საწარმოებლად, აშენებენ ენერგეტიკულ ტყეებს, რომლებიც შედგება სწრაფზრდადი ჯიშებისაგან (ალვა, ეკალიპტი და სხვ.). შეშისა

და ბიომასისათვის გამოიყენება დახერხილი ხე-ტყის გამოუსადეგარი მასა.

მთელ რიგ ქვეყნებში – გერმანია, იტალია, არგენტინა, პოლონეთი და სხვ. გაშენებულია სპეციალური სწრაფზრდადი ჯიშების პლანტაციები, რომელთა მოსავლიანობა დაახლოებით 7 ტონაა ერთ ჰექტარზე.

თბურ გენერატორებში გამოყენებული მყარი ბიოსათბობი, ტრადიციულ განახლებად წყაროებს მიეკუთვნება.

მსოფლიოში განახლებადი თბური წყაროების გამოყენებას მსოფლიოში დიდი ყურადღება ექცევა, რაც გამოწვეულია მათი უშრეტობითა და ეკოლოგიური სისუფთავით. მათი გამოყენება არ ცვლის პლანეტის ენერგეტიკულ ბალანსს. სწორედ ეს გახდა მსოფლიოში განახლებადი ენერგეტიკის მძაფრი განვითარების მიზეზი.

შემა (ხე-ტყე) მიეკუთვნება სათბობის განახლებად სახეს, რომლის დაწვისას საშუალოდ გამოიყოფა 4 კვტ.სთ/კგ ენერგია.

ცხრილში მოცემულია სხვადასხვა ჯიშის ხეების თბოუნარიანობა (დაწვის სითბო) 20% ტენშემცველობის დროს.

ხის ჯიში	სიმკვრივე, კგ/მ <sup>3</sup>	დაწვის სითბო (20% ტენშემცველობის დროს)		
		კვტ.სთ/მკვრ.მ <sup>3</sup>	კვტ.სთ/სასაწყ. მ <sup>3</sup>	კვტ.სთ/კგ
<b>წიწვოვანი ჯიშები</b>				
სოჭი	430	210	1500	4,0
ნაძვი	420	2200	1550	4,2
ფიჭვი	510	2600	1800	4,1
ლარიქსი	545	2700	1900	4,0
<b>ფოთლოვანი ჯიშები</b>				

არყი	580	2900	2000	4,1
თელა	620	3000	2100	3,9
წიფელი	650	3100	2200	3,8
იფანი,კოპიტი	650	3100	2200	3,8
მუხა	630	3100	2200	4,0
რცხილა	720	3300		3,7

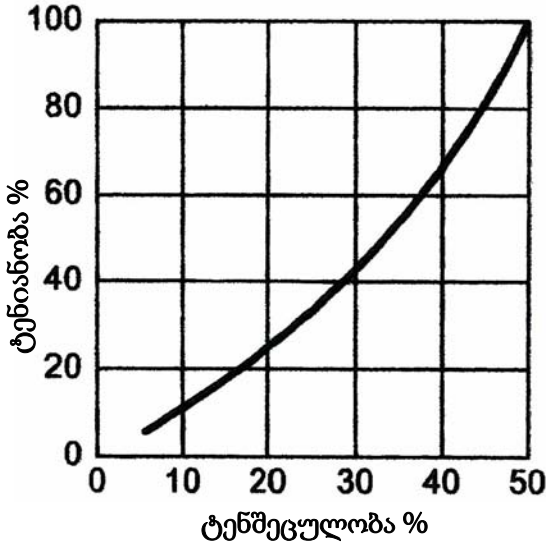
როგორც ცხრილიდან ჩანს, 1ლ თხევადი სათბობი შეიძლება შეიცვალოს 3 კგ მერქნით. 1 სასაწყობო მ<sup>3</sup> წიფელი, ენერჯის რაოდენობის მიხედვით, ეთანადება 200 ლ თხევად სათბობს ან 200 მ<sup>3</sup> ბუნებრივ გაზს. ამრიგად, მერქნის დაწვას გარკვეული წვლილი შეაქვს ნავთობისა და არაგანახლებადი მარაგის დაზოგვაში. ზოგადად ხე-ტყეს აქვს CO<sub>2</sub>-ის ნეიტრალური ბალანსი. რადგანაც წვის შედეგად წარმოქმნილი CO<sub>2</sub> კვლავ უბრუნდება ფოტოსინთეზის ჩაკეტილ პროცესს და წვლილი შეაქვს ახალი ბიომასის წარმოქმნაში.

მეორე საინტერესო ეკოლოგიური მომენტია ის, რომ ხე-ტყე პრაქტიკულად არ შეიცავს გოგირდს, ამიტომ დაწვის შედეგად გოგირდის ორჟანგი (SO<sub>2</sub>) პრაქტიკულად არ გამოიყოფა.

ხე-ტყის (მერქნის) დაწვის სითბო ანუ თბოუნარიანობა დამოკიდებულია მის ტენშემცველობაზე. რაც მეტ ტენს შეიცავს მერქანი, მით დაბალია მისი თბოუნარიანობა, რადგან წვის დროს გამოყოფილი სითბოს ნაწილი იხარჯება ტენის აორთქლებაზე. მერქნის ტენიანობის დასახასიათებლად გამოიყენება ორი სიდიდე: ტენშემცველობა და ტენიანობა.

მერქნის ტენშემცველობა მასში წყლის მასისა და საერთო მასის შეფარდების ტოლია(%), მერქნის ტენიანობა კი - მასში წყლის მასისა და მშრალი მასის შეფარდების ტოლი.

ტენშემცველობასა და ტენიანობას შორის დამოკიდებულება ნაჩვენებია მე-11 ნახ-ზე.



ნახ. 11. ხე-ტყის ტენიანობის დამოკიდებულება ტენშემცველობაზე

ახალმოჭრილი ხის ტენიანობა 100%-ია, ერთი წლის განმავლობაში შენახვის დროს ტენიანობა 40%-მდე მცირდება, ხოლო რამდენიმე წელი შენახვის შემდეგ 25% ხდება.

მე-12 ნახ-ზე ნაჩვენებია სოჭის თბოუნარიანობის დამოკიდებულება მის ტენშემცველობაზე. 20% ტენშემცველობის დროს (ტენიანობა 25%) თბოუნარიანობა 4,0 კვტ.სთ/კგ შეადგენს. რამდენიმე წლის განმავლობაში გამომშრალი მერქნის თბოუნარიანობა ახალმოჭრილი ხისას ორჯერ აღემატება.

ტენიანი ხის დაწვა არაეკონომიურია, იწვევს დიდი რაოდენობით მავნე ნივთიერებების გამოყოფას და, წვის დაბალი ტემპერატურის გამო, გაზსავალის კედლებზე მურის დალექვას.

ხე-ტყის შენახვისას საჭიროა:

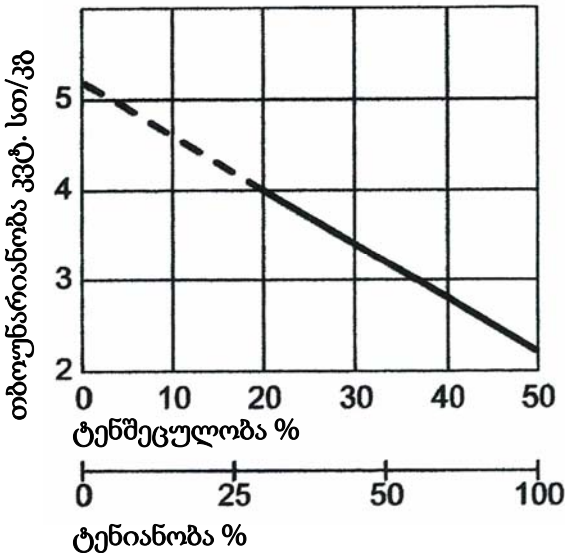
10 სმ-ზე მეტი დიამეტრის მქონე მორების დაპობა;

ღერების (ნაპობის) შენახვა განიავებად, წვიმისგან დაცულ და შეძლებისდაგვარად მზიან ადგილას;

ღერების ხორად ისე დაწყობა, რომ მათ შორის სივრცე საკმარისი იყოს გამოყოფილი ტენის გასაყვანად ჰაერის გამჭოლი ნაკადით.

ხორის ქვეშ ცარიელი სივრცის მოწყობა, გრძივი მორების დაწყობა, რათა უზრუნველყოფილ იქნეს ტენიანი ჰაერის გაყვანა;

დაუშვებელია ახლად მოჭრილი ხის სარდაფში შეტანა, რადგან ხის გამოსაშრობად საჭიროა მზე და ჰაერი, მშრალი ხე-ტყე კი უნდა შევინახოთ სარდაფში, რომელიც ნიავედება.



ნახ. 12. ხე-ტყის თბოუნარიანობის ცვლილება ტენიანობის მიხედვით

## სათბობი გრანულები (პელეტები)

სათბობი გრანულები ანუ მარცვლები ბიოსათბობია. სახელწოდება წარმოშობილია ინგლისური სიტყვიდან Pellets – ბურთულა. ეს სათბობი მიიღება ტორფიდან, ხე-ტყის ნარჩენებისა და სოფლის მეურნეობის ნარჩენებიდან.

სათბობი პელეტების დასამზადებლად გამოიყენება: ნახერი, ნაფოტი, ტკეჩი, ბურბუშელა, ხის დაქუცმაცებული ქერქი, წიწვოვანი და ფოთლოვანი ხის ტოტები, სოფლის მეურნეობის ნარჩენები (ბურღული, სიმინდი, მზესუმზირა, ბზე და სხვა).

სათბობი გრანულები ეკოლოგიურად სუფთაა. იგი შეიცავს 3% ნაცარს. წვისას სათბობი გრანულები გამოყოფს ზუსტად იმდენ CO<sub>2</sub>-ს, რამდენიც შთანთქა მცენარემ ზრდისას. გრანულები ნაკლებად თვითაალებადია, რამდენადაც არ შეიცავს მტვერსა და სპორებს, რომლებიც ადამიანებში იწვევს ალერგიულ რეაქციას. ჩვეულებრივი ხე-ტყისაგან გრანულები გამოირჩევა ნაკლები ტენიანობით (8-12%). ამ სათბობის თბონარიანობა 5 კვტ.სთ/კგ-ია, რაც შეშისას 1,5-ჯერ აღემატება. საწვავი პელეტის სახე მოცემულია მე-13 ნახ-ზე. გრანულების დიამეტრია 6-8 მმ, სიგრძე – 5-70 მმ. სათბობი გრანულები, დადებითი მხარეების გამო, შეიძლება ჩაითვალოს პერსპექტიულ, სამომავლო სათბობად.



ნახ. 13. სათბობი პელეტები (გრანულები)



მაღალი ხარისხის (თეთრი და რუხი) სათბობი გრანულები გამოიყენება საცხოვრებელი სახლების გასათბობად როგორც მცირე სიმძლავრის ქვაბებში, ასევე ღუმლებსა და ბუხრებში. მუქი პელეტები შეიცავს დიდი რაოდენობით ქერქს და გამოიყენება დიდი სიმძლავრის ქვაბებში დასახლებული პუნქტებისა და სამრეწველო ობიექტების თბოელექტრომომარაგებისათვის.

სადღესოდ პელეტების, როგორც სათბობის გამოყენება კოლოსალურად იზრდება. ევროპის ქვეყნებში განსაკუთრებული პოპულარობა მოიპოვა ბიოსათბობზე მომუშავე საქვაბებმა.

გერმანიაში მარტო 2002 წელს დაყენებულ იქნა 5000-ზე მეტი ქვაბი, რომლებიც მხოლოდ პელეტზე მუშაობდა (უნდა აღინიშნოს, რომ 1998 წ. პელეტზე მომუშავე ქვაბების რაოდენობა 300 შეადგენდა). 2006 წლისათვის გერმანიის მხოლოდ ერთ რეგიონში – ჩრდილოეთ რაინვესტფალიაში 500 000 ცალი მოძველებული ქვაბი იქნა შეცვლილი პელეტზე მომუშავე ეკოლოგიურად სუფთა ქვაბით. 2007 წლისათვის გერმანიაში უკვე მოქმედებდა პელეტზე მომუშავე 1.000.000 ქვაბი და ღუმელი, რომელთა ხარჯი ყოველწლიურად 4.000.000 ტ პელეტს შეადგენს.

შვედეთში პელეტების გამოყენება ყოველწლიურად 30%-ით მატულობს. შვედეთის სამთავრობო პროგრამის შესაბამისად, პელეტზე მოთხოვნილების ზრდა 2010 წლისათვის წელიწადში 7.000.000 ტონას შეადგენდა .

მნიშვნელოვნად გაიზარდა პელეტზე მომუშავე ავტომატური ქვაბების მწარმოებელთა რიცხვი. დღეისათვის იგი 50 შეადგენს, 1998 წელს კი მხოლოდ სამი იყო. დღეისათვის გერმანიაში დაყენებული ყოველი მესამე ქვაბი ხის სათბობზე მუშაობს.

ანალოგიური მდგომარეობაა მსოფლიოს სხვა წამყვან ქვეყნებში. აშშ-ში მოქმედებს სტანდარტი, რომლის მიხედვითაც პელეტის ნაცრიანობა 1%-ია.

## სათბობი ბრიკეტები

განახლებადი ბუნებრივი წყაროებიდან ბიოსათბობის ერთ-ერთი გავრცელებული სახე სათბობი ბრიკეტებია. მიიღება იმავე ნარჩენებისგან, საიდანაც პელეტები. ეს სათბობი მიიღება მაღალი წნევის ქვეშ, წნეხით, 250-300°C-მდე გაცხელებისას. სათბობი ბრიკეტები არ შეიცავს არანაირ შემკვრელ ნივთიერებას, გარდა ერთი ბუნებრივი – ლიგნინისა, რომელიც მცენარეთა ნარჩენების უჯრედებში შედის.

ბრიკეტები ცილინდრული ან მართკუთხა ფორმისაა, მასა 0,5-2 კგ-ია. თბოუნარიანობაა 4,5-5,0 კვტ.სთ/კგ, ხოლო ნაცარიანობა – 0,5-1,5%. ბრიკეტი, როგორც შეშა, თბოგენერატორს ხელით მიეწოდება.

ბრიკეტები მზადდება სხვადასხვა ფორმის - სწორკუთხა, ცილინდრული და მრავალკუთხა.

სხვა სახის მყარ სათბობთან შედარებით ხის ბრიკეტებს აქვს უპირატესობა:

შეშისგან განსხვავებით, ბრიკეტები არ საჭიროებს წინასწარ გაშრობას;

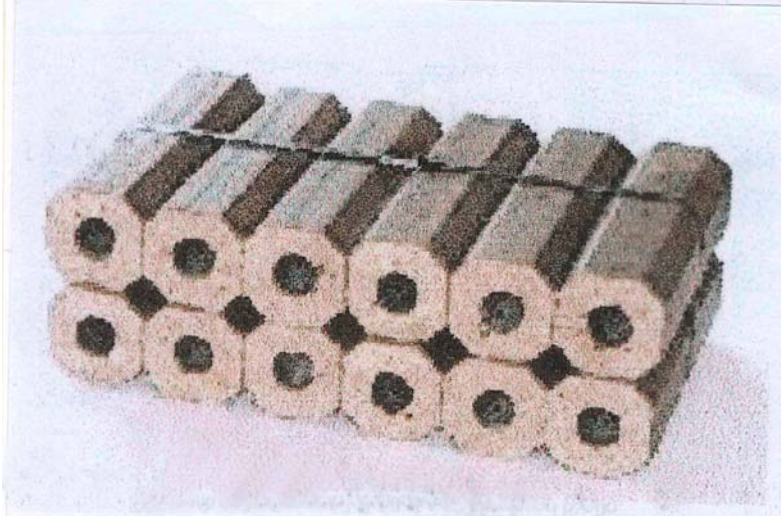
წვისას გამოყოფს მინიმალური რაოდენობის კვამლს;

შენახვისას არ ესაჭიროება დიდი ფართობი. 1 ტ ბრიკეტის შესანახად საკმარისია იგივე ფართობი, რაც 3-4მ<sup>3</sup> შეშისათვის;

ბრიკეტების ხანგრძლივი დროით შენახვის შესაძლებლობა მათი მახასიათებლების გაუარესების გარეშე.

უარყოფითი მხარეებია: წარმოების შრომატევადი პროცესი, სპეციალისტთა მაღალკვალიფიციურობა, მნიშვნელოვანი ენერგოტევადობა და სხვ.

სათბობი ბრიკეტების სახე მე-14 ნახაზზეა მოცემული.



ნახ. 14. სათბობი ბრიკეტები

## მყარი სათბობის ქვაბები

მყარი სათბობის ქვაბი არის ავტონომიური გათბობის სისტემების ცენტრალური ორგანო. მასში სითბოს გენერირება ხდება მყარი სათბობის (შეშა, მურა- და ქვანახშირი, კოქსი, სათბობი გრანულეები ან ტორფის ბრიკეტები, ხის დამუშავების ნარჩენები და სხვა) წვის ხარჯზე. მყარი სათბობის გამოყენება განსაკუთრებით მიზანშეწონილია იქ, სადაც არ არსებობს გაზომომარაგების სისტემა.

კონსტრუქციის მიხედვით მყარი სათბობის ქვაბები სხვადასხვაგვარია და მათი კლასიფიკაცია შემდეგი პარამეტრებით ხდება:

### 1. მყარი სათბობის სახეობის მიხედვით

- შეშის, ბრიკეტების და სხვა;
- ნახშირის;

- პელეტის (სათბობი გრანულები);
- უნივერსალური (ყველა სახის მყარ სათბობზე მომუშავე).

## **2. წვის მიხედვით**

- ხანგრძლივი წვის;
- პიროლიზური;
- ტრადიციული;
- კომბინირებული.

## **3. ქვების მასალის მიხედვით**

- ფოლადის;
- თუჯის.

## **4. გენერირებული ენერჯის გადაცემის მიხედვით**

- ჰაერის;
- წყლის (ყველაზე უფრო გავრცელებული);
- ორთქლის.

ძველი თაობის ანუ ტრადიციული ქვაბების ყველაზე დიდი ნაკლია სათბობის დაწვის მაღალი სიჩქარე და ქვაბში წვისთვის საჭირო სათბობის „ხელით მიწოდება“. ასეთ ქვაბებში აუცილებელია ყოველ სამ-ოთხ საათში სათბობის დამატებით ჩატვირთვა. ეს გარემოება მკვეთრად ამცირებს ქვაბების კონკურენტუნარიანობას, რადგან ექსპლუატაციისას საჭიროა ხდებოდა მათი მუდმივი მეთვალყურეობა.

ახალი თაობის ქვაბებში განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა წვის პროცესის ხანგრძლივობას და ქვაბში სათბობის მიწოდების ავტომატურ ტექნოლოგიას. ამ მხრივ განსაკუთრებით გამოირჩევა ხანგრძლივი წვის გაზგენერატორული (პიროლიზური) და პელეტის ქვაბები.

ხანგრძლივი წვის ქვაბებში დამუშავებულია წვის ისეთი ინოვაციური მეთოდი, რომელიც საშუალებას გვაძლევს, ნახშირის ერთი ჩატვირთვით ქვაბი ვამუშაოთ შვიდი დღე. ეს ქვაბები არის ავტომატიზებული და ენერგოდამოუკიდებელი.

ამჟამად მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში ფართოდ გამოიყენება წვის პიროლიზური მეთოდი. ქვაბებს, რომლებიც მყარი სათბობის პიროლიზის პრინციპზე მუშაობს, პიროლიზურს ან გაზგენერატორულს უწოდებენ. ქვემოთ განხილულია ასეთი ქვაბების კონსტრუქციები და მუშაობის პრინციპი.

## პიროლიზური (გაზგენერატორული) ქვაბები

ამ ქვაბებს საფუძვლად უდევს სათბობის პიროლიზური წვის (მშრალი გამოხდის) პრინციპი. ასეთ ქვაბს აქვს მაღალი მქოეფიცენტი, რის გამოც ნაკლები მოცულობის ხე-ტყით შეგვიძლია მივიღოთ მეტი სითბო, ვიდრე ეს ტრადიციული წვის მყარსათბობიან ქვაბებშია შესაძლებელი.

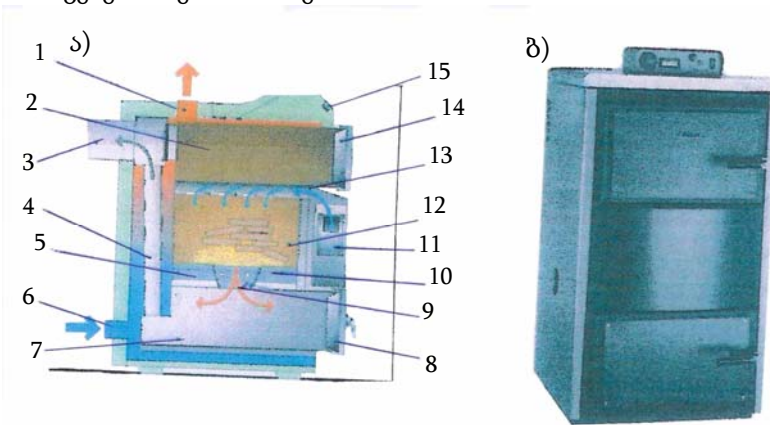
პიროლიზი (ბერძნ. *pyr* - ცეცხლი, *lysis* - დაშლა) არის მშრალი ხე-ტყის თერმული დაშლის პროცესი, რომელიც მიმდინარეობს მაღალ ტემპერატურაზე, ჰაერის ნაკლებობით. ამ დროს სათბობი აქროლად ნაწილად, რომელსაც პიროლიზის გაზი ეწოდება და მყარ ნარჩენად (ხის ნახშირი, კოქსი) იშლება. ხე-ტყის პიროლიზი მიმდინარეობს 200 - 800°C ტემპერატურის დროს. ეს პროცესი ეგზოთერმულია, ე.ი. მიმდინარეობს სითბოს გამოყოფით. ამ სითბოს ხარჯზე ხდება ქვაბის საცეცხლურში მოთავსებული სათბობის შეთბობა და გამოშრობა, აგრეთვე წვის ზონაში მიწოდებული ჰაერის შეთბობა. პიროლიზის დროს გამოყოფილ გაზთან ჟანგბადის მიერთება მაღალ ტემპერატურაზე ხდება და გამოიყენება სითბური ენერჯის მისაღებად. უნდა აღინიშნოს, რომ პიროლიზის გაზი წვის პროცესში ზემოქმედებს აქტიურ ნახშირბადთან, რის გამოც ქვაბიდან გამოსვლისას პრაქტიკულად არ შეიცავს მავნე მინარევებს. იგი ძირითადად ნახშირორჟანგისა და წყლის ორთქლის ნარევიან. პიროლიზური წვისას წარმოიქმნება მინიმალური რაოდენობის

ჭვარტლი და ნაცარი, რის გამო ქვაბის წმენდა იშვიათადაა საჭირო.

გათბობის ქვაბებს, რომლებშიც სათბობის პიროლიზური წვის პრინციპი გამოიყენება, გაზგენერატორულ ქვაბებსაც უწოდებენ. პიროლიზის შედეგად გამოყოფილი გაზი ერევა ჟანგბადით გაჯერებულ ჰაერს (ამ მიზნით ყველა გენერატორს აქვს სპეციალური ჰაერშემბერი ვენტილატორი), მიმდინარეობს წვის პროცესი და მიიღება სითბური ენერჯია.

პიროლიზური წვის ქვაბებში იწვის ნებისმიერი სათბობი – შეშა, პელეტი, ბრიკეტი ან ხის ნარჩენები.

პიროლიზური ქვაბის პრინციპული სქემა და ზოგადი სახე ნახვენების მე-15 ნახ-ზე.



ნახ. 15. პიროლიზური ქვაბის პრინციპული სქემა (ა) და საერთო ხედი (ბ)

- 1 - გათბობის მიმწოდებელი მილი; 2 - კვამლსადენის დროსელი;
- 3 - ალიბჭე; 4 - კვამლსაბრუნე არხი; 5 - მეორეული ჰაერის მისაწოდებელი არხი; 6 - გათბობის უკუმილი; 7 - წვის კამერა; 8 - ქვედა კარი;
- 9 - სანთურა; 10 - წყლის თბოგადამცემი; 11 - ვენტილატორი; 12 - გაზიფიცირების კამერა; 13 - ჰაერის მისაწოდებელი არხი; 14 - ზედა კარი (ჩასატვირთი); 15 - რეგულატორი; 16 - წნევის გადამწოდი; 17 - ტემპერატურის გადამწოდი

კონსტრუქციულად პიროლიზური ქვაბი შედგება ერთმანეთის თავზე განლაგებული ორი კამერისაგან. ზედა კამერა სათბობის ბუნკერია. აქ იტვირთება სათბობი (შეშა) და აქვე მიმდინარეობს წვა (პიროლიზი), რის შედეგადაც გამოიყოფა “ხე-ტყის გაზი“. გაზიფიცირების პროცესის ხარჯზე ამავე ბუნკერში მიმდინარეობს შეშის წინასწარი გამოშრობა და წვის კამერაში მისაწოდებელი ჰაერის შეთბობა. ქვაბის ქვედა ნაწილი წვის კამერაა სანაცრით. აქ მიმდინარეობს ხე-ტყის გაზის წვის პროცესი და წარმოქმნილი ფერფლის დაგროვება. ამ ორ კამერას შორის მოთავსებულია მაგაზიფიცირებელი სანთურა. ქვაბის სიმძლავრის რეგულირება ხდება მეორეული ჰაერის ჩაბერვით. ჩვეულებრივ, მყარსათბობიანი ქვაბებისგან განსხვავებით, პიროლიზურ ქვაბებში შესაძლებელია მისი მუშაობის ზუსტი რეგულირება სპეციალური თერმორეგულატორის საშუალებით. ამ უკანასკნელით შესაძლებელია თბომატარებლის საჭირო ტემპერატურაზე დაყენება. პიროლიზური წვისას არ წარმოიქმნება ჭკარტლი, ნაცრის რაოდენობა კი მინიმალურია, ამიტომ ქვაბის გაწმენდა იშვიათადაა საჭირო. ქვაბის მუშაობის ხანგრძლივობა ერთი ჩატვირთვისას შეადგენს 6-12 სთ შეადგენს.

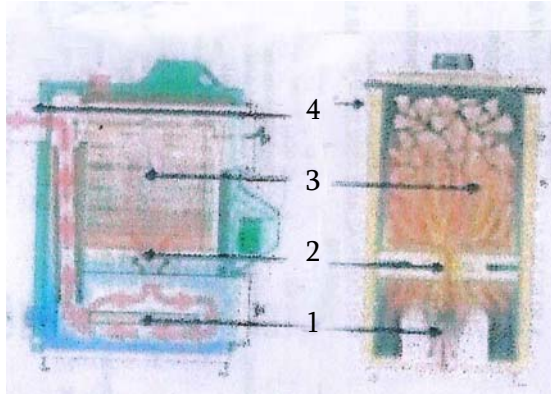
პიროლიზური ქვაბის მუშაობა რამდენიმე ეტაპად მიმდინარეობს (ნახ. 16):

პირველი ეტაპი – ხე-ტყის შრობა და დეგაზაცია. ტემპერატურა – 450°C;

მეორე ეტაპი – ხე-ტყის გაზის მეორეულ ჰაერთან წვის პროცესი. ტემპერატურა – 560°C;

მესამე ეტაპი – ხე-ტყის გაზის სრული დაწვა 1100°C ტემპერატურაზე (მშრალი გამოხდის პროცესი – პიროლიზი) და თბოგადაცემა;

მეოთხე ეტაპი – გამონაბოლქვი გაზების გაფრქვევა საკვამლე პოჭოჭიკის მიერ. ტემპერატურა – 160°C.



**ნახ. 16. პიროლიზური ქვაბის მუშაობის ეტაპები**

პიროლიზური წვის ქვაბების სამუშაო პროცესის მახასიათებლები:

პიროლიზური და მყარსათბობიანი ქვაბები მუშაობს რამდენიმეჯერ უფრო ეკონომიურად, ვიდრე ნებისმიერი სხვა გაზგენერატორული ქვაბი, მათ შორის პირდაპირი წვის ქვაბები;

არ არის საჭირო ქვაბის მუშაობის მუდმივი რეგულირება. თბომატარებლის (წყლის) ტემპერატურა სტაბილურია,  $\pm 3$ ;

სწრაფად გადადის ეფექტური მუშაობის რეჟიმზე (ქვაბიდან გამოსვლისას ტემპერატურა  $60 - 90^{\circ}\text{C}$ -ია) როგორც ბუნებრივი, ასევე იძულებითი ცირკულაციის სისტემებში;

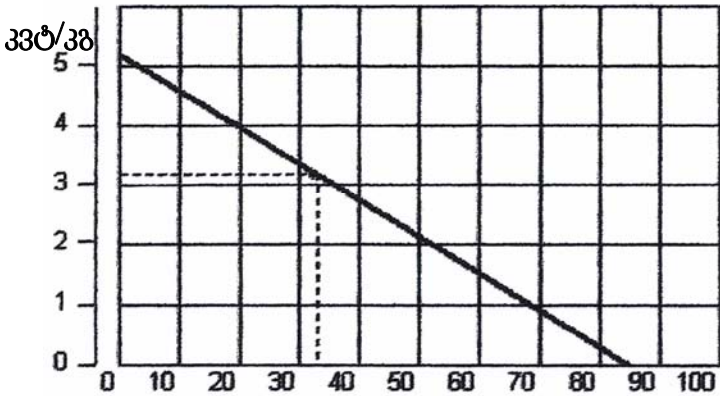
ენერგოდამოკიდებულია. გამართული მუშაობისთვის საჭიროა ვენტილატორის და კვამლსაწოვის მუდმივი მუშაობა. ზოგიერთი მოდელის ქვაბებს აქვს სპეციალური სერვომძრავი ჰაერმიმწოდებელი ურდულების მართვისათვის და გაზის მაკონტროლებლები;

არ ესაჭიროება საცირკულაციო ტუმბოები. ქვაბი თვითონ ქმნის ეფექტური ცირკულაციისთვის საჭირო წნევას;



საჭირო არ არის ნარჩენებისგან ხშირი გაწმენდა. სათბობი იწვის თითქმის უნაცროდ. წვის შემდეგ ნაცრის არარსებობა და კვამლსადენიდან გამოსული გამჭვირვალე ნათელი კვამლი მოწმობს სათბობის ეფექტურ წვას.

პიროლიზური ქვაბები გაცილებით ეფექტურია, ვიდრე ტრადიციული მყარსათბობიანი ქვაბები, კერძოდ, შეშის (განსაკუთრებით – ტენიანის) წვისას შეუძლებელია წვის ისეთი მაღალი ტემპერატურის მიღწევა, როგორც ეს მისგან მიღებული გაზის წვისას არის შესაძლებელი; გაზის დასაწვავად გაცილებით ნაკლები მეორეული ჰაერია საჭირო, ვიდრე შეშის, რის გამოც უფრო მაღალია წვის ტემპერატურა და, შესაბამისად, ეფექტურობა და დაწვის დრო; პიროლიზური გაზის წვის პროცესის რეგულირება ადვილია, ამიტომ გაზგენერატორული ქვაბის მუშაობის ავტომატიზაცია შესაძლებელია ისევე, როგორც გაზის ან თხევადი საწვავის ქვაბისა.



ნახ. 17. სათბობის მქ კოეფიციენტის დამოკიდებულება ხის წყლის შევსებაზე

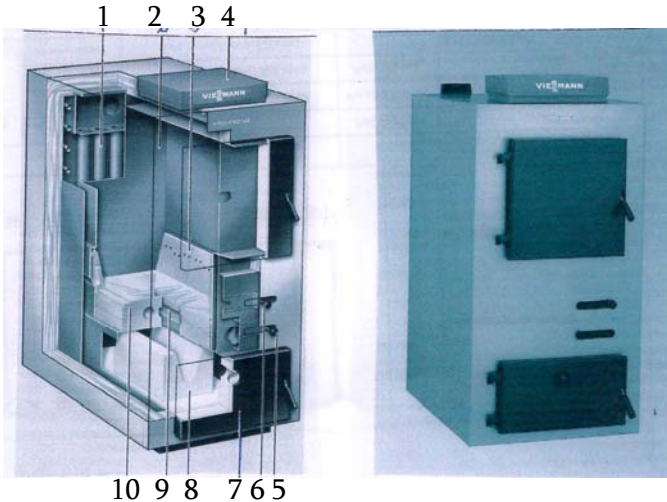
პიროლიზური ქვაბებისათვის რეკომენდებულია რაც შეიძლება მშრალი სათბობი. ამ დროს უზრუნველყოფილია ქვაბის მაქსიმალური სიმძლავრე და მისი მუშაობის ხანგრძლივობა.

სათბობის მქ კოეფიციენტის დამოკიდებულება წყლის შემცველობაზე ნაჩვენებია მე-17 ნახ-ზე. როგორც ნახ-დან ჩანს, ხეში წყლის 12-20% შემცველობისას მისი თბოუნარიანობა 4 კვტ.სთ/კგ-ია. ხეში წყლის რაოდენობის 50%-მდე გაზრდით მისი თბოუნარიანობა ორჯერ მცირდება და იგი 2 კვტ.სთ/კგ-ის ტოლია.

პიროლიზურ ქვაბებს მრავალი ფორმა ამაზადებს, ამიტომ, ბუნებრივია, მათი კონსტრუქციები ერთმანეთისგან განსხვავდება. მთავარი მოთხოვნა, რაც ამ ქვაბებს წაყენება ისაა, რომ ჰქონდეს მაღალი მქ კოეფიციენტი და გამონაბოლქვში მავნე მინარევები დაყვანილ იქნეს მინიმუმამდე. მე-18 ნახ-ზე წარმოდგენილია გერმანული ფირმა ფისმანის მიერ გამოშვებული მყარი სათბობის ქვაბი.

ა)

ბ)



**ნახ. 18.** ფირმა ფისმანის მიერ დამუშავებული შეშის პილორიზური ქვაბის ტექნოლოგიური სქემა (ა) და საერთო სახე (ბ)

1 - თბოგადამცემი მილთა კონიტი; 2 - დიდი ზომის კამერა 50 სმ სიგრძის ნაპოზებისთვის; 3 - გვერდითი ბლოკები პირველადი ჰაერის ღიობებით; 4 - მართვის ბლოკი; 5 - მეორეული ჰაერის საფარი; 6 - პირველადი ჰაერის საფარი; 7 - ნაცრის საწმენდი და მოსაშორებელი ხერელი; 8 - შამოტის წვის კამერა; 9 - წვის კამერაში მეორეული ჰაერის მიწოდება; 10 - კაჟის კარბიდის წვის კამერა

იგი მაღალი ხარისხის გაზგენერატორული ქვაბია და განკუთვნილია ისეთი სახის მყარი სათბობისათვის, როგორცაა 50 სმ-მდე სიგრძის დაპობილი შეშა, ხის ბრიკეტები და ნაფოტი. ეს ქვაბები გამოდის ორი მოდიფიკაციის, სიმძლავრით 13-40 კვტ. ქვაბი აღჭურვილია სრული ავტომატიკით, რომელიც ქვაბის სიმძლავრის მდოვრე რეგულირების საშუალებას გვაძლევს 50-100%-ის ფარგლებში და აღწევს გათბობის სისტემის გახურებას ქვაბის ჩართვიდან რამდენიმე წუთში. ქვაბს აქვს მდოვრე რეგულირების მძლავრი კვამლსაწოვი. მოდულირებად რეჟიმში ქვაბის მუშაობა მიმდინარე თბური დატვირთვის ოპტიმალური უზრუნველყოფის შესაძლებლობას იძლევა. ქვაბის ასეთი შესაძლებლობები უზრუნველყოფს მაღალ (92%-მდე) მქ კოეფიციენტს მცირე გამონაბოლქვით. ქვაბს აქვს დიდი ზომის ჩასატვირთი სივრცე, რაც უზრუნველყოფს სათბობის ხანგრძლივ წვას, დაახლოებით 12 სთ-მდე. ქვაბს არ ესაჭიროება ხშირი მექანიკური წმენდა, მაგ., ნაცრის მოცილება ორ კვირაში ერთხელ. მომსახურება მარტივია ქვაბის კონტურის ციფრული პროგრამული მართვის მოწყობილობით, აგრეთვე, უწყვეტობების თვითდიაგნოსტიკისა და ინდიკაციის სისტემით. ქვაბი შეიძლება ჩაირთოს გათბობის სისტემაში წყლის ტემპერატურით – მიწოდებაზე 95°C, ხოლო უკუმიღზე – 60°C (უკუმანგისტრალის დასაშვები მინიმალური ტემპერატურა 45°C). გამონაბოლქვ გაზებში CO<sub>2</sub>-ის რაოდენობა 13%-მდეა. სათბობის ტენიანობა 30%-ს არ უნდა აღემატებოდეს. ქვაბი ეკოლოგიურად სუფთაა. დაუშვებელია ქვაბში გოგირდმემცველი სათბობის – ქვანახშირისა და კოქსის, პლასტმასების, ხის ბურბუშელოვანი ფილების, წვადი სითხეებით გაჟღენთილი ნივთების და სხვა მსგავსი ნივთიერებების დაწვა. ამ ქვაბების გამოყენება გათბობის ღია სისტემებში დაუშვებელია. ღია სისტემებში მათი დაყენების შემთხვევაში გათბობის სისტემაში ჩართვა უნდა მოხდეს შუალედური თბოგადამცემის საშუალებით. ნამწვი

პროდუქტებიდან გაზების კონდენსაციის თავიდან ასაცილებლად ქვაბთან აუცილებლად უნდა მოეწყოს შემრევი მოწყობილობა, რომელიც უზრუნველყოფს უკუწყლის ტემპერატურის გაზრდას ნამწვი გაზების ნამის წერტილზე ზემოთ. წინააღმდეგ შემთხვევაში მოსალოდნელია ქვაბის თბოგადამცემ ზედაპირებზე ნამწვი გაზების კონდენსაცია, რაც მათ კოროზიას გამოიწვევს.

## პელეტური ქვაბები

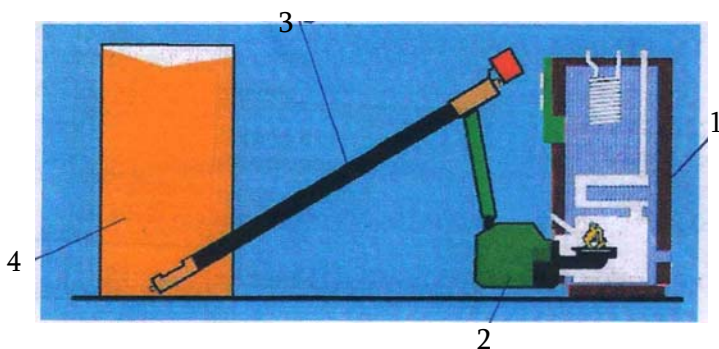
პელეტურ ქვაბებში ხდება პელეტის ანუ გრანულირებული სათბობის წვა, ამიტომ მათ გრანულირებული სათბობის ქვაბებსაც უწოდებენ. ამ ქვაბების წვის კამერა შედარებით მცირე ზომისაა, რადგან ძირითადი სითბოს ართმევა მიმდინარეობს ქვაბის კარგად განვითარებულ მრავალსფლიან კონვექციურ ნაწილში (დაახლ. 70%). პელეტური ქვაბის ასეთი კონსტრუქციის გამო გამავალი გაზების ტემპერატურა 120-140°C შეადგენს. ქვაბი აღჭურვილია მოცულობითი ტიპის სპეციალური გრანულირებული სათბობის სანთურით, რომელიც უზრუნველყოფს ქვაბის მაღალ მქ კოეფიციენტს, შედარებით სხვა სახის მყარ სათბობიან ქვაბებთან. ამ გარემოების გამო, ეფექტურობის მიხედვით, პელეტური ქვაბები შეიძლება გაზის ქვაბებს შევადაროთ.

პელეტური ქვაბები გათბობის მოწყობილობების შედარებით ახალი სახეა, რომელიც ბოლო ხანს ევროპაში ძალიან პოპულარული გახდა მისი ბევრი უპირატესობის გამო: ცენტრალური სითბური წყაროებისგან დამოუკიდებლობა, ეკოლოგიური სისუფთავე, ავტომატიზაციის მაქსიმალური შესაძლებლობა და ეკონომიურობა. ამ ქვაბების მუშაობის ხანგრძლივობა 20 წელზე მეტია. ავტომატიზაციის მაღალი დონის გამო, უზრუნველყოფილია ქვაბში საჭირო ტემპერატურა. სათბობის მი-

წოდება ბუნკერიდან ავტომატურად ხორციელდება, რის გამო ქვაბი ადამიანის ჩარევის გარეშე მუშაობს. თუ ბუნკერში არის პელეტების სათანადო რაოდენობა, ქვაბს შეუძლია იმუშაოს შვიდი დღე და მეტი. პელეტური ქვაბების სიმძლავრე 15-600 კვტ-ის ფარგლებშია. უფრო დაბალი სიმძლავრის დროს მიზანშეწონილია პელეტური ბუხრის ან ღუმლის გამოყენება. მაღალი (2 მვტ) და მეტი სიმძლავრის პელეტურ ქვაბებში მოწყობილია სპეციალური ძვირად ღირებული მოწყობილობა, პელეტის წვის პროცესის წინასწარ შესამზადებლად.

ზოგიერთ პელეტურ ქვაბს აქვს ცხელი წყლის მომარაგების დამატებითი კონტური. ასეთ ქვაბს არ სჭირდება სპეციალური მომსახურება. ნაცრის მოშორება წარმოებს თვეში ერთხელ. პელეტური ქვაბების მქ კოეფიციენტი 85-97%-ია. პელეტური ქვაბებით მომუშავე გათბობის სისტემის ღირებულება, სხვა სახის გათბობის სისტემებთან შედარებით, რამდენადმე მცირეა, აფეთქება და ხანძარუსაფრთხოა.

ქვაბის გარდა, პელეტური საქვაბის (ნახ.19) კომპლექტში შედის სპეციალური მყარი სათბობის სანთურა, რომელიც უზრუნველყოფს პელეტების დაწვას, სათბობი გრანულების (პელე-

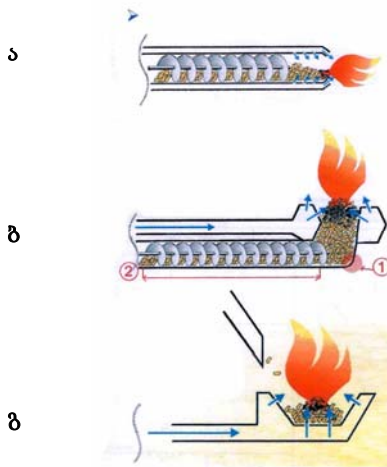


ნახ. 19. პელეტური ქვაბის მუშაობის გამარტივებული სქემა  
 1 - პელეტური ქვაბი; 2 - პელეტური სანთურა; 3. პელეტების მიწოდებელი მოწყობილობა (შნეკი); 4 - პელეტების ბუნკერი

ტების) ჩასაყრელი ბუნკერი და პელეტების მისაწოდებელი მოწყობილება (შნეკი).

## პელეტის სანთურები

პელეტის სანთურების დანიშნულებაა ავტომატურ რეჟიმში 6...14 მმ დიამეტრის მქონე სათბობი გრანულების დაწვა ვერტიკალურ წვისკამერიან პელეტის ქვაბებში. პელეტის ქვაბებში წვა, როგორც მყარი სათბობის ქვაბებში, პიროლიზურია, ე.ი. წვის კამერაში იწვის პელეტის პიროლიზის შედეგად გამოყოფილი გაზი. პელეტის სანთურები, რომლებიც პელეტურ ქვაბებში გამოიყენება, ორი სახისაა – ჩირაღდნული და მოცულობითი წვის. მე-20 ნახ-ზე წარმოდგენილია პელეტური სანთურის სახეები.



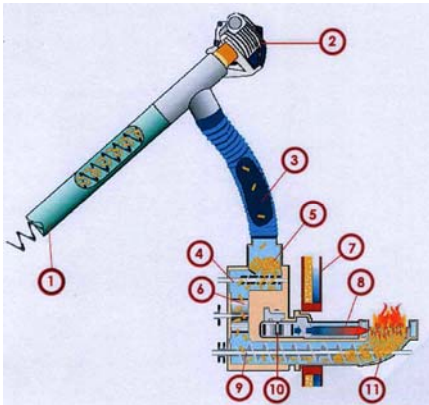
ნახ. 20. პელეტური სანთურის სახეები: ა - ჩირაღდნული; ბ - მოცულობითი წვის; გ - ბუხრის ან ღუმლის

ჩირაღდნული პელეტური სანთურა თავდაპირველად გამოიყენებოდა მარცვლის დასაწვავად. ასეთი სანთურის მთავარი

უპირატესობა მისი კომპაქტური ზომებისა, რაც მცირე ზომების მქონე საცეცხლურიანი მყარი სათბობის ქვაბებში მათი გამოყენების საშუალებას გვაძლევს. ასეთი სანთურები საკმაოდ ადვილია დასამზადებლად და საიმედოა ექსპლუატაციისას. მათი ნაკლია მოცულობითი წვის სანთურებთან შედარებით დაბალი სიმძლავრე და ალის მიმართულობა, რაც ქვაბის კონსტრუქციის ლოკალურ გაცხელებას იწვევს.

მოცულობითი წვის სანთურა გაცილებით ეფექტურია. ასეთი სანთურის პრობლემა დახრის კუთხის სიმცირე და შნეკის სიგრძეა: 1. რაც ნაკლებია დახრის კუთხე ანუ რაც მდოვრეა ნალუნი, მით ნაკლები წიდა წარმოიქმნება. დიდი რაოდენობით წიდის წარმოქმნისას მოსალოდნელია მისაწოდებელი შნეკის გაჩერება. 2. რაც უფრო გრძელია შნეკი, მით მეტია ხე-ტყის მტვერი, რაც სანთურის ეფექტურობას ამცირებს.

მოცულობითი წვის პელეტური სანთურის ტექნოლოგიური სქემა ნაჩვენებია 21-ე ნახ-ზე.



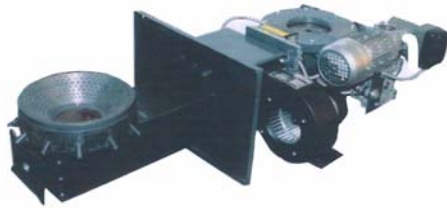
- 1 - ბუნკერში ჩასაშვები შნეკის მილი; 2 - გარე შნეკის ელექტრომრავა; 3 - ადვილად დნობადი შლანგი; 4 - შიგა ბუნკერის შნეკი; 5 - სანთურის შიგა ბუნკერი; 6 - ფურცლოვანი სარქველი; 7 - ქვაბის კედელი თბომომცველით; 8 - ჰაერსადენი; 9 - წვის ზონაში პელეტის მიმწოდებელი შნეკი; 10 - ჰაერის დამჭირბნი; 11 - პილიტების წვის ზონა.

ნახ. 21. პელეტური სანთურის ტექნოლოგიური სქემა

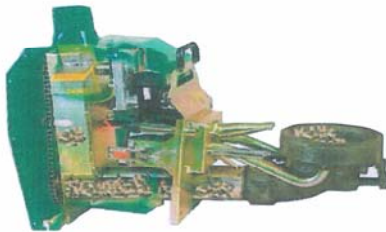
შნეკის მილი (1) ჩაშვებულია პელეტის ბუნკერში, საიდანაც პელეტი შნეკის მილის და ადვილად დნობადი შლანგის (3) მეშვეობით მიეწოდება სანთურის შიგა ბუნკერს (დოზატორს) (5), აქედან შიგა ბუნკერის შნეკის (4) მეშვეობით, ფურცლოვანი სარქვლის გავლით, მიეწოდება წვის ზონას (1). წვის ზონაში ჰაერი შედის საჭირხნით (10) და ჰაერსადენით (8).

მოცულობითი წვის სანთურას აქვს უკუცეცხლის წარმოქმნის საწინააღმდეგო უსაფრთხოების ჯგუფის ელემენტები: ადვილდნობადი შლანგი (3) და ფურცლოვანი სარქველი (6).

ა)



ბ)

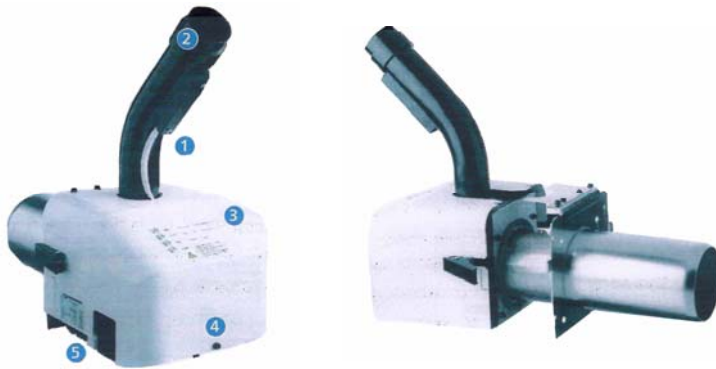


ნახ. 22. მოცულობითი წვის ავტომატური პელეტური სანთურის საერთო ხედი (ა) და ტექნოლოგიური სქემატური ჭრილი (ბ)



22-ე ნახ-ზე ნაჩვენებია მოცულობითი წვის ავტომატური პელეტური სანთურის საერთო სახე და ტექნოლოგიური სქემატური ჭრილი. ეს სანთურები უკეთდება ნებისმიერი სახის ვერტიკალურ პელეტურ ქვაბებს. უზრუნველყოფს სათავსში მომხმარებლისთვის სასურველ კომფორტულ ტემპერატურას ავტომატურ რეჟიმში. სანთურის მართვა წარმოებს სპეციალური კონტროლერის მეშვეობით, რომელიც არეგულირებს სათბობის და ჰაერის ნარევის თანაფარდობას და უზრუნველყოფს მაქსიმალურ მქ კოეფიციენტს. სანთურას ავარიული სიტუაციებისთვის აქვს მრავალსაფეხურიანი დაცვის სისტემა. ავარიულ სიტუაციებს მიეკუთვნება: ელექტროკვების არარსებობა, ქვაბის გადახურება, შნეკური მკვებავის მექანიკური დაზიანება, გაიშვიათების არარსებობა საცეცხლურში და სხვა.

პელეტური სანთურები კეთდება როგორც მარცხენა, ისე მარჯვენა შესრულებით. შესრულების ესა თუ ის სახე განისაზღვრება ქვაბთან მისი მიერთების და სათბობის მიწოდების სქემის მიხედვით.



ნახ. 23. პალეტური სანთურის გარეგანი სახე

1 - მიმწოდებელი მილის ტემპერატურის კონტროლი; 2 - მიმწოდებელი მილის დამაგრება ადვილად მოსახსნელი შეერთებით; 3 - საინდიკაციო პანელი; 4 - რეგულირებადი ვენტილატორი; 5 - სწრაფად მოსახსნელი ელექტროგამთიშველები

პელეტურ სანთურას გარედან უერთდება სპეციალური ხმაურსაიზოლაციო შალითა (პანელები). ასეთი სახით პელეტური სანთურა 23-ე ნახ-ზეა მოცემული.

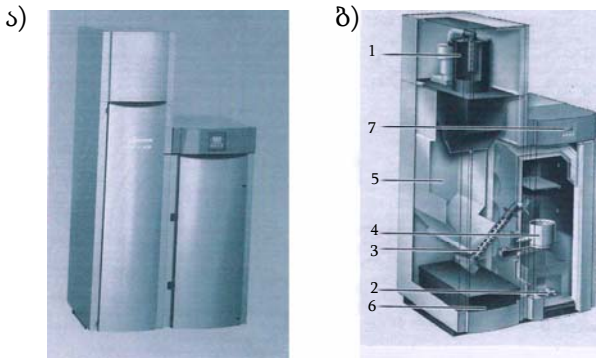
## პელეტური ქვაბების კონსტრუქციები

პელეტური ქვაბები მრავალი ფირმის მიერაა დამუშავებული (ფისმანი, ბუდერუსი, ბოში, ვაილანტი და სხვ.). ეს ქვაბები კონსტრუქციული თავისებურებების მიხედვით პიროლიზური წვის გაზგენერატორული ქვაბებია, აქვს მაღალი მქკოეფიციენტი (97%-მდე), ეკოლოგიურად აბსოლუტურად სუფთაა. ამ ქვაბებში სითბოს გენერირების პროცესი სრული ავტომატიზაციით მიმდინარეობს.

24-ე ნახ-ზე ნაჩვენებია ფირმა ფისმანის მიერ დამუშავებული პელეტური ქვაბის საერთო ხედი და ფუნქციური ტექნოლოგიური სქემა.

ქვაბები გამოირჩევა გათბობის მაღალი კომფორტულობითა და ექსპლუატაციის მოხერხებულობით, რის გამოც უტოლდება ანალოგიური სიმძლავრის გაზისა და თხევადი სათბობის ქვაბებს. ქვაბი აღჭურვილია სიმძლავრის მოდულური რეგულირების სისტემითა და პროგრამული მართვის ციფრული სისტემით. პელეტების შნეკური დოზატორი, მდოვრე რეგულირების მქონე კვამლსაწოვი, ჰაერისა და სათბობის ზუსტი დოზირება ქვაბის მოდულურ რეჟიმში მუშაობის შესაძლებლობას იძლევა, რაც, თავის მხრივ, განაპირობებს მიმდინარე თბურ დატვირთვაზე ოპტიმალურ აწყობას. ქვაბები მზადდება ორი მოდიფიკაციის – 5-26 კვტ თბური სიმძლავრის. ქვაბის მქკოეფიციენტი 95%-ია. ქვაბები მუშაობს გათბობის სისტემის დაბალტემპერატურულ (75-60°C) რეჟიმში. მიმწოდებელ მილში დასაშვები

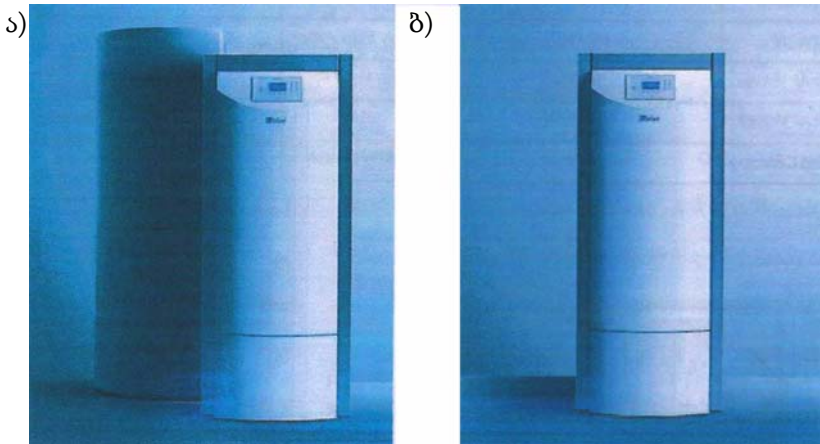
ტემპერატურა 95-60°C-ია, ხოლო უკუმის მინიმალური ტემპერატურა – 20°C. ნამწვ პროდუქტებში CO<sub>2</sub>-ის რაოდენობა 12%-ია. კომპაქტურობის გამო, ქვაბი იკავებს მინიმალურ ფართობს (0,6 მ<sup>2</sup>). ქვაბს აქვს პელეტების ჩატვირთვის ავტომატური სისტემა, აგრეთვე ჩაშენებული რეზერვუარი (250 ლ) პელეტებისათვის, რაც დაახლოებით ორი დღის მარაგია. ქვაბი ორი მომიჯნავე სექციისაგან შედგება. ქვაბის მარცხენა სექციაში, რომელსაც პელეტის მიწოდების სექცია ეწოდება, განლაგებულია პელეტების ჩასაყრელი 250 ლ მოცულობის ავზი (5), მადოზირებელი შნეკი (3) ელექტროამძრავით და პელეტების მიწოდების ავტომატური სისტემა (10). ქვაბის მარცხენა სექციაში, რომელსაც წვის სექცია ეწოდება, განლაგებულია მართვის ბლოკი (7), სანთურის კამერა (4) და ნაცრის მოშორების ავტომატური მოწყობილობა (2). პელეტების ავზში მოთავსებულია ელექტრომახურებელი ცეცხლის ასანთებად. წვის კამერაში დამატებით მოწყობილია თბოგადამცემი ზედაპირების წმენდის ავტომატური მოწყობილობა.



ნახ. 24. პელეტური ქვაბის საერთო ხედი (ა) და ფუნქციურ-ტექნოლოგიური სქემა (ბ)

1- პელეტების მიწოდების ავტომატური სისტემა; 2 - ნაცრის მოშორების ავტომატური მოწყობილობა; 3 - სათბობის რაოდენობის ზუსტი, შნეკური დოზატორი; 4 - მაღალი ხარისხის ცეცხლმდეგი, უჟანგავი ფოლადის სანთურის გარსაცემი; 5 - პელეტების რეზერვუარი (230 ლ); 6 - ნაცრის ავზი; 7 - მართვის პულტი

ქვაბი ავტომატურად ჩაირთვება, რაც კონტროლერი მიაწვდის თბოგენერაციის დაწყების სიგნალს. წინასწარი გაქრევის შემდეგ ირთვება ამნთები მოწყობილობა და პელეტების მადოზირებელი შნეკი. სანთურის კამერა ივსება პელეტებით, ელექტრომახურებელი ელემენტი ანთებს მათ და იწყება ქვაბის გახურების რეჟიმი. როგორც კი ტემპერატურა 70° მიაღწევს, წარმოიქმნება ალი. წვის კამერაში 240°-ის მიღწევისას ქვაბის მუშაობა გადადის მოდულაციის რეჟიმში. მადოზირებელი შნეკი აწვდის ამ მომენტისათვის საჭირო სათბობის რაოდენობას, ხოლო კვამლსაწოვს ბრუნთა რიცხვის რეგულირებით, გარემოში გაჰყავს შესაბამისი რაოდენობის ნამწვი გაზები.

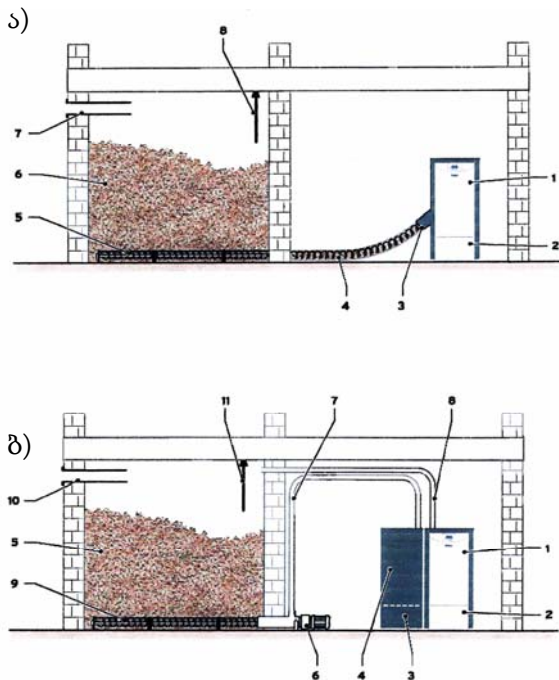


**ნახ. 25.** ფირმა ვაილანტის მიერ დამუშავებული პელეტური ქვაბების საერთო ხედი. პელეტების ბუნკერი განლაგებული: ა - ქვაბის გვერდით; ბ - ქვაბიდან მოშორებით

ფირმა ვაილანტის მიერ დამუშავებულია პელეტური ქვაბების კონსტრუქციები 2,5 - 30 კვტ სიმძლავრით. ამ ქვაბების საერთო ხედი ნაჩვენებია 25-ე ნახ-ზე. ეს ქვაბები არის ორი

შესრულებით – პელეტები ქვაბს მიეწოდება: 1. უშუალოდ ქვაბის გვერდით მდგარი ბუნკერიდან; 2. ქვაბისგან მოშორებით მდგარი ბუნკერიდან. ამ ქვაბებს აქვს ყველა ის ძირითადი და დამხმარე მოწყობილობა, რომლებიც ზემოთ განვიხილეთ, ამიტომ აქ არ შევხებით უშუალოდ ქვაბს და მასში განლაგებულ დეტალებს. განვიხილავთ მხოლოდ ქვაბის გარეთ მდებარე მოწყობილობებს, როგორცაა სათბობის საცავები და მისი მიწოდების სისტემები. ზემოთ ნაჩვენები ქვაბებისათვის დამუშავებულია სათბობის მიწოდების სამი სქემა. პირველის მიხედვით, ქვაბს სათბობი მიეწოდება უშუალოდ ქვაბის გვერდით მდგარი 300 ლ მოცულობის ბუნკერიდან. ამ ბუნკერის (რეზერვუარის) შევსება ხელით ხდება. მეორე სქემის მიხედვით, ქვაბს სათბობი მიეწოდება შნეკური (ხრახნული) ტრანსპორტიორით. სათბობის ბუნკერი განლაგებულია ცალკე. მესამე სქემის მიხედვით, ქვაბს სათბობი მიეწოდება 150 ლ-იანი ბუნკერიდან შემწოვი ვენტილატორის საშუალებით. ამ შემთხვევაში ბუნკერი ქვაბის გვერდითაა განლაგებული.

სათბობი პელეტების ქვაბში მიწოდების სქემები ნაჩვენებია 26-ე ნახ-ზე. პირველი სქემა ანუ სათბობის მიწოდება მოქნილი შნეკის საშუალებით გამოიყენება იმ შემთხვევაში, როდესაც მანძილი ქვაბსა და სათბობის საცავს შორის 1-დან 4 მ-მდეა. მეორე სქემა ანუ სათბობის მიწოდება შემწოვი ვენტილატორის საშუალებით გამოიყენება, როდესაც მანძილი ქვაბსა და სათბობის ბუნკერს შორის 25 მ-მდეა.



ნახ. 26. ბუნკერიდან ქვაბში სათბობის მიწოდების სქემები

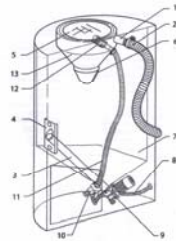
ა. მოქნილი შნეკის მეშვეობით: 1 - პელეტურის ქვაბი; 2 - ნაცრის ჩასაყრელი მოცულობა; 3 - გადაცემის ნაცმი და ამძრავი; 4 - მოქნილი შნეკური მიწოდება; 5 - პელეტური ქვაბი; 6 - ნაცრის ჩასაყრელი მოცულობა; 7 - პელეტების საცავი (ბუნკერი); 8 - საიზოლაციო საგები;

ბ. შემწოვი ვენტილატორის მეშვეობით: 1 - პელეტური ქვაბი; 2 - ნაცრის ჩასაყრელი მოცულობა; 3 - შემწოვი ტურბინა; 4 - შუალედური საცავი; 5 - პელეტების საცავი; 6 - პელეტების ასარჩევი ნაცმი; 7 - შემწოვი მოქნილი არხი; 8 - ჰაერის უკუმეყვანა; 9 - შნეკური მიწოდება; 10 - პელეტების საცავის შესავსები მილყელი; 11 - საიზოლაციო საგები

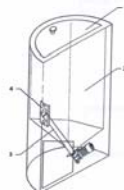
იმ შემთხვევაში, როდესაც არა გვაქვს სათბობის შესანახი სათავსი, მიზანშეწონილია გამოვიყენოთ პელეტური ქვაბი ჩაშენებული რეზერვუარით (ნახ. 25, ა). რეზერვუარის ფუნქციური სქემები მოცემულია 27-ე ნახ-ზე. 27, ა ნახ-ზე ნაჩვენებია

სათბობის მიწოდების სქემა შუალედური საცავიდან ქვაბში, ხოლო თვით შუალედური საცავი სათბობით ძირითადი საცავიდან იკვებება, როგორც ეს 26, ბ ნახ-ზეა ნაჩვენები. ძირითადი საცავიდან სათბობი შუალედურ საცავს მიეწოდება მილყელის (4) საშუალებით. 27, ბ ნახ-ზე ნაჩვენებია უშუალოდ ქვაბში ჩაშენებული რეზერვუარის ფუნქციური სქემა. ამ რეზერვუარის მოცულობა 300 ლ-ია.

ა)



ბ)



**ნახ. 27. სათბობის რეზერვუარის ფუნქციური სქემები**

ა. სათბობის მიწოდება შემწოვი ვენტულატორის საშუალებით: 1 - შემწოვი მილყელი; 2 - პელეტების მიმწოდებელი მოქნილი მილი; 3 - მიმწოდებელი შნეკი; 4 - მილტუჩა შეერთება; 5 - სარეზერვო ღიობი; 6 - შემწოვი სარქველი; 7 - პელეტების რეზერვუარი; 8 - შლანგი ჰაერის უკუმირთებისათვის; 9 - მიმწოდებელი შნეკის ძრავა; 10 - შემწოვი ტურბინა; 11 - ჰაერის შესაწოვი შლანგი; 12 - ფილტრი; 13 - ციკლონი (ვენტილატორი).

ბ. სათბობის მიწოდება ქვაბში ჩაშენებული რეზერვუარიდან: 1 - პელეტების ხელით ჩასაყრელი ხუფი; 2 - შუალედური საცავი; 3 - შნეკური მიწოდება; 4 - მილტუჩა შეერთება

## ადგილობრივი გათბობის მოწყობილობები

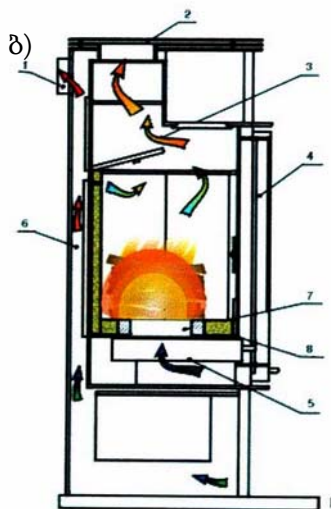
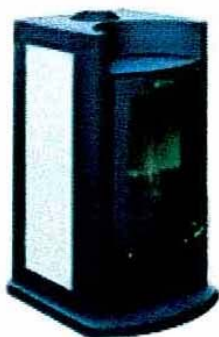
ზემოთ განხილული ყველა დანადგარი განკუთვნილია ცენტრალური გათბობის სისტემებისათვის. ადგილობრივი გათბობისას გამოიყენება კონვექტორები, ღუმლები, ბუხრები და სხვა ხელსაწყოები. თხევადი სათბობით გათბობისას გამოიყენება კონვექტორები, ღუმლები და ჰაერსათბობები, რომელთა კოსტრუქციები ისეთივეა, როგორც გაზით გათბობისას და რომელიც უკვე განვიხილეთ სახელმძღვანელოს წინა ნაწილში. მყარი სათბობით გათბობის შემთხვევაში ფართოდ გამოიყენება ღუმლები და ბუხრები. ეს ხელსაწყოები ამოგებულია ცეცხლგამძლე მასალით. სათბობის წვის შედეგად წარმოქმნილი ნამწვი პროდუქტები აცხელებს ღუმლის (ბუხრის) გაზსავლების კედლებს. ღუმელში სათბობის წვისას სითბოს გაცემა ძირითადად გამოსხივებით მიმდინარეობს, ხოლო წვის პროცესის დამთავრების შემდეგ - კონვექციით, ღუმლის არხებში ჰაერის ცირკულაციის ხარჯზე. ასეთ ღუმლებს თბოტევად ღუმლებს უწოდებენ, რადგანაც ისინი დიდი ხნის განმავლობაში გასცემენ სითბოს აკუმულირებული სითბური ენერჯის ხარჯზე. თუ თბოტევად ღუმელს მივუერთებთ წყლით გათბობის სისტემას, ღუმლის კონსტრუქციაში წყლის პერანგის მოწყობის ხარჯზე, საგრძნობლად გაიზრდება მისი თბოგაცემა და, შესაბამისად, მქოეფიცინტი. ასეთ ხელსაწყოებში ძირითადად გამოიყენება შეშა, ბრიკეტი და პელეტი. შესაბამისად, ღუმლები (ბუხრები) არის შეშის (ბრიკეტის) ან პელეტის.

28-ე ნახ-ზე ნაჩვენებია მყარ სათბობზე მომუშავე ღუმლის (ბუხრის) საერთო ხედი და ფუნქციურ-ტექნოლოგიური სქემა. ხელსაწყო გამოიყენება საცხოვრებელი სახლების, აგარაკების და სხვა სახის შენობებში. ასეთი ღუმლები ეკონომიურია და აქვს თანამედროვე დიზაინი. მათი სიმძლავრე 5-10 კვტ-ია. სათბობად გამოიყენება შეშა და ბრიკეტები (ნახერხის ან ტორფის).



ღუმელი ამოგებულია ცეცხლგამძლე მასალით (შამოტი), ხოლო კორპუსი დამზადებულია მინაკერამიკისაგან.

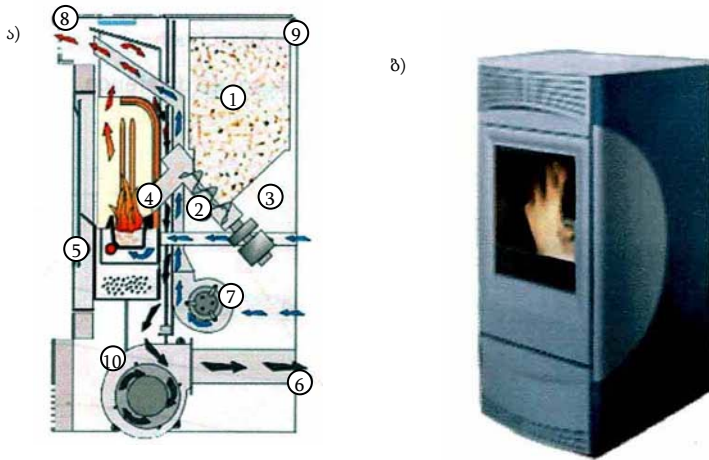
ა)



ნახ. 28. მყარი სათბობის (შეშა, ბრიკეტი) ღუმელი (ბუხარი).  
 ა. საერთო ხედი; ბ. ფუნქციურ-ტექნოლოგიური სქემა:

1 - ცხელი ჰაერის გამყვანი მილები; 2 - კვამლსადენი; 3 - კვამლის მოძრაობის მიმართულება; 4 - მინაკერამიკის კარი; 5 - სანაცრე; 6 - ცხელი ჰაერის ცირკულაცია; 7 -ცხაურა; 8 -შამოტის ამონაგები

29-ე ნახ-ზე ნაჩვენებია პელეტური ღუმლის საერთო ხედი და ფუნქციურ-ტექნოლოგიური სქემა. პელეტური ღუმელი შენობის გასათბობი მოწყობილობაა, რომელშიც სათბობად გამოყენებულია გრანულები – პელეტი, რომელიც თანამედროვე ეკოლოგიურად სუფთა, განახლებადი მყარი ბიოსათბობია. მოწყობილობა გამოიყენება საცხოვრებელი და სხვა მსგავსი სათავსების გასათბობად, გათბობის მთელი სეზონის განმავლობაში. ეს ღუმელები აღჭურვილია მართვის ავტომატური სისტემით და მათი სიმძლავრე 12 კვტ-მდეა.



ნახ. 29. პელეტური ღუმლის ფუნქციურ-ტექნოლოგიური სქემა (ა) და საერთო ხედი (ბ)

1 - სათბობი გრანულების (პელეტების) ჩასატვირთი ბუნკერი; 2 - პელეტების მისაწოდებელი შნეკი; 3 - რედუქტორი; 4 - პელეტების წვის კამერა; 5 - რეზისტორი; 6 - კვამლის გამყვანი ყელი; 7 - ცხელი ჰაერის ვენტილატორი; 8 - ჰაერის მიმწოდებელი გისოსი; 9 - სინოპტიკური პანელი; 10 - კვამლსადენი

## ნამწვი პროდუქტების გარემოში გაყვანა. საკვამლე მილები

საკვამლე მილი ანუ კვამლსადენი არის მილი, რომლის დანიშნულებაცაა ნამწვი პროდუქტების გარემოში გაყვანა. ჩვეულებრივ, ეს მილი ვერტიკალურია, მაგრამ შეიძლება ჰქონდეს ცალკეული ჰორიზონტალური ან დახრილი მონაკვეთები. გარემოში ნამწვი პროდუქტების გაყვანა და საკვამლე მილის სახეები უკვე განვიხილეთ სახელმძღვანელოს წინა ნაწილში „გაზით გათბობა“. თხევადი საწვავის გამოყენებისას ნამწვი პროდუქ-

ტების გაყვანის პრინციპები და სქემები იგივეა, რაც გაზით გათბობისას.

როგორც გაზით გათბობის დროს, თხევადი და მყარი სათბობისთვისაც, საკვამლე მილის დიამეტრის შერჩევა მილის ეფექტურ სიმაღლეზე დამოკიდებულებით უნდა მოხდეს ისე, რომ საკვამლე მილში უზრუნველყოფილ იქნეს ნორმალური წევა. საკვამლე მილის ზომების – დიამეტრისა და სიმაღლის შერჩევა უნდა მოხდეს იმის მიხედვით, თუ რომელ რეჟიმში მუშაობს თბოგენერატორი (ქვაბი). ქვაბის საცეცხლურში განვითარებული წნევის მიხედვით განასხვავებენ ორი სახის ქვაბს:

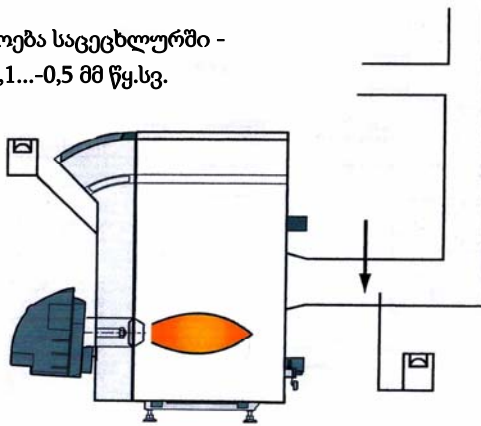
- გაუხშობაზე მომუშავე საცეცხლურების მქონე ქვაბები;
- წნევის ქვეშე მომუშავე საცეცხლურების მქონე ქვაბები.

გაუხშობაზე მომუშავე საცეცხლურები ძირითადად აქვს დაბალი სიმძლავრის ქვაბებს (50 კვტ-მდე). ამ დროს ქვაბის საცეცხლურიდან შენობის სახურავამდე ნამწვი პროდუქტების გაყვანა ხდება საკვამლე მილით (ნახ. 30,ა). საკვამლე მილს უნდა ჰქონდეს ისეთი წევა, რომ შესაძლებელი იყოს როგორც ქვაბის, ასევე თვით საკვამლე მილის წინააღმდეგობის გადალახვა. ამ შემთხვევაში სანთურის ვენტილატორის დანიშნულებაა საცეცხლურს მიაწოდოს წვისთვის საჭირო ჰაერის რაოდენობა და დაძლიოს გაშვების მომენტში საცეცხლურის უკუწნევა. საცეცხლურის გაუხშობა უნდა შეადგენდეს 0,1 - 0,5 მმ. წყ.სვ-ს, ხოლო ნამწვი გაზების გამყვან მილში (ქვაბიდან გამოსვლა) გაუხშობა უნდა ეთანადებოდეს მწარმოებლის მოთხოვნებს.

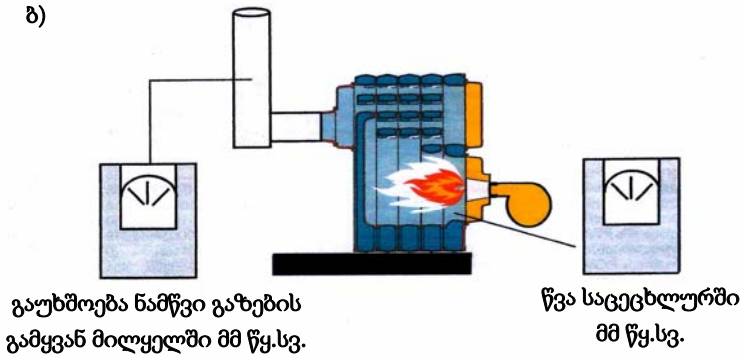
წნევაზე მომუშავე ქვაბებისათვის (ნახ. 30, ბ) გაუხშობა ანუ წევა, რომელიც საჭიროა გამავალი გაზების გამყვან მილყელში, ნულს უდრის. ამ დროს საკვამლე მილმა უნდა უზრუნველყოს მხოლოდ საკუთარი წინააღმდეგობის გადალახვა, ამიტომ მისი სიმაღლე გაცილებით მცირეა. წნევაზე მომუშავე საცეცხლურებს შეიცავს დიდი (50 კვტ-ზე მეტი) თბური სიმძლავრის ქვაბები.

ა)

გაუზშოება საცეცხლურში -  
0,1...-0,5 მმ წყ.სვ.



ბ)

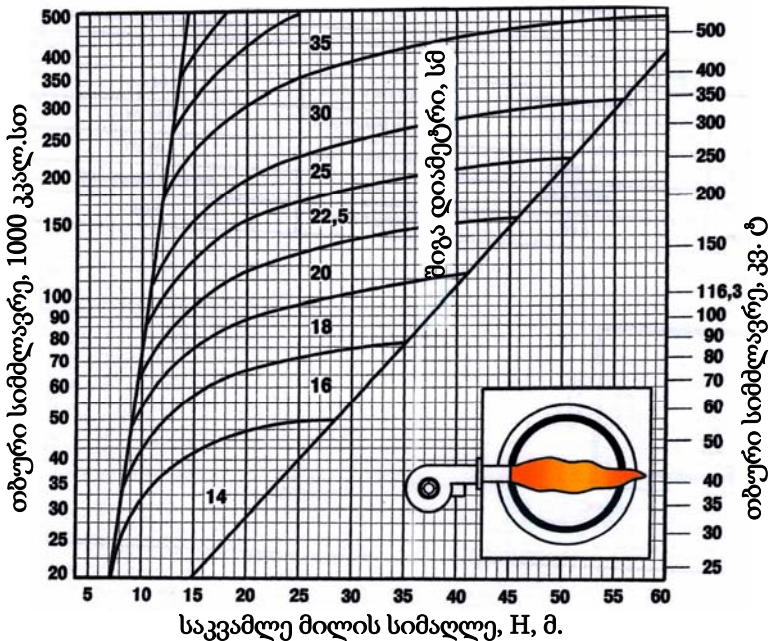


ნახ. 30. თხევად სათბობზე მომუშავე ქვაბების სქემები

ა - გაუზშოებული საცეცხლურებით; ბ - დაწნევიანი საცეცხლურებით.

თხევად სათბობზე მომუშავე ქვაბებისათვის საკვამლე მილის ზომები (დიამეტრი და სიმაღლე) ქვაბის თბური სიმძლავრის მიხედვით ნაჩვენებია 31-ე და 32-ე ნახ-ებზე (გაუზშოებაზე მომუშავე და წნევის ქვეშ მომუშავე საცეცხლურები).

საკვამლე მილები მზადდება სხვადასხვა მასალისაგან: აგურის, შამოტისა და ფოლადისაგან. ბოლო დროს დაიწყო კერამიკული საკვამლე მილების გამოშვებაც. თითოეულ მასალას თავისი დადებითი და უარყოფითი თვისებები აქვს. მაგალითად, აგურის საკვამლე მილი არის ტრადიციული, მაგრამ ვერ პასუხობს თანამედროვე გათბობის სისტემებისა და მათი კონსტრუქციების მოთხოვნებს. აგურის საკვამლე მილების მოწყობა შრომატევადია და შესრულების განსაკუთრებულ სიზუსტეს მოითხოვს. აგურის მილები გამოდევნა უფრო სრულყოფილმა ფოლადის მილებმა, რომელსაც კარგი საექსპლუატაციო თვისებები აქვს.

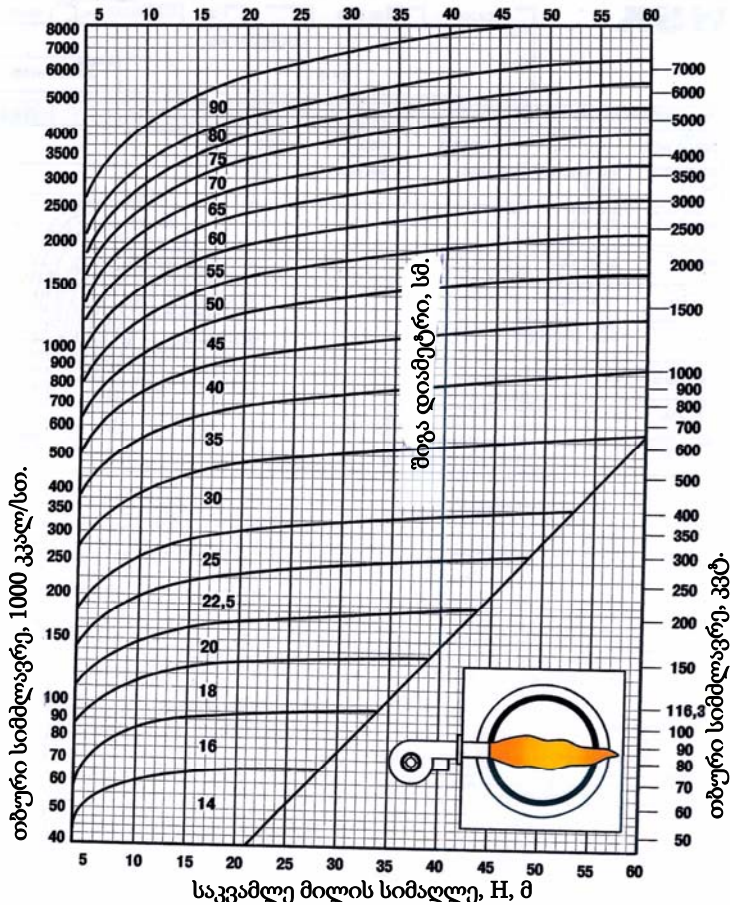


ნახ. 31. გაუხშობებაზე მომუშავე ქვაბების საკვამლე მილის დიამეტრისა (d) და სიმაღლის (h) განსაზღვრის ნომოგრამა

საკვამლე მილმა დიდხანს, ეფექტურად და უპრობლემოდ რომ იმუშაოს, უნდა უპასუხოს შემდეგ მოთხოვნებს:

- ჰქონდეს კარგი აეროდინამიკური თვისებები, რაც უზრუნველყოფს ნაწივი პროდუქტების ატმოსფეროში სწორ გაყვანას;
- ჰქონდეს მრგვალი კვეთი. ამ დროს კვამლის ზემოთ გაყვანა მაქსიმალურად ეფექტურია;
- მილის შიგა ზედაპირი იყოს გლუვი. კედლის შიგა ზედაპირზე ჭვარტლი მინიმალური რაოდენობით ილექება, რის გამოც მისი გაწმენდა არცთუ ისე ხშირად არის საჭირო;
- იყოს კონდენსატის და სხვა აგრესიული არეებისა და კოროზიისადმი მედეგი;
- უპასუხოს სახანძრო უსაფრთხოების ნორმებს.

ზემოთ ჩამოთვლილ ყველა მოთხოვნას სრულად აკმაყოფილებს ფოლადის მილი. ფოლადის მილები ფართოდ გამოიყენება თანამედროვე გათბობის როგორც ცენტრალურ, ისე ადგილობრივ სისტემებში. ისინი მზადდება მაღალი ხარისხის უჟანგავი ფოლადისგან. მათი აგება მარტივია, შეიძლება მოეწყოს როგორც მშენებარე, ისე ექსპლუატაციაში მყოფ შენობებში. ფოლადის მილები ადვილად ერგება ყველა სახის თბოგენერატორებს. ასეთივე კარგი თვისებებით ხასიათდება კერამიკული შამოტის მილები. აქვს მაღალი საიმედოობა და ხანგრძლივი მედეგობა. ამ მილებზე არ მოქმედებს არც ტემპერატურული ცვლილება და არც ტენიანობის რხევა, ამიტომ მათი გამოყენება შესაძლებელია სხვადასხვა საექსპლუატაციო პირობებში. ეს მილები ფოლადის მილებთან შედარებით უფრო ძვირია. მათი შედარებისას უპირატესობა ფოლადის უჟანგავ მილებს ენიჭება წონის სიმცირის გამო. ამასთანავე, ფოლადის საკვამლე მილები-სათვის საჭირო არ არის ცალკე საძირკვლის მოწყობა.

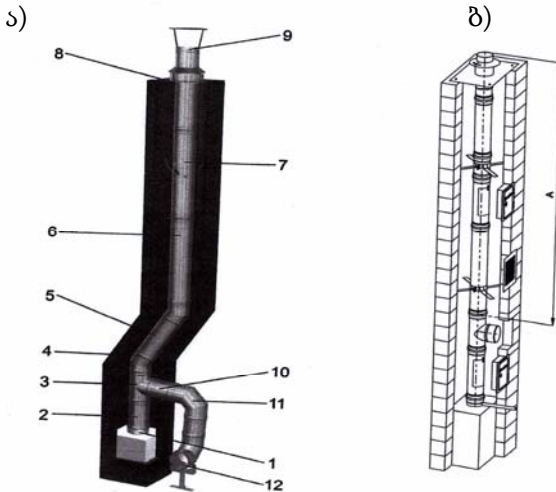


ნახ. 32, დაწნევაზე მომუშავე ქვაბების საკვამლე მილის დიამეტრისა (d) და სიმაღლის (h) განსაზღვრის ნომოგრამა

ფოლადის საკვამლე მილები შეიძლება იყოს ერთკედლიანი და ორკედლიანი.

ერთკედლიანი მილები გამოიყენება კერძო სახლებისათვის, მრავალსართულიანი საცხოვრებელი და სამრეწველო დანიშნუ-

ლების შენობებისათვის. ასეთი საკვამლე მილები ეწყობა ნებისმიერ (მყარ, თხევად, გაზისებრ) სათბობზე მომუშავე თბოგენერატორებისათვის, რომელთა ნაშენი პროდუქტების ტემპერატურა 600°C-ს არ აღემატება. ერთკედლიანი საკვამლე მილები მრავალმხრივი დანიშნულებისაა. ისინი ეწყობა როგორც არსებულ არხებში, მათი განივკვეთის შემცირების მიზნით, ასევე გარედან ჩამოსაკიდებელი.



ნახ. 33. ერთკედლიანი საკვამლე ძილი: ა - საერთო ხედილ ბ - სამონტაჟო სქემა.

1 - კონდენსატის შემკრები; 2 - სარევიზიო ღიობი 210, 140 მმ; 3 - სამკაპი 87°; 4- მუხლი 45°; 5 -500 მმ სიგრძის მილი; 6- 1000 მმ სიგრძის მილი; 7 - დისტანციური ცალულგანმზეენი; 8 - არხის სახურავი; 9 - საწვიმარი თალფაქი; 10- 250 მმ სიგრძის მილი; 11- მუხლი 87°; 12- საყრდენი კონსოლი

33-ე ნახ-ზე ნაჩვენებია არხში გაყვანილი ერთკედლიანი საკვამლე მილის საერთო ხედი და სამონტაჟო სქემა. საკვამლე მილის სიმაღლე, მილის დიამეტრისა და კედლის სისქის მიხედვით, აიღება სპეციალური ცხრილებიდან ან ზემოთ ნაჩვე-

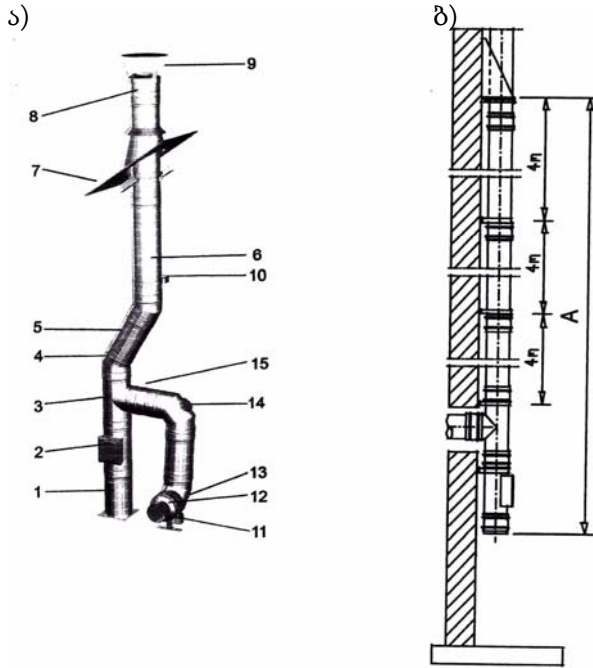


ნები 30-ე და 31-ე გრაფიკებიდან, ქვების საცეცხლურის მუშაობის რეჟიმის – გაუხშობისა თუ დაწნევის – მიხედვით. საკვამლე მილის სიმაღლე ასევე დამოკიდებულია მილის კედლის სისქეზე. რაც მეტია მილის დიამეტრი, მით ნაკლებია მისი სიმაღლე, ამიტომ საკვამლე მილების შერჩევისას უნდა ჩატარდეს მათი ტექნიკურ-ეკონომიკური გაანგარიშება ეკოლოგიური მოთხოვნების გათვალისწინებით.

ორკედლიანი საკვამლე მილები ძირითადად გამოიყენება იმ შემთხვევაში, როდესაც შენობას არ გააჩნია არხები საკვამლე მილის გასაყვანად. შიგა მილს უშუალო შეხება აქვს ნამწვ გაზებთან, გარე მილს კი – გარემოს ჰაერთან. ეს მილები სტანდარტულ პირობებში ეწყობა 0,6; 0,8 და 1,0 მმ სისქის კედლით. მილებს შორის მოთავსებულია თბოიზოლაცია, რომლის სისქე სტანდარტული პირობებისათვის 32,5 მმ ტოლია. სპეციალური დანიშნულების საკვამლე მილის კედლის სისქე 50 ან 60 მმ-ია. ორკედლიანი საკვამლე მილები მრავალმხრივი დანიშნულებისაა და გამოიყენება მყარი, თხევადი და გაზისებრი სათბობის ქვებებისათვის ნამწვი გაზების 600°C ტემპერატურამდე.

34-ე ნახ-ზე ნაჩვენებია ორკედლიანი საკვამლე მილის საერთო ხედი და სამონტაჟო სქემა. საკვამლე მილი შეიძლება დაიდგას საძირკველზე ან ჩამოიკიდოს კედელზე, როგორც ეს ნახაზზეა ნაჩვენები. საკვამლე მილის სიმაღლე დამოკიდებულია მის დიამეტრზე და აიღება შემდეგი ცხრილის მიხედვით:

Ø, მმ	H მაქს, მ
80	20
100 - 130	19
150 - 250	18
300	16
350	15
400 – 600	13



ნახ. 34.. ორკედლიანი საკვამლე მილი: ა - საერთო ხედი; ბ - სამონტაჟო სქემა;

1 - საყრდენი მილყელი; 2 - სარევიზიო ღიობი; 3 - სამკაპი 87°; 4 - მუხლი 45°; 5 - 500 მმ სიგრძის მილი; 6 - 1000 მმ სიგრძის მილი; 7 - სხვენში გასასვლელი დეტალი; 8 - შესართავი; 9 - საწვიმარი თალფაქი; 10 - კედლის ცალული; 11 - საყრდენი კონსოლი; 12 - გადამყვანი; 13 - მუხლი 90°; 14 - მუხლი 90°; სარევიზიო ხუფით; 15 - 250 მმ სიგრძის მილი

საკვამლე მილები როგორც ერთკედლიანი, ისე ორკედლიანი მზადდება სხვადასხვა სახისა და სიმძლავრის ქვაბებისათვის. მათი დიამეტრი 1100 მმ-მდეა. უფრო დიდი დიამეტრის მილები სპეციალური დაკვეთით მზადდება. საკვამლე მილების მოწყობისას საჭიროა ვიხელმძღვანელოთ სპეციალური ნორმატივებისა და დამამზადებელი ფირმის მონაცემებით.

## შინაარსი

წინასიტყვაობა-----	3
თხევადი სათბობი-----	4
მყარი სათბობი-----	10
თხევადი და მყარი სათბობების წვა. წვისათვის	
საჭირო ჰაერის რაოდენობა-----	15
თხევადი სათბობის წვის თავისებურებები-----	17
მყარი სათბობის წვის თავისებურებები-----	21
თხევადი სათბობის სანთურა-----	22
სანთურის თხევადი სათბობით უზრუნველყოფა-----	26
თხევადი სათბობის ფრქვევანა-----	31
თხევადი სათბობის ქვაბები-----	33
მყარი ბიოსათბობი-----	34
სათბობი გრანულეები (პელეტები)-----	39
სათბობი ბრიკეტები-----	41
მყარი სათბობის ქვაბები-----	42
პიროლიზური (გაზგენერატორული) ქვაბები-----	44
პელეტური ქვაბები-----	51
პელეტის სანთურები-----	53
პელეტური ქვაბების კონსტრუქციები-----	57
ადგილობრივი გათბობის მოწყობილობები-----	63
ნამწვი პროდუქტების გარემოში გაყვანა. საკვამლე	
მიღები-----	65

რედაქტორი: ლ. მამალაძე

გადაეცა წარმოებას 06.06.2011. ხელმოწერილია დასაბეჭდად  
01.07.2011. ქაღალდის ზომა 60X84 1/16. პირობითი ნაბეჭდი  
თაბახი 5. ტირაჟი 100 ეგზ.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი,  
კოსტავას 77

