

მამული გრძელიშვილი
ალექსი კოპალიანი რამაზ მუსერიძე

თბოგენერატორები

ლექციების კურსი

რეკომენდებულია სტუ სამშენებლო ფაკ.
ჰიდროტექნიკისა და სამოქალაქო ინჟინერიის
დეპარტამენტის მიერ. 15.01.2025, ოქმი16

თბილისი-2025

განხილულია თბოაირმომარაგების და ვენტილაციის სისტემებში გამოყენებული თბოგენერატორები, როგორც წიაღისეულ სათბობზე მომუშავე, ასევე განახლებადი ენერგოწყაროებით. განკუთვნილია თბოაირმომარაგების და ვენტილაციის სპეციალობის სტუდენტებისთვის და ამ დარგში მომუშავე სპეციალისტებისათვის

ნებისმიერი გათბობის სისტემა სამი ძირითადი ელემენტისაგან შედგება. ესენია: 1.თბოგენერატორები, სადაც ხდება თბური ენერგიის გამომუშავება (გენერაცია), 2.თბოსადენები, რომლებიც წარმოადგენენ მილების ან არხების ერთობლიობას, რომელთა საშუალებითაც ხდება თბოგენერატორში გამომუშავებული თბური ენერგიის ტრანსპორტირება (მიწოდება) სათბობ ხელსაწყოებამდე და 3.სათბობი ხელსაწყოები, რომლებიც განლაგებული არიან უშუალოდ გასათბობ სათავსებში და რომელთა საშუალებითაც ხდება მიწოდებული თბური ენერგიის გადაცემა სათავსის ჰაერზე.

თბოგენერატორებში თბური ენერგიის გამომუშავება შესაძლებელია, როგორც სათბობის წვით, ასევე გარემოს (ჰაერი, წყალი, გრუნტი) ბუნებრივი სითბოს ართმევის გზით. თბოგენერატორებს, რომლებშიც სათბობის წვა მიმდინარეობს, ქვაბებსაც უწოდებენ. თბოგენერატორები, მათში გამოყენებული სათბობის სახეობის მიხედვით, შეიძლება იყვნენ გაზის, თხევადი ან მყარი სათბობის. დაკავებულობას, სადაც თბოგენერატორებია განლაგებული, სათბოგენერატორო ეწოდება, ხოლო სადაც ქვაბებია გალაგებული საქვაბე. სათბოგენერატოროები და საქვაბეეწები წარმოადგენენ გათბობის, ვენტილაციის, ჰაერის კონდიცირების და ცხელწყალმომარაგების სისტემების თბურ წყაროებს. პირობითად მიღებულია, რომ თბომომარაგების თბურ წყაროებს 360 კვტ-მდე სიმძლავრით ეწოდება სათბოგენერატორო, ხოლო 360კვტ ზემოთ საქვაბე. თბოგენერაციის ამ დანადგარებში, რომლებიც ორგანული სათბობის წვის შედეგად იღებენ თბურ ენერგიას, გამოიყენება როგორც წიაღისეული (ბუნებრივი გაზი, თხევადი სათბობი), ასევე განახლებადი მყარი სათბობი (ხე-ტყე, პელეტი, ბრიკეტი).

დღეისათვის გათბობის, ვენტილაციის, ჰაერის კონდიცირების და ცხელწყალმომარაგების სისტემების თბომომარაგების მიზნით ფართოდ გამოიყენება აგრეთვე გარემოს ბუნებრივი სითბო,

რომლის თბოგენერაციაც ხდება თბური ტუმბოების და მზის დანადგარების მეშვეობით. გარემოს ბუნებრივი სითბოს ქვეშ იგულისხმება ჩვენს ირგვლივ მყოფი გარემო ჰაერი, გრუნტი და წყალი, რომლებიც წარმოადგენენ დაბალ ტემპერატურულ თბურ წყაროებს და რომელთა გამოყენებაც სავსებით შესაძლებელია შენობათა მიკროკლიმატის პარამეტრების უზრუნველსაყოფად.

თავი1. სათბობი და მისი წვა

სათბობი არის ნივთიერება, რომელიც დაწვის შედეგად გამოყოფს დიდი რაოდენობით სითბოს, რომელიც გამოიყენება ტექნიკური მიზნებისათვის - შენობების გათბობა, საჭმლის მომზადება, სხადასხვა სახის ნაწარმის დამზადება და ა.შ. ეს ნივთიერებები მოიპოვება სამრეწველო მეთოდებით იმის და მიხედვით თუ სად არიან ისინი გავრცელებული, მიწის ზედაპირსა თუ მის სიღრმეში. დღეისათვის სათბობის ყველაზე უფრო გავრცელებული სახეებია ბუნებრივი და ხელოვნური გაზები, ნავთობი და ნავთობპროდუქტები, ხეტყე, ტორფი, ნახშირი, სათბობი ფიქალები და ა.შ. ზოგადად აგრეგატული მდგომარეობის მიხედვით ყველა სახის სათბობი იყოფა სამ ჯგუფად - გაზისებური, თხევადი და მყარი. ჩვენ ძირითადად სათბობის იმ სახეებს განვიხილავთ, რომლებიც თბოაირმომარაგების და ვენტილაციის სისტემების თბოგენერატორებში გამოიყენება.

1.1 გაზისებრი სათბობი

გაზისებრ სათბობად გამოიყენება შემდეგი გაზები: ბუნებრივი (მოიპოვება გაზის საბადოებიდან),

თანამგზავრული (მიიღება ნავთობის საბადოების დამუშავებისას), გათხევადებული ნახშირწყალბადოვანი (მიიღება თანამგზავრული ნავთობის საბადოების დამუშავებისას) და გაზსაკონდენსაციო საბადოებიდან მოპოვებული.

ბუნებრივი გაზის შედგენილობა ერთგვაროვანია და ძირითადად მეთანს შეიცავს. ნავთობის საბადოების თანამგზავრული გაზი შეიცავს აგრეთვე ეთანს, პროპანს და ბუტანს; გათხევადებული გაზები პროპანისა და ბუტანის ნარევი. გაზი, რომელიც მიიღება ნავთობგადამამუშავებულ ქარხნებში ნავთობის თერმული გადამუშავების დროს, პროპანისა და ბუტანის გარდა შეიცავს ეთილენს, პროპილენს და ბუტილენს. წვადი კომპონენტების გარდა ბუნებრივი გაზი მცირე რაოდენობით შეიცავს გოგირდწყალბადს, ჟანგბადს, აზოტს, ნახშირორჟანგს, წყლის ორთქლს და მექანიკურ მინარევებს.

ბუნებრივი სათბობი გაზების რეგლამენტირება (დაყოფა) სახელმწიფო სტანდარტებით ხდება. გაზის ხელსაწყოების, სანთურების ნორმალური მუშაობა დამოკიდებულია მაგისტრალურ და მანაწილებელ გაზსადენებში გამავალი გაზის შედგენილობის მუდმივობასა და მასში მავნე მინარევების რაოდენობაზე.

წყალბად-ჰაერის ნარევი ადვილად აალებადია, ხანძარ- და აფეთქებასაშიშია.

მეთანი CH_4 - უფერო, უსუნო და უგემო არატოქსიკური გაზი. მის შედგენილობაში შედის 75% ნახშირორჟანგი და 25% წყალბადი; 1m^3 მეთანის მასა 0,717კგ-ია, ატმოსფერული წნევის დროს. -162°C ტემპერატურაზე მეთანი თხევადდება და მოცულობა დაახლოებით 600-ჯერ მცირდება. ამიტომ გათხევადებული ბუნებრივი გაზი ტექნიკის მრავალი დარგის პერსპექტიული ენერგომატარებელია.

მეთანის 25% (მასის მიხედვით) წყალბადის შემცველობის გამო, მის უმაღლეს და უდაბლეს თბოუნარიანობებს (დაწვის სითბო) შორის სხვაობა დიდია. უმაღლესი თბოუნარიანობა $Q_{\text{შ}}=39820 \text{ კჯ/მ}^3$ (13200 კკალ/კგ); უდაბლესი კი - $Q_{\text{უდ}}=35880 \text{ კჯ/მ}^3$ (11957 კკალ/კგ).

ბუნებრივ გაზში მეთანის რაოდენობა 98% აღწევს, ამიტომ მისი თვისებები პრაქტიკულად ბუნებრივ გაზის თვისებებს განსაზღვრავს.

ბუნებრივი და თანამგზავრული გაზები, რომლებიც ძირითადად მეთანისაგან შედგება, არის არა მარტო მაღალკალორიული სათბობი, არამედ ძვირფასი ნედლეული ქიმიური მრეწველობისათვის.

მეთანს ახასიათებს შედარებით დაბალი რეაქციული თვისება, რაც მისი მოლეკულის CH ოთხმაგი კავშირის გახლეჩისას აიხსნება დიდი რაოდენობის ენერგიის დანახარჯით. გარდა მეთანისა, წვად გაზებში შედის აგრეთვე ეთანი C_2H_6 , პროპანი C_3H_8 , ბუტანი C_4H_{10} და სხვა.

მეთანის რიგის ნახშირწყალბადებს აქვს ერთი საერთო ფორმულა $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$, სადაც n ნახშირწყალბადოვანი რიცხვია, რომელიც მეთანისთვის 1-ის, ეთანისთვის 2-ის, პროპანისთვის 3-ის ტოლია.

ნახშირჟანგი CO - უფერო, უსუნო და უგემო გაზი, რომლის 1 მ³ მასა 1,25 კგ შეადგენს. წვის კუთრი სითბო (თბოუნარიანობა) 13250 კჯ/მ³ (2413 კკალ/კგ). ბალასტის ($\text{CO}_2 + \text{N}_2$) შემცირების ხარჯზე ნახშირჟანგის (CO) შემცველობის ზრდისას მკვეთრად მატულობს დაბალკალორიული გაზების თბოუნარიანობა და წვის ტემპერატურა. მაღალკალორიულ გაზებში, რომლებიც მეთანს და სხვა ნახშირწყალბადებს შეიცავს, ნახშირჟანგის პროცენტული შემცველობის ზრდა ამცირებს მათ თბოუნარიანობას. ამასთან, წარმოიქმნება 2,88მ³ ნამწვი პროდუქტები. მათი მცირე მოცულობის გამო, 1მ³

ნახშირქანგზე მოდის მეტი სითბო, ვიდრე ნახშირწყალბადის 1 მ³ ნამწვ პროდუქტებზე.

ნახშირქანგი ადამიანის სისხლს ადვილად უერთდება. ჰაერში ნახშირქანგის 0,04% შემცველობისას სისხლის ჰემოგლობინის დაახლოებით 30% შედის ნახშირქანგთან ქიმიურ რეაქციაში, 0,1% CO-ს დროს - 50%, 0,4% CO- ს დროს - 80%-ზე მეტი. ნახშირქანგი მიეკუთვნება მაღალ ტოქსიკურ გაზებს. 1 სთ განმავლობაში ისეთ სათავსში ყოფნა, რომლის ჰაერი 0,2% CO-ს შეიცავს ორგანიზმისთვის მავნებელია, 0,5% კი - სიცოცხლისათვის საშიში.

გაზისებრი სათბობის არაწვად ნაწილს მიეკუთვნება აზოტი, ნახშირორქანგი და ჟანგბადი.

აზოტი N₂ - უფერო, უსუნო და უგემო გაზი. მისი სიმკვრივე 1,25 კგ/მ³-ია. აზოტის ატომები მის მოლეკულაში შეერთებულია სამმაგი კავშირით N≡N, რომლის გახლეჩაზე იხარჯება 170200 კკალ/მოლი (84402 კკალ/კგ) სითბო.

აზოტი ჟანგბადთან რეაქციაში პრაქტიკულად არ შედის, ამიტომ წვის პროცესში მას განიხილავენ, როგორც ინერტულ გაზს. სხვადასხვა გაზში აზოტის შემცველობა მნიშვნელოვან ზღვრებში მერყეობს.

ნახშირორქანგი CO₂ - მძიმე, უფერო გაზი, დაბალ ტემპერატურაზე ნაკლებრეაქციული. აქვს მსუბუქად მჟავე სუნი და გემო. ჰაერში მისი 4 - 5%-ის შემცველობა იწვევს სასუნთქი ორგანოების ძლიერ გაღიზიანებას, ხოლო 10% - ძლიერ მოწამვლას.

CO₂-ის სიმკვრივე 1,98 კგ/მ³-ია. ჰაერზე 1,53-ჯერ მძიმეა; 20°C ტემპერატურასა და 5,8 მპა (58 კგ/სმ²) CO₂ გარდაიქმნება სითხედ, რომლის გადატანა ფოლადის ბალონებით შეიძლება. CO₂ ძლიერი გაცივებისას მყარდება და თეთრ ფერის თოვლისებრ სახეს ღებულობს. მყარი CO₂ ან მშრალი ყინული

ფართოდ გამოიყენება მალფუჭებადი პროდუქტების შესანახად.

ჟანგბადი O_2 - უფერო, უსუნო და უგემო გაზი. მისი სიმკვრივე 1,43 კგ/მ³-ია. გაზში ჟანგბადის არსებობა მის თბოუნარიანობას ამცირებს და მას აფეთქებასაშიშს ხდის.

მავნე მინარევებს შემდეგი გაზები მიეკუთვნება:

გოგირდწყალბადი H_2S . იგი უფერო გაზია, მკვეთრი სუნით, რომელიც ლაყე კვერცხის სუნს მოგვაგონებს, აქვს მაღალი ტოქსიკურობა. სიმკვრივე 1,54 კგ/მ³-ია. გოგირდწყალბადი ზემოქმედებს ლითონებზე და სულფიდებს წარმოქმნის. იწვევს გაზსადენების კოროზიას, განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც გაზი ერთდროულად H_2S , H_2O და O_2 შეიცავს. გოგირდწყალბადი წვისას წარმოქმნის გოგირდოვან გაზს (გოგირდის ორჟანგს), რომელიც მავნეა ორგანიზმისათვის და იწვევს კოროზიულ ზემოქმედებას ლითონის ზედაპირზე. გოგირდწყალბადის შემცველობა გაზში არ უნდა აღემატებოდეს 2 გ-ს 100მ³ გაზზე.

წყალბადციანმჟავა (ციანიდმჟავა) HCN . უფერო, მსუბუქი სითხე, 26°C დუდილის ტემპერატურით. დუდილის ასეთი დაბალი ტემპერატურის გამო, HCN იმყოფება გაზისებრ მდგომარეობაში. ციანიდმჟავა ძლიერ შხამიანია, აქვს კოროზიული ზემოქმედების უნარი რკინაზე, სპილენძზე, კალაზე, თუთიასა და მათ შენადნობებზე. დასაშვებია არა უმეტეს 5გ ციანიდის შენაერთი 100მ³ გაზზე. გაზის გაჟონვის აღმოსაჩენად საჭიროა გაზების გაზსადენში შეშვებამდე მათი ოდორიზაცია.

ამ დროს გაზს ეძლევა სპეციფიკური მკვეთრი სუნი, რის გამოც ადვილია მისი აღმოჩენა უმნიშვნელო კონცენტრაციის დროსაც კი. გაზის ოდორიზაცია ხდება მკვეთრი სუნის მქონე სპეციალური სითხეების საშუალებით. ხშირ შემთხვევაში,

ოდორანტად გამოიყენება ეთილმერკაპტანი. ამ გაზის სუნი იგრძნობა, თუ მისი კონცენტრაცია ჰაერში აფეთქებადობის ქვედა ზღვრის 1/5-ის ტოლია. პრაქტიკულად ეს ნიშნავს, რომ ბუნებრივი გაზი, რომლის აფეთქებადობის ქვედა ზღვარი 5%-ის ტოლია, უნდა იგრძნობოდეს სათავსის ჰაერში მისი 1%-იანი კონცენტრაციის დროს, გათხევადებული გაზების სუნი კი - მისი 0,5%-იანი კონცენტრაციის დროს სათავსის ჰაერში.

1.2 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 ნარევაში შემავალი 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) –

ნავთობის პირველადი გადამუშავების შედეგად რჩება გუდრონი, რომელიც გაზების 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).

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

ნახშირბადი – 86% ;

წყალბადი – 13,4% ;

გოგირდი – 0,3% ;

აზოტი – 0,3% ;

ჟანგბადი – 0,3%.

1.3 თხევადი სათბობის ფიზიკურ-ტექნიკური მახასიათებლები:

სიმკვრივე მოცემულ ტემპერატურაზე სათბობის მასის ფარდობა წყლის მასასთან. მსუბუქი თხევადი სათბობის სიმკვრივე (840 - 860)კგ/მ³ -ია.

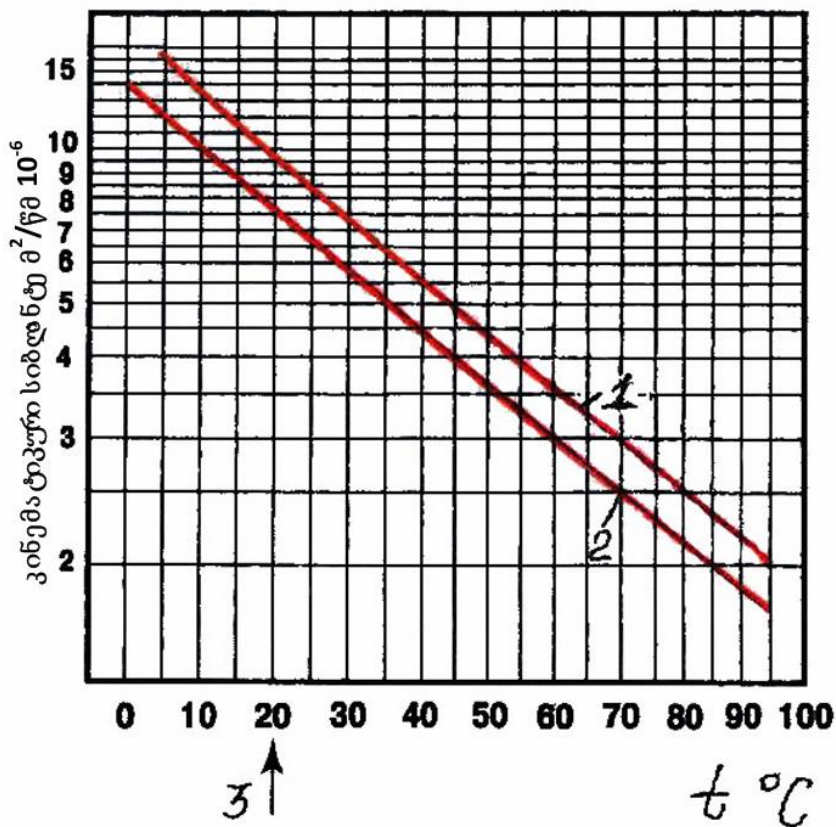
აალების ტემპერატურა – სადამდეც უნდა იქნეს მიყვანილი თხევადი საწვავი, რათა მის ზედაპირზე წარმოქმნილი ორთქლი მომენტალურად აბრიალდეს. აალების ტემპერატურის მიხედვით განისაზღვრება ის მაქსიმალური ტემპერატურა, რომლის დროსაც შესაძლებელია თხევადი სათბობის უსაფრთხო წინასწარი გაცხელება ჰაერთან ერთად. ამ ტემპერატურით 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.

ნახ.1.1 მოცემულია თხევადი სათბობის სიბლანტის დამოკიდებულება მის ტემპერატურაზე.



ნახ. 1.1 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 კჯ/კგ · °C → 0,5 კკალ/კგ°C → 0,58 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 სათბობით 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 სათბობზე მომუშავე საკონდენსაციო ქვაბები.

ზოგადად თბოტექნიკური გაანგარიშებისას ევროპული ნორმები განიხილავს სათბობის უდაბლეს თბოუნარიანობას.

მაზუთი მიეკუთვნება მაღალკალორიულ სათბობს $Q_{\text{მზ}} = 38,3$ მჯ/კგ (9150 კკალ/კგ). მისი სიმკვრივე 0,89 – 1 გ/სმ³ ტოლია 20°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 8-80მმ² /წმ-ის ტოლია 100°C-ის დროს.

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

საღუმლე სათბობი გამოიყენება მცირე სიმძლავრის ადგილობრივი გათბობის თბოგენერატორებში, რომლებიც უშუალოდ გასათბობ სათავსებშია განლაგებული. ეს სათბობი მიიღება დიზელის ფრაქციის პირდაპირი გამოხდით. იგი დიზელის 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, სალოგომოტივო დეპოებში, მცენარეული ზეთის გადამამუშავებელ ქარხნებში.

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

1.4 მყარი სათბობი

ყველა სახის მყარი სათბობი, რომელიც ჩვენს პლანეტაზე არსებობს, წარმოშობილია მზის ენერგიის 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 ბალასტისაგან 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 მინარევებს – ნაცარსა A და ტენს W.

ნახშირბადი – ყველა სახის მყარ სათბობში დიდი რაოდენობითაა – ხე-ტყესა და ტორფში 50 - 58%, ქვანახშირსა და მურა ნახშირში 65 - 80%, მჭლე 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 – ფიქლებისა 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 ჟანგულების (NO_x სახით. იგი წარმოადგენს მავნე ნამწვ პროდუქტებს, რომელთა რაოდენობა ლიმიტირებულია.

გოგირდი – შედის მყარ სათბობში ორგანული შენაერთების (SO_2) 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_2 და SO_3 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: შეშაში – 0,6%, ტორფში – 5-7%, მურა ნახშირსა და ქვანახშირში – 4-25 %.

მყარი სათბობი შეიცავს ორი სახის ტენს – გარე ანუ მექა-ნიკური, 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 შემცვე- ლობა, %	უდაბლესი თბოუნარი – ნობა $Q_{\text{მოდ}}$, კჯ/კგ (კკალ/კგ)	$Q_{\text{მოდ}}$ შემცირება ტენის 1%- ით მატებისას, კჯ/კგ (კკალ/კგ)	

ქვანახ- შირი	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 შედგენილობა ასე გამოისახება:

$$C_a + H_a + O_a + N_a + S_a + A_a + W_a = 100\%. \quad (1)$$

მუშა ეწოდება სათბობის იმ შედგენილობას, რა სახითაც მიეწოდება მომხმარებელს.

თუ სათბობიდან გამოვრიცხავთ ბალასტს, მივიღებთ სათბობის წვად მასას

$$C_{წვ} + H_{წვ} + O_{წვ} + S_{წვ} = 100\%. \quad (2)$$

სათბობის მშრალი მასა (როდესაც სათბობში გამოცლილია ტენი)

$$C_{მშრ} + H_{მშრ} + O_{მშრ} + S_{მშრ} + A_{მშრ} = 100\%. \quad (3)$$

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

ხე-ტყე სათბობია, რომელსაც იყენებენ მცირე სიმძლავრის საქვებე დანადგარებში. სათბობად გამოიყენება ხე-ტყის დამამუშავებელი წარმოების ნარჩენები, ნაგვერდულები, ნაფოტი, ბურბუშელა, ნახერხი, ქერქი და სხვა (შემა იშვიათად გამოიყენება, უმთავრესად, ადგილობრივი გათბობის ღუმლებსა და ბუხრებში. შეშას აქვს

აქროლადობის მაღალი გამოსავალი - 85% და მცირე, 1%-მდე ნაცრიანობა, თბოუნარიანობა $Q_{\text{მუდ}}=18,9$ მჯ/კგ (4510 კკალ/კგ).

ტორფი, როგორც სათბობი, თვისებებით უახლოვდება შეშას. ტორფის ტენიანობა 30 - 55%-ია, ნაცრიანობა 7-15%, თბოუნარიანობა $Q_{\text{მუდ}}=8,38 - 10,72$ 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 $Q_{\text{მუდ}}=10,7-17,5$ მჯ/კგ (4177 კკალ/კგ).

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

ანთრაციტი ქვანახშირებიდან უძველესი წარმოშობისაა, ძნელად ინთება, იწვის მოკლე ალით, ადვილად გადასატანია, აქროლადობის გამოსავალი 2-9 %-ია, თბოუნარიანობა $Q_{\text{მუდ}}=24,35-27,24$ 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 _a	H _a	O _a	N _a	S _a
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

1.5 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, ევკალიპტი და სხვ.). შეშისა და ბიომასისათვის გამოიყენება დახეხილი 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 დიდი ყურადღება ექცევა, რაც გამოწვეულია მათი უმრეტლობითა და ეკოლოგიური სისუფთავით. მათი გამოყენება არ ცვლის პლანეტის ენერგეტიკულ ბალანსს. სწორედ ეს გახდა მსოფლიოში განახლებადი ენერგეტიკის მძაფრი განვითარების მიზეზი.

შეშა (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 ჯიშები	სიმკვრივე, კგ/მ ³	დაწვის სითბო (20% ტენემცველობის დროს)		
		კვტ.სთ/ სასაწყ. მ ³	კვტ.სთ/კგ	
წიწვოვანი ჯიშები	430	210	1500	4,0
სოჭი	420	2200	1550	4,2
ნამვი	510	2600	1800	4,1
ფიჭვი	545	2700	1900	4,0
ლარიქსი				
ფოთლოვანი ჯიშები				
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

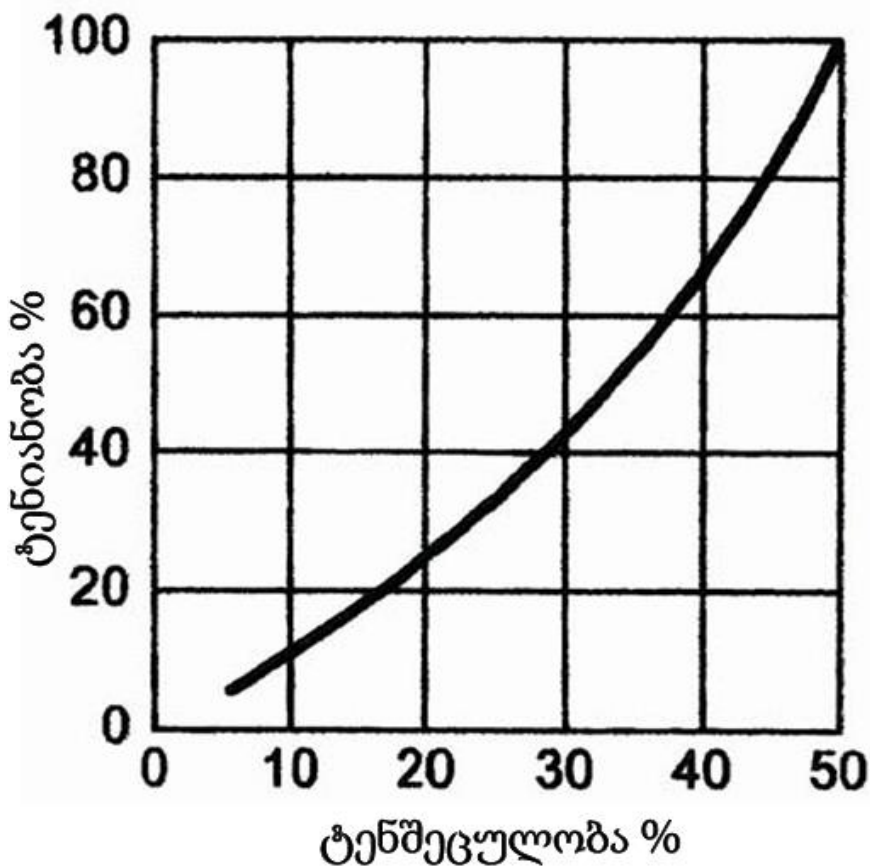
როგორც ცხრილიდან ჩანს, 1ლ თხევადი სათბობი შეიძლება შეიცვალოს 3 კგ მერქნით. 1 სასაწყობო მ³ წიფელი, ენერგიის რაოდენობის მიხედვით, ეთანადება 200 ლ თხევად სათბობს ან 200 მ³ ბუნებრივ გაზს. ამრიგად, მერქნის დაწვას გარკვეული წვლილი შეაქვს ნავთობისა და არაგანახლებადი მარაგის დაზოგვაში. ზოგადად ხე-ტყეს აქვს CO₂-ის ნეიტრალური ბალანსი. რადგანაც წვის შედეგად წარმოქმნილი CO₂ კვლავ უბრუნდება ფოტოსინთეზის ჩაკეტილ პროცესს და წვლილი შეაქვს ახალი ბიომასის წარმოქმნაში

მეორე საინტერესო ეკოლოგიური მომენტი ის, რომ ხე-ტყე პრაქტიკულად არ შეიცავს გოგირდს, ამიტომ დაწვის შედეგად გოგირდის ორჟანგი (SO₂) 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 ნახ.1.2

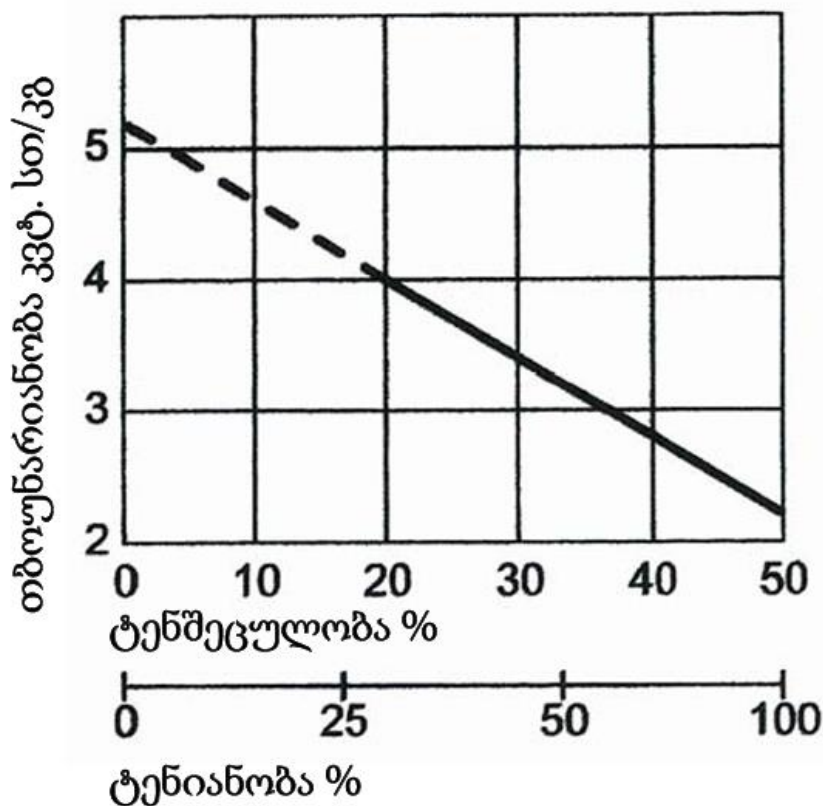


ნახ. 1.2 ხე-ტყის ტენიანობის დამოკიდებულება ტენშეცულობაზე

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

ნახ.1.3 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 დაღექვას.



ნახ. 1.3 ხე-ტყის თბოუნარიანობის ცვლილება ტენიანობის მიხედვით

1.6 სათბობი გრანულები (პელეტები)

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

სათბობი პელეტების დასამზადებლად გამოიყენება: ნახერხი, 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_2 -ს, რამდენიც შთანთქმა 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 თბოუნარიანობა 5 კვტ.სთ/კგ-ია, რაც შეშისას 1,5-ჯერ აღემატება. საწვავი პელეტის სახე მოცემულია ნახ.1.4. გრანულების დიამეტრია 6-8 მმ, სიგრძე – 5-70 მმ. სათბობი გრანულები, დადებითი მხარეების გამო, შეიძლება ჩაითვალოს პერსპექტიულ, სამომავლო სათბობად.



ნახ. 1.4 სათბობი პელეტები (გრანულები)

1.7 სათბობი ბრიკეტები

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

ბრიკეტები ცილინდრული ან მართკუთხა ფორმისაა, მასა $500-2000\text{კგ/მ}^3$. თბოუნარიანობაა $4,5-5,0\text{ კკტ.სთ/კგ}$, ხოლო ნაცრიანობა – $0,5-1,5\%$. ბრიკეტი, როგორც შეშა, თბოგენერატორს ხელით მიეწოდება.

ბრიკეტები მზადდება სხვადასხვა ფორმის – სწორკუთხა, ცილინდრული და მრავალკუთხა. სხვა სახის მყარ სათბობთან შედარებით ხის ბრიკეტებს აქვს უპირატესობა:

- შემისგან განსხვავებით, ბრიკეტები არ საჭიროებს წინასწარ გაშრობას;
- წვისას გამოყოფს მინიმალური რაოდენობის კვამლს;
- შენახვისას არ ესაჭიროება დიდი ფართობი. 1 ტ ბრიკეტის შესანახად საკმარისია იგივე ფართობი, რაც $3-4\text{ მ}^3$ შემისათვის;

ბრიკეტების ხანგრძლივი დროით შენახვა შესაძლებელია მათი მახასიათებლების გაუარესების გარეშე.

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

სათბობი ბრიკეტების სახე მოცემულია ნახ. 1.5.

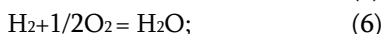


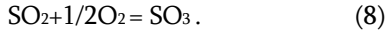
ნახ.1.5 სათბობი ბრიკეტები

1.8 სათბობის წვა. წვისთვის საჭირო ჰაერის რაოდენობა

წვა სათბობის წვადი მასის ნამწვ პროდუქტებად გარდაქმნის რთული ფიზიკურ-ქიმიური, ანუ წვადი გაზების ჟანგბადთან ურთიერთქმედების პროცესია, რომელიც მაღალ ტემპერატურაზე მიმდინარეობს. წვადი გაზების და ჟანგბადის ანუ წვადი ნარევის ნამწვ პროდუქტებად გარდაქმნის შედეგად გამოიყოფა დიდი რაოდენობით სითბური ენერგია (სითბო).

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





წვისთვის საჭირო ჰაერისა და წვის პროდუქტების რაოდენობის დასადგენად ვლელულობთ, რომ წვადი ნივთიერებები სრულად იჟანგება და წარმოიქმნის 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 მ³ ჟანგბადი და წარმოიქმნება 1 კმოლი (22,4მ³) ნახშირორჟანგი. შესაბამისად, 1 კგ ნახშირბადისთვის საჭიროა 22,4/12=1,866 მ³ ჟანგბადი და წარმოიქმნება 1,866 მ³ ნახშირორჟანგი (CO₂). 1 კგ სათბობში შედის C_a/100კგ ნახშირბადი. მის დასაწვავად საჭიროა 1,866·C_a/100 მ³ ჟანგბადი და წვის შედეგად წარმოიქმნება 1,866 C_a/100 მ³ CO₂.

შესაბამისად, (6) და (7) განტოლებებიდან გამომდინარეობს, რომ 1კგ სათბობში შემავალი წვადი გოგირდის (μ=32) დაჟანგვისათვის საჭიროა (22,4/32 S_a/100 მ³ ჟანგბადი და წარმოიქმნება ასეთივე რაოდენობის SO₂, ხოლო 1 კგ სათბობში შემავალი წყალბადის (μ =2,02) დაჟანგვისათვის საჭირო იქნება 0,5 (22,4/2,02) H_a/100 მ³ ჟანგბადი და წარმოიქმნება (22,4/2,02) H_a/100 მ³ წყლის ორთქლი.

თუ შევკრებთ მიღებულ გამოსახულებებს და გავითვალისწინებთ სათბობში ჟანგბადის (μ=32) არსებობას, მივიღებთ

$$V^{\circ}_{O_2}=1,866 C_a/100+0,755 a/100+5,55 H_a/100-0,7 O_a/100. \quad (9)$$

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

$$V^{\circ}=100/21 V^{\circ}_{O_2}=0,0889 (C_a+0,3755 S_a)+H_a-0,0033 O_a. \quad (10)$$

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.

1.9 გაზის წვა

წვა წვადი ნარევის ნამწვ პროდუქტებად გარდაქმნის რთული ფიზიკურ-ქიმიური პროცესია. ანუ წვა წვადი გაზების ჟანგბადთან ურთიერთქმედების პროცესია, რომელიც მაღალ ტემპერატურებზე მიმდინარეობს. წვადი გაზებისა და ჟანგბადის ანუ წვადი ნარევის ნამწვ პროდუქტებად გარდაქმნის შედეგად გამოიყოფა დიდი რაოდენობით სითბური ენერგია (სითბო). გაზჰაერის ნარევის დაწვა საყოფაცხოვრებო ხელსაწყოებსა და გათბობის თბოგენერატორებში მიმდინარეობს მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ გაზის შემცველობა ჰაერში განსაზღვრულ ფარგლებშია, რომელიც ეთანადება აალების ზღვრებს. ამ ზღვრების გარეთ გაზჰაერის ნარევი არც იწვის და არც ფეთქდება. თუ გაზჰაერის ნარევი გაზის რაოდენობა ძალიან მცირეა, მაშინ გაზის დაწვის შედეგად გამოყოფილი სითბო არასაკმარისია, რათა ნარევის მეზობელი ფენები მიიყვანოს აალების ტემპერატურამდე. იგივე ხდება აგრეთვე გაზ-ჰაერის ნარევი გაზის ძალიან დიდი

რაოდენობით შემცველობის შემთხვევაში. ამ დროს შეიმჩნევა წვისათვის მიწოდებული ჰაერის ჟანგბადის უკმარისობა, რათა მიღებულ იქნეს სითბოს ის რაოდენობა, რომელიც უზრუნველყოფს ნარევის მეზობელი ფენების შეთბობას აალების ტემპერატურამდე.

აალების ტემპერატურა ის მინიმალური ტემპერატურაა, რომლის დროსაც ორთქლი წვადი ნივთიერების ზედაპირზე ისეთი სიჩქარით გამოიყოფა, რომ მასზე ანთების წყაროს (ასანთი, სანთებელა) ზემოქმედებისას აალება იწყება. აალება არის ნივთიერების ალიანი წვა, რომელიც აალების წყარომ გამოიწვია და გრძელდება მისი მოშორების შემდეგაც. ამ დროს მდგრადი წვა წარმოიქმნება.

გარდა აალების ტემპერატურისა, წვის პროცესების შესწავლისას საჭიროა აგრეთვე თვითაალების ტემპერატურის ცოდნა.

თვითაალების ტემპერატურა წვადი ნივთიერების ის მინიმალური ტემპერატურაა, სადამდე გაცხელებაც მკვეთრად ზრდის ეგზოთერმული მოცულობითი რეაქციის სიჩქარეს, იწვევს ალიან წვას ან აფეთქებას (ან ორივეს ერთად). აფეთქება წარმოიქმნება, თუ წვადი გაზის ტემპერატურა აფეთქების ტემპერატურას მიაღწევს.

აფეთქების ტემპერატურა წვადი ნივთიერების ის უმცირესი ტემპერატურაა, რომლის დროსაც მის ზედაპირზე ორთქლს შეუძლია აბრიალდეს (აფეთქდეს) მასთან ღია ცეცხლის მიტანის დროს. მდგრადი წვა ამ დროს არ წარმოიქმნება. აფეთქება არის გაზ-ჰაერის ნარევის სწრაფი წვა წვადი ნივთიერების ზედაპირზე, რომელსაც ახლავს ხანმოკლე ხილული ნათება. წვადი სითხეების ჯგუფიდან, აფეთქების ტემპერატურის მიხედვით, გამოყოფენ ადვილად აალებად სითხეებს. ადვილად აალებადი ის წვადი სითხეებია, რომელთა აფეთქების ტემპერატურა არ აღემატება 61°C დახურულ ტიგელში და 66°C ღია ტიგელში.

აფეთქებადობის, უფრო სწორად აალების, ზღვრებში იგულისხმება ჰაერში წვადი გაზის მინიმალური (ქვედა ზღვარი) და მაქსიმალური (ზედა ზღვარი) რაოდენობები. ამ ზღვრების გარეთ აალება არ ხდება. გაზჰაერის ნარევის აფეთქებადობის (აალების) ზღვრებს სტანდარტულ პირობებში ($p=760$ მმ. ვერცხ. წყ. სვ., $T=0^{\circ}\text{C}$) მოცულობით პროცენტებში გამოსახავენ. გაზ-ჰაერის ნარევის ტემპერატურის გაზრდით ეს ზღვრები ფართოვდება. თვითაალების ტემპერატურაზე მეტად გაზრდით ნარევი, ნებისმიერი მოცულობითი თანაფარდობის დროს, იწვის. გაზ-ჰაერის ნარევის აფეთქებადობის (აალების ტემპერატურის) ზღვრები სხვადასხვა შედგენილობის (საბადოს) გაზებისათვის სხვადასხვაა. გაზ-ჰაერის აფეთქებადი ნარევის წარმოქმნის ძირითადი მიზეზი გაზის გაჟონვაა გაზმომარაგების ქსელიდან ან მისი ცალკეული ელემენტებიდან, აგრეთვე სათავსების, საცეცხლურების, ქვებებისა და ღუმლების გაზსავლების, სარდაფების და მიწისქვეშა კომუნიკაციების, ჭების არასრულყოფილი ვენტილაცია. ზოგიერთი ნივთიერებისათვის აალების, აფეთქებადობის, თვითაალების, დუღილის ტემპერატურები და აფეთქებადობის ზღვრები მოცემულია ცხრილში.

ნივთიერება	დუღილის ტემპ-რა, 0°C	აალების (აფეთქების) ტემპ-რა, $^{\circ}\text{C}$	თვითაალების ტემპ-რა, $^{\circ}\text{C}$	აფეთქებადობის ზღვრები %	
				ქვედა	ზედა
წყალბადი	-253	-	465	4	77
მეთანი	-162	-	595	4,4	16,5
აცეტილენი	-84	-	305	2,3	82

პროპანი	-42	-96	470	1,7	10,9
ბუტანი	0	-69	365	1,4	9,3
ბენზინი	30-200	<-20	200-410	0,6	8
დიზელის სათბობი	150-390	>+55	220	0,6	6,5

1.10 გაზის წვის მეთოდები

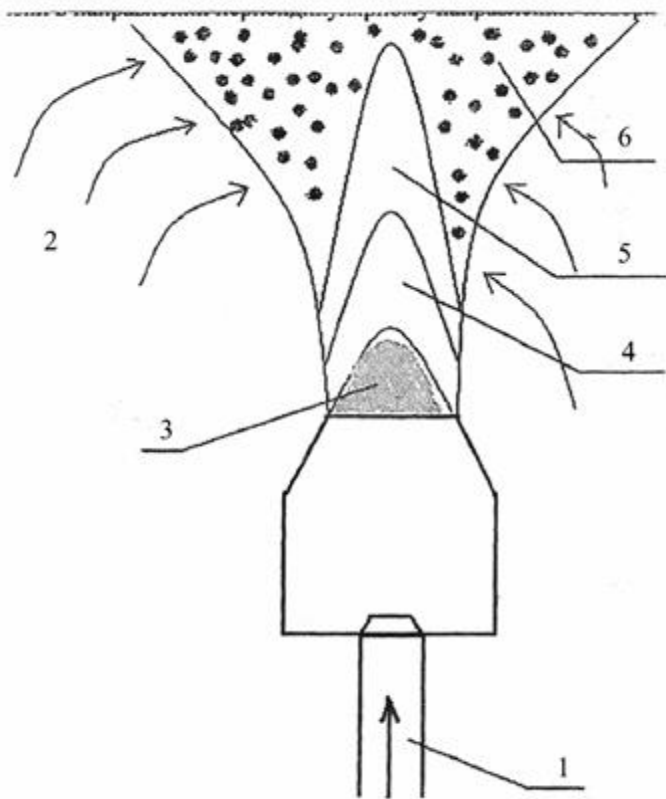
გაზის წვის პროცესები ტექნიკისა და ტექნოლოგიის მრავალ დარგში გამოიყენება. ტექნოლოგიური პროცესების მიმდინარეობის მრავალსახეობიდან გამომდინარე, გაზის წვის სხვადასხვა მეთოდი (ხერხი) არსებობს. განვიხილავთ წვის იმ მეთოდებს, რომლებიც გამოიყენება გათბობის სისტემების თბურ გენერატორებსა და გაზის საყოფაცხოვრებო ხელსაწყოებში.

გაზის წვის ყველა ეს მეთოდი დამყარებულია განსაზღვრული შედგენილობის გაზ-ჰაერის ნარევის მომზადებაზე, რომელიც დამოკიდებულია გაზისა და ჰაერის ერთმანეთში შეღწევის თვისებაზე. ამ მოვლენას დიფუზია ჰქვია, წვის მეთოდს დიფუზური და მნათი ალით მიმდინარეობს.

ამ ნარევის მომზადების მიხედვით, გაზის თბოგენერატორებისა და გაზის საყოფაცხოვრებო ხელსაწყოებისათვის დამუშავებულია წვის სამი მეთოდი: დიფუზური, კინეტიკური და შერეული, დიფუზურ-კინეტიკური. განვიხილოთ თითოეული ცალ-ცალკე:

დიფუზური წვის პრინციპული სქემა მოცემულია ნახ.1.6. ძირეულ ნაწილში წვის პროცესს ადგილი არა აქვს. სასაზღვრო ზონაში ჟანგბადის მოლეკულები ერევა რა წვადი

გაზის მოლეკულებს წვა იწყება. ძირითადი წვის ზონაში ნახშირბადი იწვის. წვის ასეთ პროცესს ეწოდება დიფუზური ან ატმოსფერული, რადგან ჰაერის მიწოდება ატმოსფეროდან ხდება. ჰაერისა და გაზის მოლეკულები ერთმანეთს ერევა გაზის კანონების საფუძველზე. წვის ზონაში გაზი წნევით მიეწოდება, ხოლო წვისათვის საჭირო ჰაერი გარემომცველ არიდან მოლეკულური ან ტურბულენტური დიფუზიის მეშვეობით. ნარევის წარმოქმნა მიმდინარეობს წვის პროცესთან ერთად, ამიტომ წვის სიჩქარე ნარევის წარმოქმნის სიჩქარის ტოლია. გაზ-ჰაერის ნარევი გაზისებრი სათბობის წვის მნიშვნელოვანი მახასიათებელი ალის გავრცელების სიჩქარეა. ეს სიჩქარე ორი მდგენელისაგან



ნახ. 1.6 გაზის დიფუზური წვის პრინციპული სქემა 1. გაზი, 2. ჰაერი, 3. ძირეული ზონა, 4. პირველადი წვის ზონა, 5. ძირითადი წვის ზონა, 6. წვის პროდუქტები

შედგება: წრფივი და ნორმალური. ალის გავრცელების წრფივი სიჩქარე არის ალის ფრონტის გადაადგილების მანძილი დროის ერთეულში და გამოიყენება ხანძრის პარამეტრების გაანგარიშებისას.

ალის გავრცელების ნორმალური სიჩქარე ალის ფრონტის გადაადგილების სიჩქარეა დაუწვავი გაზის მიმართ, ზედაპირის მართობული მიმართულებით. ნორმალური სიჩქარის ცნება გამოიყენება დიფუზური წვის პროცესების გაანგარიშებისას. მისი მნიშვნელობა სხვადასხვაა გაზისათვის სხვადასხვაა. მეთანისათვის იგი ტოლია 0,67 მ/წმ; პროპანისთვის - 0,82მ/წმ; წყალბადისათვის -4,83 მ/წმ.

დიფუზური წვა შემდეგი თვისებებით ხასიათდება:

1. გაზის ჭავლში დიფუნდირებს ჰაერი, ხოლო ამ ჭავლიდან ჰაერში - გაზი. ამრიგად, გაზის გამოსვლის კვეთთან ახლოს გაზ-ჰაერის ნარევი წარმოიქმნება.
- 2 წვის პროცესი იწყება წვის პირველად ზონაში და მთავრდება ძირითად ზონაში.
3. წვის პროცესის ინტენსიურობა განისაზღვრება გაზ-ჰაერის ნარევის წარმოქმნით.
- 4.გამოყოფილი წვის პროდუქტები ართულებს გაზისა და ჰაერის ურთიერთდიფუზიას. ამ მეთოდის, გაზ-ჰაერის წარმოქმნის დროს, გამოყენებისას წვა საკმაოდ ნელა მიმდინარებს, ალს საკმაოდ დიდი მოცულობა აქვს და ნათებით ხასიათდება. წვის ასეთ მეთოდს უწოდებენ წვას მნათი ალით.

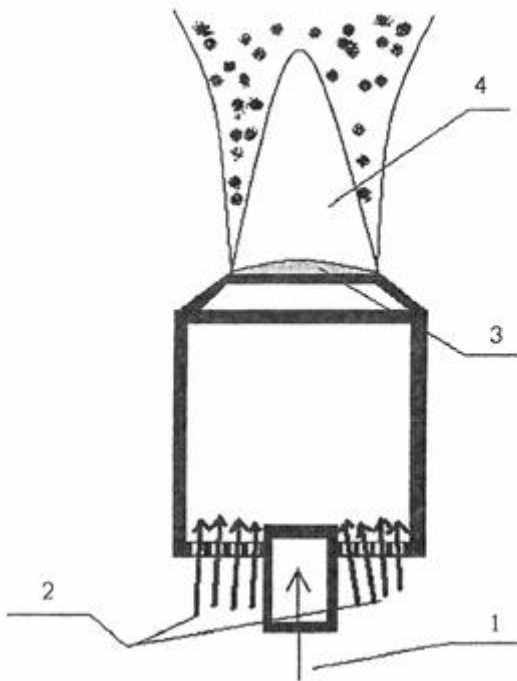
დიფუზური წვის დადებითი მხარეები :

- ალის მაღალი მდგრადობა თბური დატვირთვის ცვლილებისას;
- ალის სანთურაში გამვრომის შეუძლებლობა, რადგან სანთურაში მხოლოდ სუფთა გაზი იმყოფება;
- წვის პროცესის ფართო დიაპაზონში რეგულირების შესაძლებლობა.

დიფუზური წვის ნაკლი:

- ალის დიდი მოცულობა, რაც ერთეულ მოცულობაში ამცირებს თბურ დაძაბულობას;
- მეთანის წვად მდგენელებად თერმული დაშლის ალბათობა;
- იზრდება სანთურიდან ალის მოწყვეტის საშიშროება.

კინეტიკური წვის პრინციპული სქემა ნაჩვენებია ნახ.1.7. წვის ადგილას მიეწოდება გაზ-ჰაერის წინასწარმომზადებული ნარევი. ეს ნარევი მზადდება გაზის სანთურის შემრევში. გაზ-ჰაერის ნარევი გავარვარებულ ცეცხლგამძლე სივრცეში მოკლე ჩირაღდნით იწვის. წვის ასეთ მეთოდს ალი თითქმის არ აქვს და მას უალო წვასაც უწოდებენ.



ნახ.1.7 კინეტიკური წვის პრინციპული სქემა

1.გაზი, 2.ჰაერი, 3. ძირეული ზონა, 4. ძირითადი ზონა

კინეტიკური წვის მეთოდის დადებით მხარეებია:

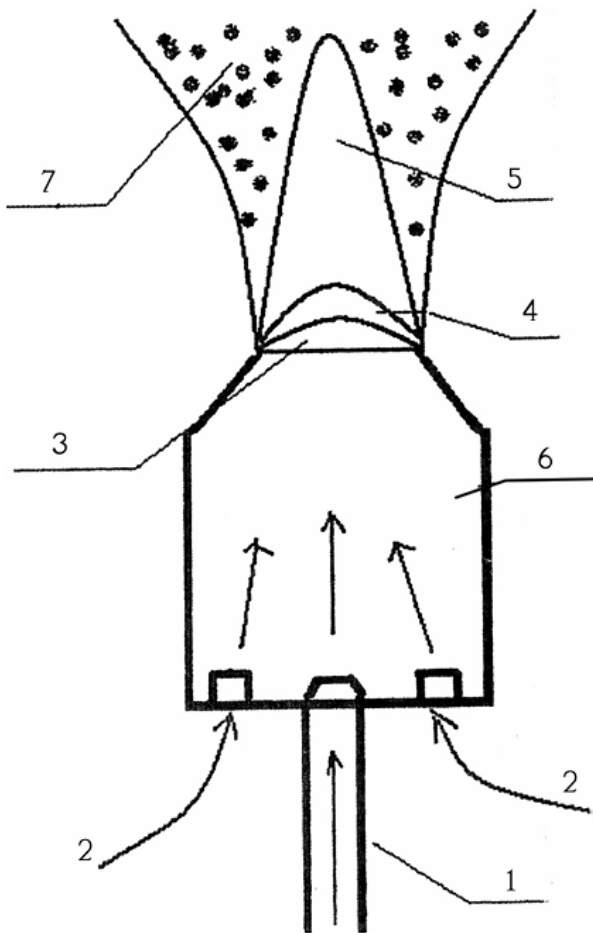
-ქიმიური უკმარწვის ნაკლები ალბათობა;

-მაღალი თბომწარმოებლურობა.

უარყოფითი მხარე -გაზის ალის სტაბილიზაციის აუცილებლობა. ეს გამოწვეულია იმით, რომ კინეტიკური წვის გაზის სანთურები მგრძნობიარეა გაზისა და ჰაერის წვის პარამეტრების მიმართ. ამ ნაკლის აღმოსაფხვრელად გაზის სანთურებს ალის სტაბილიზატორებს უკეთებენ.

შერეული, კინეტიკურ-დიფუზური წვის სქემა ნაჩვენებია ნახ.1.8. შერეული მეთოდი მიიღწევა გაზის წინასწარი შერევით ჰაერის იმ ნაწილთან, რომელიც აუცილებელია გაზის სრული წვისათვის. ჰაერის დანარჩენი ნაწილი ჩირაღდანს უშუალოდ გარემომცველ სივრციდან მიეწოდება. დასაწყისში იწვის პირველად ჰაერთან შერეული გაზის ნაწილი, ხოლო დანარჩენი, რომელიც განზავებულია წვის პროდუქტებით, იწვის მეორეული ჰაერის ჟანგბადთან შეერთების შემდეგ. შედეგად ჩირაღდანი უფრო მოკლე და ნაკლებად მნათი იქნება და ერთეული მოცულობის ჩირაღდნის სითბური დამაბულობა გაიზრდება.

გარდა ზემოთ აღნიშნული წვის ალიანი მეთოდებისა, არსებობს უალო ე.წ. კატალიზური წვის მეთოდი, რომელიც სათბობის ჰაერის ჟანგბადით დაჟანგვის პროცესია კატალიზატორის ზედაპირზე. სათბობის კატალიზური წვის ეფექტურობა უფრო მაღალია, ვიდრე ალიანი წვისა. იგი უსაფრთხოა, ეკოლოგიურად სუფთა და საიმედო. კატალიზური წვის დანადგარები დიდხანს მუშაობს მომსახურე პერსონალის გარეშე, ხანძარ და აფეთქება უსაფრთხოა.



ნახ. 1.8. შერეული წვის პრინციპული სქემა

1. გაზი, 2. ჰაერი, 3. ძირეული ზონა, 4. პირველადი
წვის ზონა, 5. ძირითადი წვის ზონა, 6. სანთურა

1.11 გაზის სანთურა

გაზის სანთურა მოწყობილობაა, რომელიც უზრუნველყოფს გაზისა და ჰაერის (ჟანგბადის) მიწოდებას, მათ შერევას, შეთბობას, აალებას, მდგრად წვას და წვის პროცესის რეგულირებას.

გაზის სანთურა გამოგონებულ იქნა 1855 წელს გერმანელ ქიმიკოს ბუნზენის მიერ, რის შედეგადაც მკვეთრად გაიზარდა გაზის გამოყენება ჯერ ქალაქის ქუჩების გასანათებლად, შემდეგ სხვა მიზნებისათვის.

გაზის სანთურები შემდეგ მოთხოვნებს უნდა პასუხობდეს: უზრუნველყოს გაზის სრული წვა მინიმალური ჰაერის სიჭარბით და წვის პროდუქტებში მინიმალური მავნე ნივთიერებების წარმოქმნით; რეგულირების მთელ დიაპაზონში იმუშაოს მდგრადად, ძლიერი ხმაურის გარეშე, რომლის სიდიდე 85 დეციბელს არ უნდა აღემატებოდეს; ჰქონდეს მარტივი კონსტრუქცია რთული ფორმის დეტალების გარეშე, ესთეტიკური სახე, ტექნოლოგიურობა, რომელიც უზრუნველყოფს დამზადების სიმარტივეს და სიზუსტეს; უნდა იყოს უსაფრთხო ექსპლუატაციაში, უზრუნველყოფდეს უსაფრთხოებისა და რეგულირების ავტომატიკის გამოყენების შესაძლებლობას.

ტექნიკის მრავალ დარგში გაზის სანთურის გამოყენებამ განაპირობა მათი კონსტრუქციების და მოწყობის პრინციპების მრავალსახეობა. გათბობის სისტემების თბურ გენერატორებში გამოყენებული გაზის სანთურები ძირითადად ორი სახისაა: ატმოსფერული, ჰაერის შებერვის გარეშე და ჰაერის შემზერი, წინასწარი შერევის სანთურა.

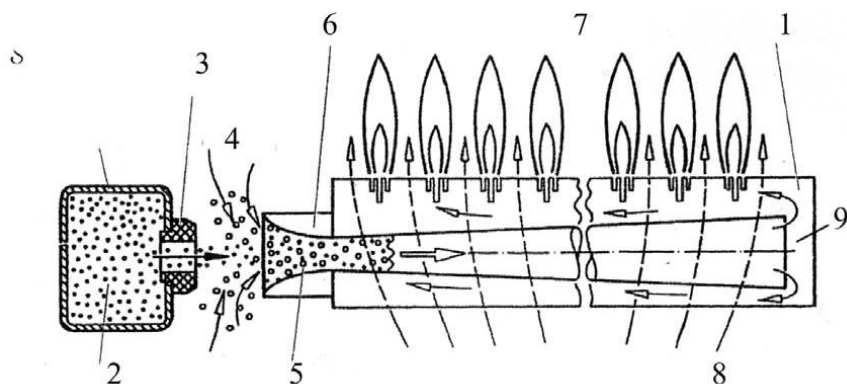
თავის მხრივ, ატმოსფერული სანთურები მოიცავს დიფუზურ და ინჟექციურ სანთურებს. დიფუზური სანთურა არის ნაცმი საცეცხლე ხვრელებით და მიმწოდებელი

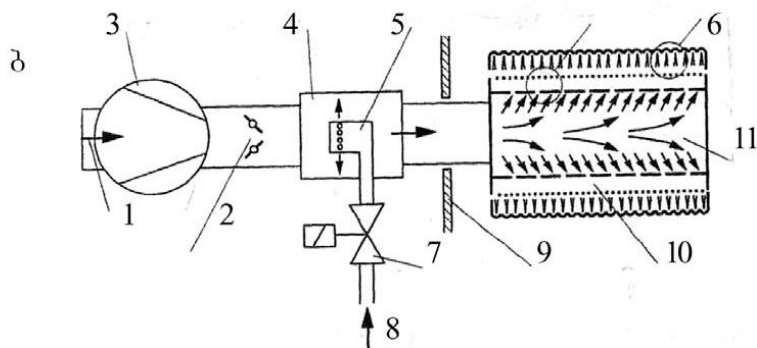
გაზსადენით, სადაც დაყენებულია ონკანი. ნაცმი მილია, რომლის ერთი ბოლო დადუღებულია, ხოლო მეორე ბოლოზე მიერთებულია გაზი, რომელიც შემდეგ ნაწილდება საცეცხლე ხვრელებში. ხვრელები გაბურღულია ნაცმის სიზრქეში $d=1\div 5$ მმ დიამეტრით, მათ შორის მანძილი $s=(5\div 6)d$. ასეთ სანთურებში გაზის ჰაერთან შერევა ნაცმის გარეთ, საცეცხლურში (წვის კამერაში) ხდება. ნაცმიდან გამოსულ გაზის ჭავლს ჰაერი ერევა დიფუზიით და კონვექციით, რასაც ხელს უწყობს საცეცხლურში არსებული გაიშვიათება. ასეთი ტიპის სანთურები ძირითადად გამოიყენება საყოფაცხოვრებო გახეხურებსა და ღუმლებში.

დღეისათვის ატმოსფერული სანთურებიდან გათბობის თბოგენერატორებში ძირითადად გამოიყენება ინჟექციური ტიპის გაზის სანთურები.

ინჟექციური სანთურის სქემა მოცემულია 1.9ა ნახ-ზე. გაზმანაწილებელი მილიდან წვადი გაზი წნევით, მთავარი ფრქვევანას საშუალებით, მიეწოდება ინჟექტორს, რომელიც წვისათვის საჭირო ჰაერს შეიწოვს. ინჟექტორში ხდება გაზისა და ჰაერის შერევა, რომელიც შემდეგ ინთება. ჰაერის დარჩენილი რაოდენობა (მეორეული ჰაერი) ალში გარედან დიფუნდირებს. ინჟექტორიდან ალი გამოდის გარე, ხვრელებიან მილში, შემდეგ მცირე ზომის ხვრელებიდან - მილის მთელ ზედაპირზე, სადაც ხდება მეორეული ჰაერის შერევა და წარმოიქმნება მცირე ზომის (მოკლე) ალები. ისინი მილის ირგვლივ ქმნის საერთო წვის ზედაპირს. წვის ასეთი რეჟიმის გამო, საცეცხლური (წვის კამერა) პატარა, მცირე მოცულობის გამოდის. ამასთან, უზრუნველყოფილი უნდა იქნეს თითოეული ალის დამოუკიდებელი წვა და მათთან საჭირო მეორეული ჰაერის მოდინება. ასეთი სანთურების მცირე თბური მწარმოებლურობის დროს (5-20 კვტ) წვის შედეგად გამოყოფილი NO_x -ის რაოდენობა მცირდება.

ჰაერშემბერ სანთურებში გაზ-ჰაერის ნარევის მისაღებად გამოიყენება სპეციალური ვენტილატორი, რომლის საშუალებითაც წვისათვის საჭირო ჰაერის რაოდენობა მიეწოდება სპეციალურ შემრევს, სადაც დამოუკიდებლად მიეწოდება აგრეთვე გაზი. ნარევი მანაწილებელი მოწყობილობით გადადის საცეცხლურხვრელებიან მილში, საიდანაც ალი გამოდის რა მილის ზედაპირზე ქმნის ალის საერთო ზედაპირს (ალის ფრონტს). გაზ-ჰაერის ნარევის და შემდგომ ალის ასეთი განაწილება იძლევა წვისათვის საჭირო ჰაერის თანაბარი განაწილების საშუალებას. ჰაერშემბერი სანთურების პრინციპული სქემა ნაჩვენებია ნახ.1.9.





ნახ. 1.9 გაზის წვის სანთურების პრინციპული სქემები

ა. ატმოსფერული (ინჟექციური):

1 გაზის მანაწილებელი მილი, 2. წვადი გაზი, 3. გაზის მთავარი ფრქვევანა, 4. პირველადი ჰაერი, 5. გაზ-ჰაერის ნარევი, 6. ინჟექტორი, ვენტურის მილი, 7. ძირითადი ალი, 8. მეორეული ჰაერი, 9. გისოსებიანი საცეცხლე მილი (ტუბუსი).

ბ. წინასწარი შერევის შემხერი:

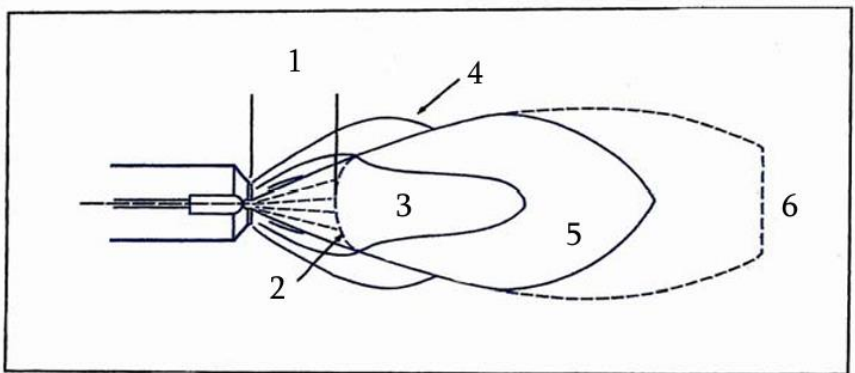
1. ჰაერის მიწოდება, 2. ჰაერის დოზირების მოწყობილობა, 3. ვენტილატორი, 4. გაზ-ჰაერის შემრევი, 5. გაზმანაწილებელი, 6. ალის ფრონტი, 7. მაგნიტური ვენტილი, 8. გაზის მიწოდება, 9. სანთურის ფირფიტა, 10. ნარევის მანაწილებელი მოწყობილობა, 11. საცეცხლე

გაზის წნევის მიხედვით, გაზის სანთურები არის დაბალი წნევის 5 კპა ($0,05 \text{ კგ/სმ}^2$)-მდე, საშუალო წნევის $5 \div 300$ კპა ($0,05 \div 3 \text{ კგ/სმ}^2$) და მაღალი წნევის 300 კპა (3 კგ/სმ^2)-ზე მეტი.

გაზის ზემოთ ჩამოთვლილი სანთურები უზრუნველყოფს გაზის ეფექტურ და ეკოლოგიურ სუფთა წვას, საიმედო ავტომატიკა კი სანთურის უტყუარ და უსაფრთხო მუშაობას. გაზის სანთურებს აქვს ქვაბის საცეცხლურთან მიერთების უნიფიცირებული მისაერთებელი კვანძი, რაც იძლევა ერთი სანთურის მეორით ან გაზის სანთურის თხევადი სანთურით შეცვლის შესაძლებლობას

1.12 თხევადი სათბობის წვის თავისებურებები

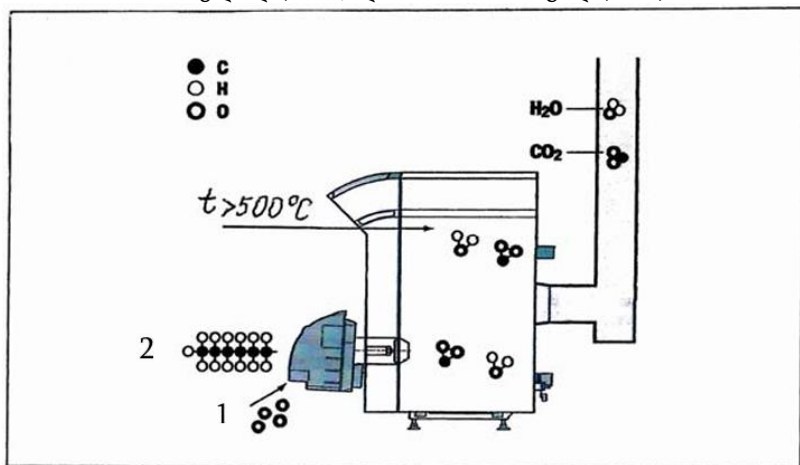
თხევადი სათბობის წვის მექანიზმი ნაჩვენებია ნახ.1.10. ჟანგბადთან იდეალური ნარევის მისაღწევად საჭიროა თხევადი სათბობის გაზად გარდაქმნა, რაც მიიღწევა სათბობის მცირე ზომის წვეთებად გაფრქვევით. საკმარისია წარმოქმნილ ნარევ-თან ნაპერწკლის არსებობა, რომ წვა დაიწყოს. წვის დროს სათბობის ელემენტები უერთდება ჰაერის ჟანგბადს, რის შედეგადაც გამოიყოფა სითბო და ახალი მოლეკულური რეკომბინაციები.



ნახ. 1.10. თხევადი სათბობის წვის პრინციპული სქემა

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

ამრიგად, ნახშირწყალბადის მოლეკულები (ნახ.1.11), რომლებიც შედგება ნახშირბადისა და წყალბადისაგან, გარდაიქმნება წყლის ორთქლად (H_2O) და ნახშირორჟანგად (CO_2).



ნახ. 1.11. 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_2). უნდა აღინიშნოს, რომ CO_2 -ის გაზია, რომელიც იწვევს ე.წ. „სათბურის ეფექტს“ და წვისას უნდა ვეცადოთ მის მაქსიმალურად შეშუპებას. CO_2 -ის რაოდენობის მიხედვით განისაზღვრება წვის ხარისხი და მწარმოებლურობა მქ კოეფიციენტის დონეზე.

CO_2 -ის მაქსიმალური პროცენტული რაოდენობა, რომელიც თეორიულად შეიძლება იქნეს მიღწეული, 15,6%-ია ჰაერის სიჭარბის გარეშე. მიუხედავად ამისა, პრაქტიკაში უკმარწვის და ნახშირჟანგის

(CO) წარმოქმნის აღმოსაფხვრელად ვუშვებთ ჰაერის სიჭარბეს 20 - 30%-ის ფარგლებში, რაც კვამლსადენში სითბოს დანაკარგებით აიხსნება. თანამედროვე თბოგენერა-ტორების (ქვაბების) გამონაბოლქვში CO₂-ის რაოდენობა 11 - 13%-ია.

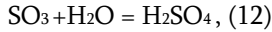
თუ ნახშირბადის წვა ჰაერის ნაკლებობით მიმდინარეობს (5), ასეთ წვას არასრული ეწოდება და წარმოიქმნება მხუთავი გაზი (CO), რომელიც ძლიერი მომწამვლელი ნივთიერებაა და გარემოს აბინძურებს. გარდა მხუთავი გაზისა, ნახშირბადის არასრული წვისას წარმოიქმნება ჭკარტლი. ჭკარტლი გროვდება ქვაბის ზედაპირებზე და აუარესებს მათ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

წყალბადის წვის შედეგად [(6) რეაქცია] წარმოიქმნება წყალი ორთქლის სახით, რომელიც განსაკუთრებული სისუფთავით გამოირჩევა, თითქოს საქმე გვქონდეს იდეალურ სათბობთან. 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 კვამლსადენის დაშლას. გოგირდის წვა (7) რეაქციით მიმდინარეობს. გოგირდს, როგორც სათბობის სხვა ელემენტებს, გარკვეული წვლილი შეაქვს თხევადი საწვავის თბოუნარიანობაში. მას ორი ნაკლი აქვს: SO₂-ის და SO₃-ის სახით აბინძურებს გარემოს (მჟავური წვიმები); შედის წყლის ორთქლთან რეაქციაში და გოგირდ-მჟავას წარმოქმნის



რომელიც განსაკუთრებით საშიში მჟავაა – შლის კვამლსადენს და ქვასაც კი (განსაკუთრებით, ფოლადის ქვას).

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

1.13 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 ნაწილისაგან შედგება:

სანთურის თავი, რომელიც უზრუნველყოფს სათბობისა და ჰაერის მიწოდებას და ოპტიმალურ შერევას, ჩირაღდანს 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 სათბოაალებისათვის, 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 ვენტი-ლატორი, ტუმბო ან სანთურის სხვა ძირითადი ნაწილები გან-ცალკევებულია სანთურის ძირითადი კორპუსისაგან. მონობლოკური სანთურები გამოიყენება შედარებით დაბალი სითბური მწარმოებლურობის დროს, რამდენიმე მკტ-მდე. უფრო მაღალი სიმძლავრეების დროს (მაგ., როგორიცაა სამრეწველო დანიშნულების სანთურები) ბლოკური სანთურები გამოიყენება.

ვენტილატორული სანთურები, თბური სიმძლავრის რეგულირების მიხედვით, სამი სახისაა:

ერთსაფეხურიანი;

მრავალსაფეხურიანი;

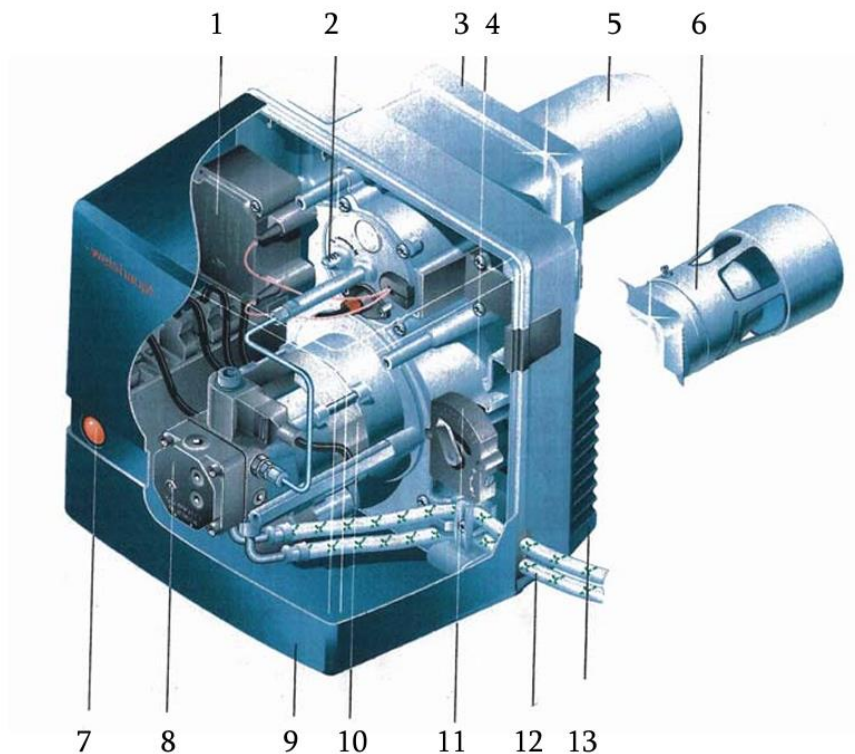
სანთურები მდოვრე რეგულირებით (სამოდულაციო).

ერთსაფეხურიან სანთურებს აქვს მხოლოდ ერთი თბური სიმძლავრე. ასეთ სანთურებში სათბობის მიწოდება არ იცვლება, ხოლო სანთურა შეიძლება იყოს ჩართული ან გამორთული.

მრავალსაფეხურიანი სანთურები (როგორც წესი, ორ- ან სამსაფეხურიანი) მუშაობს როგორც ორჯერ ან რამდენიმეჯერ შემცირებული მწარმოებლურობით, 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 (წყალსათბობი ქვაბები, ცხელი ჰაერის გენერატორები და სხვა) ან წნევის გადამწოდი (ორთქლის ქვაბები).

თხევადი სანთურის პრინციპულ-ტექნოლოგიური სქემა ნაჩვენებია
ნახ.1.12.



ნახ. 1.12 თხევადი სათბობის შემბერი 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 მართვა; 8 - სათბობის ტუმბო მაგნიტური სარქველით; 9 - სანთურის გარსაცმი; 10 - სანთურის ძრავა; 11 - ჰაერის რეგულატორის კორპუსი; 12 - სათბობის შლანგები; 13 - ჰაერმიმღები

1.14 სანთურის თხევადი სათბობით

უზრუნველყოფა

სანთურების თხევადი სათბობით უზრუნველყოფის მიზნით ეწყობა სათბობის საცავები (ავზები), საიდანაც სათბობი მილსადენის საშუალებით სანთურას მიეწოდება. მილები 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;

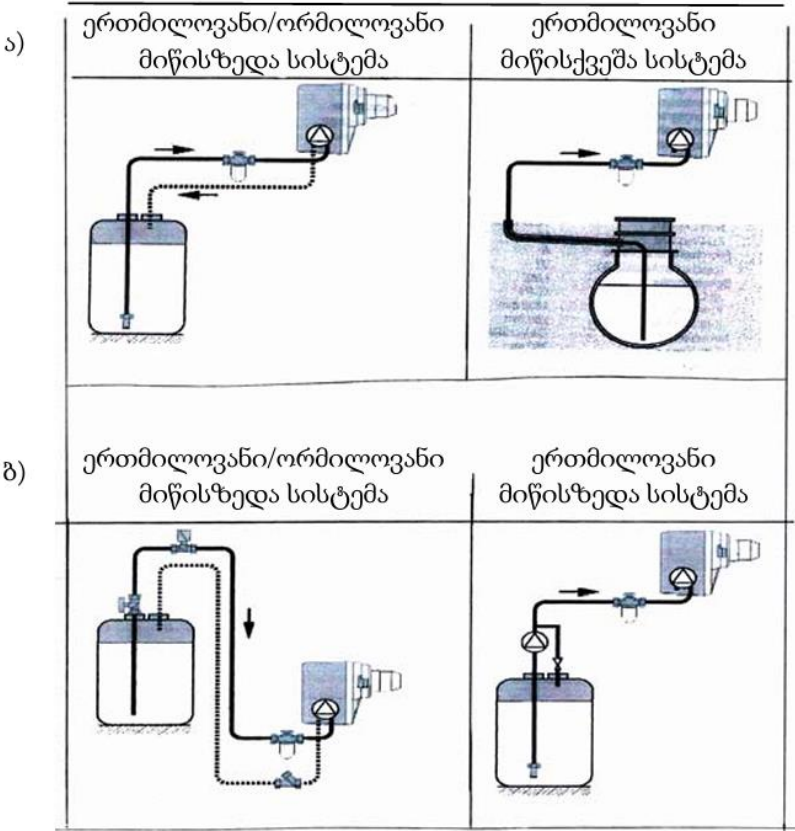
დაწნევის მხარეს, დიზელი - 0,4-0,8 მ/წმ,

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 გადაი-ტუმბება, რომელიც კეთდება როგორც ორმილოვანი, ასევე ერთმილოვანი. ერთმილოვანი სისტემა გამოიყენება მხოლოდ მსუბუქი თხევადი სათბობის გადასატუმბად.

სათბობით უზრუნველყოფის სქემები ნაჩვენებია ნახ.1.13. 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,

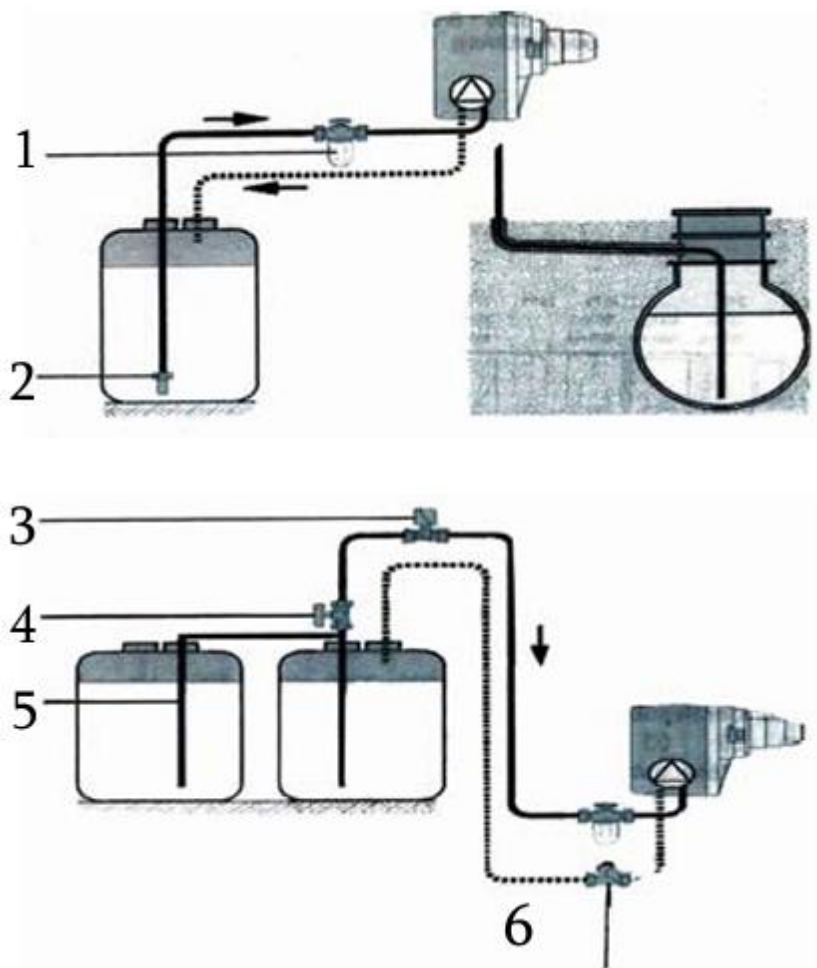
შეიძლება მოთავსდეს მიწის ზემოთ ან მიწაში. საწვავის ავზის მიწის ზემოთ მოთავსების შემთხვევაში სათბობით უზრუნველყოფის სისტემა შეიძლება იყოს როგორც ერთმილოვანი, ასევე ორმილოვანი, სათბობის ავზის მიწაში განლაგებისას კი – მხოლოდ ერთმილოვანი.



ნახ. 1.13 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). ნახ.1.14 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. შემტბორი რეჟიმის დროს სათბობსადენზე აუცილებელია აწევის საწინაღო მოწყობილობის დაყენება მაგნიტური სარქვლის სახით, ამასთან, სათბობსადენზე ავზიდან მაგნიტურ სარქვლამდე უკუდინებისათვის არ უნდა იყოს არავითარი დაბრკოლება.

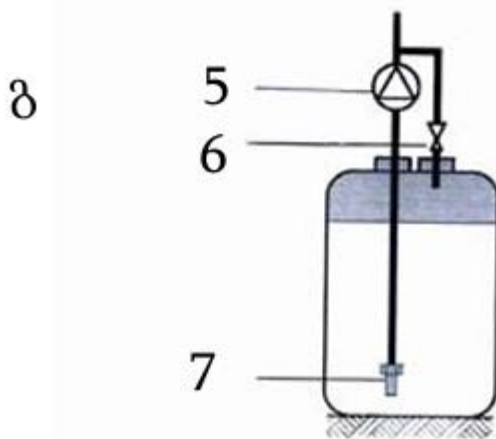
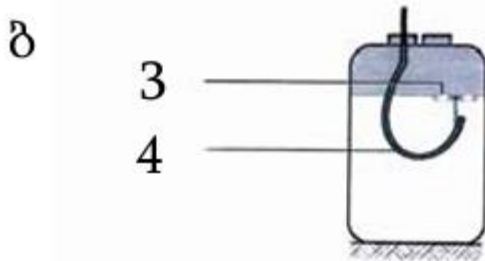
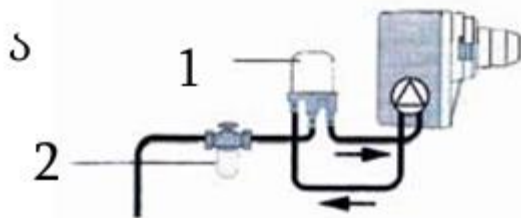


ნახ.1.14. სათბობით უზრუნველყოფის ერთმილოვანი/ორმილოვანი სისტემების ელემენტები. ა. - შეწოვის რეჟიმი; ბ. - შეტბორვის რეჟიმი

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

შეტბორვის რეჟიმის დროს ორმილოვანი სისტემის (ნახ.1.14ბ) უკუმილსადენზე აუცილებელია უკუსარქვლის გამოყენება.

ერთმილოვან სისტემებში თხევადი სათბობიდან ჰაერისა და გაზის გაყვანის მიზნით გამოიყენება სათბობის გაზჰაერის გამყვანი. ამ შემთხვევაში სანთურის ტუმბო ისე მუშაობს, როგორც ორმილოვანი სისტემის შემთხვევაში (ნახ. 1.15 ა).



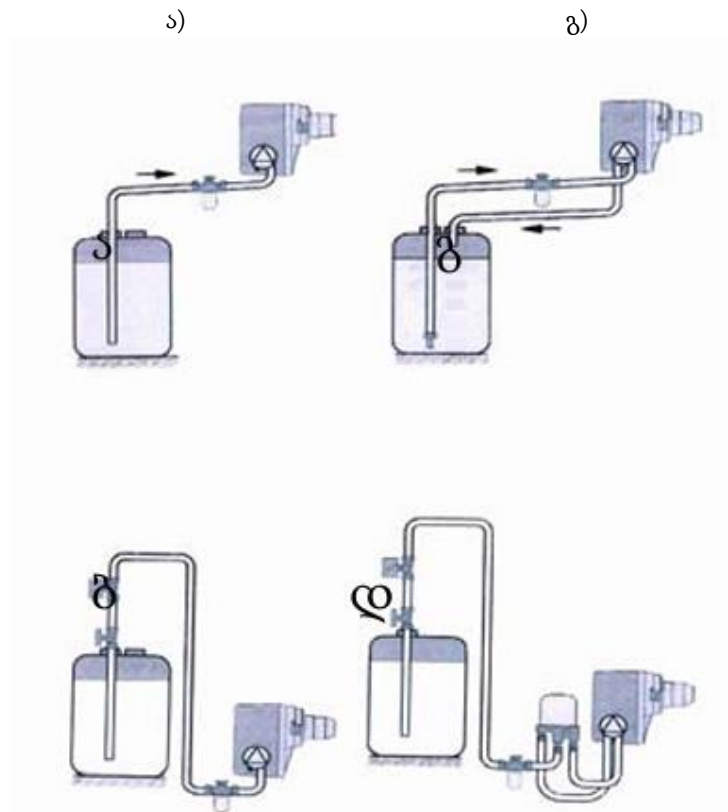
46

ნახ.1.15 სათბობით უზრუნველყოფის ერთმილოვანი სისტემის ელემენტები: ა - სათბობის ჰაერმაცალკვევლები; ბ - სათბობის აღება სუფთა ზონიდან; გ - მიმტუმბი ტუმბოს დაყენება სიმაღლეთა დიდი სხვაობის დროს 1 - სათბობის გაზჰაერმაცალკვევლები; 2- ფილტრი ჩამკეტი ონკანით; 3 - ტივტივა; 4 - მოქნილი შლანგი; 5 - მიმტუმბი ტუმბო; 6 - წნევის მარეგულირებელი სარქველი; 7 - შემწოვი სარქველი

სანთურის მუშაობისას უნდა ვეცადოთ, რომ სათბობის აღება მოხდეს ავზის „სუფთა“ ზონიდან. ამ დროს საწვავის ავზში სპეციალური ტივტივა კეთდება (ნახ. 1.15 ბ).

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, იმ შემთხვევაში, როდესაც სანთურის ტუმბოს შემწოვ მხარეს გაიშვიათება აღმატება 0,4 ბარს, გამოიყენება მიმტუმბი ტუმბო (ნახ.1.15 გ).

სანთურის უსაფრთხო, სრულყოფილი მუშაობისათვის საჭიროა სათბობსადენიდან ან მთლიანი სისტემიდან (ავზი-სანთურა) გავიყვანოთ ჰაერი. ჰაერის გაყვანის სქემები ნაჩვენებია ნახ.1.16. როდესაც სათბობის ავზი განლაგებულია სანთურაზე დაბლა, ჰაერი გაიყვანება სანთურიდან სათბობის აღმავალი დინებით ერთმილოვან სისტემებში (ნახ. 1.16ა) და ტუმბოს უკუსადენიდან – ორმილოვან სისტემებში (ნახ. 1.16ბ). 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.



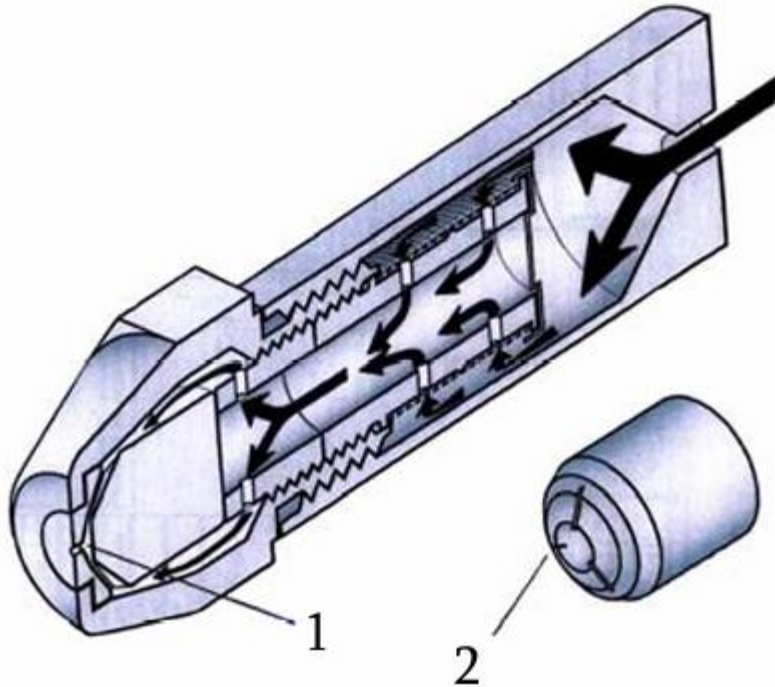
ნახ.1.16 სათბობით უზრუნველყოფის სისტემიდან ჰაერის გაყვანა
ა,ბ - სანთურიდან; გ,დ - ტუმბოს უკუსადენიდან

1.15 თხევადი სათბობის ფრქვევანა

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

თხევადი სანთურის ფრქვევანას (ნახ. 1.17) გარე ზედაპირზე აქვს ხვრელი და +16მმ კუთხვილი წახნაგი ფრქვევანას ჭოკზე დასამაგრებლად. ფრქვევანას შიგნით მოთავსებულია არხები თხევადი

სათბობის ასაგრიგალებლად. ფრქვევანას აქვს აგრეთვე დამცავი ფილტრი, რომელიც გაბიდენისაგან იცავს.

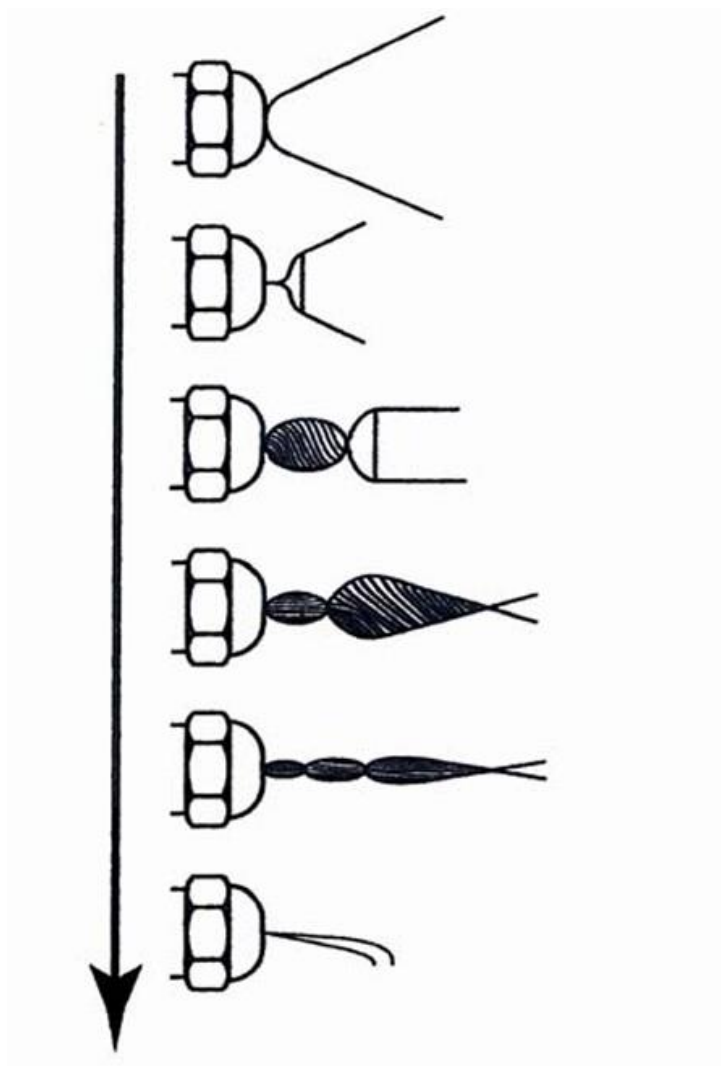


ნახ. 1.17 თხევადი სათბობის ფრქვევანა: 1 - აგრიგალების კამერა; 2 - ტანგენციური (მხები) კილოები

თხევადი სათბობის ფრქვევანა ხასიათდება სიდიდეებით:

- 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 ნახ/1.10.



ნახ. 1.18 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: $7,343,11,3 = \cdot$ კგ/სთ.

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

თავი 2. გაზისა და თხევადი სათბობის ქვაბები

2.1 გაზის ქვაბების კლასიფიკაცია

გაზის ქვაბი მოწყობილობაა, რომელიც გამოიყენება თბური ენერგიის მისაღებად გაზისებრი სათბობის დაწვის ხარჯზე. ეს ენერგია ძირითადად გამოიყენება შენობათა გათბობის მიზნით, წყლის გასაცხელებლად საყოფაცხოვრებო და სხვა მიზნებისათვის. როგორც უკვე აღვნიშნეთ, გაზისებრი სათბობად ძირითადად გამოიყენება ბუნებრივი გაზი-მეთანი და პროპან-ბუტანი. გაზის ქვაბის მუშაობის პრინციპი იმაში მდგომარეობს, რომ გაზი მიეწოდება რა სანთურას, რთავს პიეზო- ან ელექტროამნთებს. ამ დროს წარმოქმნილი ნაპერწკლიდან ფალია ინთება, რომელიც მუდმივად ანთია. ფალის მეშვეობით ინთება ძირითადი სანთურა, რომელიც ქვაბში თბომემცველს აცხელებს თერმოსტატით განსაზღვრულ ტემპერატურამდე. ქვაბში ტემპერატურის დაცემისთანავე თერმომიმწოდი (თერმოწყვილი) სარქველს ბრძანებას აძლევს გაზის მიწოდების გაღებაზე, რის შედეგად სანთურა კვლავ ინთება.

გაზის ქვაბების რამდენიმე პირობითი კლასიფიკაცია არსებობს. განლაგების, ადგილის მიხედვით - იატაკის, როდესაც ქვაბი დგას იატაკზე ან მისთვის სპეციალურად მოწყობილ ბაქანზე. ამ ქვაბებს სხვანაირად დასადგმელ ქვაბებს უწოდებენ.

. კედლის - იკიდება კედელზე ან მისთვის სპეციალურად მოწყობილ ჩარჩოზე. კედლის ქვაბს სხვანაირად ჩამოსაკიდ ქვაბს უწოდებენ.

. ფუნქციური შესაძლებლობის მიხედვით: ერთკონტურიანი, რომელიც სტანდარტული კომპლექტაციით მუშაობს მხოლოდ გათბობის დასაკმაყოფილებლად. თუ საჭიროა ცხელი წყლის მომზადება, ქვაბს უნდა მიუერთდეს წყალგამაცხელებელი.

. ორკონტურიანი - ქვაბი, რომელიც უზრუნველყოფს როგორც გათბობას, ასევე ცხელ წყალს

. წვეის მიხედვით: ბუნებრივი წვეის - ქვაბი, რომელშიც წვისათვის საჭირო ჰაერის მიწოდება ხდება იმ სათავსიდან, სადაც მოთავსებულია ქვაბი, ხოლო ნამწვი პროდუქტების გაყვანა ხდება

ბუნებრივი წევით. ასეთი ქვაბები ძირითადად აღჭურვილია ატმოსფერული სანთურებით და აქვს ღია წვის კამერა.

იძულებითი წვეის - ქვაბი, რომლის წვის კამერაში ჰაერის მიწოდება და გაწოვა გარემოდან (იშვიათად მომიჯნავე სათავსიდან) ხდება სპეციალური ჩაშენებული ვენტილატორის მეშვეობით. ასეთ ქვაბებს აქვს დახურული წვის კამერა. იგი შეიძლება მოთავსდეს სახლის ნებისმიერ ადგილას (მათ შორის ბინაშიც).

. ანთების მიხედვით - ქვაბი პიეზოანთებით, ჩართვა ხდება ხელით, ღილაკზე თითის დაჭერით. ასეთი ქვაბი ენერგოდამოუკიდებელია. განსაკუთრებით მოსახერხებელია იქ , სადაც შეფერხებაა დენის მიწოდებაში.

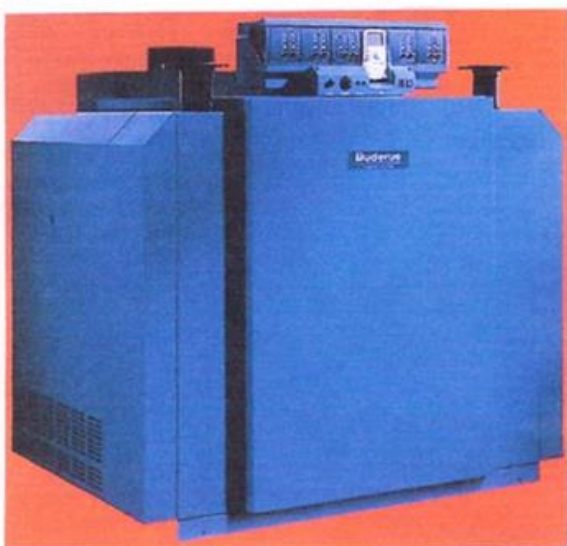
. ქვაბი ელექტრონული ანთებით-ირთვება ავტომატურად. ასეთ ქვაბებში ფალია მუდმივად არ ანთია, რაც გაზის გარკვეულ ეკონომიას იძლევა.

. სათბობის ენერგიის გამოყენების სისრულის მიხედვით - ტრადიციული, გამოიყენება მხოლოდ სათბობის უდაბლესი თბოუნარიანობა და საკონდენსაციო, გამოიყენება სათბობის უმაღლესი თბოუნარიანობა.

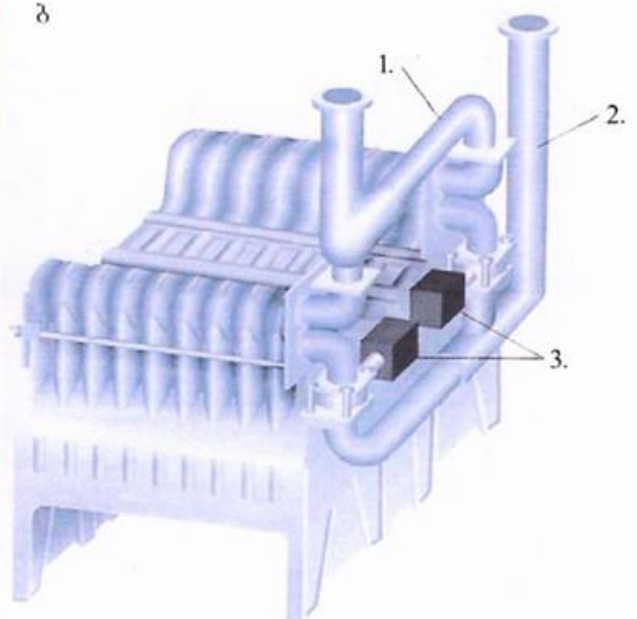
ტრადიციული ქვაბების გამოყენების მთავარი პრინციპი იმაშია, რომ მათი თბოგადამცემის, საცეცხლურის და საკვამლე მილის კედლებზე დაუშვებელია ნამწვი პროდუქტებიდან წყლის ორთქლის და მასში გახსნილი მჟავების კონდენსაცია. ამისათვის საჭიროა, რომ გათბობის სისტემის მიმწოდებელ მილსადენსა და უკუმილსადენში ტემპერატურათა სხვაობა უმნიშვნელო იყოს. ამ შემთხვევაში უმჯობესია გამოყენებულ იქნეს რადიატორული გათბობა 80°C (მიმწოდებელი მილსადენი) და 60°C (უკუმილსადენი) ტემპერატურული პარამეტრებით, რომელიც ჰაერიდან წყლის ორთქლის კონდენსაციას გამორიცხავს , რომელიც დაახლოებით 55 - 57°C - ზე იწყება. ამ დროს გამოიყენება აგრეთვე ოთხსვლიანი შემრევი, რომელიც ქვაბის რგოლის მიმწოდებელი მილსადენიდან წყალს უკუმილსადენის წყალს შეურევს.

საკონდენსაციო ქვაბებში ნამწვი პროდუქტებიდან ეკონომიზერის კედლებზე ხდება წყლის ორთქლის კონდენსაცია. კონდენსაციის სრული ეფექტისათვის მიზანშეწონილია თბოშემცველის ტემპერატურის შემცირება მიმწოდებელ და, განსაკუთრებით, უკუმილსადენში ნამის წერტილამდე. იდეალური ვარიანტია დაბალტემპერატურული გათბობა, მაგალითად, თბილი იატაკი.

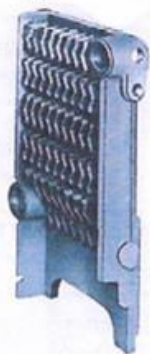
ა



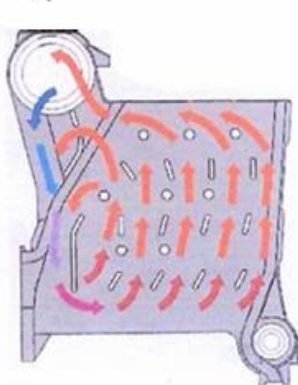
ბ



გ

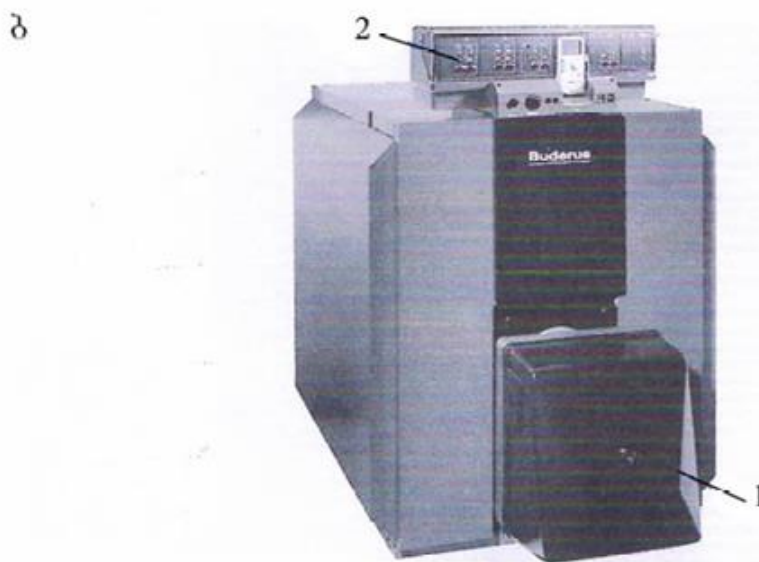
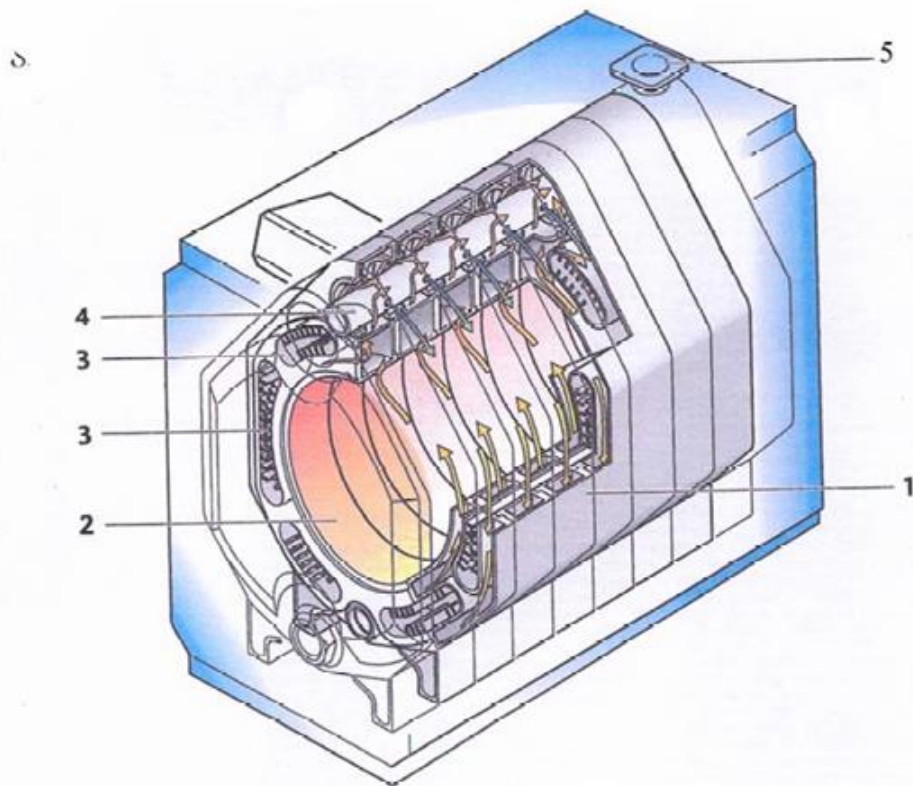


დ



ნახ. 2.1 ატმოსფერული წვის თუჯის სექციური ქვაბი

ა - საერთო ხედი, ბ - თუჯის თბოგადამცემი ბლოკი, გ - თუჯის სექცია, დ - თუჯის სექციაში წყლის ცირკულაციის სქემა; 1 - მიმწოდებელი მილი, 2 - უკუმბილი, 3 - რგოლური ღრუსებრი სერვოამძრავი



ნახ. 2.2 შემზერ სანთურიანი დასადგმელი თუჯის სექციური ქვაბი

ა. სქემატური ჭრილი: 1. თუჯის სექცია წყლის გასასვლელი არხებით, 2. წვის კამერა, 3. თბოგადაცემის დამატებითი ფართობი, 4. უკუწყლის მკვებავი მილი, 5. გათბობის სისტემაში მიმწოდებელი ხაზი;

ბ. საერთო ხედი: 1. სანთურა, 2. მართვის ბლოკი

2.2 დასადგმელი ქვაბები

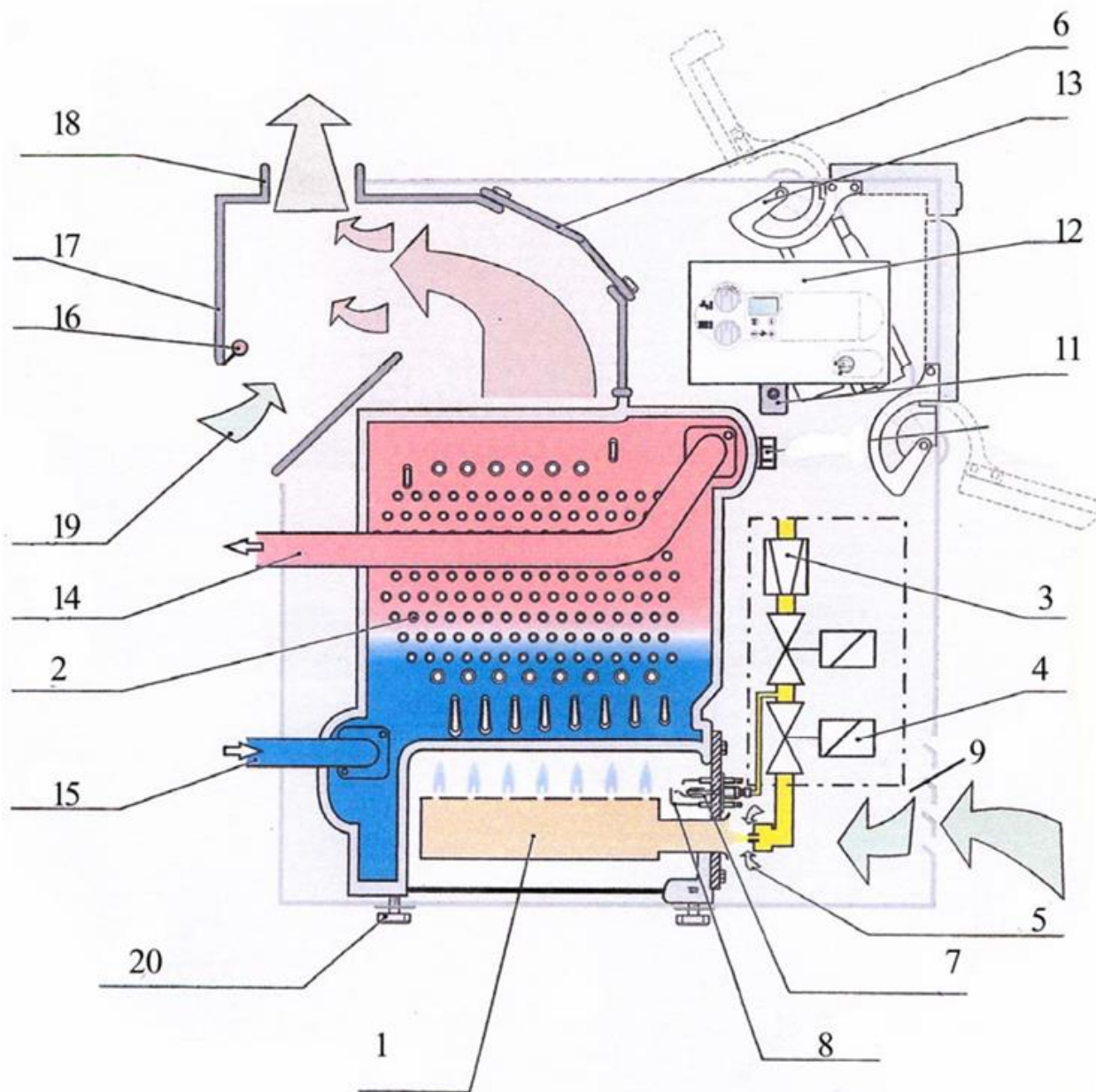
სხვანაირად იატაკის ქვაბებსაც უწოდებენ. არის თუჯის და ფოლადის; ტრადიციული და საკონდენსაციო (ნახ. 2.1 და 2.2).

თუჯის ქვაბები ან თუჯის თბოგადამცემიანი ქვაბები უფრო ხშირად მზადდება ვერტიკალურად განლაგებული თუჯის ცალკეული სექციებისაგან, რომლებიც ერთმანეთთან ნიპელებითაა შეერთებული. თუჯის სექციებს შორის შემამჭიდროებლად გამოიყენება სპეციალური ქვაბის საგოზავი. მაქსიმალური მუშა წნევა თუჯის ქვაბებისათვის 6 ბარის ტოლია. ქვაბი შეიძლება დამზადდეს როგორც ერთიანი ბლოკის სახით, ასევე ადგილზე ცალკეული სექციებისაგან. ადგილზე აწყობა ძირითადად ხდება დიდი სიმძლავრის დანადგარებისათვის. ქვაბის ბლოკი იფუთება 60 მმ სისქის თბოიზოლაციით, რომელსაც გარედან უკეთდება ხმაურსაიზოლაციო შალითა. თუჯის ქვაბების სიმძლავრე რამდენიმე ასეულ კვტ-მდეა, აქვს ექსპლუატაციის ხანგრძლივი ვადა. თუჯის სიმყიფის გამო, ასეთი ქვაბების მუშაობის ტემპერატურულ რეჟიმს განსაკუთრებული მოთხოვნები წაყენება. თუჯის ქვაბები აღჭურვილია ატმოსფერული ან შემხერი სანთურებით.

ნახ.2.3 მოცემულია ატმოსფერული წვის თუჯის ქვაბის სქემა. ქვაბი შედგება ერთმანეთთან შეერთებული სექციების ბლოკისაგან (6), რომლის ქვედა ნაწილში განლაგებულია ნახვრეტებიანი წვის მილი (1), რომელსაც სანთურის ტუბუსს უწოდებენ. ტუბუსი მზადდება მაღალი ხარისხის ლეგირებული ფოლადისაგან. სანთურას აქვს გაზის წნევის რეგულატორი (22, 23) და სანთებელა ანუ ფალია (26) ალის იონიზაციური კონტროლით (28). სანთურა დამზადებულია ქარხნული წესით ბუნებრივი ან თხევადი გაზისათვის. ექსპლუატაციის პერიოდში შესაძლებელია ერთი სახის გაზის მეორით შეცვლა.

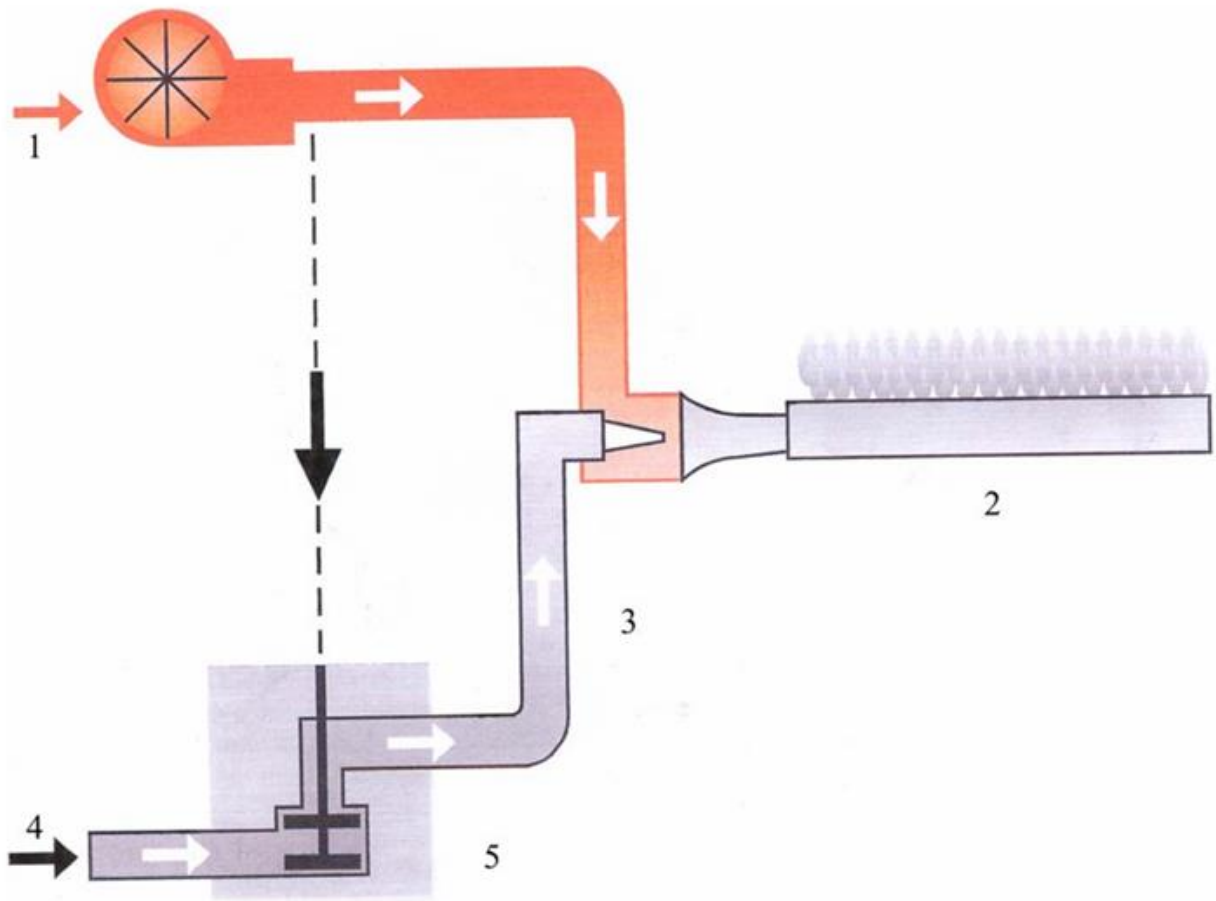
წვისათვის საჭირო ჰაერის მიღება ხდება ქვაბის გარე პანელზე დატანებული გისოსიდან, რომლის ნაწილი, პირველადი ჰაერის სახით (25), ინჟექტორის საშუალებით, გაზთან ერთად მიეწოდება სანთურის ტუბუსს (1). გაზ-ჰაერის ნარევი ტუბუსის ხვრელებიდან გამოდის წვის კამერაში, სადაც მიმდინარეობს მეორეული ჰაერის შერევა და წვა. ნამწვი გაზები გროვდება ქვაბის ზედა ნაწილში მესამეულ

საკონტროლო ჰაერთან (8) ერთად და გადადის საკვამლე მილში (12), საიდანაც ატმოსფეროში გაიტყორცნება.



ნახ. 2.3 ატმოსფერული წვის თუჯის სექციური ქვების პრინციპული სქემა

1.სანთურის ტუბუსი, 2. ქვების ბლოკი, 3. გაზის წნევის რეგულატორი, 4. გაზის წნევის რეგულატორი, 5. პირველადი ჰაერი, 6. მეორეული ჰაერი, 7. ამნთები ელექტროდი, 8. საკონტროლო ელექტროდი, 9. საჰაერო გისოსი, 10. ქვების ბლოკის ხუფი, 11. გადამწოდი, 12. საკომუტაციო პანელი, 13. სახურავის სახსარი, 14. გათბობის სისტემის მიმწოდებელი მილი, 15. გათბობის სისტემის უკუმილი, 16. გამავალი გაზების გადამწოდი, 17. წვის დამცავი, 18. საკვამლე მილის მიერთების ადგილი, 19. მესამეული ჰაერი, 20. ქვების რეგულირებადი ფეხები



ნახ.2.4 ატმოსფერული სანთურის პრინციპული სქემა პირველადი ჰაერის იძულებითი მიწოდებით

1.ჰაერი, 2. წვის მილი (ტუბუსი), 3. წინასწარი შერევის ზონა, 4. გაზი, 5. გაზის მარეგულირებელი არმატურა

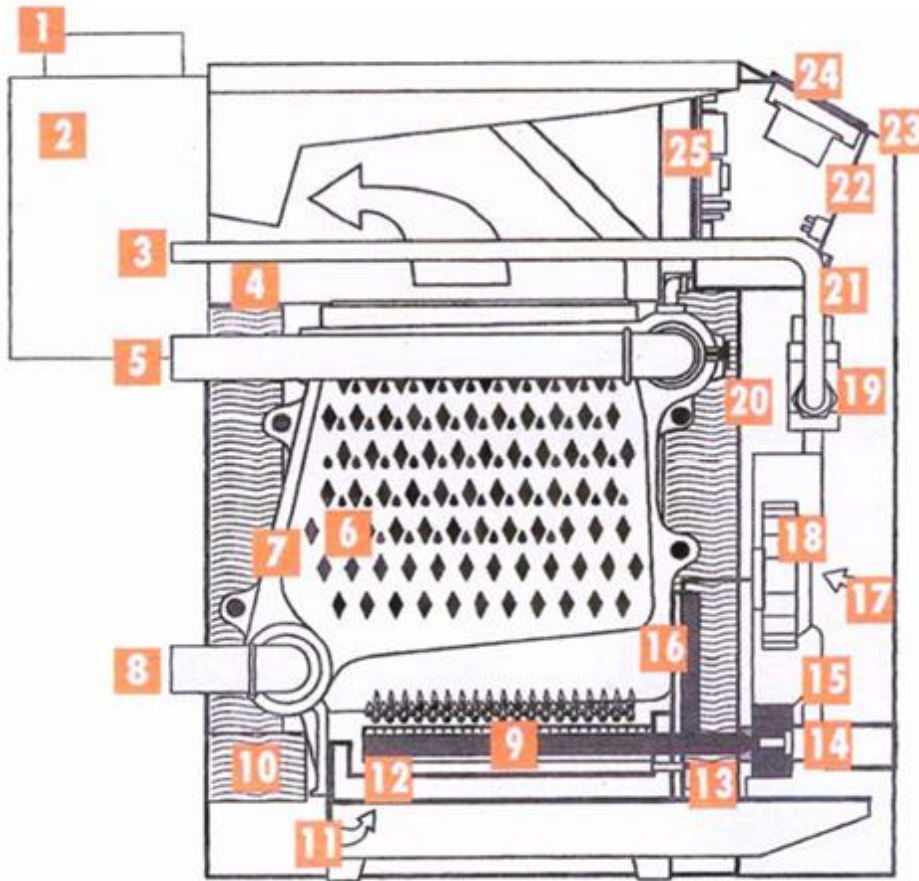
თუჯის ბლოკში ანუ თბოგადამცემში (6), ქვების რგოლის ტუმბოს მეშვეობით, მოძრაობს თბოშემცველი (წყალი ან სხვა სითხე), რომელიც მიმწოდებელი (15) და უკუმილსადენების(5) მეშვეობით უერთდება გათბობის ადგილობრივ სისტემას.

ქვების ზედა ნაწილში განლაგებულია ავტომატიკის ბლოკი (17) - ქვების რეგულირების ცენტრალური ორგანო. მისი მეშვეობით იმართება და კონტროლდება ყველა მუშა ფუნქცია. იგი მართავს წვის პროცესს და აკონტროლებს ალის სტაბილურობას. ცეცხლის წარუმატებელი ანთების შემთხვევაში ავტომატიკის ბლოკი ამ პროცესს რამდენიმეჯერ იმეორებს, ვიდრე დეფექტი არ აღმოიფხვრება.

ატმოსფერული წვის ქვაბებში პირველადი ჰაერის მიწოდება შესაძლებელია მოხდეს აგრეთვე სპეციალური ვენტილატორის მეშვეობით. ასეთი სანთურის პრინციპული სქემა ნაჩვენებია მე-8 ნახ-ზე. ჰაერი ვენტილატორით, ხოლო გაზი

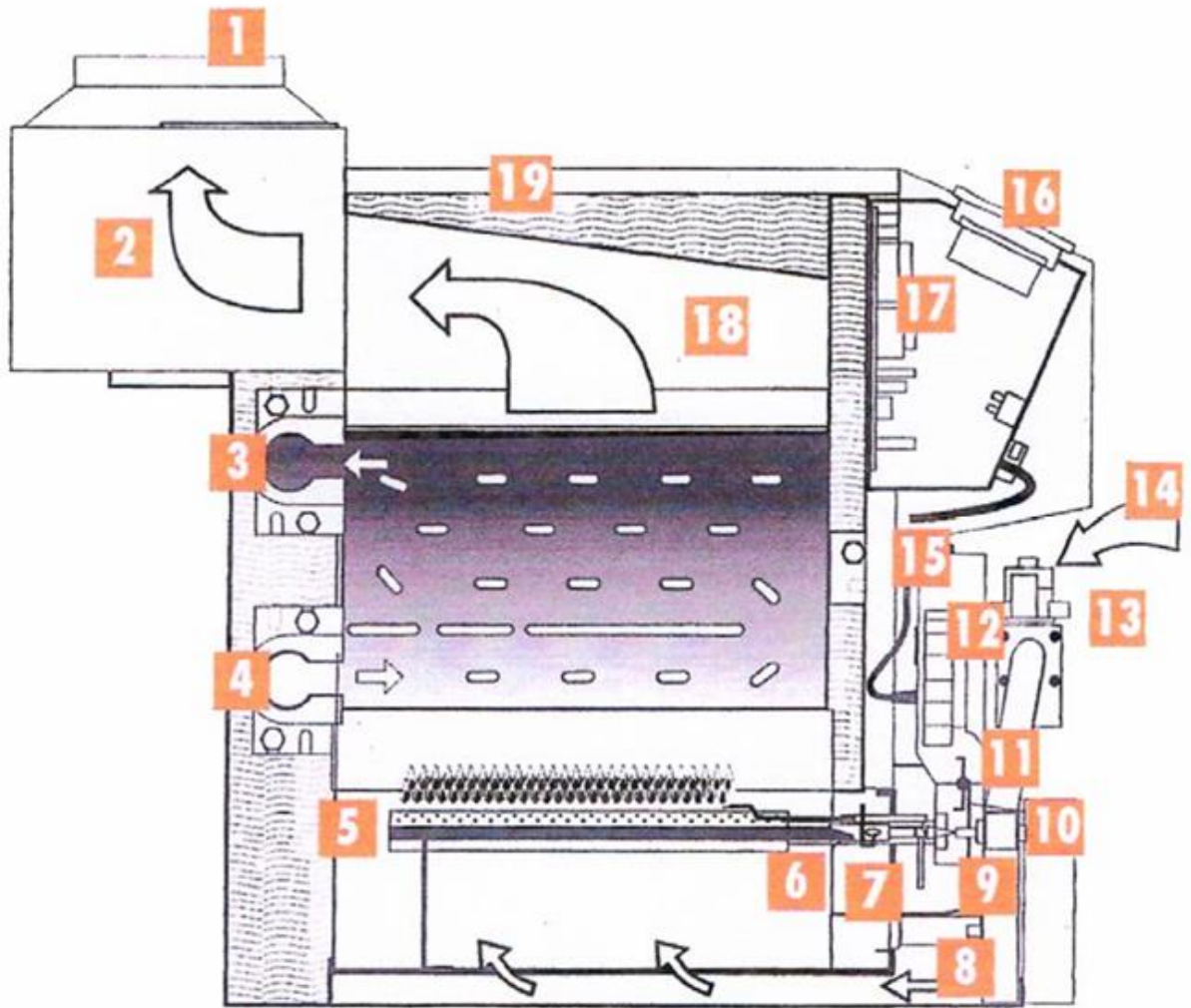
მარეგულირებელი არმატურით საშუალებით, მიეწოდება შერევის წინასწარ ზონას. გაზ-ჰაერის წინასწარ მომზადებული ნარევი გადადის წვის კამერაში მოთავსებულ ტუბუსში. მეორეული ჰაერი ტუბუსიდან გამოსულ ალს ერევა უშუალოდ წვის კამერაში. ცენტრალური ვენტილატორი უზრუნველყოფს წვის მილში (ტუბუსში) წვისთვის საჭირო პირველადი ჰაერის მიწოდებას. იგი მიერთებულია ქვების მართვის ბლოკთან. ბრუნვათა რიცხვის ელექტრონული რეგულირებით და კონტროლით მიიღწევა გაზ-ჰაერის ნარევის ისეთი დოზით მომზადება და მიწოდება, რომელიც უზრუნველყოფს შესაბამისი სითბური მოთხოვნილების (მთლიან ან ნაწილობრივ) დაკმაყოფილებას. ნახაზებზე 2.5 და 2.6 ნაჩვენებია თუჯის ქვების პრინციპული სქემა ატმოსფერული სანთურით, რომელშიც პირველადი ჰაერის მიწოდება ხდება სპეციალური ცენტრიდანული ვენტილატორით. ასეთი ტიპის ქვებში წვისათვის საჭირო ჰაერის 90%, პირველადი ჰაერის სახით, მიეწოდება ცენტრიდანული ვენტილატორით, ხოლო დანარჩენი 10% ანუ მეორეული ჰაერი მიიღება წვის კამერიდან.

ატმოსფერული წვის გაზის ქვებში ძირითადად მზადდება დაბალი და საშუალო სიმძლავრის (1500 კვტ-მდე). უფრო დიდი სიმძლავრის ქვებში აღჭურვილია ე.წ. შემბერი სანთურებით, თუმცა შემბერი სანთურები წარმატებით გამოიყენება აგრეთვე ნებისმიერი მწარმოებლობის დაბალი სიმძლავრის ქვებში. შემბერსანთურიანი თუჯის ქვაბი, როგორც ატმოსფერული ქვაბი, შედგება თუჯის ცალკეული სექციებისაგან. ქვაბის ცენტრალურ ნაწილში განლაგებულია წვის კამერა. წვის კამერის კარზე დატანებულია ხვრელი, რომელშიც შედის სანთურის შემბერი მილი. თვით სანთურის კონსტრუქცია განლაგებულია ქვაბის წვის კამერის გარეთ და მოთავსებულია სპეციალური ხმაურსაიზოლაციო შალითის ქვეშ. თუჯის სექციური ქვაბის სქემა შემბერი სანთურის შემთხვევაში ნაჩვენებია ნახ.2.7. ქვაბის თუჯის სექციების ზედა ნაწილში დატანებულია სპეციალური გაზსავალი ხვრელები, რომლებშიც მოძრაობს ნამწვი გაზები. ამ ხვრელებში გავლის შემდეგ ნამწვი გაზები გადადის საკვამლე მილში. ხვრელები ზრდის თბოგადაცემის ფართობს და აუმჯობესებს ნამწვი გაზებიდან თუჯის სექციებში მოძრავ წყალზე სითბოს ართმევის პროცესს. შემბერი სანთურის პრინციპული ტექნოლოგიური სქემა ნაჩვენებია ნახ.2.8.



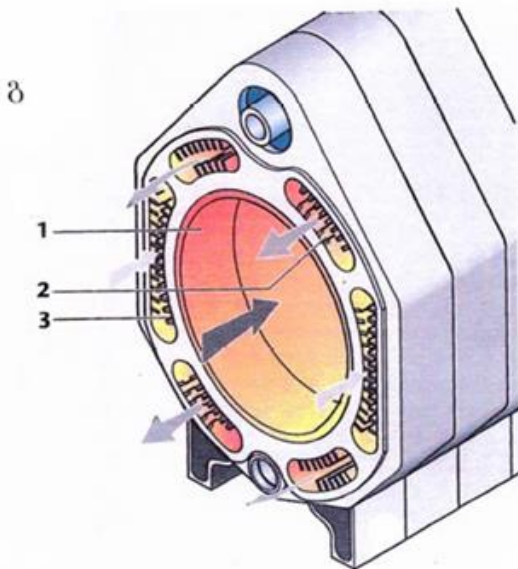
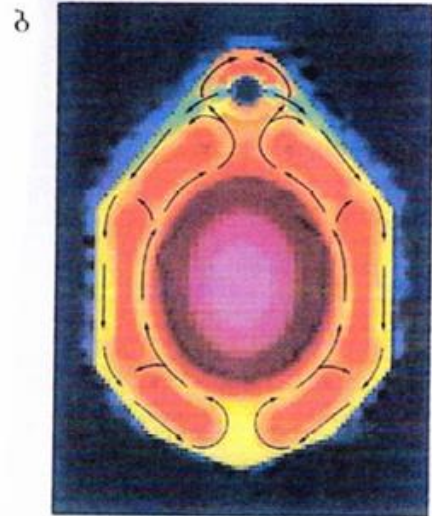
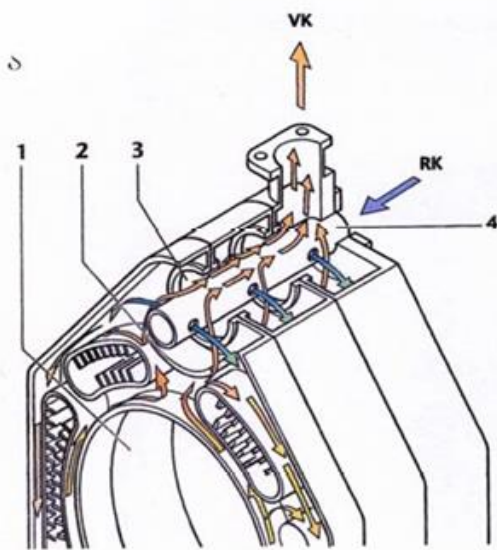
ნახ. 2.5 თუჯის სექციური ქვების ფუნქციური სქემა

1. ნამწვი გაზების მილყელი, 2. ნაკადის (ნამწვის) დაცვა, 3. გაზის განშტოება, 4. ნამწვი გაზების შემკრები, 5. გათბობის მიმწოდებელი მილყელი, 6. თბოგადამცემი, 7. ნამწვი გაზების არხი (თუჯის სექციური ბლოკი), 8. გათბობის უკუმილი, 9. წვის მილი, 10. თბოიზოლაცია, 11. მეორეული ჰაერი, 12. წვის კამერის ვენტილაცია, 13. ნამწვის გაზების სენსორი, 14. სანთურის საქშენი, 15. შემრევი კამერა, 16. სანთურის ნალო (მიმმართველი), 17. პირველადი ჰაერი, 18. ცენტრიდანული ვენტილატორი, 19. გაზის მარეგულირებელი არმატურა, 20. ტემპერატურის გადამწოდი, 21. გაზის განშტოება, 22. მანაწილებელი ყუთი (ავტომატიკა), 23. შალითა, 24. მომსახურების პანელი რეგულირებით, 25. ელექტრონული ნაბიკვი (სლაბი, ქვების მართვა)



ნახ. 2.6 თუჯის სექციური ქვაბის ფუნქციური სქემა (4 და 3 მილყელებს შორის ნაჩვენებია გასათბობი წყლის მოძრაობა)

1. ნამწვი გაზების მილყელი, 2. ნაკადის (ნამწვის) დაცვა, 3. გათბობის მიმწოდებელი მილი, 4. გათბობის უკუმილი, 5. წვის მილი, 6. ამნთები სანთურა (ფალია), 7. ამნთები და საკონტროლო ელექტროდი, 8. ნამწვი გაზების სენსორი, 9. სანთურის საქშენი, 10. გაზის მანაწილებელი მილი, 11. ჰაერის სარქველი, 12. ცენტრიდანული ვენტილატორი, 13. გაზის მარეგულირებელი არმატურა, 14. პირველადი ჰაერი, 15. პირველადი ჰაერის მიწოდება, 16. მომსახურების პანელი რეგულირებით, 17. ელექტრონული ნაბიკვი (სლაბი), 18. ნამწვი გაზების შემკრები, 19. თბოიზოლაცია

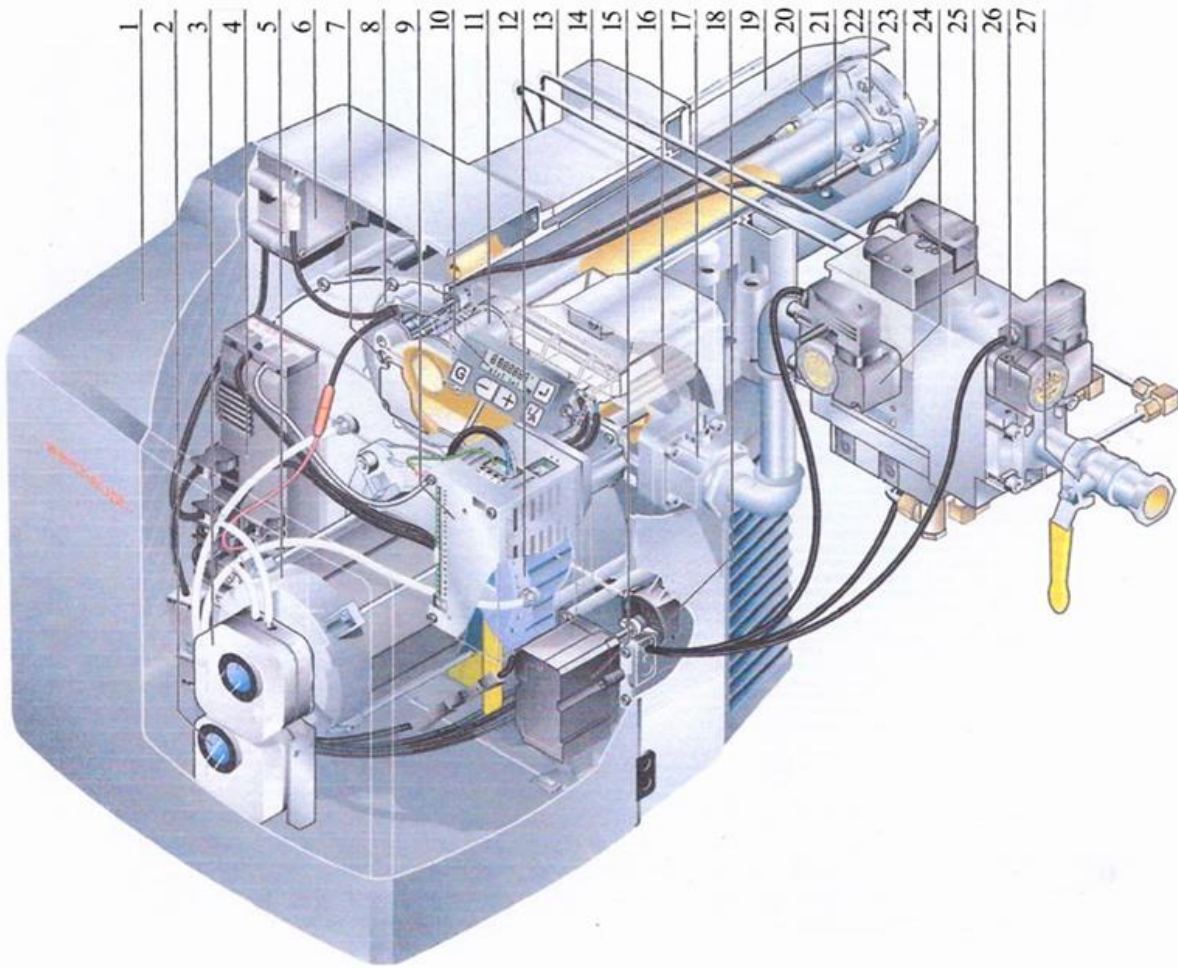


ნახ. 2.7 შემზერ სანთურიანი თუჯის ქვაბის დეტალები

ა. წყლის მოძრაობის სქემა თუჯის ქვაბში: 1. წვის კამერა, 2. მიმმართველი ელემენტი, 3. მიმწოდებელ მილსადენში წყლის გასასვლელი ზედა რკალი (კარბა), 4. შემვსები მილი უკუმბილსადენიდან წყლის შესასვლელად, 5. მიმწოდებელი მილყელი, 6. უკუმბილყელი;

ბ. წყლის განაწილება თუჯის სექციაში;

გ. თუჯის ქვაბში ნამწვი გაზების მოძრაობის სქემა: 1. წვის კამერა - წვის პროდუქტების პირველი სვლა, 2. თბოგადაცემის დამატებითი ფართობი - წვის პროდუქტების მეორე სვლა, 3. თბოგადაცემის დამატებითი ფართობი - წვის პროდუქტების მესამე სვლა



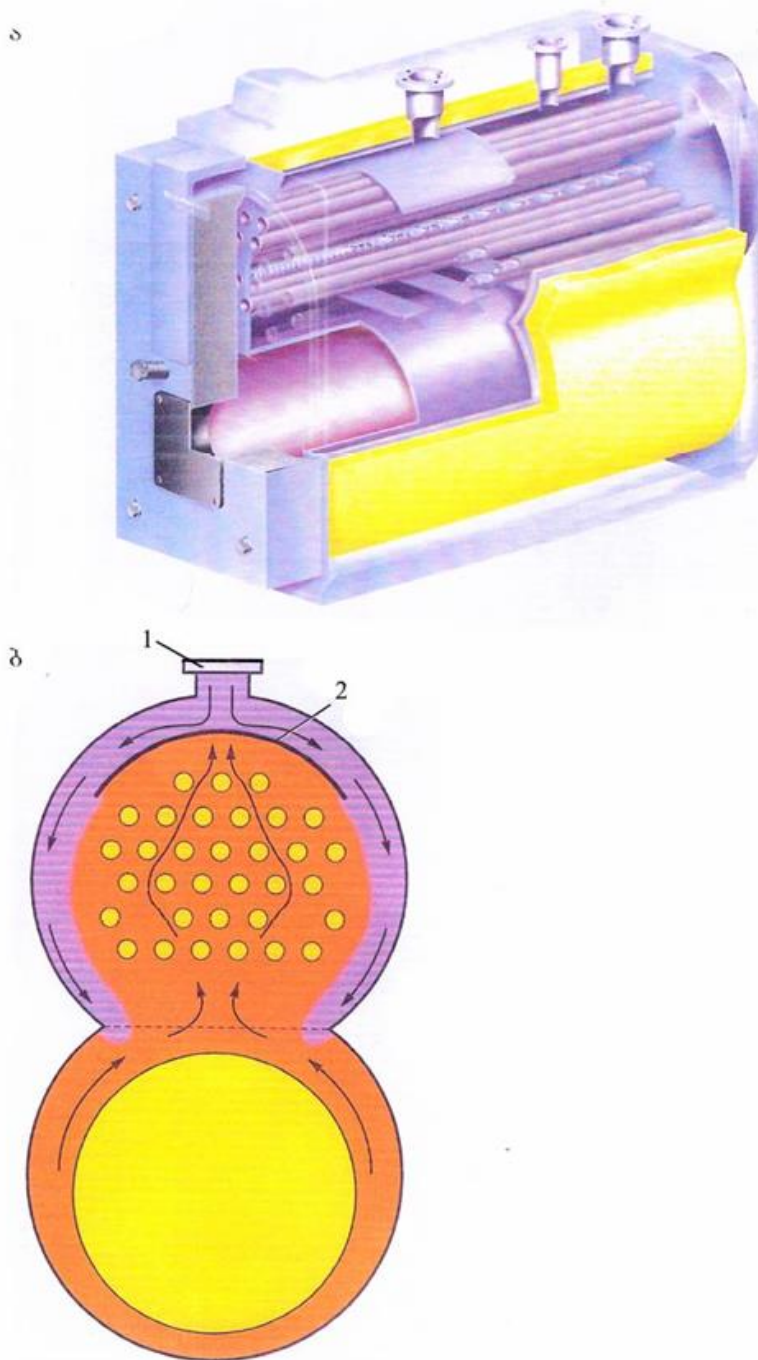
ნახ.2.8 გაზის შემბერი სანთურა

1. დამცავი გარსაცმი, 2,3. ჰაერის წნევის რელე, 4. წვის მენეჯერი, 5.ვენტილატორის ძრავა, 6. ამნთები ხელსაწყო, 7.მარეგულირებელი ქანჩი, 8. შემრევი კამერის კორპუსი, 9. სიხშირიანი გარდამქმნელი, 10. მართვის ბლოკი, 11.შემრევი მილი, 12.ვენტილატორის თვალი, 13. ვენტილატორის წნევის საზომი,14. წვის კამერის წნევის მილი, 15. ჰაერის ჩამკეტის ამძრავი, 16. სიგნალის გარდამქმნელი, 17.შემამართებელი მილტუჩი, 18. კუთხური გადაცემა, 19. ალის მილი, 20. მაიონიზირებელი ელექტროდი, 21. ანთების ელექტროდი, 22. გაზის გამანაწილებელი, 23. საყრდენი საყელური, 24. გაზის წნევის რელე, 25. ორმაგი მაგნიტური სარქველი, 26. გაზის მინიმალური წნევის რელე, 27. სფერული ონკანი

გაზის მარეგულირებელი არმატურით გაზი საჭირო წნევით მიეწოდება შემრევ საკანს, სადაც ერევა ატმოსფერულ ჰაერს. ეს ჰაერი აიღება ქვების გარე მოცულობიდან. გაზ-ჰაერის ნარევი სპეციალური სანთებელით ააღდება წვის კამერაში საქშენის გამოსვლის კვეთთან და შემდეგ ვრცელდება წვის კამერის მოცულობაში. ალის გავრცელება ხორციელდება გაზის გარკვეული წნევით. სხვადასხვა სანთურას სხვადასხვა გაზის საწყისი წნევა აქვს. სანთურის შერჩევა ხდება ქვების სიმძლავრის და გაზის წნევის მიხედვით. შემბერი სანთურა რთული მოწყობილობაა და

მოიცავს როგორც გაზის, ასევე ჰაერის პარამეტრების მარეგულირებელ და საკონტროლო ხელსაწყოებს. სანთურის მართვა ქვაბის სპეციალური მართვის ბლოკიდან მიმდინარეობს.

ქვაბები (ნახ.2.9) მზადდება მაღალი ხარისხის ლეგირებული ფოლადისაგან. ქვაბის წვის კამერა ცილინდრული ფორმისაა, დიდი მოცულობის. ქვაბის ზედა ნაწილში მოთავსებულია გლუვი მილებისაგან დამზადებული კვამლსადენი არხები. ქვაბს ირგვლივ უკეთდება თბოიზოლაცია და იფუთება ხმაურჩამშობი შალითებით (ქვაბის პანელები). ქვაბს წინა მხარეს უკეთდება მომსახურების კარი, რომელშიც დატოვებულია ხერელი სანთურის მილისათვის. ქვაბზე მიდგმულია გაზის შემბერი სანთურა, რომელიც სპეციალური სანთურის მილით შედის საცეცხლურში. ამ მილში მოთავსებულია საქშენი, საიდანაც გაზ-ჰაერის ნარევი მიეწოდება წვის კამერას (საცეცხლურს). ალის ანთება ხდება სანთურაში მოწყობილი ფალიის მეშვეობით. ნამწვი გაზები მოძრაობისას უკან ბრუნდება და საკვამლე მილში შესვლამდე უხდება ორი ან სამი სვლა. ნამწვი გაზების რაც უფრო მეტი სვლა ხორციელდება ქვაბში, მით მეტია სითბოს ართმევა და ნაკლები მავნე მინარევებია გამონაბოლქვში.

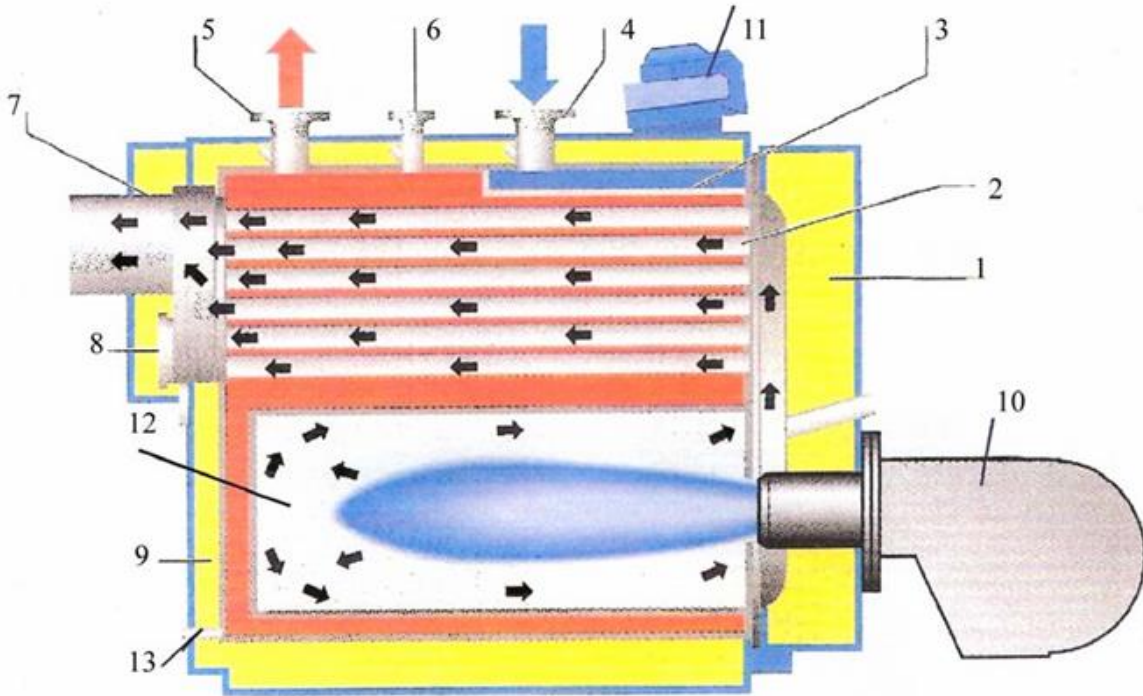


ნახ. 2.9. ფოლადის ქვაბი

ა. საერთო ხედი; ბ. ქვაბის ჭრილი წყლის ცირკულაციის ჩვენებით,

1. უკუმბილსადენის მისაერთებელი მილყელი, 2. წყლის მიმმართველი ელემენტი

ნახ.2.10 წარმოდგენილია ფოლადის ქვაბის პრინციპული სქემა. ქვაბის წვის რეჟიმის შესაბამისად, თბური რეჟიმის რეგულირება და კონტროლი ხორციელდება მართვის ბლოკის მეშვეობით. ამ ბლოკით წარმოებს გაზის და ჰაერის ნაკადების პარამეტრების რეგულირება და გაზ-ჰაერის ნარევის მომზადება, როგორც ხდებოდა თუჯის ქვაბებში. უნდა აღინიშნოს, რომ შემბერი სანთურები თუჯის და ფოლადის ქვაბებისათვის ერთი და იგივეა.



ნახ. 2.10 ფოლადის ქვაბის პრინციპული სქემა

1. ქვაბის კარები, 2. თბოგადამცემი, 3. წყლის მიმმართველი ელემენტი, 4. უკუმილყელი, 5. მიმწოდებელი მილყელი, 6. დამცავი სარქვლის მილყელი, 7. ნამწვი გაზების კოლექტორი, 8. სამეთვალყურეო ხერელი, 9. თბოიზოლაცია, 10. გაზის სანთურა, 11. მართვის ბლოკი, 12. წვის კამერა, 13. დამცლელი მილი

ფოლადის ქვაბები მზადდება ნებისმიერი სიმძლავრის: 300 კვტ-მდე - დაბალი სიმძლავრის, 300-1700 კვტ - საშუალო სიმძლავრის და 1700 კვტ-ზე ზემოთ - დიდი სიმძლავრის; 4-10 ბარი ჭარბი მუშა წნევის ფარგლებში როგორც წყალსატბობი, ასევე ორთქლის. წყლის შემთხვევაში ქვაბები არის როგორც დაბალტემპერატურული (95°C-მდე), ასევე გადახურებული (120-150°C ტემპერატურით). ორთქლის შემთხვევაში ფოლადის ქვაბები შეიძლება იყოს როგორც დაბალი წნევის (1 ბარამდე წნევით), ასევე მაღალი წნევის (1 ბარზე მეტი). აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ გატბობის მიზნით ორთქლი, როგორც თბოშემცველი, ნაკლებად გამოიყენება. უფრო ხშირად გამოიყენება დაბალი წნევის ორთქლის სისტემები. გაზის წნევა შემბერ სანთურებში დამოკიდებულია გაზმომარაგების ქსელში გაზის წნევაზე. გაზის წნევა დაბალი სიმძლავრის ქვაბებში უნდა იყოს 11-30 მბარი, ხოლო დიდი სიმძლავრის ქვაბებში - 50 მბარი და ზემოთ.

ფოლადის ქვაბების მქ კოეფიციენტი 95%-ის ტოლია. თუ ფოლადის დასადგმელ ქვაბებს დაუყენებთ სპეციალურ საკონდენსაციო თბოგადამცემს, ეს ქვაბები შეიძლება გამოყენებულ იქნეს, როგორც საკონდენსაციო. ამ დროს ქვაბის მქ კოეფიციენტი იზრდება 109%-მდე.

ფოლადის ქვაბებს თუჯის ქვაბებთან შედარებით მეტი უპირატესობა აქვს: იტანს მაღალ ტემპერატურულ ვარდნებს, უფრო მსუბუქია და იაფი. ფოლადის ქვაბებში წვის კამერა თანაბრად შემოედინება წყლით, რის გამო ნაკლებია წყლის გაფართოებით და ადუღებით გამოწვეული ხმაური. ბოლო დროს ფოლადის ქვაბებს უკეთდება სპეციალური ტურბულიზატორები, რაც უზრუნველყოფს ნამწვი პროდუქტების დაბალ ტემპერატურას და, შესაბამისად, ნაკლებ მავნეობას ნამწვ პროდუქტებში. ფოლადის ქვაბებში, როგორც თუჯის ქვაბებში, შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ნებისმიერი ფირმის შემხერი გაზის სანთურა. შესაძლებელია გაზის სანთურის შეცვლა თხევადი საწვავის ან კომბინირებული სანთურით, რომელიც მუშაობს როგორც გაზზე, ასევე თხევად სათბობზე.

ბოლო ხანს დიდი ყურადღება ექცევა ფოლადის საკონდენსაციო ქვაბებს. მათი სიმძლავრე 1000 კვტ-მდეა, ხოლო მარგი ქმედების კოეფიციენტი 109%-მდე.

საკონდენსაციო ქვაბების ასეთი მაღალი მქ კოეფიციენტი შემდეგნაირად აიხსნება:

ცნობილია, რომ ბუნებრივი გაზის წვისას მიმდინარეობს ქიმიური რეაქცია, რის შედეგადაც წყალი წარმოიქმნება. მაღალი ტემპერატურის გამო იქვე ორთქლდება, შთანთქმავს რა სითბოს წვის ზონიდან. წყლის ორთქლი, რომელიც იმყოფება ნამწვ გაზებში, შეიცავს დამწვარი მეთანის ენერგიის 11% -ს. ამ ენერგიის დასაბრუნებლად საკონდენსაციო ქვაბებში იყენებენ სპეციალურ მაღალეფექტურ თბოგადამცემებს. ეს თბოგადამცემები ამცირებს გამავალი გაზების ტემპერატურას ნამის წერტილამდე (~57°C), რის შედეგად წყლის ორთქლი კონდენსირდება და გამოყოფს ენერგიას, რომელიც ადრე დაიხარჯა მის აორთქლებაზე. ეს ენერგია გამოიყენება თბოშემცველის გასაცხელებლად. საკონდენსაციო ქვაბებში გამოიყოფა დაახლოებით 0,12 - 0,14 ლ წყალი 1 კვტ სიმძლავრეზე. ეს კონდენსატი

დისტილირებული წყალი არ არის. იგი ნახშირმჟავას და გოგირდმჟავას სუსტი წყალხსნარია, რომლის წყალბადური მაჩვენებელია pH=3-5,5 ერთეული. ასეთი წყალხსნარის თბოგადამცემ ელემენტებზე ზემოქმედება იწვევს მათ კოროზიას. ამის გამო, თბოგადამცემი უჟანგავი ფოლადისა და სპილენძისაგან კეთდება.

200 კვტ-მდე სიმძლავრის საკონდენსაციო ქვაბებიდან გამოყოფილი კონდენსატი კანალიზაციაში ჩაედინება. 200 კვტ-ზე მეტი სიმძლავრის საკონდენსაციო ქვაბებიდან გამოყოფილი კონდენსატიც კანალიზაციაში ჩაედინება, მხოლოდ კონდენსატის ნეიტრალიზაციის მოწყობილობაში დამუშავების შემდეგ. ამ მოწყობილობაში დამუშავების შემდეგ კონდენსატის მჟავიანობის მაჩვენებელი pH 6,5-9-მდე იზრდება.

გაზის საკონდენსაციო ქვაბებში გამოყოფილი კონდენსატის მაქსიმალური წლიური ხარჯი გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$V_{\text{მაქს}} = V_{\text{გაზ}} Q_{\text{მუშ}} r_{\text{გაზ}},$$

სადაც $V_{\text{მაქს}}$ არის მაქსიმალური შესაძლო კონდენსატის რაოდენობა, ლ;

$V_{\text{გაზ}}$ - გაზის ხარჯი, მ³;

$Q_{\text{მუშ}}$ - უმაღლესი მუშა თბოუნარიანობა, კვტ.სთ/მ³;

$r_{\text{გაზ}}$ - კონდენსატის ხვედრითი ხარჯი, ლ/კვტ.სთ.

ფირმა ვაილანტის (Vaillant) სპეციალისტების მიერ დადგენილ იქნა წლის განმავლობაში გამოყოფილი კონდენსატის რაოდენობა, როცა გაზის მოხმარება წლის განმავლობაში 1700 მ³ შეადგენს:

$$1700 \cdot 11,46 \cdot 0,12 = 2337 \text{ ლ.}$$

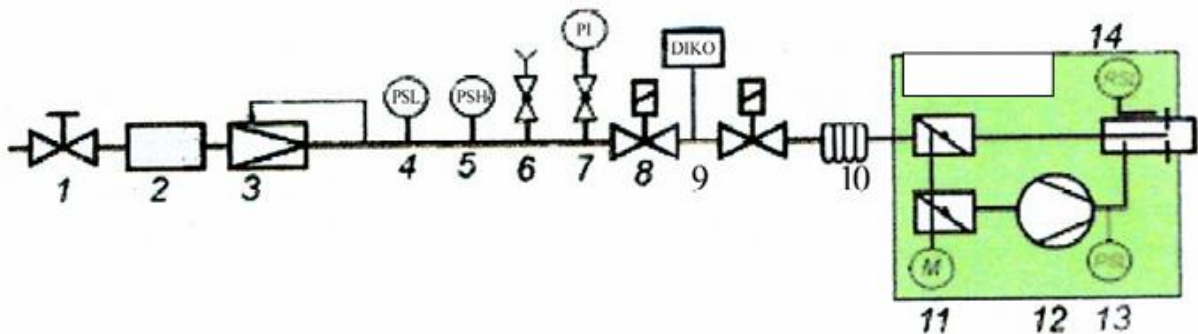
რადგან ორთქლწარმოქმნის (კონდენსაციის) ფარული სითბო ტოლია $2,3 \cdot 10^3$ კჯ/კგ ტოლია, ამიტომ აღნიშნული კონდენსატი დაგვიბრუნებს

$$2337 \cdot 2,26 \cdot 10^3 = 5,28 \cdot 10^6 \text{ კჯ}$$

სითბოს, რაც 1467 კვტ თბური ენერგიის ტოლფასია. საკონდენსაციო ქვაბები განსაკუთრებით კარგად ფუნქციონირებს თბოშემცველის დაბალი ტემპერატურის დროს, როდესაც ქვაბიდან გამოსული წყლის ტემპერატურაა 50 - 40°C, ხოლო ქვაბში დაბრუნებული წყლის ტემპერატურა - 30°C. მაღალ ტემპერატურაზე (როდესაც თბოშემცველი ცხელდება 90 - 95°C-მდე) საკონდენსაციო ქვაბის მქ კოეფიციენტი თითქმის იგივეა, რაც ტრადიციული ქვაბებისა, რდგანაც ამ დროს წყლის ორთქლის კონდენსაცია არ მიმდინარეობს.

ქვაბების მონტაჟისას ყოველ ქვაბთან გაზის მიყვანისას აუცილებელია გაზსადენის ხაზზე მოეწყოს გაზმარეგულირებელი პუნქტი, რომელიც, გაზის რეგულატორის გარდა, აღჭურვილი იქნება უსაფრთხოების მოწყობილობით.

გაზის მარეგულირებელი და დამცავი მოწყობილობების სქემა ნაჩვენებია ნახ.2.11.



ნახ. 2.11 გაზის მარეგულირებელი და დამცავი მოწყობილობა

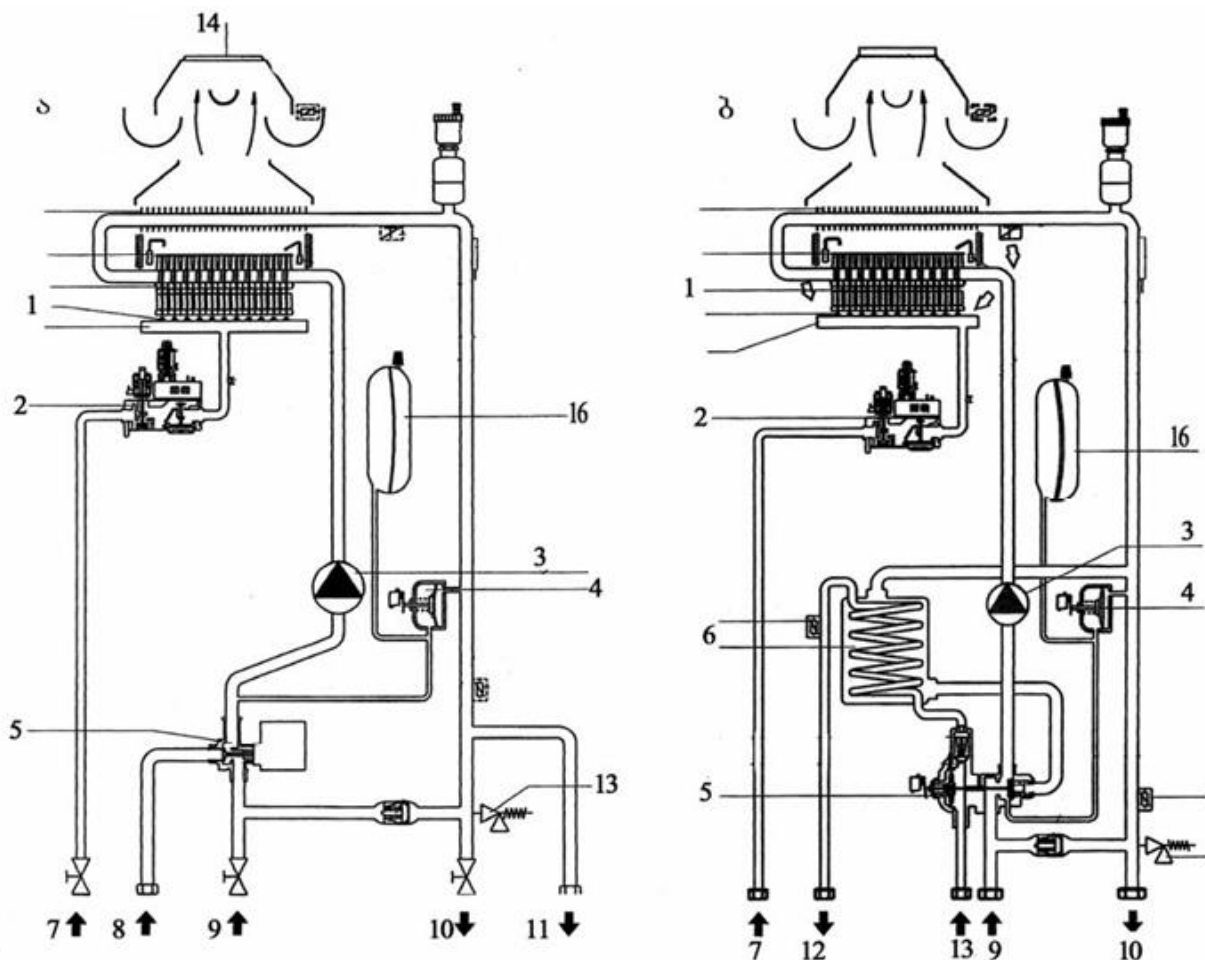
1. სფერული ონკანი, 2. ფილტრი, 3. წნევის დამწვევი, 4. მინიმალური წნევის კონტროლი, 5. მაქსიმალური წნევის კონტროლი, 6. საკონტროლო სანთურა, 7. მანომეტრი, 8. მაგნიტური ვენტილი (2 ცალი). 9. გაზის სიმკვრივის მაკონტროლებელი მოწყობილობა, 10. კომპენსატორი, 11. გაზის და ჰაერის სარეგულირებელი სარქველი, 12. წვისათვის საჭირო ჰაერის შემხერი, 13. ჰაერის წნევის კონტროლი, 14. ალის კონტროლი, 15. საქშენი

2.3 კედლის ქვაბები

კედლის ქვაბები შეიქმნა არცთუ დიდი ხნის წინ. რადგან კედელზე იკიდება, ამიტომ ჩამოსაკიდებელ ქვაბსაც უწოდებენ. კედლის ქვაბები ფაქტიურად მინისაქვაბებია, რადგან პატარა, კომპაქტურ მოცულობაში განლაგებულია საქვაბის ყველა მოწყობილობა: სანთურა, თბოგადამცემი, მართვის პულტი, საცირკულაციო ტუმბო, საფართოებელი ჭურჭელი, თერმომეტრი, მანომეტრი, უსაფრთხოების ავტომატიკა და კიდევ სხვ., რომლებიც ყველა ერთად ქმნის თანამედროვე საქვაბეს. კედლის ქვაბები 8 - 120 კვტ სიმძლავრის მზადდება. ეს ქვაბები გამოიყენება 50-1000მ² შენობების გასათბობად. კასკადური საქვაბის მოწყობის შემთხვევაში შესაძლებელია გაცილებით მეტი ფართობის მქონე შენობის გათბობა.

ძირითადი განსხვავება დასადგმელ და კედლის ქვაბებს შორის პირველადი თბოგადამცემის მასალაა. დასადგმელი ქვაბები, როგორც ზემოთ უკვე აღვნიშნეთ, მზადდება თუჯისა და ფოლადისგან, ხოლო კედლის ქვაბები - სპილენძისაგან ან უჟანგავი ფოლადისაგან. კედლის ქვაბები უფრო მსუბუქია, აქვს მცირე ზომები, წონა და დაბალი ფასი. უფრო მგრძნობიარეა წყლისა და სათბობის ხარისხის მიმართ, ამიტომ აქვს ნაკლები საექსპლუატაციო ვადა.

კედლის ქვაბები(ნახ.2.12) შეიძლება იყოს ერთკონტურიანი და ორკონტურიანი. ერთკონტურიანი ნიშნავს, რომ ქვაბში წყალი ცირკულირებს მხოლოდ ერთ რგოლში და გამოიყენება მხოლოდ გათბობისათვის. თუ ასეთი ქვაბით გვინდა აგრეთვე წყლის გაცხელება, მაშინ გათბობის სისტემის პარალელურად უნდა დავაყენოთ წყალგამაცხელებელი ანუ ცხელი წყლის ბოილერი, მოცულობითი ან გამდინარე (ჩქაროსნული).



ნახ.12 გაზის ღია წვისკამერიანი კედლის ქვაბი

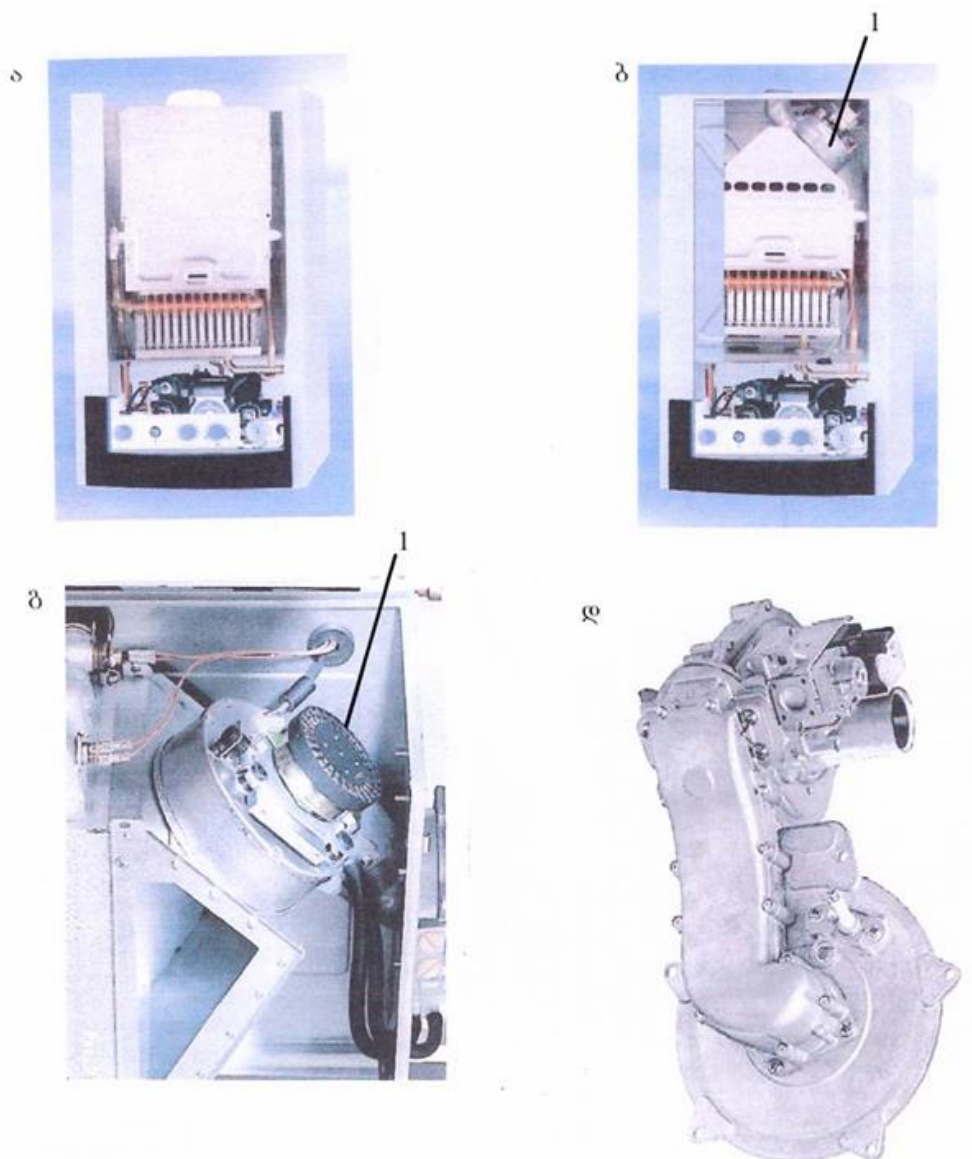
ა. ერთკონტურიანი: 1. გაზის სანთურა, 2. გაზის მარეგულირებელი არმატურა, 3. საცირკულაციო ტუმბო, 4. დიფერენციალური მანომეტრი, 5. სამსვლიანი გადამრთველი ვენტილი, 6. ცხელი წყლის ბოილერი, 7. გაზის მილი, 8. განშტოება ბოილერიდან, 9. გათბობის უკუმილი;

ბ. ორკონტურიანი: 10. გათბობის მიმწოდებელი მილი, 11. განშტოება ბოილერისკენ, 12. ცხელი წყალი, 13. დამცავი სარქველი 14. საკვამლე მილი, 15. ცივი წყალი, 16. საფართოებული ჭურჭელი

ქვემოთ ნახ-ებზე ნაჩვენებია სპეციალურ გარსაცმში მოთავსებული ერთ ბლოკად აკრეფილი ღია წვისკამერიანი საქვაბე მოწყობილობები, რომელსაც გარედან აქვს ქვაბის შიგნით მიმდინარე პროცესების მარეგულირებელი მოწყობილობა ე.წ. მართვის ბლოკი. ასეთი ქვაბის საერთო ხედი ნაჩვენებია 2.13 ა ნახ-ზე.

2.13 ბ ნახ-ზე ნაჩვენებია დახურულკამერიანი კედლის ქვაბი. გარეგნულად ეს ქვაბი არაფრით განსხვავდება ღია წვისკამერიანი ქვაბისაგან. ამ ქვაბებს ჩამონტაჟებული აქვს სპეციალური ვენტელატორი (ნახ. 2.13 გ), რომელიც კამერს აწვდის წვისათვის საჭირო ჰაერს და ამ კამერიდან

გაიყვანს ნამწვ გაზებს. ასეთ ქვაბებში ჰაერის მიღება ხდება ცალკე ან საკვამლე მილთან ერთად მოწყობილი კოაქსიალური ჰაერსადენიდან.



ნახ.2.13 კედლის ქვაბები

ა. ღია წვის კამერით, ბ. დახურული წვის კამერით, გ. ვენტილატორის მიერთება, დ. დახურული წვისკამერიანი ქვაბის სრული წინასწარი შერევის სანთურის თერმომოდული; 1. ვენტილატორი

დახურული ან ჰერმეტიკული წვისკამერიანი კედლის ქვაბები უფრო მეტად მრავალსართულიან სახლებში გამოიყენება (5 სართული და მეტი), თუმცა ასევე

წარმატებულად - დაბალსართულიან სახლებშიც. კედლის ქვაბები აღჭურვილია პიეზო- ან ელექტროანთებით. ორკონტურიანი ნიშნავს, რომ ქვაბში გათვალისწინებულია გათბობისა და

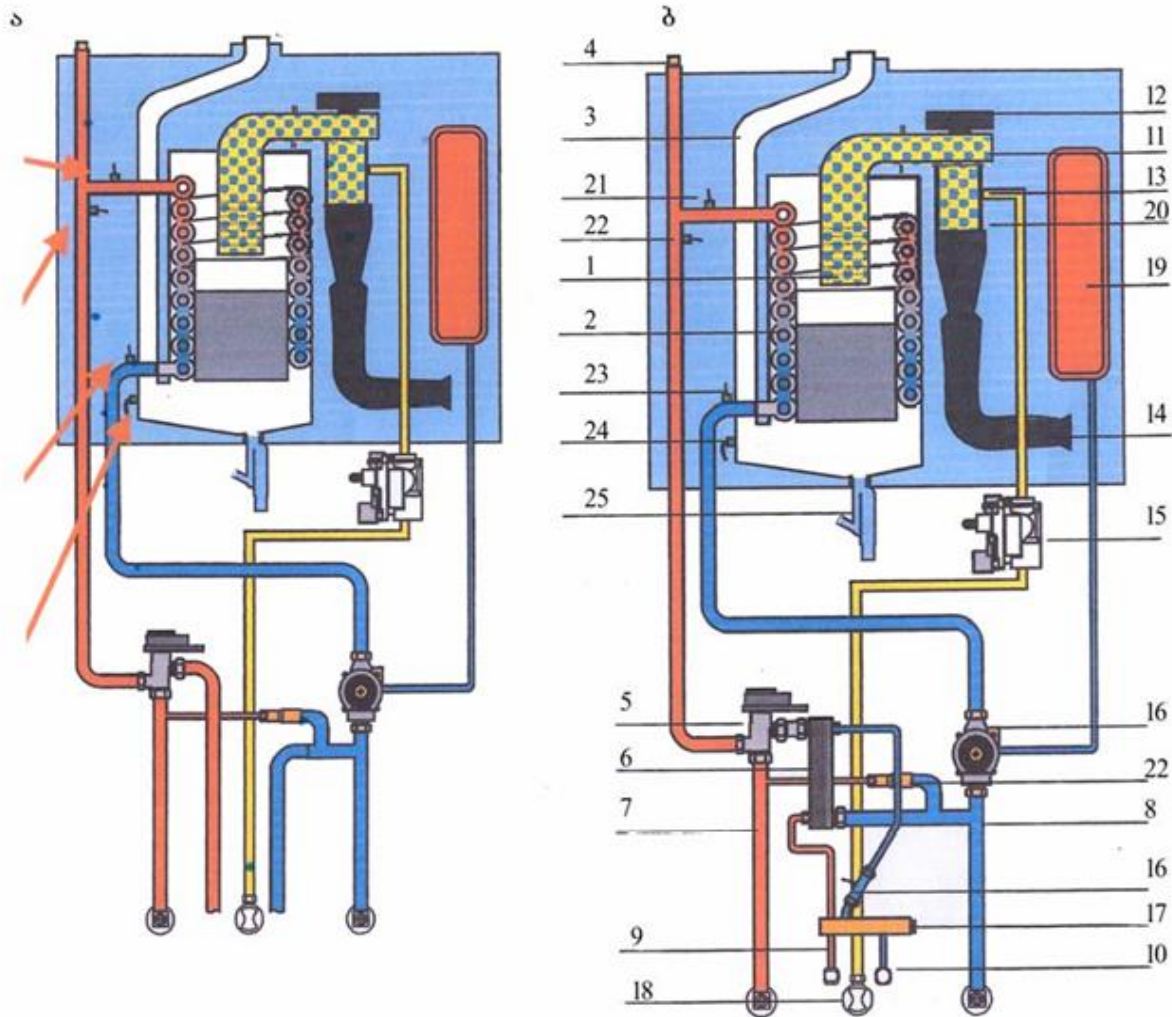
ცხელი წყლით მომარაგების ორი რგოლი, ე.ი. ქვაბში დამატებით მოწყობილია ცხელი წყლის ბოილერი, მოცულობითი ან გამდინარე.

როგორც ერთკონტურიანი, ასევე ორკონტურიანი ქვაბი შეიძლება იყოს ღია ან დახურული წვის კამერით.

ღია წვისკამერიან ქვაბებში წვისათვის საჭირო ჰაერი სათავსიდან აიღება. ამიტომ იმ სათავსებში, სადაც დაყენებული იქნება ღია წვის კამერის მქონე ქვაბი, გათვალისწინებული უნდა იქნეს დამატებით წვისათვის საჭირო ჰაერის მიწოდება. ასეთი ქვაბი აუცილებელად უნდა მიუერთდეს საკვამლე მილს.

დახურულ წვისკამერიან ქვაბებში წვისათვის საჭირო ჰაერი გარედან აიღება. ასეთი ქვაბი უნდა მიუერთდეს ნამწვი გაზების გამყვან და ჰაერის მიმწოდებელ ორმაგ მილს. დახურულკამერიანი ქვაბებიდან წვისათვის საჭირო ჰაერის მიწოდება და, შესაბამისად, ნამწვი პროდუქტების გაყვანა ხორციელდება ქვაბში სპეციალურად ჩამონტაჟებული ვენტილატორის საშუალებით. ეს ქვაბები იდეალურია ტრადიციული საკვამლე მილის არმქონე სათავსებისათვის. ამ დროს ნამწვი პროდუქტების გაყვანა ხდება სპეციალური კოაქსიალური საკვამლე მილის მეშვეობით, რისთვისაც კედელში უნდა გაკეთდეს სათანადო ზომის ხვრელი. კოაქსიალური ორმაგი საკვამლე მილი ხშირად მოიხსენიება, როგორც „მილი მილში“. ასეთი კვამლსადენის შიგა მილით გარემოში გაიყვანება ნამწვი გაზები, ხოლო გარე მილით წვის კამერას მიეწოდება წვისათვის საჭირო ჰაერის რაოდენობა. დახურულკამერიანი ქვაბები წვისათვის არ იყენებს სათავსის ჰაერის ჟანგბადს, რაც გამორიცხავს სათავსში გარემოდან წვისათვის საჭირო ჰაერის დამატებით მიწოდებას. ქვაბის მონტაჟისას მცირდება კაპიტალდაზანდება, რადგან საჭირო აღარ არის ძვირად ღირებული საკვამლე მილის მოწყობა.

ნახ.2.14 ნაჩვენებია კედლის ქვაბის ან კედლის მინისაქვაბის ტექნოლოგიური სქემა ერთკონტურიანი (ა) და ორკონტურიანი (ბ) ქვაბებისთვის. ქვაბები აღჭურვილია ატმოსფერული წვის სანთურებით, ხოლო ჰაერი აიღება იმ სათავსიდან, სადაც ქვაბია დაყენებული.



ნახ 2.14 დახურული წვისკამერიანი კედლის ქვების ტექნოლოგიური სქემა ა.ერთკონტურიანი, ბ.ორკონტურიანი 1. სანთურა, 2. გათბობის წყლის თბოგადამცემი, 3. ნამწვი გაზების გამყვანი, 4. ხელის საპაერო სარქველი, 5. სამსვლიანი გადამრთველი სარქველი, 6. ცხელი წყლის თბოგადამცემი, 7. გათბობის სისტემის მიმწოდებელი მილი, 8. გათბობის სისტემის უკუმილი, 9. ცხელი წყლის მილი, 10. ცივი წყლის მილი, 11. გაზის ჰაერშემზერი, 12. ჰაერშემზერის ძრავა, 13. გაზის დროსელური ჩამკეტი, 14. ჰაერმიმღები, 15. გაზის კომბინირებული ვენტილი, 16. საცირკულაციო ტუმბო, 17. ცივი წყლის ფილტრი, 18. ხარჯის გადამწოდი, 19. საფართოებელი ჭურჭელი, 20. გაზ-ჰაერის შემრევი კამერა, 21. ტემპერატურის შემზღუდველი, 22. მიმწოდებელი ხაზის გადამწოდი, 23. უკუხაზის გადამწოდი, 24. ნამწვი გაზების ტემპერატურის შემზღუდველი 25. კონდენსატის გადამღვრელი

ე.ი. ნახ-ზე წარმოდგენილია ქვაბი ღია წვის კამერით. ბ ნახ-ზე ნაჩვენებია ცხელი წყალმომარაგებისათვის გათვალისწინებული ჩქაროსნული თბოგადამცემი (6). კედლის ქვაბი შეიძლება აღჭურვილი იყოს აგრეთვე მოცულობითი წყალგამაცხელებლით.

წყალგამაცხელებელი შეიძლება იყოს 30,50,70ლ ან უფრო მეტი. წყალგამაცხელებლის მოცულობა დამოკიდებულია მომხმარებლის ცხელი წყლის მოთხოვნილებაზე, თუ ქვაბში გათვალისწინებულია პიეზოანთება, მაშინ მისი გაშვება ხდება ხელით, ღილაკზე თითის დაჭერით. ელექტრონული ანთების დროს ქვაბი ავტომატურად გაიშვება. გარდა ამისა, ელექტროანთების მქონე ქვაბები უფრო ეკონომიურია, რადგან საჭირო აღარაა ფალია მუდმივი ალით. ამ ქვაბების კიდევ ერთი უპირატესობა ისაა, რომ ელექტროენერგიის მიწოდების დროებით შეწყვეტის შემდეგ ქვაბი ავტომატურად ირთვება ელექტროკვების აღდგენისთანავე. პიეზოანთების მქონე ქვაბებისათვის საჭიროა დამატებით ხელით ჩართვა.

თანამედროვე კედლის ქვაბი საკმაოდ რთული ხელსაწყოა, აღჭურვილია ელექტრონიკით, რომელიც ამარტივებს მის ექსპლუატაციას და ზრდის საიმედოობას. ქვაბები უზრუნველყოფს სათავსში მუდმივი კომფორტული, ყველაზე მარტივი ქვაბები კი წყლის მუდმივი ტემპერატურის შენარჩუნებას. ყველაზე სრულყოფილი ქვაბები სპეციალური ელექტრონიკის მეშვეობით ზომავს ჰაერის ტემპერატურას და ადგენს ქვაბის მუშაობის საჭირო რეჟიმს. ამ ქვაბებში შესაძლებელია აგრეთვე მათი მუშაობის დისტანციური (ინტერნეტის ან მობილური ტელეფონის მეშვეობით) მართვა ან, დროის გარკვეულ პერიოდში, ტემპერატურული რეჟიმის პროგრამირება.

ელექტრონიკის მეშვეობით შეიძლება ჩავატაროთ ქვაბის ცალკეული ბლოკების ქმედუნარიანობის დიაგნოსტიკა და ვაწარმოოთ მისი მუშაობის კონტროლი.

კედლის ქვაბების უმეტესობა აღჭურვილია უსაფრთხო ექსპლუატაციის ისეთი მოწყობილობით, როგორიცაა:

ალის არსებობის გადამწოდი (ალის გაქრობის შემთხვევაში გამორთავს გაზს);

მაბლოკირებელ თერმოსტატი (ქვაბის წყლის ტემპერატურის გაზრდის შემთხვევაში გამორთავს ქვაბს);

მოწყობილობა, რომელიც გამორთავს ქვაბს ელექტროკვების შეწყვეტის შემთხვევაში;

ქვაბის მაბლოკირებელი მოწყობილობა, რომელიც გამორთავს ქვაბს გაზის შეწყვეტის შემთხვევაში;

წევის კონტროლის გადამწოდი;

მოწყობილობა, რომელიც გამორთავს ქვაბს თბოშემცველის რაოდენობის ნორმაზე დაბლა შემცირების შემთხვევაში;

კედლის ქვაბები, დასადგმელის მსგავსად, შეიძლება იყოს აგრეთვე საკონდენსაციო, რომელიც ნაძწვი პროდუქტებიდან, წყლის ორთქლის კონდენსაციის შედეგად, კონდენსაციის (აორთქლების) სითბოს გადასცემს თბოშემცველს, რის შედეგადაც ქვაბის მქ კოეფიციენტი 109%-მდე იზრდება.

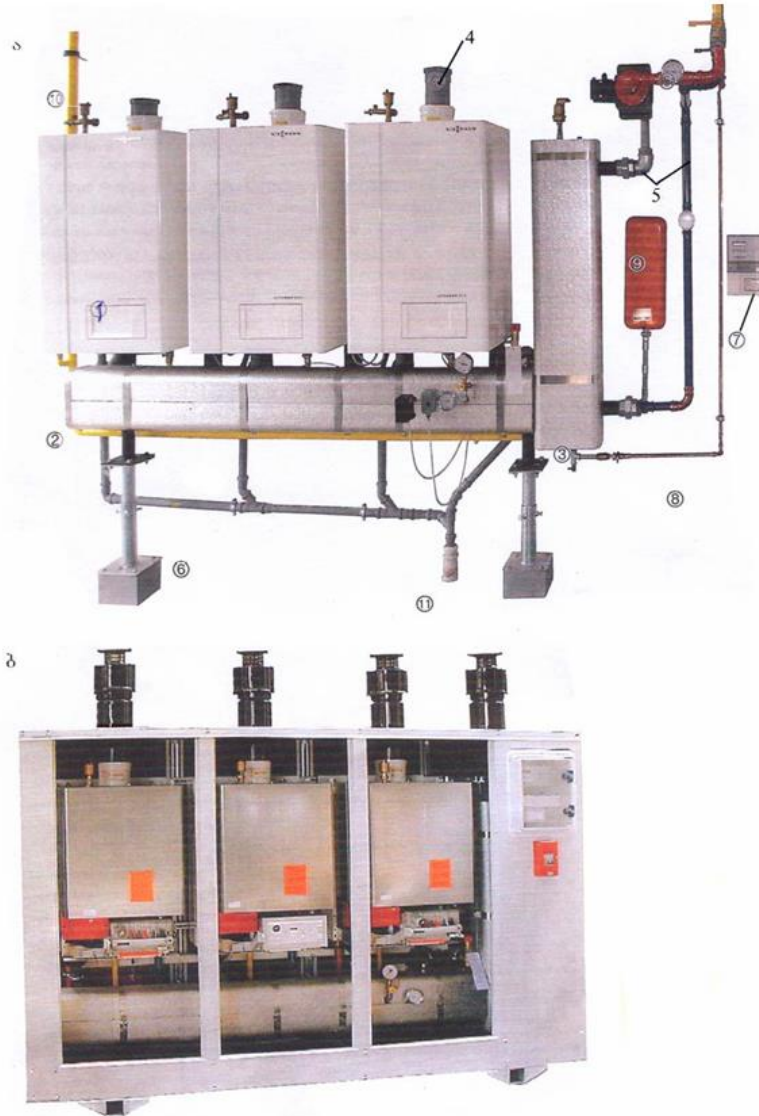
ტრადიციულის მსგავსად საკონდენსაციო კედლის ქვაბები მზადდება 125 კვტ-მდე თბური სიმძლავრის, რაც სავსებით საკმარისია 1200 - 1500 კვმ ფართობის მქონე სათავსის გასათბობად. ექსპლუატაციის პერიოდში ქვაბის თბოგაცემის რეგულირება სათანადო სითბური მოთხოვნილების დასაკმაყოფილებლად ხდება სპეციალური მოდულირებული ვენტილატორული სანთურის მეშვეობით, რომელიც დამზადებულია მჟავამდეგი მასალისაგან. საქართველოს ზამთრის პირობებისათვის, როდესაც გაზსადენში წნევა ხშირად 5 მბარამდე ეცემა, ასეთი სანთურების გამოყენება უსაფრთხოა.

სამრეწველო დანიშნულებით კედლის საკონდენსაციო ქვაბების გამოყენების შემთხვევაში ქვაბებს კასკადებში აერთიანებენ. ამ დროს მათი ჯამური თბური სიმძლავრე შეიძლება 1,6 მვტ-მდე და უფრო მეტად გაიზარდოს.

კასკადური ანუ მოდულური საქვაბე გათბობის სისტემაში მიმდევრობით შეერთებული რამდენიმე ქვაბია პროგრამული მართვით. ასეთი მართვა უზრუნველყოფს კასკადის ყველა ქვაბის თბოგაცემის მდოვრე რეგულირებას ერთი ქვაბის მინიმალური სიმძლავრიდან საქვაბის საერთო სიმძლავრემდე, რაც საშუალებას გვაძლევს საქვაბის თბოგაცემის საერთო სიმძლავრე დაახლოებით 2,5%-დან 100%-მდე ვარეგულიროთ, მაშინ, როდესაც ერთი დიდი ქვაბის გამოყენების შემთხვევაში თბოგაცემის რეგულირება 70 - 100%-ის ფარგლებში შეიძლება. პრაქტიკულად დამტკიცებულია, რომ გათბობის სეზონის უმეტეს (80%) პერიოდში საქვაბე გამოიყენება არა უმეტეს 50% სიმძლავრით, ხოლო გათბობის სეზონში დატვირთვა საშუალოდ 24-45%-ია.

აქედან გამომდინარე, ასეთი არათანაბარი და ხშირად მცირე დატვირთვების დროს ერთი დიდი ქვაბი (ტრადიციული სისტემა) ზედმეტად ხარჯავს ენერგორესურსებს და არაეფექტურად ახდენს სითბური დანახარჯების კომპენსაციას. ამის საპირისპიროდ კასკადური სისტემა მდოვრედ უზრუნველყოფს საქვაბის მუშაობას საჭირო სიმძლავრით წლის ნებისმიერ პერიოდში, ეს კი მიიღწევა ერთიმეორეზე რამდენიმე ქვაბის მიმდევრობით მიერთებით. პროგრამული უზრუნველყოფით კასკადური რეგულირებისას ადვილად წყდება ქვაბის და გათბობის სისტემის სიმძლავრის ოპტიმალური თანაფარდობა. აქედან გამომდინარე, გარდამავალ და შედარებით თბილი ზამთრის (რაც დამახასიათებელია საქართველოს კლიმატური პირობებისათვის) პერიოდში საქვაბემ შეიძლება იმუშაოს თბოშემცველის დაბალი ტემპერატურით, რაც ბუნებრივია ამცირებს სითბოს უმიზნო დანაკარგს. ამ დროს უმჯობესდება სათავსების ტემპერატურული რეჟიმი, რაც მომხმარებელს უქმნის კომფორტულ გარემოს.

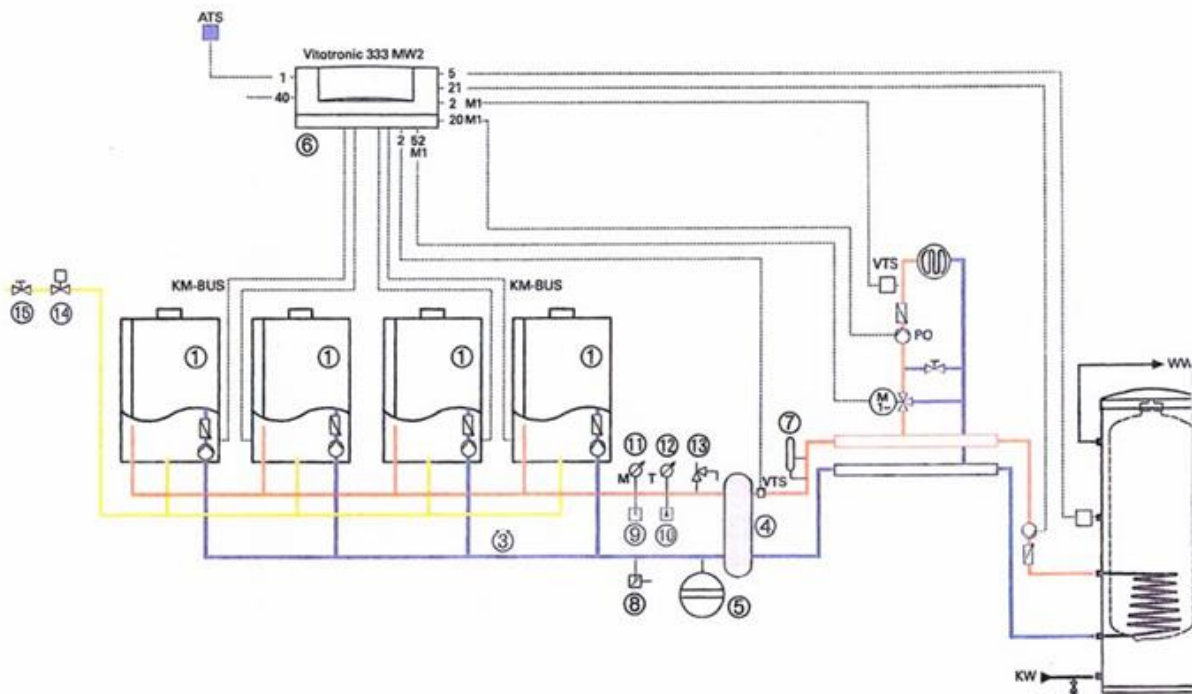
კასკადური ქვაბების საერთო სახე ნაჩვენებია ნახ.2.15 როგორც ამ ნახაზიდან ჩანს, ეს ქვაბები შეიძლება განლაგდეს როგორც ბგერათიზოლირებულ კონტეინერებში, ასევე მის გარეთ. ბგერათიზოლირებულ კონტეინერში ქვაბების განლაგების შემთხვევაში აუცილებელია გამოყენებულ იქნეს გაზის გაჟონვის მაკონტროლებელი ორი ინდიკატორი: ერთი იდგმება სათავსში, მეორე - ბგერათიზოლირებულ კონტეინერში.



ნახ. 2.15 კასკადური საქვაბე

ა. განლაგება სათავსში, ბ. განლაგება კონტეინერში: 1.საკონდენსაციო ქვაბი, 2.მიმწოდებელი და უკუსარქველი, 3. თერმოჰიდრაულიკური მანაწილებელი, 4. საკვამლე მილი, 5. მიმწოდებელი და უკუსავარცხელი, 6. ვიბროსადები, 7. კასკადური რეგულატორი, 8. წყალსადენი, 9. მემბრანული საფართოებელი ჭურჭელი, 10. გაზის მიმცვანი, 11. კონდენსატის გაყვანა

ნახ.2.16 ნაჩვენებია თბომომარაგების ქსელში კასკადური საქვაბის ჩართვის სქემა.



ნახ. 2.16 კასკადური საქვების მიერთება თბომომარაგების სისტემასთან

1. საკონდენსაციო ქვაბი, 2. მოცულობითი წყალგამაცხელებელი (ბოილერი), 3. მიმწოდებელი და უკუსავარცხელი, 4. თერმოპიკტორული მანაწილებელი, 5. მემბრანული საფართოებელი ჭურჭელი, 6. კასკადური რეგულატორი; 7. წყლის დონის შემზღუდველი, 8. მინიმალური წნევის შემზღუდველი, 9. მაქსიმალური წნევის შემზღუდველი, 10. ტემპერატურის რეგულატორი, 11. მანომეტრი (0-3 ბარი), 12. თერმომეტრი (0-120°C), 13. დამცავი სარქველი, 14. გაზის ავტომატური სარქველი, 15. გაზის შემყვანი

კასკადური საქვების მრავალ უპირატესობას შორის (ადგილის და დროის ეკონომია, მონტაჟის სიმარტივე, მოდელირების დიდი დიაპაზონი და სხვ.) ყველაზე მნიშვნელოვანია საქვების განლაგების ვარიანტების სიმრავლე. საქვების მოწყობა შეიძლება პრაქტიკულად ნებისმიერ ადგილზე: სარდაფში, სხვენსა და სპეციალურ მიშენებაში.

კასკადური საქვების სახურავზე განლაგების შემთხვევაში მისი მნიშვნელოვანი უპირატესობაა, იატაკზე განლაგებულ სტაციონარულ ქვაბებთან შედარებით, მცირე წონა და დაყენების ადგილამდე მიტანის სიმარტივე. არ არის აუცილებელი სპეციალური ამწეების გამოყენება მონტაჟის ან დემონტაჟისას, სახურავის მოხსნა მისი შეცვლის დროს. მწყობრიდან გამოსული ნაწილების შეცვლა ხდება ადგილზე ხდება. „ტურბო“ საკვამლე მილის გამოყენების შემთხვევაში მისი გაყვანა ხდება იმავე კედელში, რომელზეც ქვაბი მაგრდება, რაც მნიშვნელოვანად ამცირებს უჟანგავი ფოლადისაგან დამზადებულ ძვირად ღირებულ საკვამლე მილის ფასს.

კასკადურ საქვებებში გამოიყენება ერთ- ან ორსაფეხურიანი სანთურები ალის მოდულაციით. ეს გვამლევს წვის მდოვრე რეგულირების და სიმძლავრის მდოვრე ცვლილებლის შესაძლებლობას.

კასკადური საქვების მოწყობა შეიძლება ნებისმიერი მწარმოებლის მიერ დამზადებული ქვებებით.

2.4 ჰაერის მიწოდება გაზის დასაწვავად

საქვების სათანადო (მათ შორის გაზის) მოწყობილობით აღჭურვა ხდება სამშენებლო ნორმებიდან გამომდინარე.

საჭირო ჰაერის აღება ხდება იმავე სათავსიდან, რომელშიც განლაგებულია ქვაბი, თუ მას გააჩნია ატმოსფეროსთან დამაკავშირებელი ხვრელი (ღიობი) 150 კვ სმ განივკვეთით. 50 კვტ-ზე მეტი ნომინალური სიმძლავრის მქონე ქვებებისათვის ხვრელის ზომა უნდა გადიდდეს 2 კვ სმ-ით ყოველ კვტ-ზე. საჭირო განივკვეთი შეიძლება გაიყოს მაქსიმუმ ორ ნაწილად, რომელთა ზომები უნდა იყოს აეროდინამიკური მოთხოვნების ეკვივალენტური.

ძირითადი მოთხოვნები შემდეგია:

არ ჩაიკეტოს ხვრელები და წვისათვის საჭირო ჰაერის მიმწოდებელი სადენები, თუ დამცავი მოწყობილობა ვერ უზრუნველყოფს საცეცხლურის ნორმალურ ექსპლუატაციას.

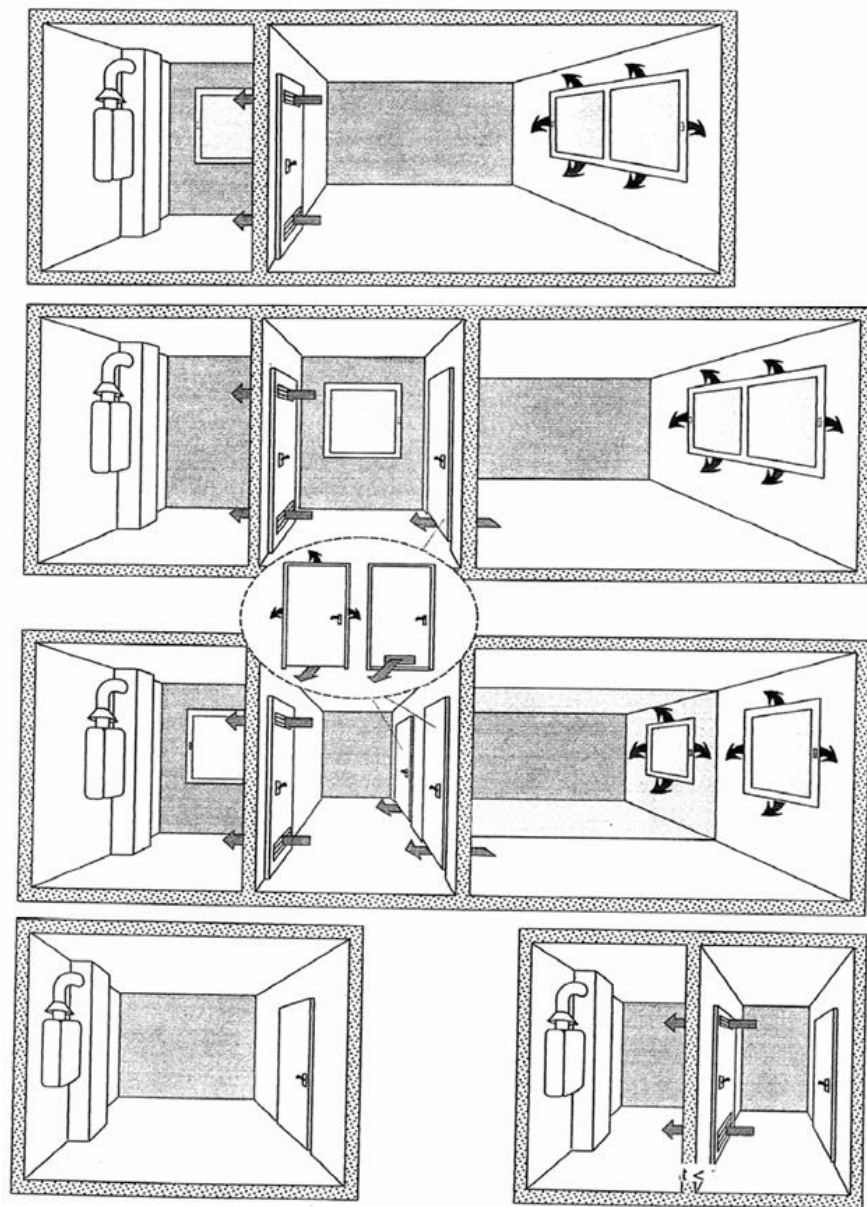
საჭირო განივკვეთი არ უნდა დავიწროვდეს ჩამკეტის ან გისოსის მეშვეობით.

წვისათვის საჭირო ჰაერით მომარაგება შეიძლება განხორციელდეს სხვა ხერხებითაც.

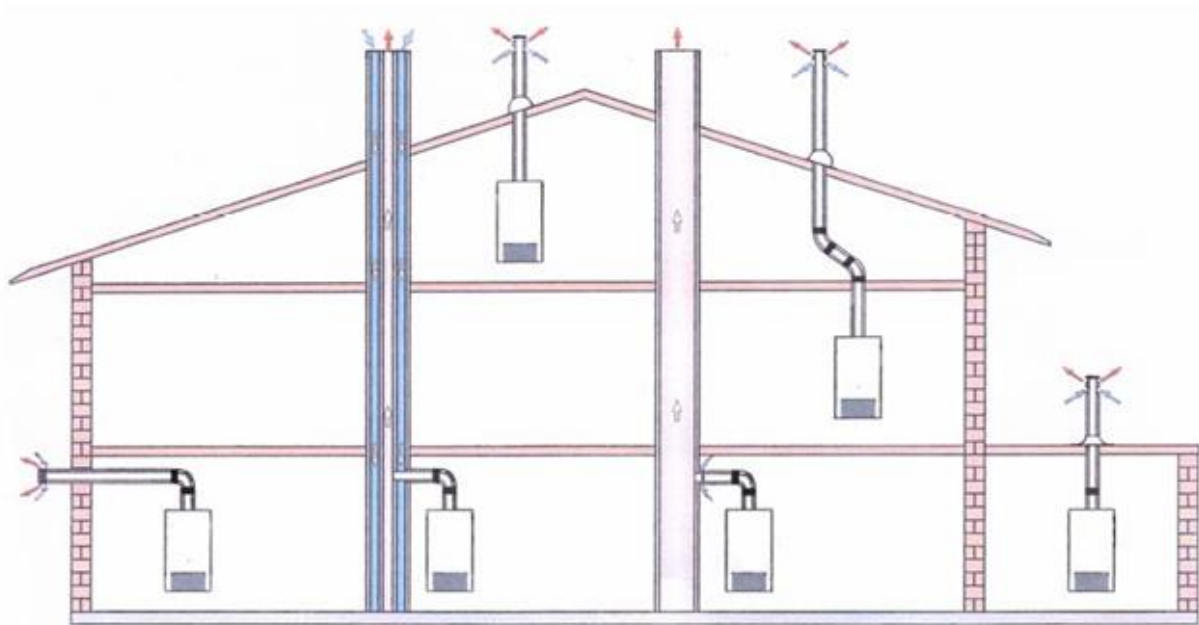
დიდი სიმძლავრის საქვებების უზრუნველყოფა წვისათვის საჭირო ჰაერით შეთავსებული უნდა იქნეს საქვების ვენტილაციის სისტემასთან.

როგორც წინა პარაგრაფებში აღვნიშნეთ, 50 კვტ-ზე ნაკლები სიმძლავრის ქვებები წვისათვის საჭირო ჰაერს იღებს სათავსიდან ან ორმაგი მილის საშუალებით - გარემოდან. ეს განსაკუთრებით ეხება კედლის ქვებებს, რომელთა განლაგება ხდება საცხოვრებელ ბინებში ან დაწესებულებებში. ამ დროს უნდა ვიხელმძღვანელოთ ქვემოთ ნახ-ზეზე წარმოდგენილი სქემებით.

ნახ.2.17 ნაჩვენებია ჰაერის მიწოდების სქემები ღია წვის კამერის ქვებებში, ხოლო ნახ.2.18 დახურულკამერიან ქვებებში.



ნახ. 2.17 წვისათვის საჭირო ჰაერის მიწოდების სქემები
 ლიკამერიან კედლის ქვაბებში



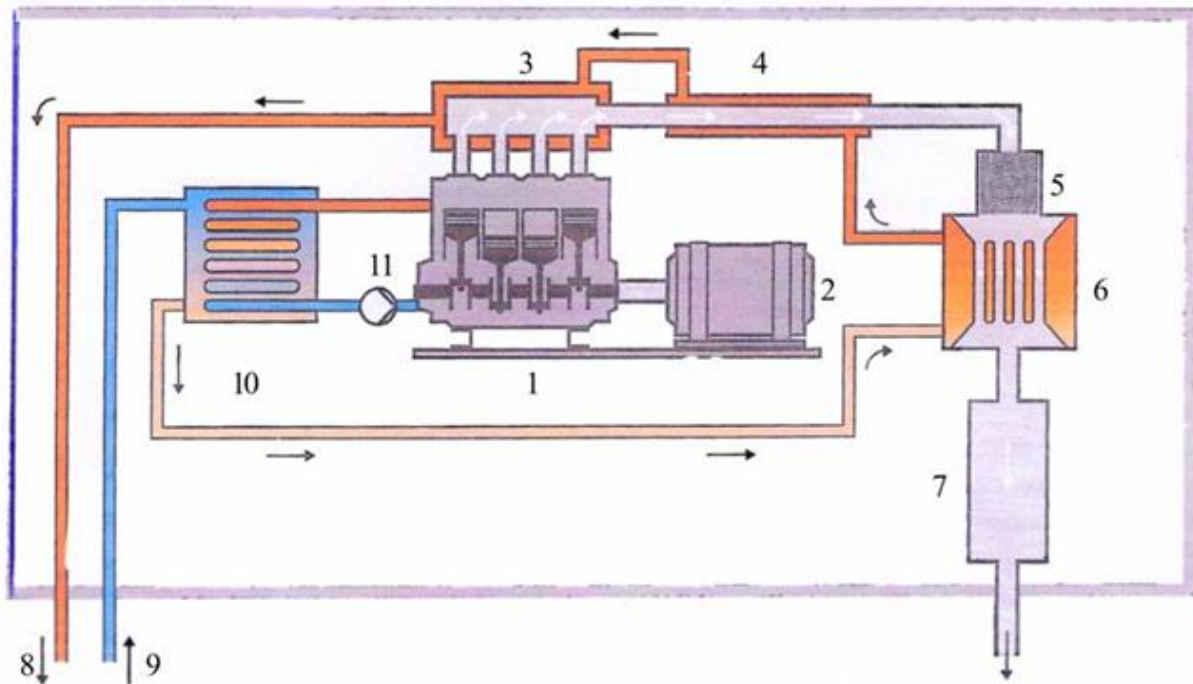
ნახ.2.18 წვისთვის საჭირო ჰაერის მიწოდების სქემები დახურულკამერიან
კედლის ქვაბებში

2.5 ბლოკური თბოელექტროცენტრალები

თბომომარაგების სფეროში სხვადასხვა სისტემას იყენებენ. მათ შორის ჩვეულებრივი საქვაბე ტექნიკა, თბური ტუმბოები, მზის ენერგიის დანადგარები და ბლოკური თბოელექტროცენტრალები. გარემოს დაცვის და თბური ენერგიის ეკონომიის მიზნით სათბობის გამოყენებისას საჭიროა რაციონალური ტექნოლოგიური სქემების გამოყენება, რომელიც გამოირჩევა ერთდროულად ეკონომიურობით და ეკოლოგიურობით. ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი სისტემებიდან მხოლოდ ბლოკური თბოელექტროცენტრალები პასუხობს ორივე მოთხოვნას. ბლოკურ თბოელექტროცენტრალებში ხდება სითბოსა და ელექტროენერგიის ერთდროული გამომუშავება. სითბოსა და ელექტროენერგიის ერთდროულ გამომუშავებას კოგენერაციას უწოდებენ, თვით დანადგარებს - კოგენერაციულს. ეს დანადგარები ნახ.2.19 გამოსახული. ჩვეულებრივი საქვაბე დანადგარებისაგან განსხვავებით, აღჭურვილია შიგაწვის ძრავებით (მაგალითად, ოტოს ძრავა) და მასთან მიერთებული სინქრონული გენერატორით (2) ელექტროენერგიის

გამოსამუშავებლად. ძრავადან ნამწვი გაზები საკვამლე მილის მეშვეობით გარემოში გაიყვანება. ნამწვი გაზები ძრავადან გარემომდე მოძრაობისა თავს იყრის ნამწვი გაზების კოლექტორში (3), საიდანაც მაცივებელი კვამლსადენით (4) კატალიზატორის (5),

თბოგადამცემის (6) გავლით გარემოში გაიყვანება. ამ გზაზე ნამწვი გაზები მაქსიმალურად გადასცემენ სითბოს გათბობის სისტემის თბოშემცველს და უკვე გაცივებული, დაახლოებით 100°C ტემპერატურით, გარემოში გაიყვანება. გათბობის სისტემის თბოშემცველი მიმწოდებელი მილსადენით (8) მიეწოდება გათბობის სისტემას, სადაც იგი სითბოს გადასცემს სათავსებში განლაგებულ სათბობ ხელსაწყოებს და უკუმილსადენით (9) კვლავ ბლოკურ თევს უბრუნდება. უკუმილსადენით დაბრუნებული წყალი განიცდის წინასწარ შეთბობას ფირფიტოვან თბოგადამცემში (10) ძრავას მაცივებელი თბოშემცველის ხარჯზე, რომელიც საცირკულაციო ტუმბოთი (11) მოძრაობს შიგაწვის ძრავას და ფირფიტოვანი თბოგადამცემის შემადგენელ კონტურში.



ნახ.2.19 ბლოკური თევის პრინციპული სქემა

1. გაზის ძრავა, 2. სინქრონული გენერატორი, 3. ნამწვი გაზების კოლექტორი, 4. მაცივებელი კვამლსადენი, 5. კატალიზატორი, 6. თბოგადამცემი, 7. გამავალი გაზების ხმაურჩამხშობი, 8. გათბობის სისტემის მიმწოდებელი მილი, 9. გათბობის სისტემის უკუმილი, 10. ფირფიტოვანი თბოგადამცემი

ბლოკური თევები ძირითადად ისეთ შენობებში გამოიყენება, სადაც არსებობს სითბოსა და ელექტროენერგიაზე ერთდროული მოთხოვნილება. ასეთი შენობები კი ძალიან ბევრია:

- სამრეწველო დაწესებულებები;
- სასათბურე მეურნეობები;
- საავადმყოფოები, სასტუმროები, სპორტული დარბაზები, საცურაო აუზები;
- კანალიზაციის გამწმენდი ნაგებობები, ნაგავსაყრელები და სხვ.

განსაკუთრებული ჯგუფის შენობებს მიეკუთვნება:

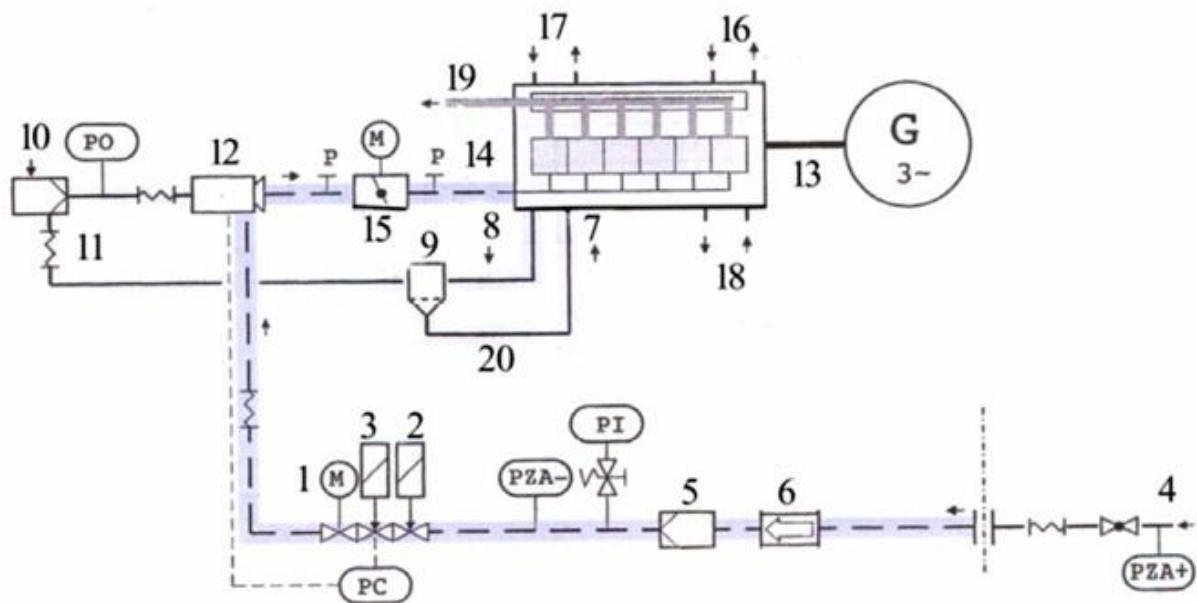
- სპეციალური დანიშნულების ობიექტები (ჯარი, პოლიცია, სახანძრო სამსახური);
- შენობები, რომლებიც მოშორებულია საინჟინრო ქსელებს;
- ადმინისტრაციული შენობები და სხვ.

შიგაწვის მრავეზზე დაფუძნებულ ბლოკ-თეცების სრული მქ კოეფიციენტი(სათბობის პირველადი ქიმიური ენერგიის გარდაქმნა სითბურ და ელექტროენერგიად) 86 - 92%-ია. თუ გამოვიყენებთ საკონდენსაციო ეკონომიზერს (თბოგადამცემს), მქ კოეფიციენტი შეიძლება 91 - 95%-მდე გავზარდოთ.

გაზზე მომუშავე შიგაწვის მრავეზისათვის გაზის შერევა წვისათვის საჭირო ჰაერთან შემრევში (12) ხდება, რომელშიც ჰაერი მიეწოდება საჰაერო ფილტრის (11) გავლით, ხოლო გაზი - გაზის შემყვანიდან. გაზსადენზე შემყვანიდან შემრევამდე მოწყობილია დამცავი გაზმარეგულირებელი მოწყობილობა. გაზის მინიმალური წნევა 25 მბარია, მაქსიმალური - 50 მბარი.

ბლოკ-თეცზე დამცავი გაზმარეგულირებელი პუნქტის სქემა წარმოდგენილია ნახ.2.20 ბლოკ-თეცის ნორმალური ფუნქციონირებისათვის საჭიროა უზრუნველყოთ გაზის მუდმივი ტემპერატურა და წნევა, ამიტომ ეს მოწყობილობა შეიცავს შემდეგ აუცილებელ დეტალებს:

- თერმული დამცავი სარქველი,
- გაზის ფილტრი მანომეტრით,
- გაზის მინიმალური წნევის კონტროლის გადამწოდი,
- 24 ვ ძაბვის გაზის მაგნიტური სარქველი,
- ლამბდარეგულატორის გაზის რეგულირების სარქველი,
- 240 ვ ძაბვის ჰერმეტულობის კონტროლის მოწყობილობა,
- წნევის რეგულატორის მაგნიტური სარქველი ნაკადის 25 მბარზე მეტი და 50 მბარზე ნაკლები წნევისათვის.



ნახ.2.20 ბლოკ-თევის დამცავი გაზმარეგულირებელი უბნის სქემა

ლამბდარეგულატორის სარქველი, 2. ნულოვანი წნევის რეგულატორი, 3. მაგნიტური სარქველი, 4. გაზის მიერთება, 5. გაზის ფილტრი, 6. თერმული დამცველი სარქველი, 7. საპოხი ზეთის დამაბრუნებელი ხაზი, 8. კარტერული კამერის საფუძვინი, 9. ზეთის სეპარატორი, 10. წვისათვის საჭირო ჰაერი, 11. საჰაერო ფილტრი, 12. გაზის შემრევი, 13. გენერატორი, 14. ძრავა, 15. ბრუნვის სიხშირის რეგულატორი, 16. გაცივების კონტროლი, 17. ზეთის მაცივებელი, 18. საპოხი ზეთი, 19. ნამწვი გაზები, 20. ჰაერის გაყვანა

ბლოკ-თეცების გამოყენებისას უნდა ჩატარდეს სათანადო ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთება. ამ დროს ყურადღება ექცევა წლის განმავლობაში მუშაობის ხანგრძლივობას. თუ ბლოკ-თეცი წლის განმავლობაში მუშაობს არანაკლებ 6500 საათს, მაშინ მისი გამოყენება გამართლებულია ეკონომიკური თვალსაზრისით. ბლოკ-თეცის გამოყენებისას უნდა გაირკვეს, ენერგიის რომელ სახეს ენიჭება პრიორიტეტი. თუ პრიორიტეტულია ელექტროენერგია, მაშინ სითბო მეორეული პროდუქტია და ყურადღება უნდა მივაქციოთ, რომ დანადგარების ექსპლუატაციის პერიოდში უზრუნველვყოთ სითბოს მაქსიმალური ართმევა. თუ პრიორიტეტულია სითბო, მაშინ ელექტროენერგია მეორეული პროდუქტია და უნდა უზრუნველვყოთ ელექტროენერგიის სტაბილური ართმევა.

გათბობის სისტემების მიერ სითბოს მოხმარება როგორც დღე-ღამის, ასევე სეზონის განმავლობაში არამუდმივია, ამიტომ პიკური სითბური დატვირთვების მოსახსნელად

მიზანშეწონილია გამოყენებულ იქნეს გათბობის ქვაბი. ქვაბების რაოდენობა და მათი სითბური სიმძლავრე პროექტის შედგენისას განისაზღვრება.

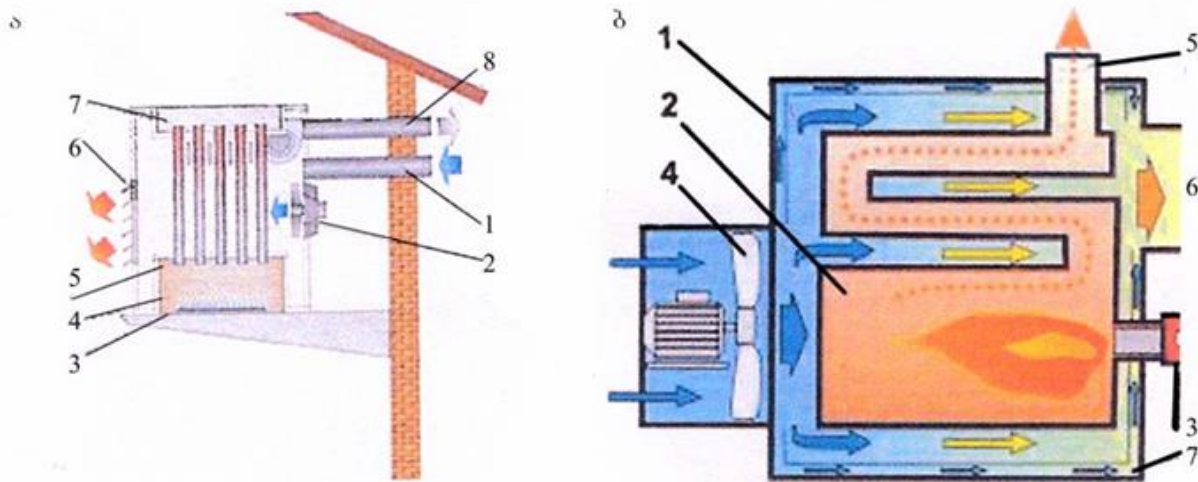
ბლოკ-თეცის შიგაწვის ძრავასათვის საჭირო ჰაერის რაოდენობა განისაზღვრება ისე, როგორც საქვაბისათვის და მისი მიწოდება ვენტილაციის სისტემის შერჩევისას გაითვალისწინება.

2.6 გაზის ჰაერსათბობები (ჰაერსახურებლები)

ზემოთ განხილული ყველა დანადგარი: ბლოკ-თეცი, ქვაბები(ფოლადის, თუჯის, დასადგმელი, კედლის და სხვა) განკუთვნილია ცენტრალური წყლით გათბობის სისტემებისათვის, სადაც თბოშემცველი წყალია.

ჰაერით გათბობის სისტემებში თბოშემცველს წარმოადგენს ჰაერი, ხოლო მოწყობილობას, რომელშიც ჰაერი თბება ჰაერსათბობი ან ჰაერსახურებელი ეწოდება. ჰაერის გათბობა ამ ტიპის ხელსაწყოებში ხდება გაზის წვის შედეგად გამოყოფილი სითბოს ხარჯზე. გაზის ჰაერსათბობს გაზის თბოგენერატორებსაც უწოდებენ. ჰაერსათბობები მრავალი სახის და კონსტრუქციისაა. სიმძლავრის მიხედვით თბოგენერატორები არის დაბალი მწარმოებლურობის - 2 -10 კვტ, რომელიც ძირითადად გამოიყენება საცხოვრებელ სახლებსა და მცირე ზომის საზოგადოებრივი დანიშნულების სათავსებში (ოფისები, სასტუმროები და ა.შ.) და მაღალი სიმძლავრის - 1000 და მეტი კვტ-მდე. ისინი გამოიყენება სხვადასხვა სახის საზოგადოებრივი და სამრეწველო დანიშნულების შენობებში. ჰაერსათბობები არის სტაციონარული და გადასადგილებელი. სტაციონარული ჰაერსათბობი, თავის მხრივ, შეიძლება იყოს იატაკზე დასადგმელი ან დასაკიდებელი, რომელიც მაგრდება კედელზე ან გადახურვის ქვეშ. ნახ.2.21 წარმოდგენილია კედელზე დასამაგრებელი გაზის თბოგენერატორის პრინციპული სქემა. ეს თბოგენერატორი ავტონომიური სითბოს წყაროა და გამოიყენება შენობის ჰაერით გათბობის მიზნით.

ასეთი გენერატორების გამოყენებისას საჭირო აღარ არის ძვირად ღირებული საქვების და თბოტრასის მოწყობა. 2.21 ბ ნახ-ზე სანთურის (3) მეშვეობით გაზ-ჰაერის ნარევი მიეწოდება წვის კამერას, რომელიც თბოგადამცემია (2). ვენტილატორით (4) თბოშემცველი (ჰაერი) მიეწოდება თბოგადამცემის მაცივებელ კონტურს (7). გამავალი ნაშვნი გაზების ხარჯზე ჰაერი თბება და ცხელი ჰაერის მიმწოდებელი მილყელით (6) მიეწოდება გასათბობ სათავსს. ნაშვნი გაზები კვამლგამყვანი მილყელით (5) მიეწოდება საკვამლე მილს. თუ გასათბობი ჰაერი აღებულია სათავსიდან, მაშინ სისტემა იქნება სრული რეცირკულაციით, თუ გარემოდან, მაშინ სისტემა იქნება წინდენითი.



ნახ. 2.21 კედლის ჰაერსათბობის პრინციპული სქემა

ა. ატმოსფერული წნევის სანთურით: 1. წვისათვის საჭირო ჰაერის მიწოდება, 2. ღერძული ვენტილატორი, 3. ატმოსფერული სანთურა, 4. წვის კამერა, 5. თბოგადამცემი, 6. გაცხელებული ჰაერის გამოსვლა, 7. ნამწვი გაზების შემკრები, 8. ნამწვი გაზების გამყვანი.

ბ. შემბერი სანთურით: 1. კორპუსი, 2. თბოგადამცემი, 3. გაზის შემბერი სანთურა, 4. ვენტილატორი, 5. ნამწვი გაზების გამყვანი მილი, 6. ცხელი ჰაერის მიმწოდებელი მილი, 7. გაცივების კონტური

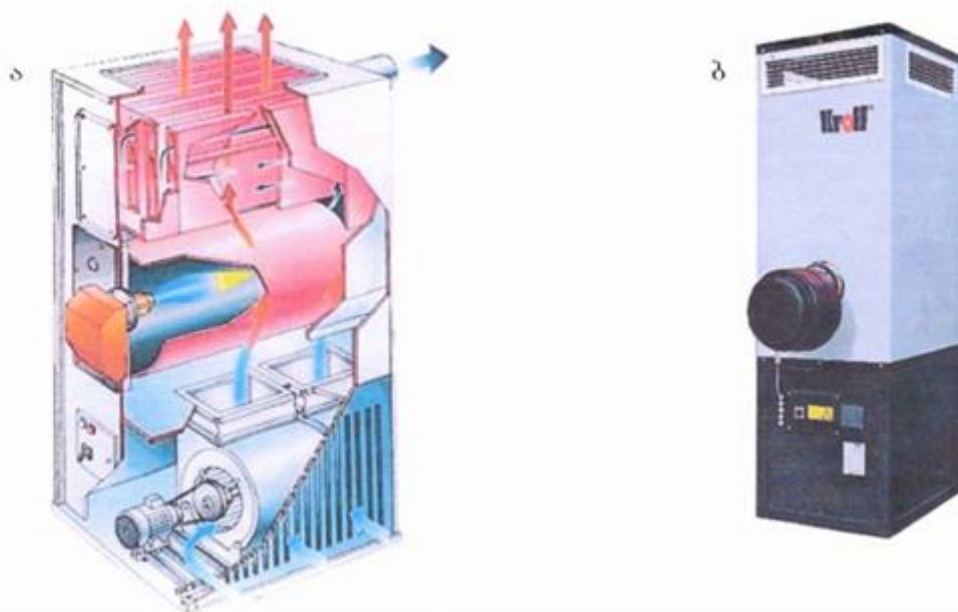
ჰაერი შეიძლება აღებულ იქნეს ნაწილობრივ სათავსიდან, ნაწილობრივ - გარემოდან. ჰაერსათბობი შეიძლება მიუერთდეს ჰაერმანაწილებელ ქსელს, რომელიც დიდ მანძილზე (რამდენიმე სათავსში) გაანაწილებს ჰაერს. ასეთი ჰაერსათბობების მქ კოეფიციენტი 90%-ია. არის შემთხვევები, როდესაც ერთი

ჰაერსათბობი არასაკმარისია. ასეთ დროს შეიძლება დაიდგას ორი ან მეტი ჰაერსათბობი. ორი ან მეტი ჰაერსათბობის გამოყენებით წყდება მნიშვნელოვანი პრობლემა-უზრუნველყოფილი ხდება გათბობის პრობლემა.

იატაკზე დასადგმელი ჰაერსათბობის მუშაობის პრინციპი იგივეა, რაც ზემოთ აღწერილი კედლის ჰაერსათბობისა. იატაკზე დასადგმელი სტაციონარული ჰაერსათბობის გარეგანი სახე და სქემატური ჭრილი ნაჩვენებია ნახ.2.22. ჰაერსათბობი გარედან დაფარულია ბგერათსაიზოლაციო პანელებით.

მაღალი ხარისხის ჰაერსათბობების გაზის წვის კამერა და თბოგადამცემი დამზადებულია უჟანგავი ფოლადისაგან, ხოლო კორპუსი - ალუმინის პროფილით და უჟანგავი ფოლადით. ჰაერსათბობზე შეიძლება დაყენებულ იქნეს ნებისმიერი მწარმოებლის მიერ გამოშვებული სანთურა.

წვისათვის საჭირო ჰაერის რაოდენობა გამოითვლება ისევე, როგორც ქვაბებისათვის. ამ ჰაერის რაოდენობა გაითვალისწინებული უნდა იქნეს სათავსის ვენტილაციის ნაწილში. გაზის ჰაერსათბობი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს აგრეთვე ცენტრალურ კონდიციონერში, ზამთარში მისაწოდებელი ჰაერის გასათბობად. ამ შემთხვევაში ცენტრალურ კონდიციონერში საჭირო აღარ არის წყლის კალორიფერის დაყენება და თბომომარაგების სისტემის სათანადოდ მოწყობა. რა თქმა უნდა, გათბობის და ჰაერის კონდიცირების მიზნით საქვების მოწყობა თავისთავად აზრს კარგავს.



ნახ. 2.22 იატაკზე დასადგმელი ჰაერსათბობი შემბერი სანთურით

ა. სქემატური ჭრილი, ბ. საერთო ხედი

2.7 გაზის კონვექტორები

გაზის კონვექტორები ძირითადად გამოიყენება საცხოვრებელი და ტექნიკური სათავსებისათვის. მათ გაზის რადიატორსაც უწოდებენ. გაზის კონვექტორს აქვს დახურული (ჰერმეტიკული) ან ღია წვის კამერა, მზადდება როგორც თუჯის, ასევე ფოლადისაგან.

დახურული წვისკამერიანი გაზის კონვექტორები აღჭურვილია ჰერმეტიკული თბოგადამცემებით. ასეთ კონვექტორებს წვისათვის საჭირო ჰაერი მიეწოდება გარემოდან, წვის პროდუქტები კი გარემოში გაიყვანება. ასეთი ტიპის კონვექტორებში წვისათვის საჭირო ჰაერის მიწოდება და ნამწვი პროდუქტების გაყვანა ხორციელდება კოაქსიალური (მილი მილში) საკვამლე მილის მეშვეობით, რის გამოც საჭირო აღარ არის სათავსის ვენტილაციის მოწყობა სპეციალურად კონვექტორისათვის.

ღია წვისკამერიან კონვექტორს წვისათვის საჭირო ჰაერი მიეწოდება იმ სათავსიდან, რომელშიც განლაგებულია კონვექტორი. ამ შემთხვევაში კონვექტორის უსაფრთხო მუშაობისათვის საჭიროა მიმწოდ-გამწოვი ვენტილაციის მოწყობა. ნამწვი პროდუქტების გაყვანა ხდება საკვამლე მილის მეშვეობით. ღია წვისკამერიანი კონვექტორების გამოყენებისას გაზის კონვექტორის ნორმალური მუშაობისათვის საჭიროა მხოლოდ მისი მიერთება გაზსადენთან (ბუნებრივი გაზის შემთხვევაში) ან გაზის ბალონთან თხევადი გაზის (პროპან - ბუტანი) შემთხვევაში.

გაზის კონვექტორები აღჭურვილია ავტომატიკის ბლოკით, რომელიც ავტომატურად უზრუნველყოფს $+ 10$ -დან $+ 38^{\circ}\text{C}$ - მდე ტემპერატურას. სათანადო ტემპერატურის მიღწევის შემთხვევაში ავტომატიკა გამორთავს გაზს კონვექტორის ძირითად სანთურაზე და მიწოდებას აღადგენს სათავსის ტემპერატურის 3°C -ით დაწევის შემთხვევაში. გაზი ავტომატურად მიეწოდება თბოგადამცემში არსებულ კონვექტორის ძირითად სანთურას. თბოგადამცემში არ მოძრაობს არც წყალი, არც ანტიფრიზი. სანთურა თბოგადამცემის კორპუსს შიგნიდან ათბობს, ხოლო თბოგადამცემის გარე ზედაპირიდან სათავსის ჰაერს სითბო ბუნებრივი კონვექციით გადაეცემა. შესაძლებელია კონვექტორში სპეციალური ვენტილატორის მოწყობა, რაც თბოგადამცემიდან სათავსის ჰაერზე სითბოს გადატანის პროცესს

აძლიერებს. გაზის კონვექტორები ძირითადად აღჭურვილია ატმოსფერული წვის სანთურებით, რომლებიც კონვექტორის ქვედა ნაწილშია მოთავსებული.

არსებობს ენერგოდამოკიდებული და ენერგოდამოუკიდებელი გაზის კონვექტორები.

ენერგოდამოუკიდებელი კონვექტორები ძირითადად გამოიყენება ისეთ რეგიონებში, სადაც არ არის ელექტრომომარაგება ან დენის მიწოდება ხდება პერიოდულად, წყვეტილი გრაფიკით.

ენერგოდამოკიდებული კონვექტორები უფრო იშვიათად გამოიყენება, რადგან ისინი არ მუშაობს ელექტოენერგიის გარეშე. დენი აუცილებელია ძირითადი სანთურის ჩასართავად. ასეთი კონვექტორი ხარჯავს 25%-ით ნაკლებ გაზს, ვიდრე ენერგოდამოუკიდებელი კონვექტორი.

ზოგიერთ ელექტროდამოკიდებულ კონვექტორში დამატებით მოწყობილია ვენტილატორი და ჩართვა-გამორთვის ტაიმერი.

გაზის კონვექტორები განლაგებულია გასათბობ სათავსებში და მათი მქ კოეფიციენტი 90% და მეტია.

გაზის კონვექტორები სტაბილურად მუშაობს გარე ჰაერის ძალიან დაბალი ტემპერატურის (-50°C) დროსაც კი. გაზის კონვექტორების საექსპლუატაციო ვადა 20 წლამდეა.

გაზის კონვექტორები მრავალი სახის მზადდება. გაზის კონვექტორების სახეები ნაჩვენებია ნახ.2.23

გაზის კონვექტორები მუშაობს უხმაუროდ და უზრუნველყოფს სათავსში სითბოს თანაბარ განაწილებას.

გაზის კონვექტორი შეიძლება იყოს იატაკზე დასადგმელი ან კედელზე დასაკიდებელი. ნახ.2.24 ნაჩვენებია დახურულკამერიანი კონვექტორის დაყენების სამონტაჟო სქემები. წვისათვის საჭირო ჰაერის მიწოდება და ნაშვნი გაზების გაყვანა კოაქსიალური საკვამლე მილით ხორციელდება.



ნახ. 2.23 გაზის კონვექტორები



ნახ. 2.25 გაზის თბოტევადი ღუმლები

2.8 გაზის გამომსხივებლები

ინფრაწითელი გათბობა (სხივური გათბობა) დაფუძნებულია სითბური გამოსხივების პრინციპზე. სითბური გამოსხივება არის სითბოს გადატანის პროცესი მაღალი ტემპერატურის მქონე სხეულიდან დაბალი ტემპერატურის სხეულზე. გადატანილი სითბოს რაოდენობა დამოკიდებულია სხეულების ფიზიკურ თვისებებზე, მათ ურთიერთგანლაგებაზე, ზედაპირების ტემპერატურაზე და ა.შ. ერთი სხეულიდან მეორეზე გამოსხივებით სითბოს გადაცემის კარგი მაგალითია მზე და დედამიწა. მზის მიერ გამოსხივებული სითბო გაივლის კოსმოსურ ვაკუუმს და ატმოსფეროს, აღწევს დედამიწამდე და ათბობს მას გამოსხივებით. გაცხელებული სხეული ასხივებს სითბურ ენერგიას ელექტრომაგნიტური ტალღების ინფრაწითელ დიაპაზონში, რის გამოც მისი ტემპერატურა მცირდება, ხოლო სხეულის ტემპერატურა, რომელზეც გამოსხივება მოქმედებს, მატულობს.

ინფრაწითელი გათბობა ხორციელდება ინფრაწითელი გამომსხივებლებით. გამომსხივებელი ახდენს თბური სხივების გენერირებას, სივრცეში მათ ფორმირებას და შემდეგ სხივების გაგზავნას გათბობის ზონაში. ეს სხივები ეცემა იატაკზე, კედლებზე, ტექნოლოგიურ მოწყობილობაზე, ადამიანის სხეულზე. ეს ზედაპირები სხივებს შთანთქმავს და თბება.

გამოსხივებული ნაკადი შთაინთქმება ზედაპირების, ადამიანის ტანსაცმლის და კანის მიერ, კომფორტულ გარემოს ქმნის, გარემო ჰაერის ტემპერატურის გარეშე. ჰაერი, რომელიც ინფრაწითელი გამოსხივებისათვის პრაქტიკულად გამჭვირვალეა, თბება „მეორეული სითბოს“ ხარჯზე ანუ გამოსხივებით გამთბარი სხეულების მიერ კონვექციით გაცემული სითბოს ხარჯზე.

ცნობილია, რომ ინფრაწითელი გათბობის გამოყენება ადამიანზე სასიამოვნოდ მოქმედებს. ამ დროს ადამიანი სითბოს უმეტეს რაოდენობას გასცემს კონვექციით, რაც დადებითად მოქმედებს მის განწყობაზე. ტრადიციულ კონვექციურ გათბობის სისტემებში ჰაერის ტემპერატურა ოთახის ჭერთან გაცილებით მეტია, ვიდრე იატაკთან. ეს იწვევს სათავსის სიმაღლის მიხედვით ტემპერატურის არათანაბარ განაწილებას და თბოდანაკარგების გაზრდას ჭერის მიმდებარე ზონიდან. ეს გარემოება გვაიძულებს გავზარდოთ გათბობის სისტემის თბური სიმძლავრე სათავსის სიმაღლის მიხედვით.

სხივური გათბობის სისტემებში ამ დამატებითი თბური სიმძლავრის გათვალისწინება საჭირო აღარ არის, რადგან თბური ნაკადი მიმართულია ქვემოთ, გასათბობი ზედაპირებისკენ და არა ჰაერისკენ. ჭერს ქვემოთ გამთბარი ჰაერის დაგროვება არ ხდება, რის გამოც ჭერიდან თბოდანაკარგები მცირდება და უფრო კომფორტული გარემო იქმნება. გარდა ამისა, შესაძლებელი ხდება სათავსის ჰაერის ტემპერატურის შემცირება საანგარიშოზე დაბლა. სხივური გათბობის სისტემაში საჭირო არ არის თბოშემცველის გამოყენება, აქ გათბობა პირდაპირი გზით ხდება. გაზით სხივური გათბობის სისტემებში თბოშემცველი (ჩვენ შემთხვევაში გაზი) იწვის უშუალოდ მისი გამოყენების ზონაში, რაც ამცირებს სითბოს წყაროდან გარკვეულ მანძილზე თბოდანაკარგებს.

ინფრაწითელი გათბობის სისტემების უპირატესობები:

- ჰაერის ტემპერატურა უფრო დაბალია, რაც განპირობებულია სათავსში ზედაპირების და არა სათავსის ჰაერის გათბობით.
- გამორიცხულია სათავსში ჰაერის და, შესაბამისად, მტვრის ცირკულაცია, რომელიც გამოიყოფა ტექნოლოგიური პროცესის მიმდინარეობის შედეგად. ამით უმჯობესდება სათავსის კომფორტულობის პირობები.
- სითბო ძირითადად მიმართულია სათავსის ქვედა ზონისკენ, ამიტომ სათავსში ყველაზე მაღალი ტემპერატურა აქვს იატაკს და ტექნოლოგიურ დანადგარებს, ამიტომ სხივური სისტემები გამოიყენება დიდი სიმაღლის სათავსში.
- სხივური სისტემების მუშა რეჟიმზე გასვლა უფრო ჩქარა ხდება, ვიდრე ტრადიციული კონვექციური გათბობისას, რის გამოც ამ სისტემების საექსპლუატაციო ხარჯები გაცილებით მცირეა.
- ზედაპირების და არა ჰაერის მოცულობის გათბობით შესაძლებელი ხდება სათავსის ცალკეული ფართობების ან ზონების გათბობის ისე მოწყობა, რომ არ გავათბოთ სათავსის

მთელი მოცულობა და უზრუნველყოთ სხვადასხვა ზონაში სხვადასხვა ტემპერატურა, რაც კონვექციური გათბობის სისტემებში გამოირიცხება.

- არ არის საჭირო საქვების და თბოტრასის მოწყობა.
- თბოდანაკარგები დაყვანილია მინიმუმამდე.
- გამოირიცხულია გათბობის სისტემების გაყინვა.
- სათავსის გათბობა ხდება სწრაფად, 15 - 30 წთ-ში.

გათბობის სისტემები ინფრაწითელი გამომსხივებლებით გამოიყენება სამრეწველო შენობებში, სახელოსნოებში, საწყობებში, გარაჟებში, მაყურებელთა და სპორტულ დარბაზებში, სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების შენობებში, მრავალფუნქციურ შენობებში: ვესტიბიულები, მოსაცდელი დარბაზები, ეკლესია-მონასტრები. ინფრაწითელი გათბობისათვის გამოიყენება ბუნებრივი გაზი, პროპან-ბუტანის ნარევი, გათხევადებული ბუნებრივი გაზი, თხევადი დიზელის სათბობი და ელექტროენერგია.

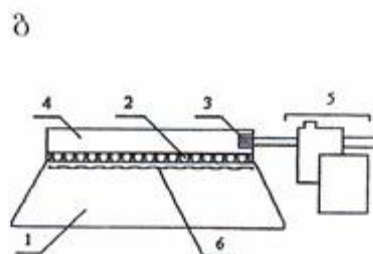
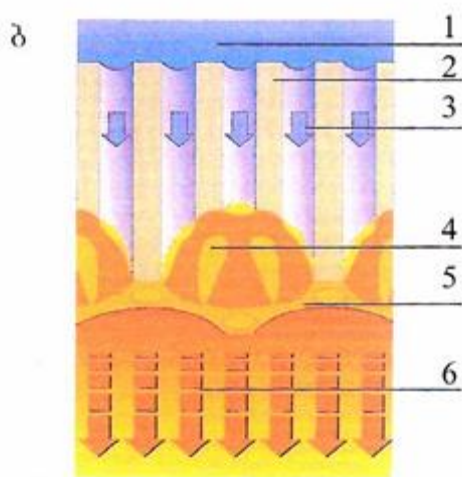
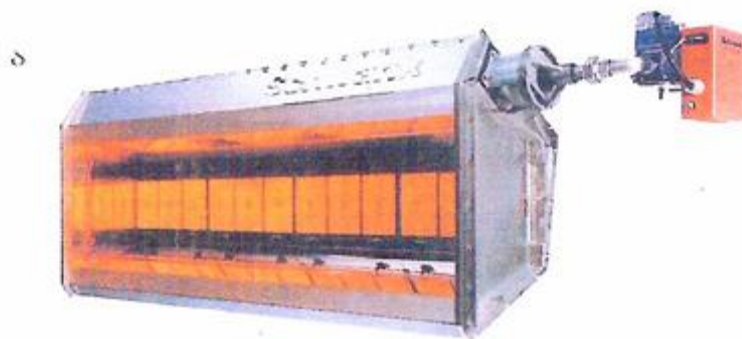
გაზის ინფრაწითელი გამომსხივებლები ტემპერატურის მიხედვით შემდეგ ჯგუფებად იყოფა:

- „ნათელი“ მაღალტემპერატურული (გამომსხივებელი ზედაპირის ტემპერატურა მეტია 1000°C -ზე);
- „ნათელი“ საშუალო ტემპერატურული (800-1000°C);
- დაბალტემპერატურული კატალიზური (600-800°C);
- „მუქი“ ან „ბნელი“ გამომსხივებლები (400-600°C);
- „ქვემუქი“ გამომსხივებლები (200-400°C).

ბუნებაში ყველაზე კარგი გამთბობი არის მზე ან მზის სითბო. ინფრაწითელი გამომსხივებლის სითბო იძლევა ისეთივე შეგრძნებას, როგორსაც მზის სითბო. ეს გამომსხივებელი იძლევა მზის სპექტრის გრძელტალღიან სითბურ გამოსხივებას. ეს თბური სხივები ათბობს იატაკს, ჭერს, დანადგარებს და სხვა საგნებს და აკუმულირდება მათში. ანუ, სხვა სიტყვებით, იმისათვის, რომ სათავსში მივიღოთ კომფორტული ტემპერატურა, სულაც არ არის საჭირო სათავსის ჰაერის გათბობა.

გაზის ინფრაწითელი გამომსხივებლის ძირითადი ელემენტია კერამიკული ფირფიტა. გაზი იწვის ფირფიტის შიგნით და მას 1000°C-მდე აცხელებს. ამ დროს ეს ფირფიტა ინფრაწითელი სხივების წყარო ხდება. ინფრაწითელი გამომსხივების სითბო ზედაპირებს გადაეცემა მზის სხივების ანალოგიურად. ფირფიტის თბოსაიზოლაციო თვისებები ისეთია, რომ სულ რაღაც 12 მმ სისქის ფირფიტის შემთხვევაში, როდესაც მისი გამომსხივებელი ზედაპირის ტემპერატურა 800°C -ზე მეტია, უკანა მხარეს ტემპერატურა 100 °C -ს არ აღემატება. ეს მიიღწევა კერამიკული ფირფიტის სპეციალური კონსტრუქციით და თვით ფოროვანი კერამიკის მაღალი თბოსაიზოლაციო თვისებებით.

ნახ.2.26 ნაჩვენებია გაზის ინფრაწითელი გამომსხივებლის მოქმედების პრინციპული სქემა.



ნახ.2.26 გაზის ნათელი ინფრაწითელი გამომსხივებელი

ა.საერთო ხედი; ბ. მოქმედების პრინციპი: 1. შემკრები კამერა, 2. ფოროვანი კერამიკა (100°C), 3. მოდინებული ნაკადი, 4. წვის კამერა, 5. გამომსხივებელი ზედაპირი (900°C), 6. ინფრაწითელი სხივები;

გ. პრინციპული სქემა: 1. რეგულატორი, 2. კერამიკული პერფორირებული ფირფიტა, (ნაცმი), 3. სანთურა ინჟექციური შემრევით, 4. მანაწილებელი ყუთი, 5. მართვის ბლოკი, წნევის რეგულატორი და ავტომატიკა, 6. მასტაბილიზებული ბადე

გაზი, გამოდის რა საქშენიდან (3), ახდენს ატმოსფეროდან ჰაერის ინჟექციას (ატმოსფერული სანთურა). ინჟექციური შემრევი ისეა შერჩეული, რომ, გაზის მოცემული წნევის დროს, საქშენის წინ პირველადი ჰაერის რაოდენობა იყოს თეორიულად საჭირო ჰაერის $1,02 \pm 1,05$ -ის ტოლი, რაც უზრუნველყოფს გაზის სრულ წვას. ინჟექტორში წარმოქმნილი გაზ-ჰაერის ნარევი შედის მანაწილებელ ყუთში (4), შემდეგ გადადის ნაცმში (2). კერამიკული პერფორირებული საცეცხლე ნაცმები ფირფიტებია მრავალი გამჭოლი ცილინდრული ან კონუსური ხვრელით. მასალის მცირე თბოგამტარობა ($0,7 \text{ ვტ/მ}^2 \text{ }^{\circ}\text{K}$) უზრუნველყოფს ზურგის ზედაპირის საკმაოდ დაბალ ტემპერატურას, რაც ეწინააღმდეგება ახალი ნარევის ნაადრევად ანთებას. საწყის

პერიოდში წვა მიმდინარეობს ზედაპირთან მცირე სისქის (1-1,5 მმ) ზონაში, შემდეგ ალი შედის არხის შესართავში, რის გამოც გამომსხივებელი ზედაპირი 1070 - 1270°C -მდე ცხელდება. ნაცმი ცხელდება სიღრმეში და გაზ-ჰაერის ნარევეს აცხელებს. გამომსხივებელი ნაცმის ზედაპირი ხდება თბური (ინფრაწითელი) გამოსხივების ძლიერი წყარო. ნაცმის კონსტრუქციისა და ტემპერატურის მიხედვით გამოსხივებით გაცემული სითბოს რაოდენობა სანთურის თბური დატვირთვის 40 - 60% შეადგენს. გამომსხივებელი პანელის ზედაპირიდან 10 მმ-ზე აყენებენ ფოლადის ქრომნიკელიან მასტაბილიზებელ ბადეს. ეს ბადე აგრეთვე ახდენს გაზის წვის პროცესის ინტენსიფიცირებას და იწვევს კერამიკის ცეცხლოვანი ზედაპირის ტემპერატურის გათანაბრებას, მისი 50 - 100°C-ით გაზრდით.

გამომსხივებელს აქვს უსაფრთხოების ავტომატიკის ბლოკი, რომელიც უზრუნველყოფს: ა) გამომსხივებლის ნაცმზე გაზის წვას არა უმეტეს 10 წმ-ისა; ბ) ავტომატიკის და წვის კონტროლის ჩართვას არა უმეტეს 1 წმ-ისა; გ) გაზის სარქვლის გადაკეტვას გაზის მიწოდების შეწყვეტისას არა უმეტეს 1 წმ-ისა.

გაზის წვის პროდუქტები შედგება აზოტის, ნახშირორჟანგის, წყლის ორთქლისა და მცირე რაოდენობით ჟანგბადისაგან, ე.ი. ეს ნარევი სავსებით გამჭვირვალეა თბური ტალღებისათვის. CO₂-ის უმნიშვნელო (0,003%-ზე ნაკლები) რაოდენობის გამო, შესაძლებელია გაზის ინფრაწითელი გამომსხივებელი დაეყენოთ უშუალოდ გასათბობ სათავსში. ნამწვი პროდუქტები გაიყვანება ორჯერადი ბუნებრივი გაწოვით ატმოსფეროში.

მუქი ინფრაწითელი გამომსხივებლების თბოგადამცემი ზედაპირი არის მილი, რომლის შიგნით მოძრაობს გაზის წვის ნამწვი პროდუქტები. ამ მილებს, როგორც წესი, აქვს სპეციალური თერმული დაფარვა დაქანგული (ოქსიდირებული) ალუმინით, რომელიც უზრუნველყოფს როგორც გამომსხივებელი ზედაპირის მაღალი სიშავის ხარისხის, ასევე კოროზიისგან

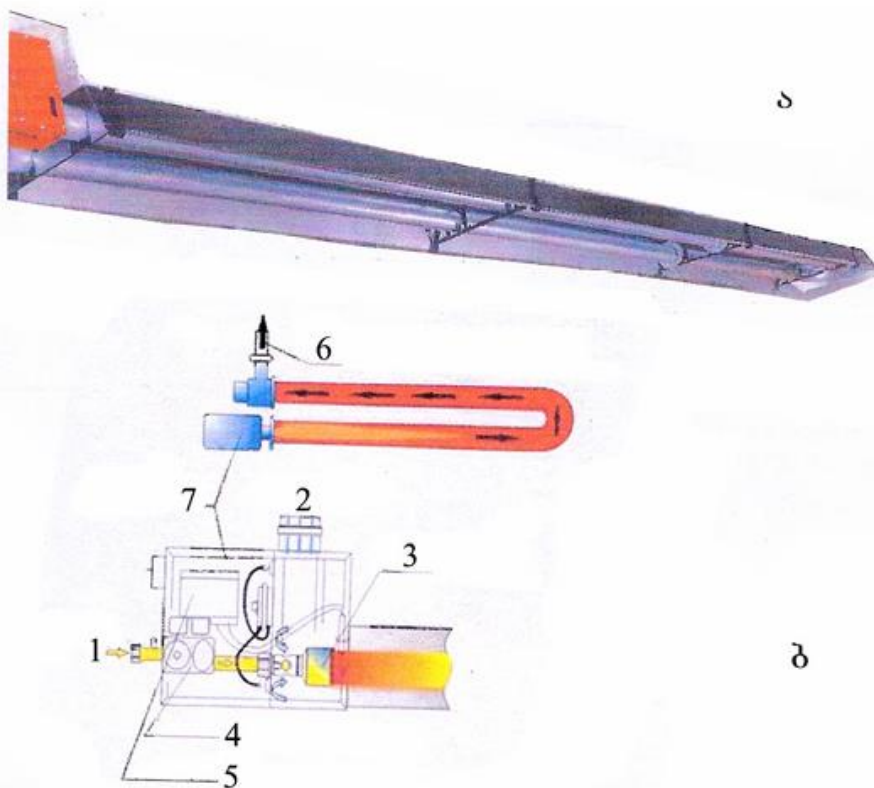
დაცვას. ცხელდება რა საშუალოდ 400°C -მდე, გამომსხივებელი იძლევა გრძელტალღიან სითბურ გამოსხივებას იძლევა. ამ გამომსხივებელში გამოყენებული სანთურები ქმნის დაგრძელებულ ალს. ნამწვი პროდუქტები გაიყვანება გარემოში სათავსის ჰაერთან შეუხებლად.

ეს ხელსაწყოები აღჭურვილია სპეციალური რეფლექტორებით, რომლებიც გამოსხივებას მიმართავს მუშა ზონაში და გამორიცხავს კონვექციურ ნაკადებს.

ბნელი გამომსხივებლების ძირითადი ნაკლია სითბური გამოსხივების უთანაბრობა, რაც გამოწვეულია ნამწვი გაზების გარკვეულ ტემპერატურამდე (დაახლოებით 200°C) გაცივების აუცილებლობით, რომელიც უზრუნველყოფს განსაზღვრულ თერმულ მქ კოეფიციენტს. გარდა ამისა, ბნელი გამომსხივებლები ითხოვს ორგანიზებულ კვამლგაყვანას, რაც დაკავშირებულია გარკვეულ ხარჯებთან. ნამწვი გაზები შეიძლება გაყვანილ იქნეს როგორც ინდივიდუალურად თითოეული გამომსხივებლიდან, ასევე ჯგუფურად, შემკრები სისტემის

და დამატებითი ვენტილატორის გამოყენებით. ბნელი ინფრაწითელი გამომსხივებლების უპირატესობები შემდეგია:

- შემრევი სანთურა, რომელიც ამ გამომსხივებლებს აქვს, ინჟექციური სანთურის მქონე სხვა გამომსხივებლებისაგან განსხვავებით, უზრუნველყოფს ხარისხიან წვას ჰაერის შედარებით დაბალი სიჭარბით და ნამწვ პროდუქტებში მავნე მინარევების სიმცირით.
- გაცილებით მაღალი თერმული მქ კოეფიციენტი ჰაერის სიჭარბის შემცირების ხარჯზე.
- ვენტილატორი განლაგებულია სანთურის მხარეს, ე.ი. წვისათვის ცივ ჰაერს აწვდის.
- ვენტილატორი მოთავსებულია გამომსხივებელი ზედაპირის შემდეგ. იგი იწოვს ნამწვ პროდუქტებს დაახლოებით 200°C -ზე. ვენტილატორის ასეთი გადაწყვეტა ზრდის მის რესურსს და თავიდან გვაცილებს ძრავას და საკისრების გაცხელებით გამოწვეულ შესაძლო დაზიანებას.
- შემრევი სანთურის გამო, მნიშვნელოვნად იზრდება გამომსხივებლის საიმედოობა. მუქი (ბნელი) ინფრაწითელი გამომსხივებლის პრინციპული სქემა ნაჩვენებია ნახ.2.27 საჭიროა თითოეულ გამომსხივებელთან გაზის, დენისა და ნამწვი პროდუქტების გამყვანი ჰაერსადენის მიყვანა. გაზი მაგნიტური სარქვლის გავლის შემდეგ ჰაერს შეერევა და მასთან ერთად შედის შემრევი საკანში, სადაც წარმოიქმნება წვადი ნარევი. ეს ნარევი, გაივლის რა კერამიკულ ფილას, ინთება მის ზედაპირზე. წვის შედეგად წარმოქმნილი ალი და ნამწვი პროდუქტები თანაბრად ნაწილდება გამომსხივებელი მილის მთელ სიგრძეზე. ამ დროს წარმოიქმნება სასიამოვნო თბური შეგრძნება. ნამწვი პროდუქტები ვენტილატორის საშუალებით გაიყვანება კვამლის გამწოვ სისტემაში, რომელიც თითოეულ გამომსხივებელს ცალ-ცალკე უკეთდება.



ნახ. 2.27 გაზის მუქი ინფრაწითელი გამომსხივებელი

ა. საერთო ხედი; ბ. პრინციპული სქემა: 1.გაზი, 2.ჰაერი, 3. გაზ-ჰაერის ნარევი, 4. წვის კონტროლის ავტომატიკა, 5.გაზის კომბინირებული სარქველი, 6. ნამწვი გაზების გაყვანა, 7. წვის კამერა

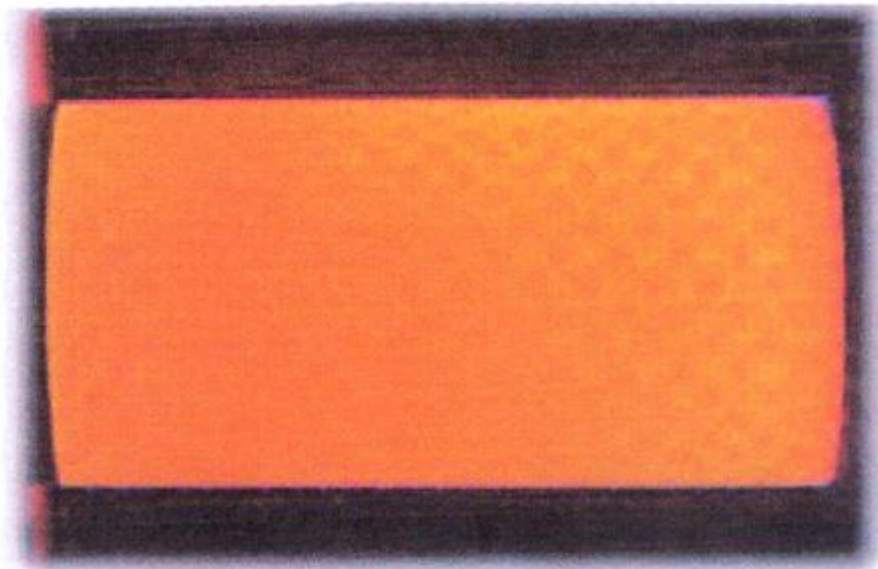
გაზის ინფრაწითელი გამომსხივებელი - 4-დან 100 კვტ-მდე და მეტი სიმძლავრის მზადდება.

დაბალტემპერატურული, კატალიზური წვის, გაზის ინფრაწითელ გამომსხივებლებში, როგორც ზემოთ განხილულ გამომსხივებლებში, სითბოს გადაცემა მიმდინარეობს გამოსხივებით, კატალიზური წვის გამომსხივებელ ზედაპირსა და ირგვლივ მყოფ ზედაპირებს შორის. ამ გამომსხივებლებს გაზის სანთურასაც უწოდებენ და მათი ზედაპირი დამზადებულია კატალიზური წვის მიკროფოროვანი კერამიკისგან.

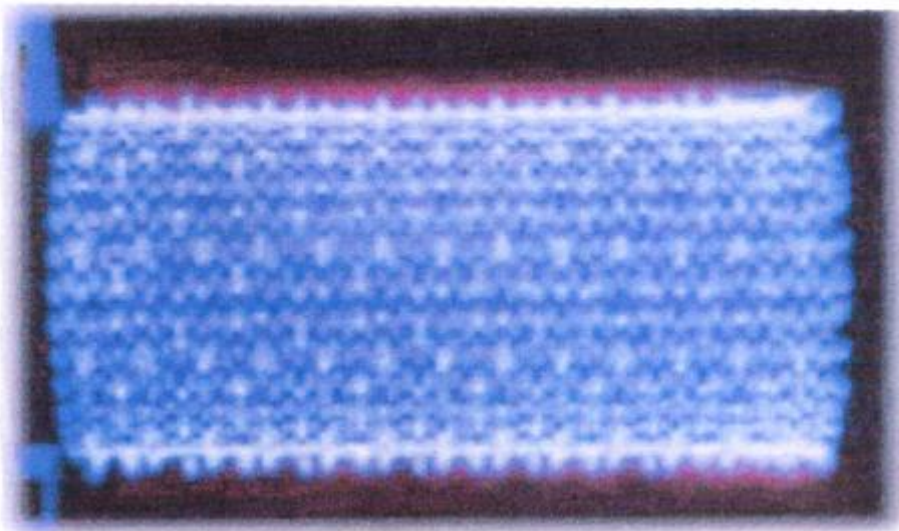
როგორც ცნობილია, გაზის წვის შედეგად გამოყოფილ ნამწვ გაზებში მავნეობის უმეტეს ნაწილს შეადგენს აზოტის ჟანგეულები NO და NO₂, რომელთაც ზოგადად NOx-ით აღნიშნავენ, მათი ფორმირება ხდება მაღალ, 1300°C და მეტ ტემპერატურაზე. NOx-ის ემისიის შემცირების ერთ-ერთი რეალური გზაა გაზის დაბალ ტემპერატურაზე წვის უზრუნველყოფა. ასეთ წვას დაბალტემპერატურული კატალიზური წვა ეწოდება. ასეთი წვა მიიღწევა წინასწარ მომზადებული გაზ-ჰაერის ნარევის დაწვით ფოროვან ან ბოჭკოვან ზედაპირზე. კატალიზური წვის ხელსაწყოებში ლითონის ბოჭკოს გამოყენება ქმნის სათბობის ნაკადის დანაწილების

ეფექტს და უზრუნველყოფს მიკროჩირაღდნულ წვას და NOx-ის შემცირებას. ლითონბოჭკოვანი სანთურები მოდულირებადია, რის გამოც სიმძლავრის მიხედვით NOx -ის ემისიის სიდიდე 15-დან 40 ppm-მდე მატულობს. კატალიზური წვის სანთურის ზედაპირზე ალს აქვს ნახ.2.28 წარმოდგენილი სახე.

ა.



ბ.



ნახ.2.28 ალის სახე კატალიზური სანთურის წვის ზედაპირზე

ა. მინიმალური სიმძლავრის შემთხვევაში;

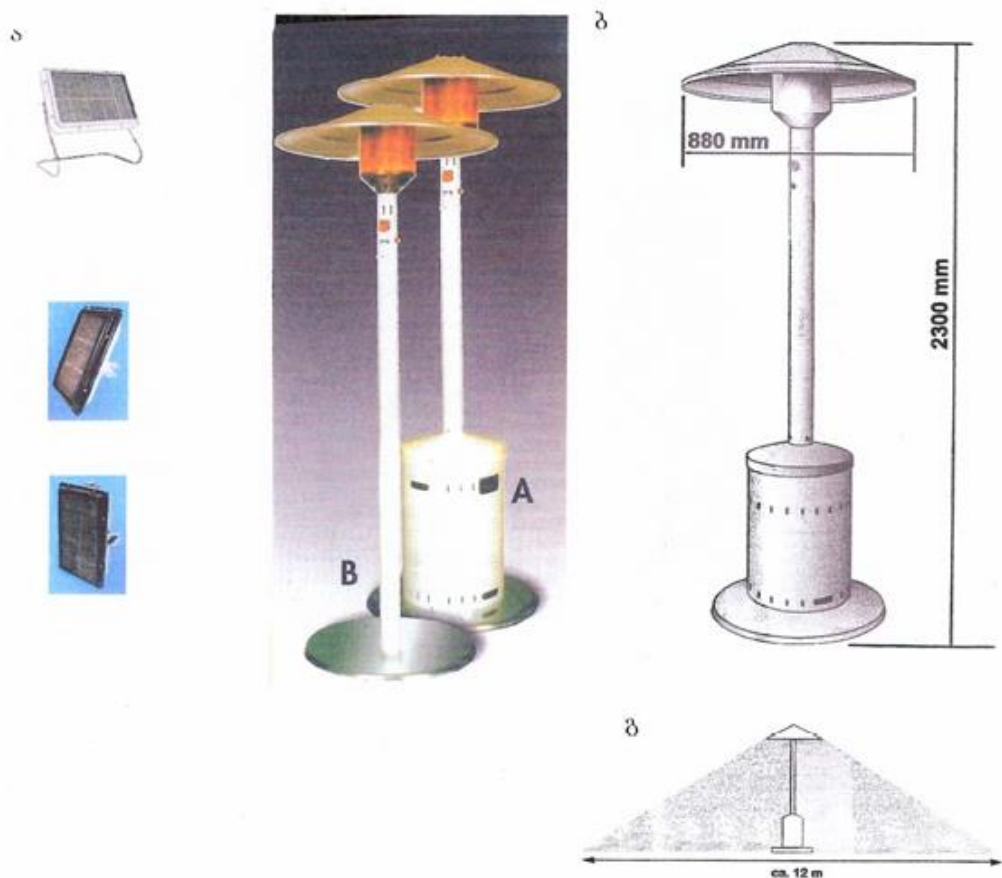
ბ. მაქსიმალური სიმძლავრის შემთხვევაში

კატალიზური წვა მიმდინარეობს მაქსიმუმ 950°C ტემპერატურაზე, რაც NOx-ის წარმოქმნას გამორიცხავს.

კატალიზური წვის გაზის გამომსხივებლების გამოყენების სფერო დიდია. ეს ხელსაწყოები გამოიყენება სხვადასხვა ტიპის შენობების კარებსა და ჭიშკრებში

სითბური დაცვის მიზნით, საჰაერო-სითბური ფარდის ნაცვლად, საწყობებში, სახელოსნოებში, ავტოსადგომებში, გარაჟებში, სპორტულ დარბაზებში, ბაზრებში, ინდივიდუალურ საცხოვრებელ სახლებსა და კოტეჯებში, ღია მოედნებზე და სხვ.

კატალიზური წვის ინფრაწითელი გამომსხივებლები ნაჩვენებია ნახ.2.29 კატალიზური წვის ხელსაწყოები მზადდება 2 - 10 კვტ სიმძლავრის. ასეთი საწარმოების დადებით მხარეა მათი შედარებით დაბალი ფასი, უხმაურო მუშაობა და სითბური სიმძლავრის რეგულირების შესაძლებლობა.



ნახ. 2.29 გაზის კატალიზური წვის ინფრაწითელი გამომსხივებლები

ა. დაბალი, დასადგმელი; ბ. მაღალი, დასადგმელი; A. პროპანი, B. ბუნებრივი გაზი;

გ. სითბოს გავრცელების ზონა

2.9 თხევადი სათბობის ქვაბები

თხევადი სათბობისათვის გამოიყენება იგივე ქვაბები, როგორც გაზით გათბობის დროს. გაზით გათბობის ქვაბებში, სადაც გამოიყენება შემზერი სანთურა, თუ გაზის სანთურას შევცვლით ანალოგიური თხევადი სათბობის (დიზელი, სოლარის ზეთი, მაზუთი, ნამუშევარი ზეთი) სანთურით, მივიღებთ თხევადი სათბობის ქვაბს. გარდა ცალკე-ცალკე გაზზე ან თხევად სათბობზე მომუშავე სანთურებისა, შეიძლება გვქონდეს ერთ- ან 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 მქოეფიციენტი 104%-მდეა, ტრადიციული ქვაბებისა კი – 95%-მდე.

თხევად სათბობზე მომუშავე ქვაბების კონსტრუქციები ისეთივეა, როგორც გაზის ქვაბებისა და იგი განხილულია გაზის ქვაბების ნაწილში.

2.10 მყარი სათბობის ქვაბები

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

კონსტრუქციის მიხედვით მყარი სათბობის ქვაბები სხვა-დასხვაგვარია და მათი კლასიფიკაცია შემდეგი პარამეტრებით ხდება:

1. მყარი სათბობის სახეობის მიხედვით

- შეშის, ბრიკეტის 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 ენერგიის გადაცემის მიხედვით

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

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

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

ხანგრძლივი წვის ქვებში დამუშავებულია წვის ისეთი ინოვაციური მეთოდი, რომელიც საშუალებას გვაძლევს, ნახშირის ერთი ჩატვირთვით ქვაბი ვამუშაოთ შვიდი დღე. ეს ქვები არის ავტომატიზირებული და ენერგოდამოუკიდებელი.

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

2.11 პიროლიზური (გაზგენერატორული) ქვაბები

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

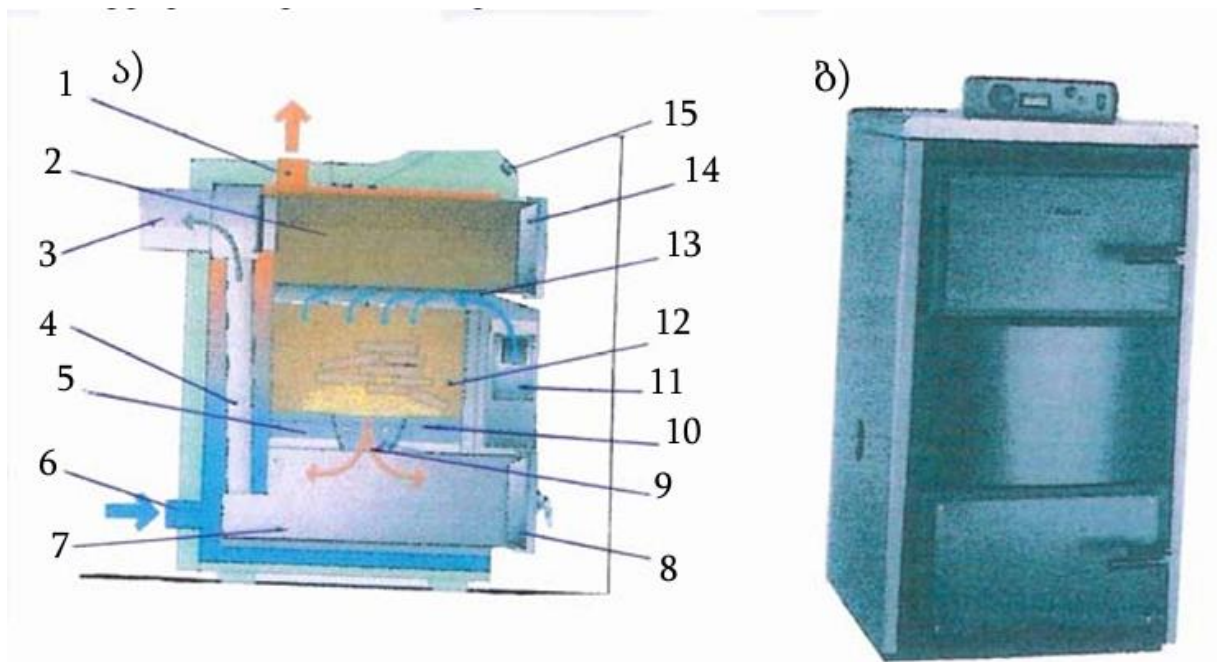
პიროლიზი (ბერძნ. *pyr* - ცეცხლი, *lysis* - დაშლა) არის მშრალი ხე-ტყის თერმული დაშლის პროცესი, რომელიც მიმდინარეობს მაღალ ტემპერატურაზე, ჰაერის ნაკლებობით. ამ დროს სათბობი აქროლად ნაწილად, რომელსაც პიროლიზის გაზი ეწოდება და მყარ ნარჩენად (ხის ნახშირი, კოქსი) იშლება. ხე-ტყის პიროლიზი მიმდინარეობს 200 - 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 ენერგიის 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 ნარევია. პიროლიზური წვისას წარმოიქმნება მინიმალური რაოდენობის

ჰვარტლი 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 ენერგია.

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

პიროლიზური ქვაბის პრინციპული სქემა და ზოგადი სახე ნაჩვენებია ნახ.230.



ნახ.2.30 პიროლიზური ქვების პრინციპული სქემა (ა) და საერთო ხედი (ბ)

1 - გათბობის მიმწოდებელი მილი; 2 - კვამლსადენის დროსელი; 3 - ალიბჭე; 4 - კვამლსაბრუნნი არხი; 5 - მეორეული ჰაერის მისაწოდებელი არხი; 6 - გათბობის უკუმბილი; 7 - წვის კამერა; 8 - ქვედა კარი; 9 - სანთურა; 10 - წყლის თბოგადამცემი; 11 - ვენტილატორი; 12 - გაზი-ფიცირების 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 მაგაზიფიცირებული 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 ჭვარტლი, ნაცრის რაოდენობა კი მინიმალურია, ამიტომ ქვაბის გაწმენდა იშვიათადაა საჭირო. ქვაბის მუშაობის ხანგრძლივობა ერთი ჩატვირთვისას შეადგენს 6-12 სთ შეადგენს.

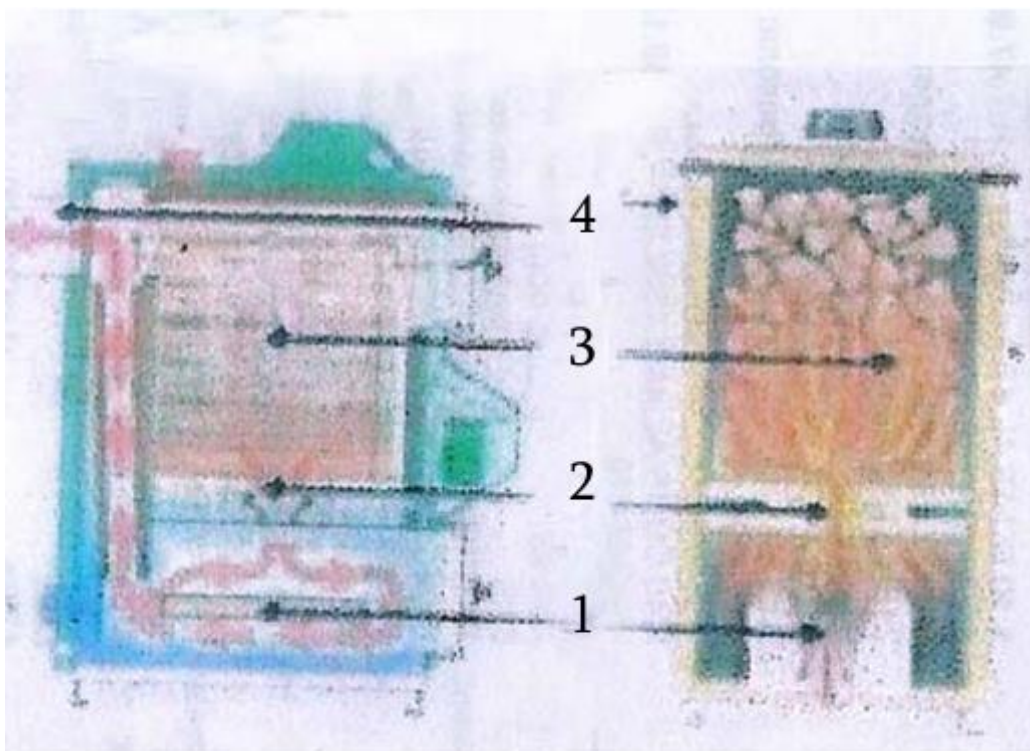
პიროლიზური ქვაბის მუშაობა რამდენიმე ეტაპად მიმდინარეობს (ნახ. 31):

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. 2.31 პიროლიზური ქვების მუშაობის ეტაპები

პიროლიზური წვის ქვების სამუშაო პროცესის მახასიათებლები:

პიროლიზური და მყარსატობიანი ქვები მუშაობს რამ-დენიმეჯერ უფრო ეკონომიურად, ვიდრე ნებისმიერი სხვა გაზგენერატორული ქვაბი, მათ შორის პირდაპირი წვის ქვები;

არ არის საჭირო ქვების მუშაობის მუდმივი რეგულირება. თბომატარებლის (წყლის) ტემპერატურა სტაბილურია, ± 3 ;

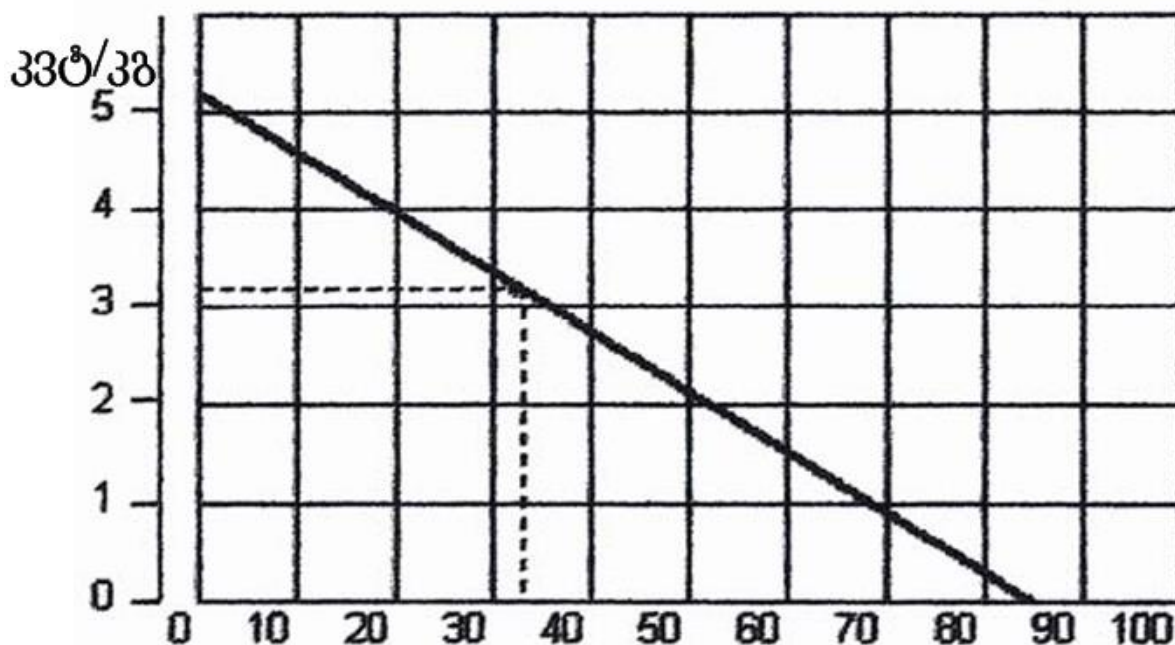
სწრაფად გადადის ეფექტური მუშაობის რეჟიმზე (ქვაბიდან გამოსვლისას ტემპერატურა 60 - 90°C-ია) როგორც ბუნებრივი, ასევე იძულებითი ცირკულაციის სისტემებში;

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

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

საჭირო არ არის ნარჩენებისგან ხშირი გაწმენდა. სატობი იწვის თითქმის უნაცროდ. წვის შემდეგ ნაცრის არარსებობა და კვამლსადენიდან გამოსული გამჭვირვალე ნათელი კვამლი მოწმობს სატობის 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. 2.32 სათბობის მქ კოეფიციენტის დამოკიდებულება ხის წყლის შემცველობაზე

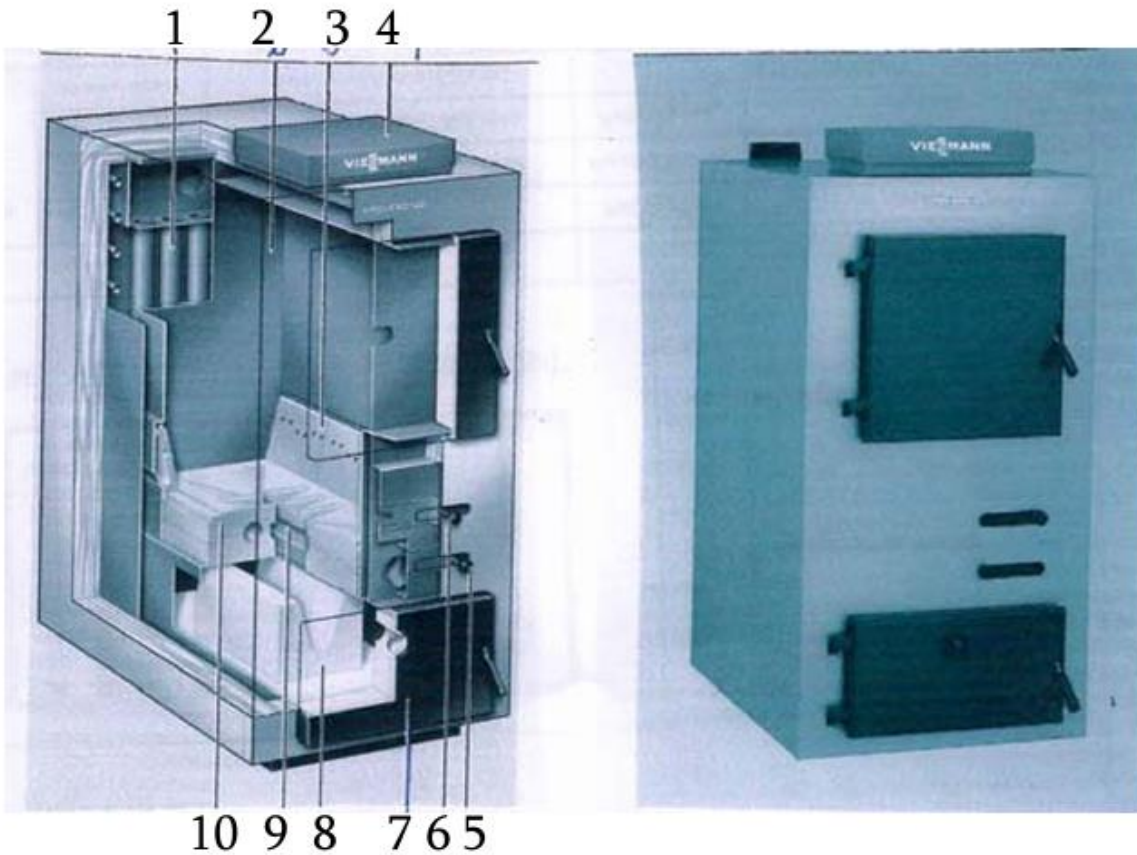
პიროლიზური ქვაბებისათვის რეკომენდებულია რაც შეიძლება მშრალი სათბობი. ამ დროს უზრუნველყოფილია ქვაბის მაქსიმალური სიმძლავრე და მისი მუშაობის ხანგრძლივობა.

სათბობის მქ კოეფიციენტის დამოკიდებულება წყლის შემცველობაზე ნაჩვენებია ნახ.2.32. როგორც ნახაზიდან ჩანს, ხეში წყლის 12-20% შემცველობისას მისი თბოუნარიანობა 4 კკტ.სთ /კგ-ია. ხეში წყლის რაოდენობის 50%-მდე გაზრდით მისი თბოუნარიანობა ორჯერ მცირდება და იგი 2 კკტ.სთ/კგ-ის ტოლია.

პიროლიზურ ქვაბებს მრავალი ფირმა ამზადებს, ამიტომ, ბუნებრივია, მათი კონსტრუქციები ერთმანეთისგან განსხვავდება. მთავარი მოთხოვნა, რაც ამ ქვაბებს წაეყენება ისაა, რომ ჰქონდეს მაღალი მქ კოეფიციენტი და გამონაბოლქვში მავნე მინარევები დაყვანილ იქნეს მინიმუმამდე. ნახ.33 წარმოადგენილია გერმანული ფირმა ფისმანის მიერ გამოშვებული მყარი სათბობის ქვაბი.

ა)

ბ)



ნახ. 2.33 ფირმა ფისმანის მიერ დამუშავებული შეშის პილორიზური ქვების ტექნოლოგიური
სქემა (ა) და საერთო სახე (ბ)

1 - თბოგადამცემი მილთა კონით; 2 - დიდი ზომის კამერა 50 სმ სიგრძის ნაპოებისთვის; 3 - გვერდითი ბლოკები პირველადი ჰაერის ღიობებით; 4 - მართვის ბლოკი; 5 - მეორეული ჰაერის საფარი; 6 - პირველადი ჰაერის საფარი; 7 - ნაცრის საწმენდი და მოსაშორებელი ხვრელი; 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, როგორიცაა 50 სმ-მდე სიგრძის დაპოხილი 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 მიმდინარეობს თბური დატვირთვის ოპტიმალური უზრუნველყოფის შესაძლებლობას იძლევა. ქვაბის ასეთი შესაძლებლობები უზრუნველყოფს მაღალ (92%-მდე) მქოვეციენტს მცირე გამონახოლქვით. ქვაბს აქვს დიდი ზომის ჩასატვირთი სივრცე, რაც

უზრუნველყოფს სათბობის ხანგრძლივ წვას, დაახლოებით 12 სთ-მდე. ქვას არ ესაჭიროება ხშირი მექანიკური წმენდა, მაგ., ნაცრის მოცილება ორ კვირაში ერთხელ. მომსახურება მარტივია ქვების კონტურის ციფრული პროგრამული მართვის მოწყობილობით, აგრეთვე, უწყისივრობების თვითდიაგნოსტიკისა და ინდიკაციის სისტემით. ქვაბი შეიძლება ჩაირთოს გათბობის სისტემაში წყლის ტემპერატურით – მიწოდებაზე 95°C, ხოლო უკუმიღზე – 60°C (უკუმაგისტრალის დასაშვები მინიმალური ტემპერატურა 45°C). გამონაბოლქვ გაზებში CO₂-ის რაოდენობა 13%-მდეა. სათბობის ტენიანობა 30%-ს არ უნდა აღემატებოდეს. ქვაბი ეკოლოგიურად სუფთაა. დაუშვებელია ქვაბში გოგირდშემცველი 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 ქვების თბოგადამცემ ზედაპირებზე ნამწვი გაზების კონდენსაცია, რაც მათ კოროზიას გამოიწვევს.

2.12 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 ქვების კარგად განვითარებულ მრავალსვლიან 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 ქვების მაღალ მქ კოეფიციენტს, შედარებით სხვა სახის მყარ სათბობიან ქვაბებთან. ამ გარემოების გამო, ეფექტურობის მიხედვით, პელეტური ქვაბები შეიძლება გაზის ქვაბებს შევადაროთ.

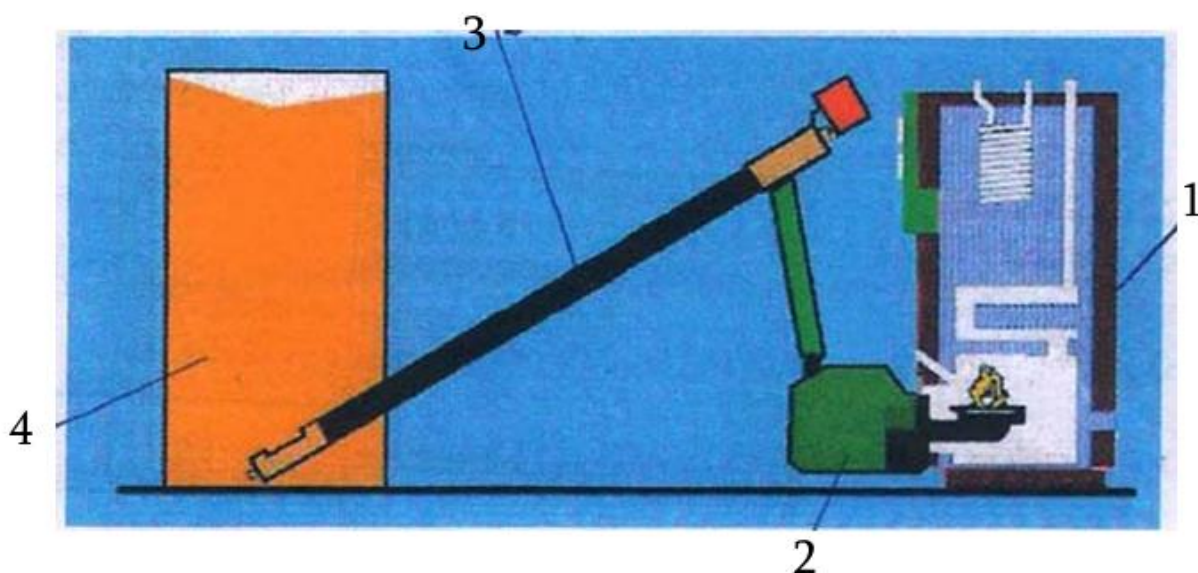
პელეტური ქვაბები გათბობის მოწყობილობების შედარებით ახალი სახეა, რომელიც ბოლო ხანს ევროპაში ძალიან პოპულარული გახდა მისი ბევრი უპირატესობის გამო: ცენტრალური სითბური წყაროებისგან დამოუკიდებლობა, ეკოლოგიური სისუფთავე, ავტომატიზაციის მაქსიმალური შესაძლებლობა და ეკონომიურობა. ამ ქვაბების მუშაობის ხანგრძლივობა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

სათბობის მიწოდება ბუნკერიდან ავტომატურად ხორციელდება, რის გამო ქვაბი ადამიანის ჩარევის გარეშე მუშაობს. თუ ბუნკერში არის პელეტების სათანადო რაოდენობა, ქვას 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 მეტ) და მეტი სიმაღლის 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 მე 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.2.34) კომპლექტში შედის სპეციალური მყარი სათბობის სანთურა, რომელიც უზრუნველყოფს პელეტების დაწვას, სათბობი გრანულების (პელეტების) ჩასაყრელი ბუნკერი და პელეტების მისაწოდებელი მოწყობილობა (შნეკი).



ნახ. 2.34 პელეტური ქვაბის მუშაობის გამარტივებული სქემა 1 - პელეტური ქვაბი; 2 - პელეტური სანთურა; 3. პელეტების მიმწოდებელი მოწყობილობა (შნეკი); 4 - პელეტების ბუნკერი.

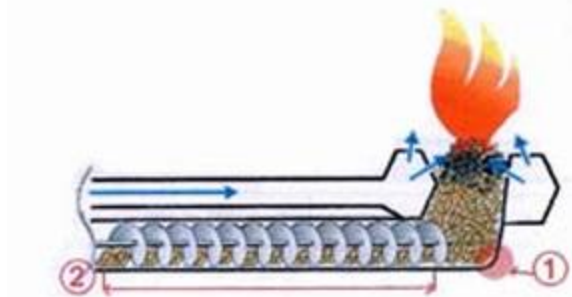
2.13 პელეტის სანთურები

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. ნახ.2.35 წარმოდგენილია პელეტური სანთურის სახეები.

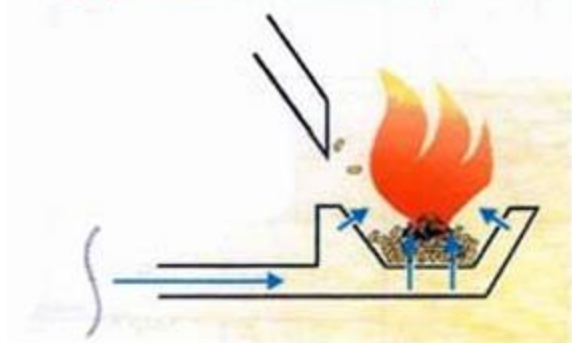
ა)



ბ)



გ)

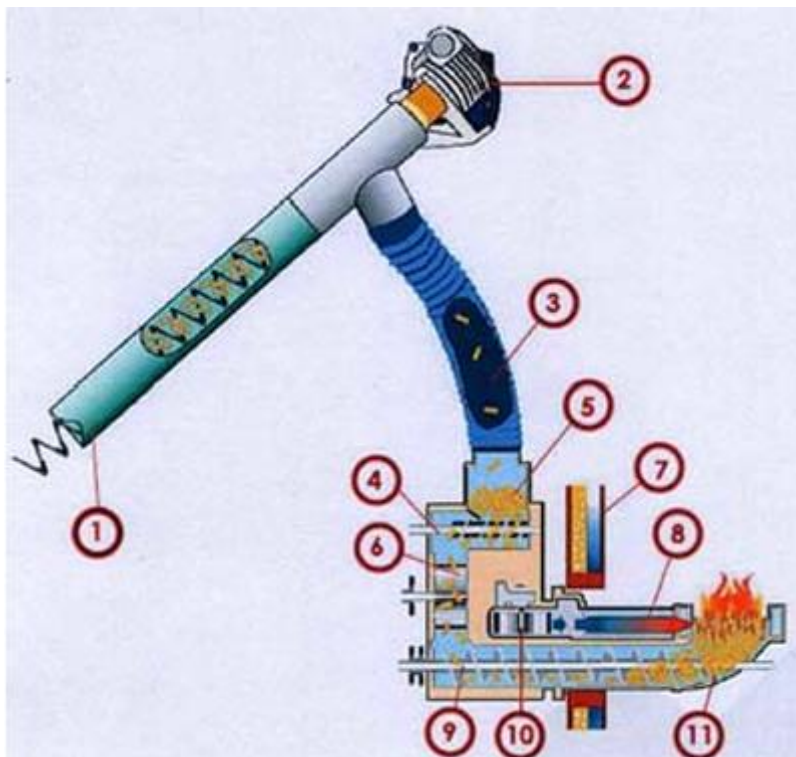


ნახ. 2.35 პელეტური სანთურის სახეები: ა - ჩირაღდნული; ბ - მოცულობითი წვის; გ - ბუხრის ან ღუმლის.

ჩირაღდნული პელეტური სანთურა თავდაპირველად გამოიყენებოდა მარცვლის დასაწვავად. ასეთი სანთურის მთავარი უპირატესობა მისი კომპაქტური ზომებია, 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 ნახ-2.36.



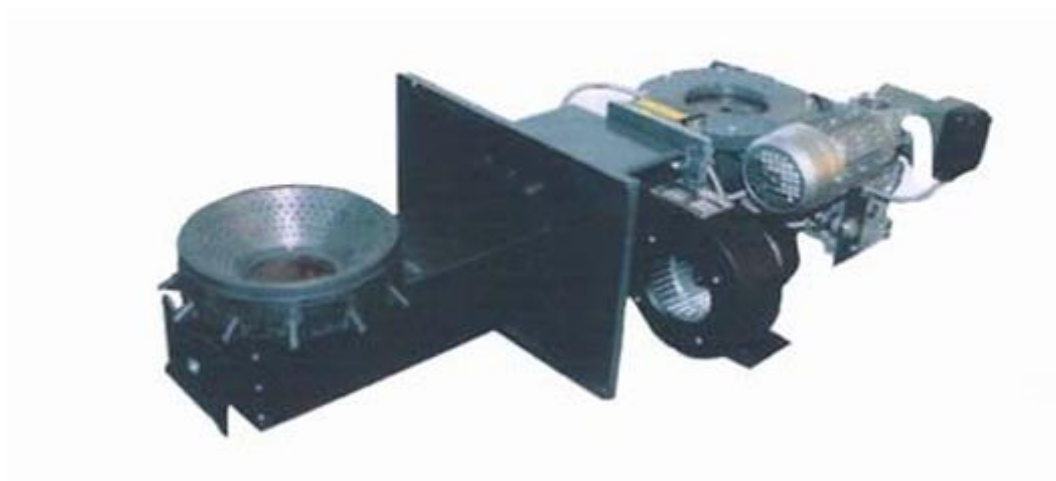
ნახ. 2.36 პელეტური სანთურის ტექნოლოგიური სქემა

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

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)

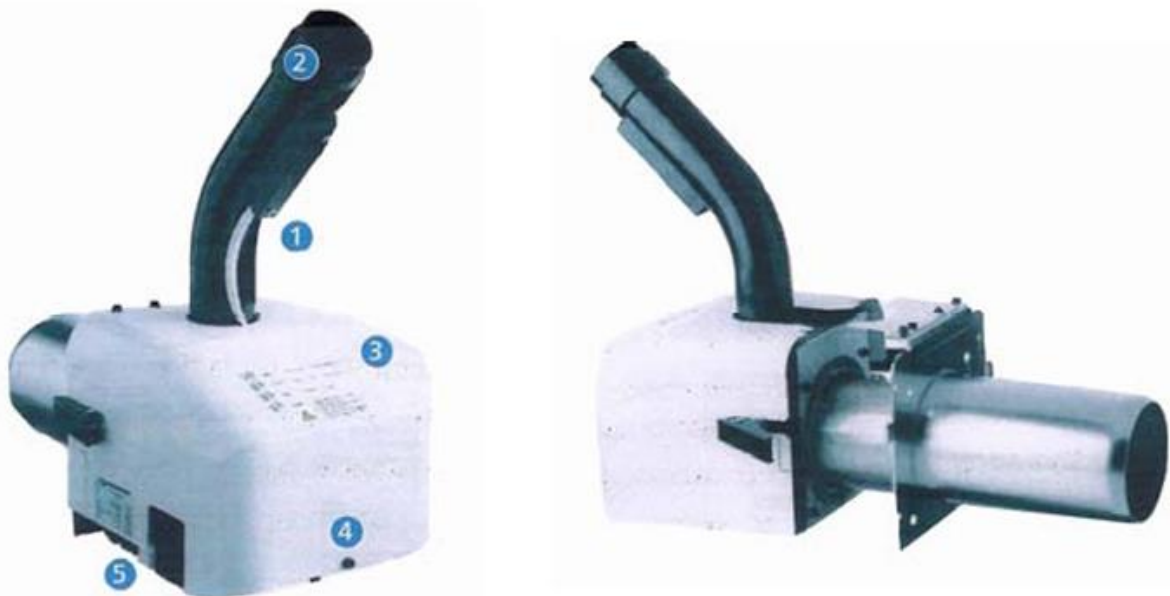


ნახ. 2.37 მოცულობითი წვის ავტომატური პელეტური სანთურის საერთო ხედი (ა) და ტექნოლოგიური სქემატური ჭრილი (ბ)

ნახ.2.37 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, ქვების 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. 2.38 პელეტური 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 ნახ.2.38 მოცემული.

2.14 პელეტური ქვაბების კონსტრუქციები

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

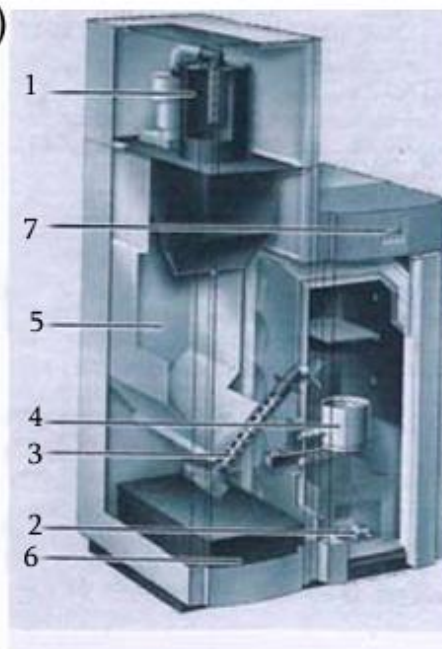
ნახ.2.39 ნაჩვენებია ფირმა ფისმანის მიერ დამუშავებული პელეტური ქვაბის საერთო ხედი და ფუნქციური ტექნოლოგიური სქემა.

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 მქ კოეფიციენტი 95%-ია. ქვაბები მუშაობს გათბობის სისტემის დაბალ ტემპერატურულ ($75-60^{\circ}\text{C}$) რეჟიმში. მიმწოდებელ მილში დასაშვები ტემპერატურა $95-60^{\circ}\text{C}$ -ია, ხოლო უკუმბლის მინიმალური ტემპერატურა – 20°C . ნამწვ პროდუქტებში CO_2 -ის რაოდენობა 12%-ია. კომპაქტურობის გამო, ქვაბი იკავებს მინიმალურ ფართობს (0,6 მ²). 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.

ა)



ბ)

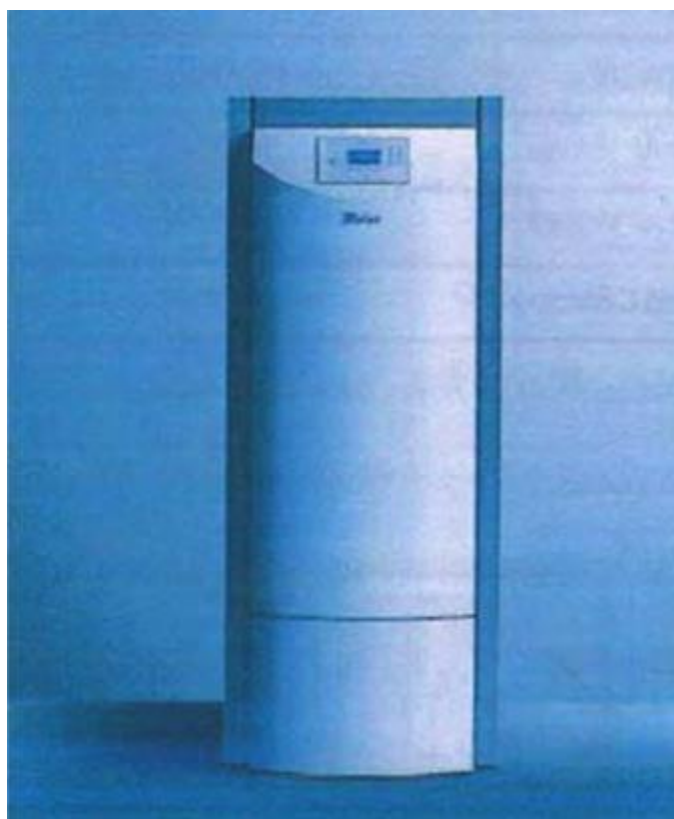


ნახ. 2.39 პელეტური ქვაბის საერთო ხედი (ა) და ფუნქციურ-ტექნოლოგიური სქემა (ბ)

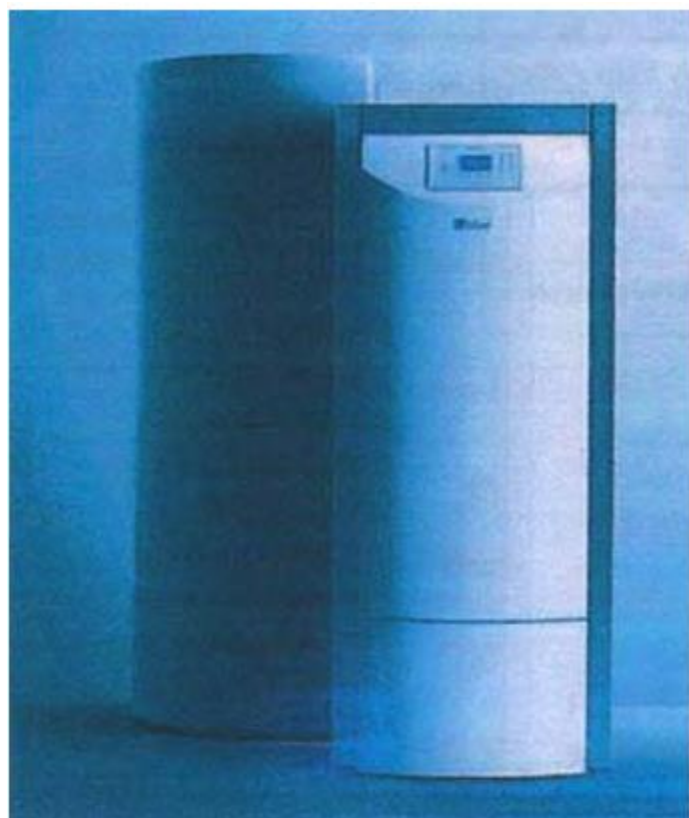
1- პელეტების მიწოდების ავტომატური სისტემა; 2 - ნაცრის მოშორების ავტომატური მოწყობილობა; 3 - სათბობის რაოდენობის ზუსტი, შნეკური დოზატორი; 4 - მაღალი ხარისხის ცეცხლმდეგი, უჟანგავი ფოლადის სანთურის გარსაცემი; 5 - პელეტების რეზერვუარი (250 ლ); 6 - ნაცრის ავზი; 7 - მართვის პულტი.

ქვაბი ავტომატურად ჩაირთვება, როდესაც კონტროლერი მიაწვდის თბოგენერაციის დაწყების სიგნალს. წინასწარი გაქრევის შემდეგ ირთვება ამნთები მოწყობილობა და პელეტების მადო-
ზირებელი 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.

ა)



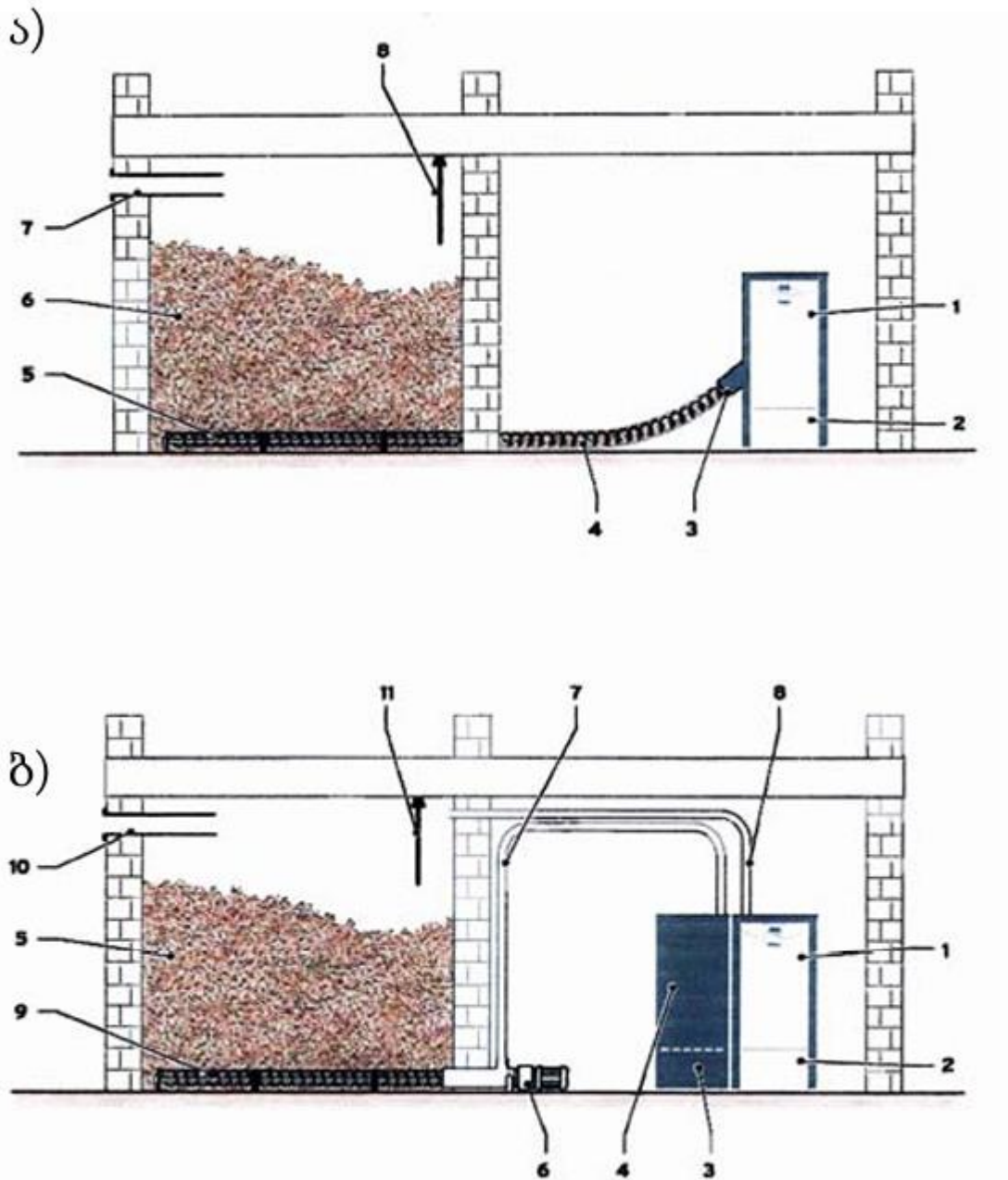
ბ)



ნახ. 2.40 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 ნახ.2.40. 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, როგორიცაა 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 ნახ.2.41. 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. 2.41 ბუნკერიდან ქვაბში სათბობის მიწოდების სქემები

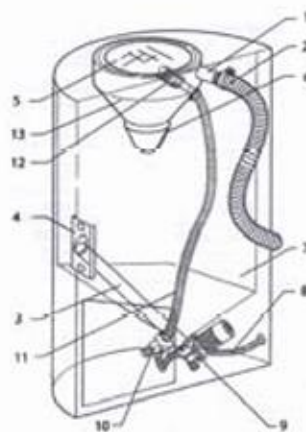
ა. მოქნილი შნევის მეშვეობით: 1 - პელეტურის ქვაბი; 2 - ნაცრის ჩასაყრელი მოცულობა; 3 - გადაცემის ნაცმი და ამძრავი; 4 - მოქნილი შნეკური მიწოდება; 5 - პელეტური ქვაბი; 2 ნაცრის ჩასაყრელი მოცულობა; 3-6 - პელეტების საცავი (ბუნკერი); 7 - საცავის შემვსები ღიობი; 8 - საიზოლაციო საგები;

ბ. შემწოვი ვენტილატორის მეშვეობით: 1 - პელეტური ქვაბი; 2 - ნაცრის ჩასაყრელი მოცულობა; 3 - შემწოვი ტურბინა; 4 - შუალედური საცავი; 5 - პელეტების საცავი; 6 - პელეტების ასარჩევი

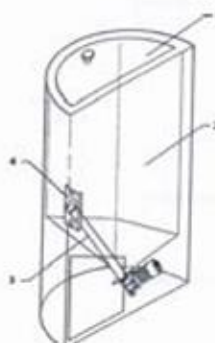
ნაცმი; 7 - შემწოვი მოქნილი არხი; 8 - ჰაერის უკუმიყვანა; 9 - შნეკური მიწოდება; 10 - პელეტების საცავის შესავსები მილყელი; 11 - საიზოლაციო საგები

იმ შემთხვევაში, როდესაც არა გვაქვს სათბობის შესანახი სათავსი, მიზანშეწონილია გამოვიყენოთ პელეტური ქვაბი ჩაშენებული რეზერვუარით (ნახ. 2.42ბ). რეზერვუარის ფუნქციური სქემები მოცემულია ნახ.2.42. 2.42 ა ნახ-ზე ნაჩვენებია სათბობის მიწოდების სქემა შუალედური საცავიდან ქვაბში, ხოლო თვით შუალედური საცავი სათბობით ძირითადი საცავიდან იკვებება, რ ძირითადი საცავიდან სათბობი შუალედურ საცავს მიეწოდება მილყელის (4) საშუალებით. ნახ.2.42 ნაჩვენებია უშუალოდ ქვაბში ჩაშენებული რეზერვუარის ფუნქციური სქემა. ამ რეზერვუარის მოცულობა 300 ლ-ია.

ა)



ბ)



ნახ. 2.42 სათბობის რეზერვუარის ფუნქციური სქემები

ა. სათბობის მიწოდება შემწოვი ვენტილატორის 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 უკუმიერთებისათვის; 9 - მიმწოდებელი შნეკის ძრავა; 10 - შემწოვი ტურბინა; 11 - ჰაერის შესაწოვი შლანგი; 12 - ფილტრი; 13 - ციკლონი (ვენტილატორი).

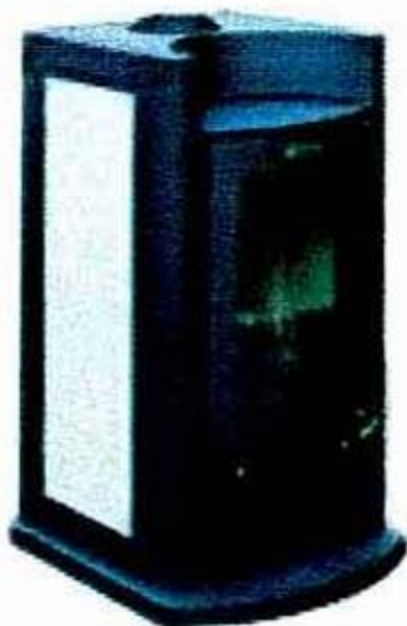
ბ. სათბობის მიწოდება ქვაბში ჩაშენებული რეზერვუარიდან: 1 - პელეტების ხელით ჩასაყრელი ხუფი; 2 - შუალედური საცავი; 3 - შნეკური მიწოდება; 4 - მილტუჩა შეერთება

2.15 ადგილობრივი გათბობის მოწყობილობები

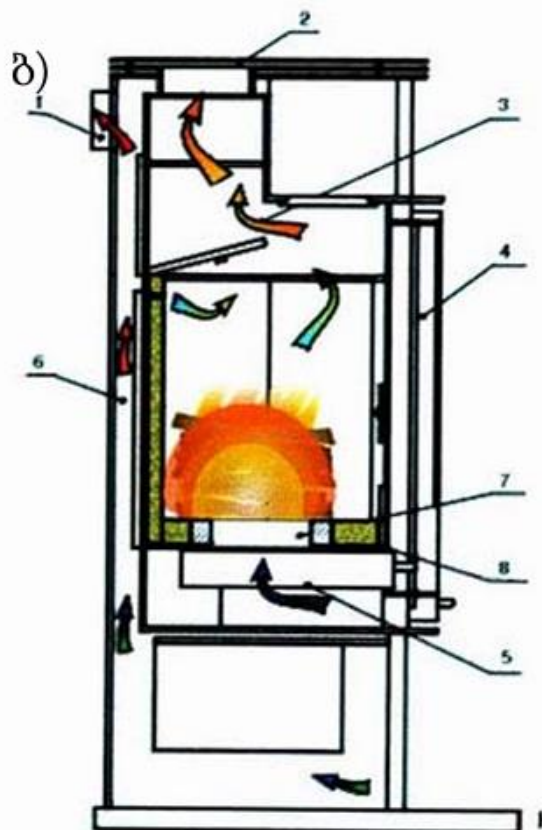
ზემოთ განხილული ყველა დანადგარი განკუთვნილია ცენტრალური გათბობის სისტემებისათვის. ადგილობრივი გათბობისას გამოიყენება კონვექტორები, ღუმლები, ბუხრები და სხვა ხელსაწყოები. თხევადი სათბობით გათბობისას გამოიყენება კონვექტორები, ღუმლები და ჰაერსათბობები, რომელთა კოსტრუქციები ისეთივეა, როგორიც გაზით გათბობისას და რომელიც უკვე განვიხილეთ სახელმძღვანელოს წინა ნაწილში. მყარი სათბობით გათბობის შემთხვევაში ფართოდ გამოიყენება ღუმლები და ბუხრები. ეს ხელსაწყოები ამოგებულია ცეცხლ-გამძლე 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 ენერგიის ხარჯზე. თუ თბოტევად ღუმელს მივუერთებთ წყლით გათბობის სისტემას, ღუმლის კონსტრუქციაში წყლის პერანგის მოწყობის ხარჯზე, საგრძნობლად გაიზრდება მისი თბოგაცემა და, შესაბამისად, მქოვეფიციენტი. ასეთ ხელსაწყოებში ძირითადად გამოიყენება შეშა, ბრიკეტი და პელეტი. შესაბამისად, ღუმლები (ბუხრები) არის შეშის (ბრიკეტის) ან პელეტის.

ნახ.2.43 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)



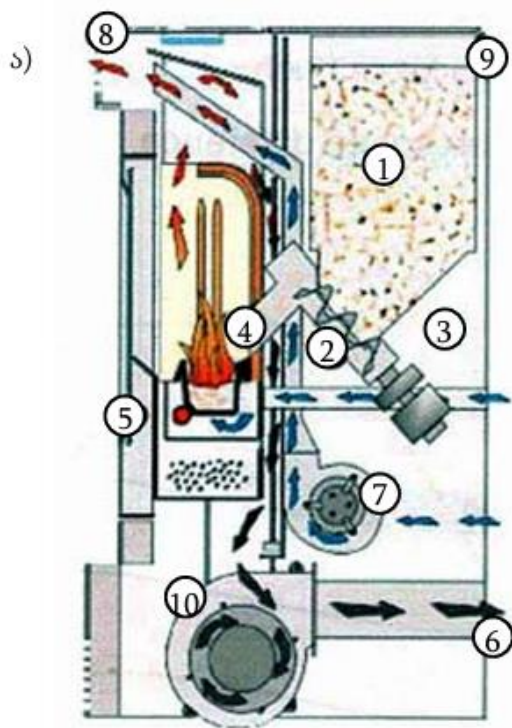
ბ)



ნახ. 2.43 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 - საწვავი; 6 - ცხელი ჰაერის ცირკულაცია; 7 - ცხურა; 8 - შამოტის ამონაგები

ნახ.2.44 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 ღუმლები აღჭურვილია მართვის ავტომატური სისტემით და მათი სიმძლავრე 12 კვტ-მდეა.



ბ)

ნახ. 2.44 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

თავი 3. ნამწვი პროდუქტების გარემოში გაყვანა

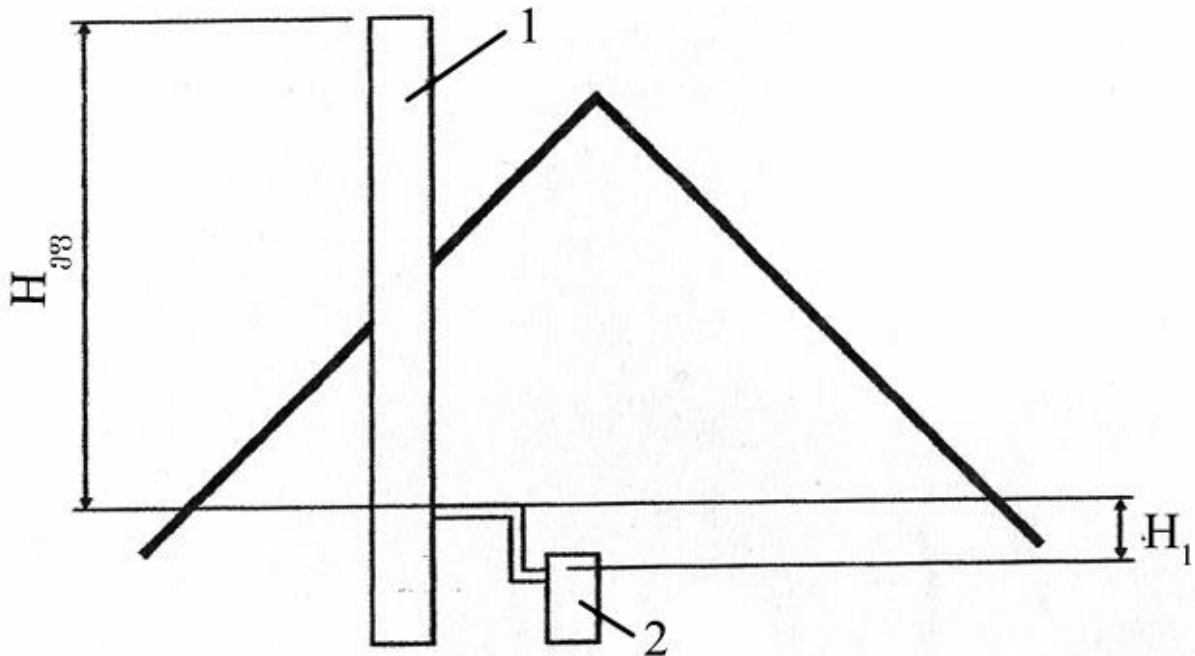
3.1 საკვამლე მილები

კვამლსადენების ანუ საკვამლე მილების დანიშნულებაა უზრუნველყოს საცეცხლურში წვის შედეგად წარმოქმნილი ნამწვი გაზების ატმოსფეროში მაქსიმალურად უვნებელი გაყვანა. კვამლსადენები ისე უნდა იქნეს მოწყობილი, რომ უზრუნველყოს გარემოში ნამწვი გაზების გაყვანა ექსპლუატაციის დროს, ყველა მოსალოდნელი რეჟიმის პირობებში და გამორიცხოს საცეცხლურში საშიში ჭარბი წნევის წარმოქმნა. კვამლსადენები მოიცავს როგორც უშუალოდ საკვამლე მილს, ასევე ქვების საკვამლე მილთან შემაერთებელ მონაკვეთებსაც. შემდგომში საკვამლე მილი გულისხმობს მთლიანად კვამლსადენ მილს. საკვამლე მილები ნორმების მიხედვით რამდენიმე ჯგუფად იყოფა. ეს დაყოფა ძირითადად ხდება მილის კედლის თერმული წინააღობის მიხედვით.

საკვამლე მილები მზადდება ფოლადისაგან, პლასტმასისაგან, აგურისაგან, ბეტონისა და სხვ. მილის მასალა შეირჩევა კონკრეტული თბოგენერატორის, სათბობის და მშენებლობის კლიმატური მონაცემების მიხედვით. საკვამლე მილის შერჩევისას ყურადღება ექცევა საკვამლე მილის მახასიათებელ ორ ძირითად სიდიდეს. ეს სიდიდეებია საკვამლე მილის ეფექტური სიმაღლე და მისი დიამეტრი. ამ ორი პარამეტრის სწორად შერჩევა უზრუნველყოფს საკვამლე მილში ნორმალური წვეის განვითარებას, რაც, თავის მხრივ, გავლენას ახდენს წვის პროცესზე და ატმოსფეროში წვის შედეგად წარმოქმნილი ნამწვი პროდუქტების გაყვანაზე.

საკვამლე მილის ეფექტური სიმაღლე ეწოდება მანძილს საკვამლე მილში ნამწვი პროდუქტების შესვლის ადგილიდან გამოსვლის ადგილამდე. აქედან გამომდინარე, გაზისებრ სათბობზე მომუშავე საცეცხლურების საკვამლე მილების მინიმალური ეფექტური სიმაღლე (ნახ.3.1) გამოითვლება ფორმულით:

$$H_{\text{eff}} = 4m \cdot (1,5 + H_1).$$

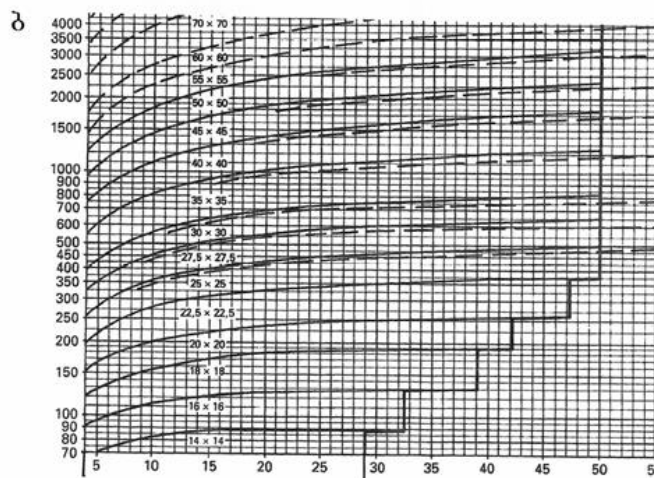
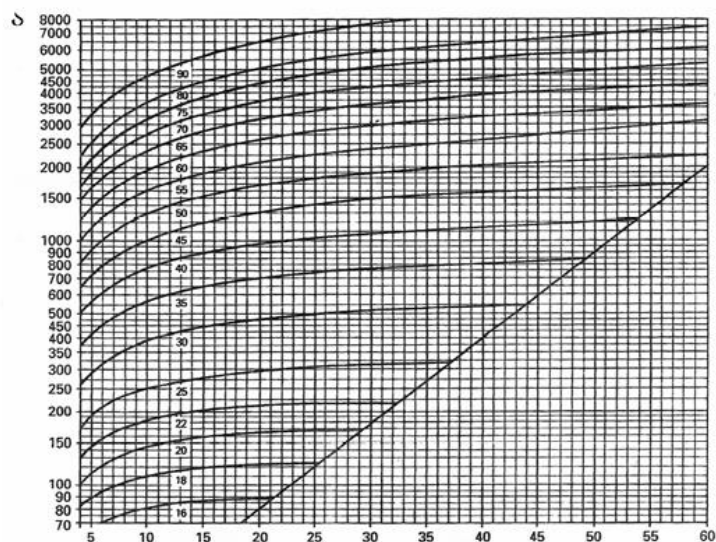


ნახ. 3.1 საკვამლე მილის ეფექტური სიმაღლე

1. საკვამლე მილი, 2. თბოგენერატორი, H_1 . ვერტიკალური მანძილი ნამწვი პროდუქტების გამოსვლის ადგილიდან საკვამლე მილთან მათი მიერთების ადგილამდე

საკვამლე მილის მაქსიმალური ეფექტური სიმაღლე 150 d-ს ტოლია, თუ მილი ერთყალიბიანია და 188d-ს ტოლი, თუ მილი რამდენიმე ყალიბიანია, სადაც d საკვამლე მილის დიამეტრია. საკვამლე მილის დიამეტრისა და ეფექტური სიმაღლის განსაზღვრა გრაფიკული მეთოდით წარმოებს.

ნახ.3.2 ნაჩვენებია შემბერსანთურიანი თბოგენერატორების საკვამლე მილის დიამეტრისა (d) და ეფექტური სიმაღლის (Hეფ) განმსაზღვრელი ნომოგრამა როგორც მრგვალი (ა), ასევე კვადრატული (ბ) მილებისათვის. თბოგენერატორების ნომინალური სითბური სიმძლავრის მიხედვით. შემბერსანთურიანი თბოგენერატორების საკვამლე მილის მინიმალური ეფექტური სიმაღლე ნებისმიერი თბური სიმძლავრისათვის აიღება არა უმცირეს 5 მეტრისა.



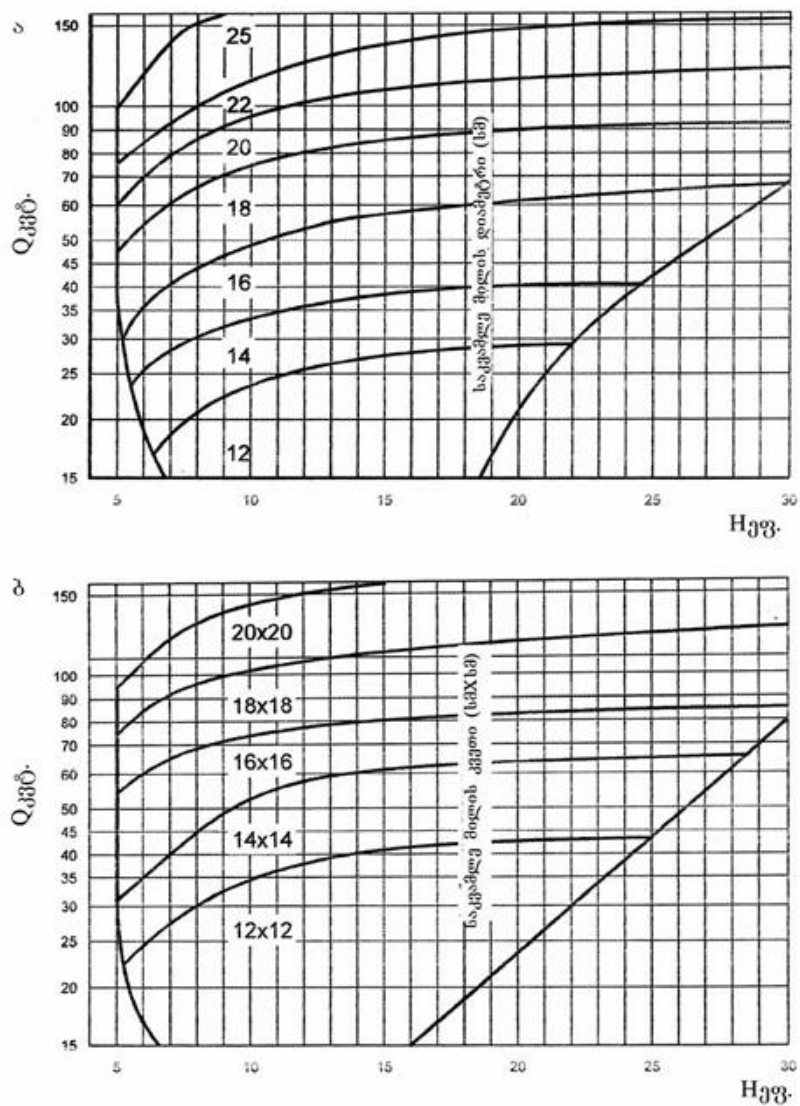
Hეფ.

ნახ. 3.2 შემბერსანთურიანი თბოგენერატორების საკვამლე მილის დიამეტრისა (d) და ეფექტური სიმაღლის (Hეფ) განსაზღვრის ნომოგრამა

ა. მრგვალი მილები; ბ. კვადრატული მილები

ატმოსფერული წვისსანთურიანი გაზის თბოგენერატორებისათვის საკვამლე მილის დიამეტრი (d) და ეფექტური სიმაღლე (H) განისაზღვრება ნახ.3.3 წარმოდგენილი ნომოგრამის მიხედვით. ასეთი სიმძლავრის თბოგენერატორები ძირითადად გამოიყენება საცხოვრებელი

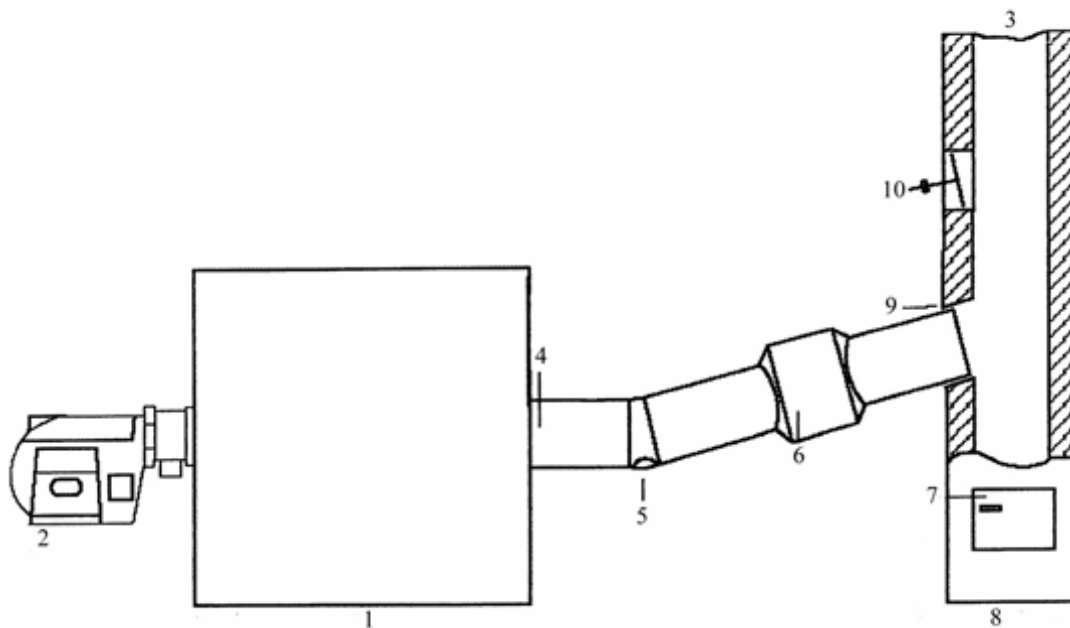
და დაბალი სიმძლავრის სამრეწველო თუ საზოგადოებრივ შენობებში. საკვამლე მილის მინიმალური ეფექტური სიმაღლე, როგორც წინა შემთხვევაში, 5 მეტრია.



ნახ. 3.3 ატმოსფერული წვისსანთურიანი თბოგენერატორების საკვამლე მილის დიამეტრისა (d) და ეფექტური სიმაღლის ($H_{\text{ეფ}}$) განსაზღვრის ნომოგრამა

ა. მრგვალი მილები; ბ. კვადრატული მილები

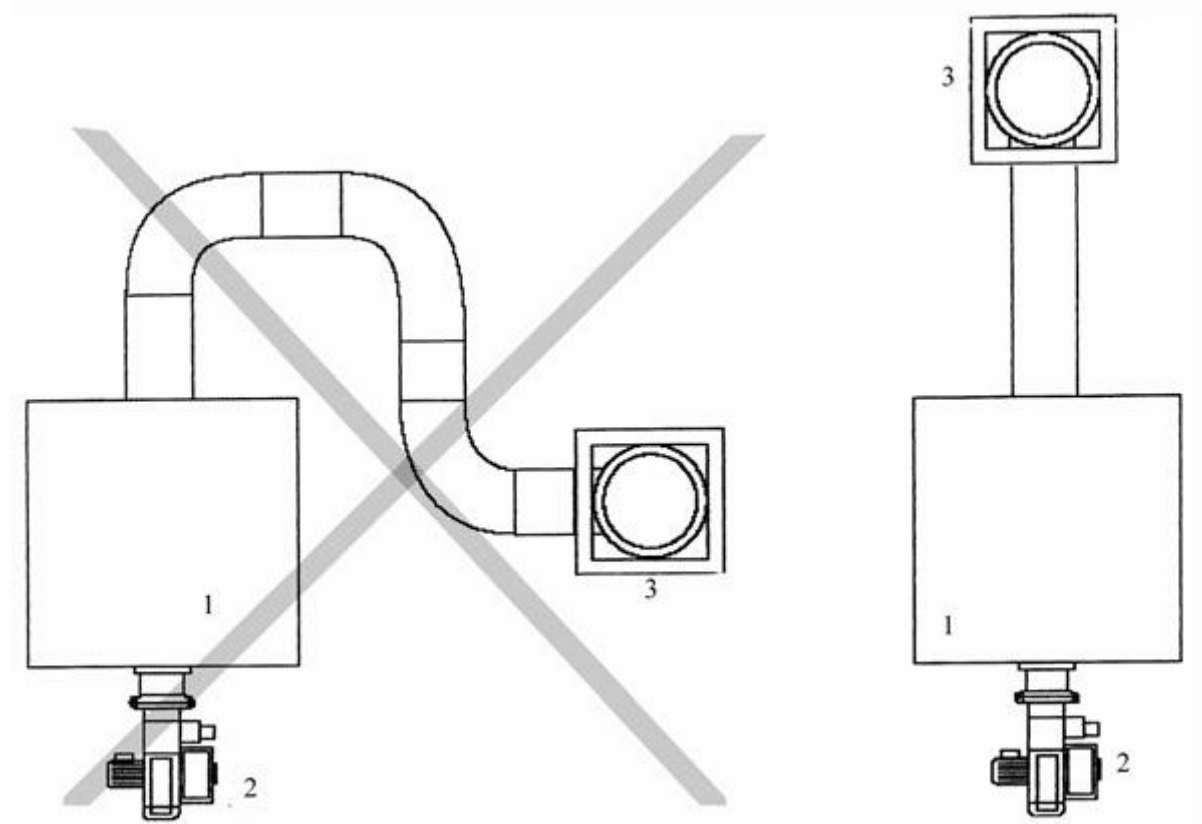
კვამლსადენები ისე უნდა მოეწყოს, რომ მასში გავლისას (თბოგენერატორიდან საკვამლე მილამდე) გვექონდეს ნაშვნი პროდუქტების წნევისა და სითბოს მინიმალური დანაკარგები. ამიტომ საკვამლე მილთან მაერთებელი მონაკვეთები უნდა იყოს შეძლებისდაგვარად მოკლე, აღმავალი დინებით საკვამლე მილისკენ, მოხვევის მინიმალური რაოდენობით (ნახ. 3.4).



ნახ. 3.4 საკვამლე მილთან ქვების მიერთება

1. თბოგენერატორი, 2. სანთურა, 3. საკვამლე მილი, 4. მილყელი, 5. მუხლი საწმენდი ხუფით, 6. ხმაურჩამხშობი, 7. სანაცრე (საჭვარტლე), 8. საკვამლე მილის ფუძე, 9. ქურო და შემჭიდროება, 10. გარე ჰაერის შესასვლელი

შემაერთებელი ელემენტების საერთო სიგრძე არ უნდა აღემატებოდეს საკვამლე მილის ეფექტური სიმაღლის (H_{ეფ}) 25%-ს. სითბური გაფართოების საკომპენსაციოდ გამოიყენება კომპენსატორები ან მცოცავი ქუროები. ვიბრომდგრადობის შენარჩუნების მიზნით უნდა ვეცადოთ მრგვალი კვეთის მაერთებელი ელემენტების გამოყენებას. ასეთი მცირე ზომის მონაკვეთებზე მილსადენის ჰიდრავლიკური ანგარიშის ჩატარება საჭირო არ არის. მაერთებელი ელემენტების კვეთი უნდა ავიღოთ თბოგენერატორის საკვამლე მილყელის ტოლი. უნდა ვეცადოთ, რომ შემცირდეს მუხლების რაოდენობა, რადგან ძირითადად ისინია საპაერო და კონსტრუქციული ხმაურის გამომწვევი. ნახ.3.5 ნაჩვენებია მაერთებელი ელემენტების საკვამლე მილთან სწორი და არასწორი მიერთების სქემები.

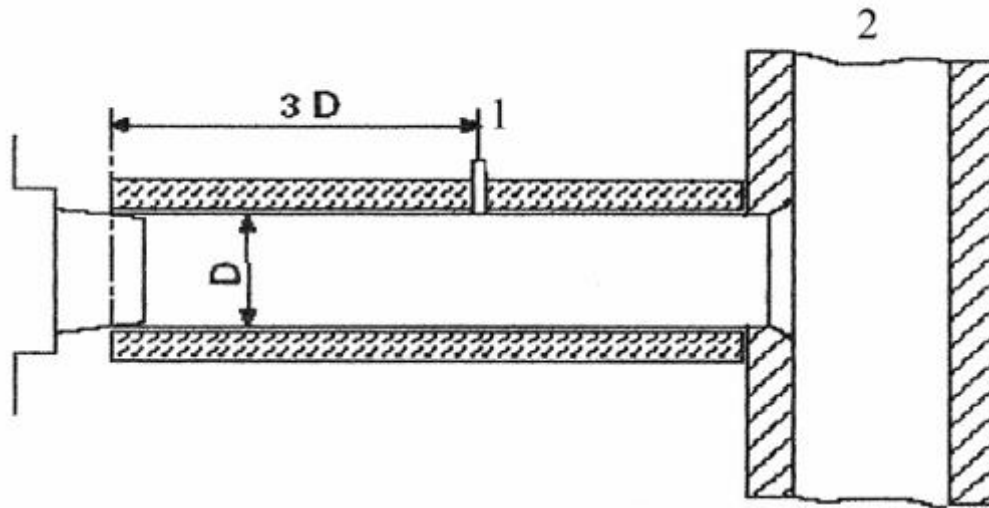


ნახ. 3.5 საკვამლე მილთან მართებული ელემენტების მიერთება

1. ქვაბი, 2. სანთურა, 3. საკვამლე მილი

საკონდენსაციო ქვაბებში უნდა გავითვალისწინოთ ის, რომ კონდენსატი შეუფერხებლად ჩამოედინებოდეს კვამლსადენის მთელ სიგრძეზე და შემდეგ სიფონის მეშვეობით მიუერთდეს კანალიზაციას. მისადგომ ადგილებზე უნდა გავითვალისწინოთ საწმენდი ხუფები.

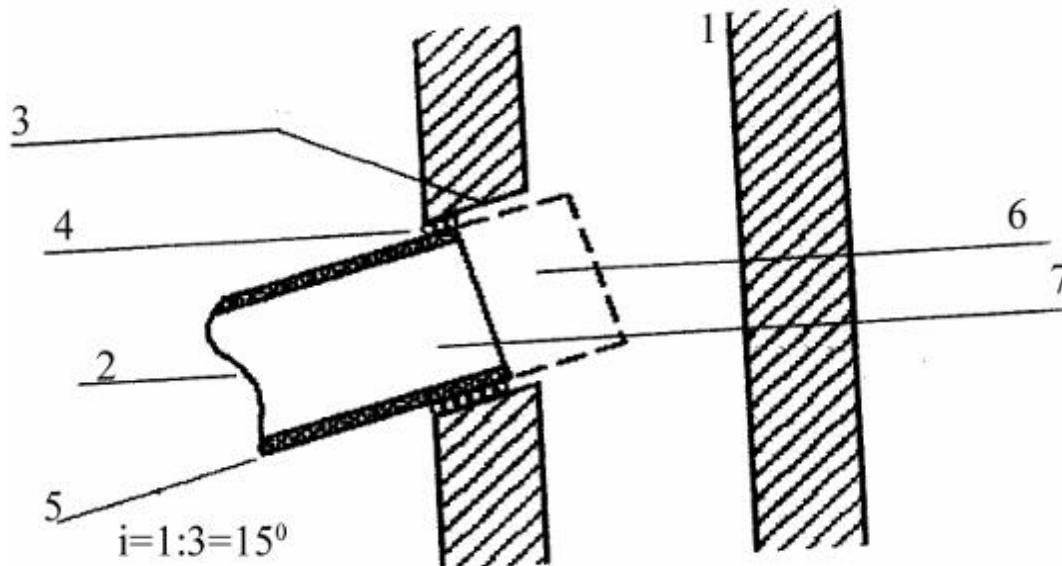
საკვამლე მილზე უნდა გავითვალისწინოთ ადგილი ნამწვი გაზების ტემპერატურის, შედგენილობის, წევის, ჭვარტლიანობის გასაზომად. ყველა ამ სიდიდის გაზომვა შეიძლება ერთი მილყელის საშუალებით (ნახ. 3.6).



ნახ. 3.6 საზომი მილყელის განლაგება

1. მილყელი, 2. საკვამლე მილი

თბოგენერატორის მუშაობისას ხმაური წარმოიქმნება. ეს ხმაური კონსტრუქციულია (კორპუსული), რომელიც იატაკის, ჭერის და კედლების გავლით გადაეცემა მომიჯნავე სათავსებს და აეროდინამიკური, რომელიც ჰაერსადენებით გადაეცემა მეზობელ სათავსებს, ხოლო საკვამლე მილით - ატმოსფეროს. ამ ხმაურის აღმოსაფხვრელად საჭიროა სპეციალური ღონისძიებების გატარება. ქვაბები უნდა დაიდგას ბგერათსაიზოლაციო ფუძეებზე, გაუკეთდეს ბგერათსაიზოლაციო შალითები და კვამლსადენზე მოეწყოს ხმაურჩამხშობი. აეროდინამიკური ხმაურის ჩახშობის მიზნით მაერთებელი ელემენტები საკვამლე მილში უნდა შევიდეს რაც შეიძლება ახლოს, საკვამლე მილის კედლის შიგა ზედაპირთან 150-იანი დახრის კუთხით (ნახ. 3.7) და არა საკვამლე მილის მუშა კვეთში.



ნახ. 3.7 კვამლსადენის საკვამლე მილთან მიერთების კვანძი

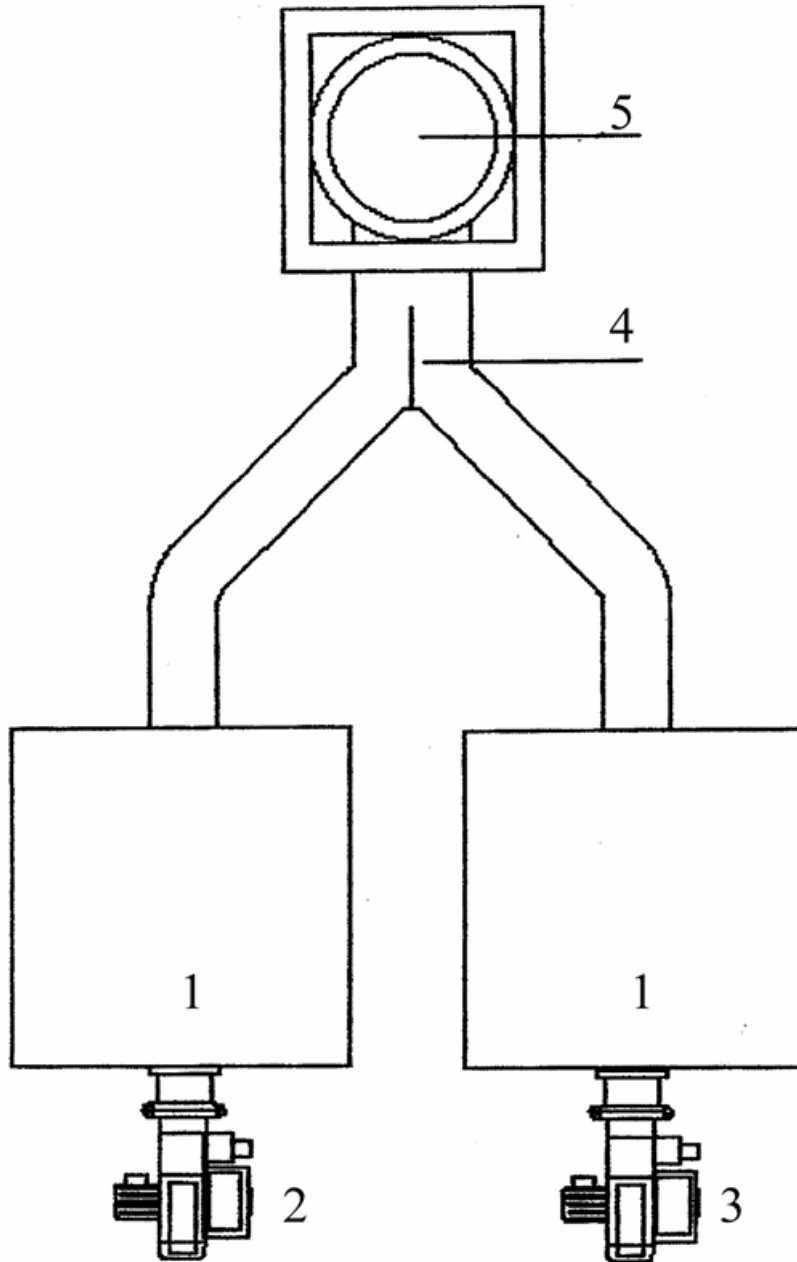
1. საკვამლე მილი, 2. კვამლსადენი, 3. ამომგები მილი, 4. ღრიჭო (ივსება პლასტიკური მასით), 5. ქანობი 1:3=15°, 6. არასწორი მიერთება, 7. სწორი მიერთება

ერთ საკვამლე მილზე შეიძლება მიერთებულ იქნეს რამდენიმე თბოგენერატორი. ამ დროს აუცილებელია შემდეგი პირობების დაცვა:

- საკვამლე მილის მუშა პარამეტრები უზრუნველყოფდეს მის გამართულ მუშაობას ყველა მუშა რეჟიმში;
- საკვამლე მილიდან ნამწვი გაზების წნევით გაყვანის შემთხვევაში უნდა გამოირიცხოს ნამწვი გაზების შედინება უმოქმედო თბოგენერატორში;
- თუ მაერთებელი ელემენტები შესრულებულია ცეცხლგამძლე მასალისაგან და გამოირიცხება ხანძრის გავრცელება.

ყოველთვის უნდა ვეცადოთ, არ გამოვიყენოთ საერთო საკვამლე მილი, რადგან საკვამლე მილის მცირე დატვირთვისას (მაგალითად, ერთი ქვების მუშაობის შემთხვევაში) მილში წარმოიქმნება დიდი გაიშვიათება. ამ დროს ნამწვი გაზები მთლიანად ვერ ავსებს მილის მოცულობას და ცივი ჰაერი შეიძლება სისტემაში შეიჭრას, რაც გამოიწვევს ნამწვის, ჰვარტლის წარმოქმნას და საკვამლე მილში აალებას.

საერთო საკვამლე მილი, თუ მისი მოწყობა აუცილებელია, უნდა შესრულდეს ნახ.3.8 ნაჩვენები სქემის მიხედვით.



ნახ. 3.8 თბოგენერატორების მიერთება საერთო საკვამლე მილთან

1. თბოგენერატორი, 2. სანთურა 1, 3. სანთურა 2, 4. გამყოფი, 5. საკვამლე მილი

ნაკადების ურთიერთქმედების შეზღუდვის მიზნით მილების შეერთების ადგილას ეწყობა სპეციალური გამყოფი, რომელიც უზრუნველყოფს ნაკადების პარალელურ, თანაბარმიმართულ დინებას. საერთო კვამლსადენთან მიერთება დაუშვებელია:

- თბოგენერატორებისათვის, რომელთა ნამწვი პროდუქტების ტემპერატურა 400°C -ზე მეტია;
- თბოგენერატორებისათვის, რომლებშიც თხევადი გაზი იწვის;

- თბოგენერატორებისათვის, რომლებიც დამოკიდებულია ან არ არის დამოკიდებული სათავსის ჰაერზე;

- თბოგენერატორები ვენტილატორებით და ვენტილატორების გარეშე;

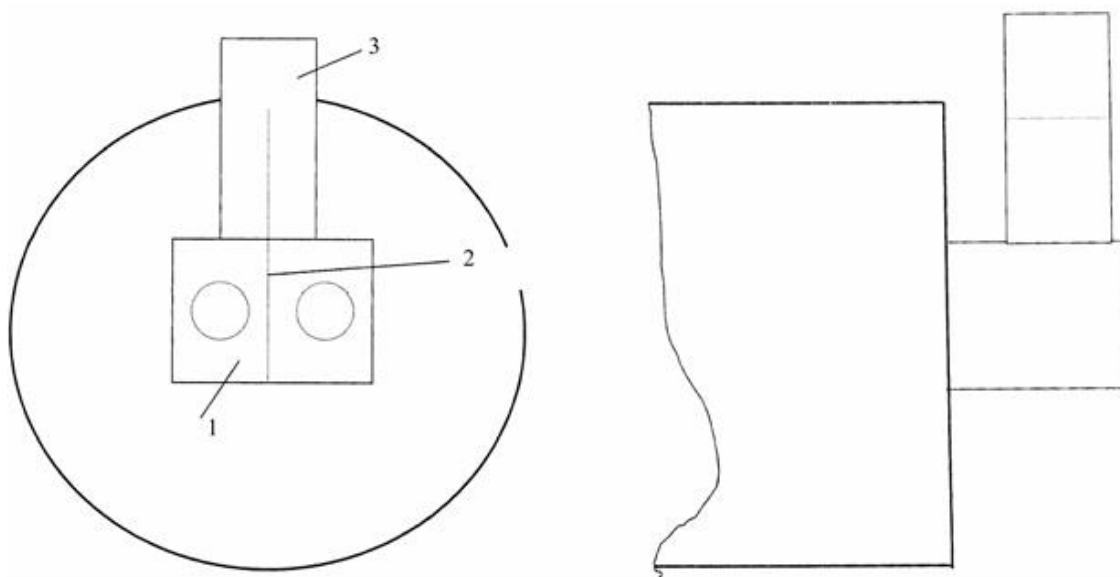
- თბოგენერატორები ვენტილატორებით, თუ ყველა თბოგენერატორი არ არის განლაგებული ერთი და იგივე სათავსში;

- თბოგენერატორები, რომლებიც განლაგებულია მე-6 სართულის ზემოთ, თუ ისინი განლაგებული არ არის ერთსა და იმავე სათავსში;

- თბოგენერატორები, განლაგებული სათავსებში, რომელთაც აქვს მუდმივი კავშირი ატმოსფეროსთან (მაგალითად, სავენტილაციო ღიობებით, გარდა ერთსა და იმავე სათავსში განლაგებული თბოგენერატორებისა);

- ღია საკვამლე მილებისათვის.

ნამწვი გაზების ატმოსფეროში გაყვანა უნდა განხორციელდეს ნამწვი გაზების კოლექტორის მეშვეობით. ნამწვი გაზების კოლექტორთან კვამლსადენის მიერთების სქემა ნაჩვენებია ნახ.3.9.



ნახ. 3.9 ორი წვის კამერის მქონე თბოგენერატორის კვამლსადენი

1. ნამწვი გაზების კოლექტორი, 2. გამყოფი, 3. მაერთებელი ელემენტი

საკვამლე მილები, როგორც აღვნიშნეთ, მზადდება სხვადასხვა მილისაგან. თანამედროვე გათბობის სისტემებში ფართოდ გამოიყენება ფოლადის საკვამლე მილები. ისინი მზადდება ქარხნული წესით, ერთკედლიანი და ორკედლიანი.

ერთკედლიანი საკვამლე მილები ძირითადად გამოიყენება სათავსებში ან აყენებენ უკვე გამზადებულ აგურის არხებში. ასეთი მილები აგურზე გაცილებით მსუბუქია,

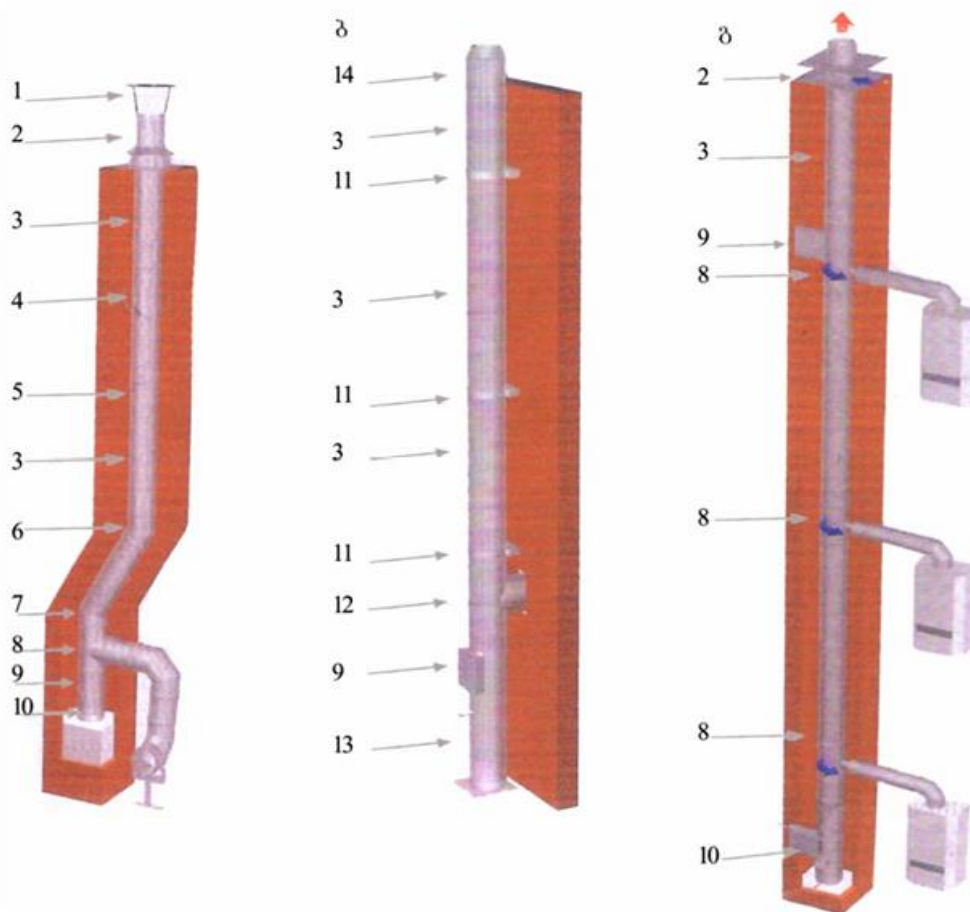
კოროზიამდე და მოხერხებულია სამონტაჟოდ. ერთკედლიან მილში, მაღალი ტემპერატურის გამო, გაუმჯობესებულია წვევა, გაზრდილია წვის მახასიათებლები და, საბოლოო ჯამში, გაზრდილია გათბობის სისტემის საექსპლუატაციო ვადა.

ორმაგკედლიანი მილი არის ორი სხვადასხვა დიამეტრისაგან შემდგარი სისტემა. გარე მილს აქვს საკმაოდ დიდი ზომები და მზადდება მაღალლეგირებული ფოლადისაგან. გარე და შიგა მილს შორის მოთავსებულია თბოსაიზოლაციო შემჭიდროება. თბოიზოლაციის თვალსაზრისით საუკეთესოა ბაზალტის ბოჭკო. ასეთი მილები გამოიყენება სხვადასხვა ტემპერატურულ ზღვრებში სამუშაოდ.

იმ შემთხვევაში, როდესაც საკვამლე მილის საშუალებით ხდება წვისათვის საჭირო ჰაერის მიწოდება, გამოიყენება ორმაგი მილი (მილი მილში). ასეთი მილები ასევე გამოიყენება დახურულკამერიანი გაზის კედლის ქვაბებისათვის.

ქარხნული წესით დამზადებული ფოლადის მილები წარმოდგენილია 43-ე ნახ-ზე.

ნახ.3.10 ნაჩვენებია ორმაგი მილი, რომელიც გამოიყენება კედლის ქვაბების შემთხვევაში როგორც ნამწვი გაზების გასაყვანად, ასევე წვისათვის საჭირო ჰაერის მისაწოდებლად, რაც ადრე უკვე განვიხილეთ.



ნახ. 3.10 საკვამლე მილები

ა. ერთკედლიანი, ბ. ორკედლიანი, გ. ორმაგი მილი (მილი მილში);

1. საწვომარი ხუფი, 2. სახურავის ელემენტი ქარისაგან დაცვით, 3. დამაგრძელებელი ელემენტი, 4. სამონტაჟო ცალული, 5. შუალედური მილყელი, 6. 30ი-იანი მუხლი, 7. 30ი-იანი მუხლი, 8. სამკაპი, 9. საწმენდი ელემენტი, 10. კონდენსატგამყვანი სიფონი, 11. დასამაგრებელი ელემენტი, 12. სამკაპი, 13. ტელესკოპური ელემენტი, 14. გამფრქვევი ნაცმი

გარდა ფოლადისა, საკვამლე მილები მზადდება აგრეთვე პლასტმასისაგან. ეს მილები გამოიყენება, როდესაც ნამწვი პროდუქტების ტემპერატურა 120°C არ აღემატება.

ნამწვი პროდუქტების გაყვანის და საკვამლე მილების მოწყობის დროს უნდა ვისარგებლოთ როგორც სპეციალური ლიტერატურით, ასევე ტექნიკური ნორმებითა და სახელმწიფო სტანდარტებით.

ზემოთ განხილულ საკვამლე მილებში ძირითადი აქცენტები გაკეთებულია გაზისებურ სათბობზე.

თხევადი სათბობის გამოყენებისას ნამწვი პროდუქტების გაყვანის პრინციპები და სქემები იგივეა, რაც გაზისებური სათბობისათვის.

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 თხევად სათბობზე მომუშავე ორი სახის ქვაბს:

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

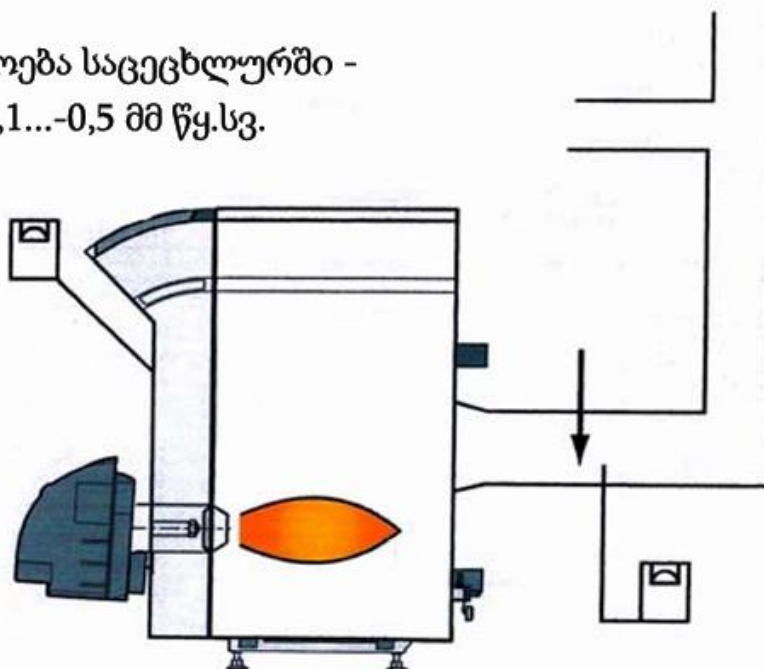
გაუხშობაზე მომუშავე საცეცხლურები ძირითადად აქვს დაბალი სიმძლავრის ქვაბებს (50 კვტ-მდე). ამ დროს ქვაბის საცეცხლურიდან შენობის სახურავამდე ნამწვი პროდუქტების გაყვანა ხდება საკვამლე მილით (ნახ. 3.11ა). საკვამლე მილს უნდა ჰქონდეს ისეთი წევა, რომ შესაძლებელი იყოს როგორც ქვაბის, ასევე თვით საკვამლე მილის წინააღმდეგობის გადალახვა. ამ შემთხვევაში სანთურის ვენტილატორის დანიშნულებაა საცეცხლურს მიაწოდოს წვისთვის საჭირო ჰაერის რაოდენობა და დამლიოს გაშვების მომენტში საცეცხლურის უკუწევა. 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. 3.11 ბ) გაუხშობა ანუ წევა, რომელიც საჭიროა გამავალი გაზების გამყვან მილყელში, ნულს უდრის. ამ დროს საკვამლე მილმა უნდა უზრუნველყოს მხოლოდ საკუთარი წინაღობის გადალახვა, ამიტომ მისი სი-მაღლე

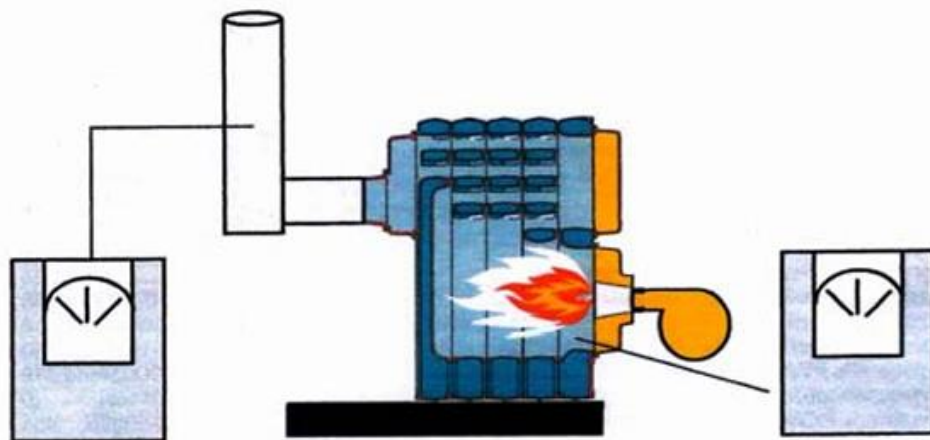
გაცილებით მცირეა. წნევაზე მომუშავე საცეცხლურებს შეიცავს დიდი (50 კვტ-ზე მეტი) თბური სიმძლავრის ქვაბები.

ა)

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



ბ)



გაუხშობა ნამწვი გაზების
გამყვან მილყელში მმ წყ.სვ.

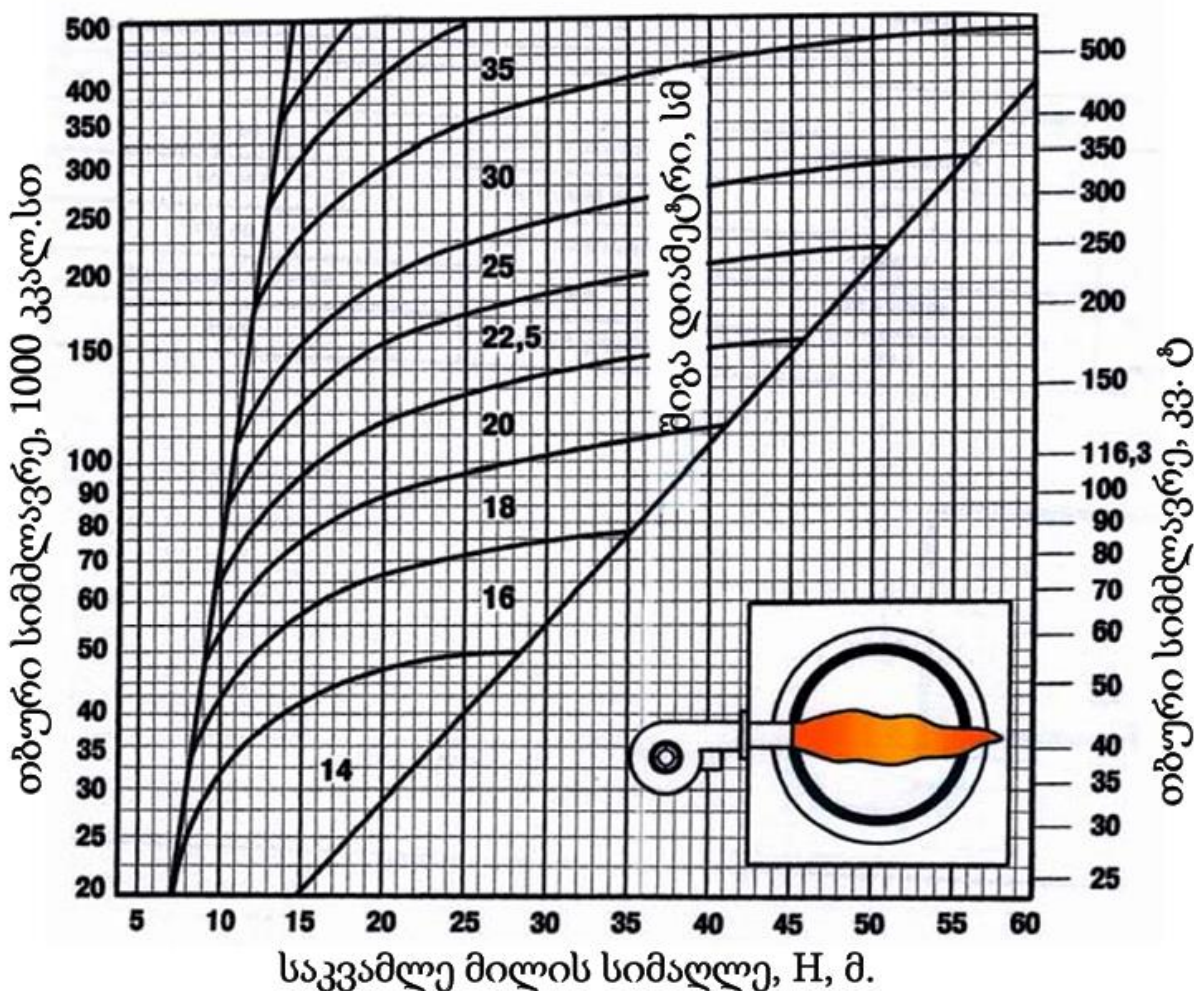
წვა საცეცხლურში
მმ წყ.სვ.

ნახ. 3.11 თხევად სათბობზე მომუშავე ქვაბების სქემები

ა - გაუხშობული საცეცხლურებით; ბ - დაწნევიანი საცეცხლურებით.

თხევად სათბობზე მომუშავე ქვაბებისათვის საკვამლე მილის ზომები (დიამეტრი და სიმაღლე) ქვაბის თბური სიმძლავრის მიხედვით ნაჩვენებია 3.12 და 3.13 ნახაზებზე (გაუხშოებაზე 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. 3.12 გაუხშოებაზე 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 ნამწვი პროდუქტების ატმოსფეროში სწორ გაყვანას ;

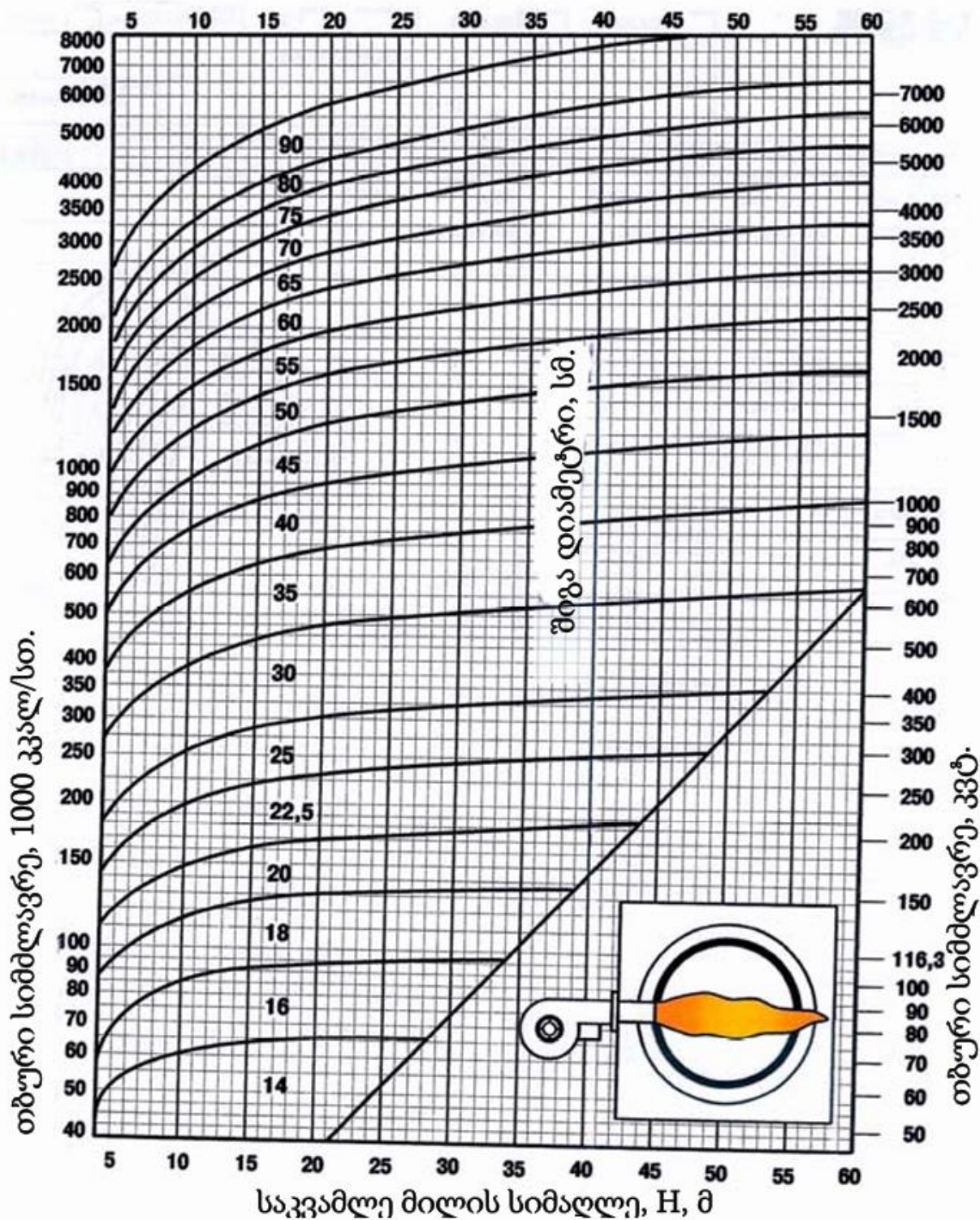
- ჰქონდეს მრგვალი კვეთი. ამ დროს კვამლის ზემოთ გაყვანა მაქსიმალურად ეფექტურია;

- 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.

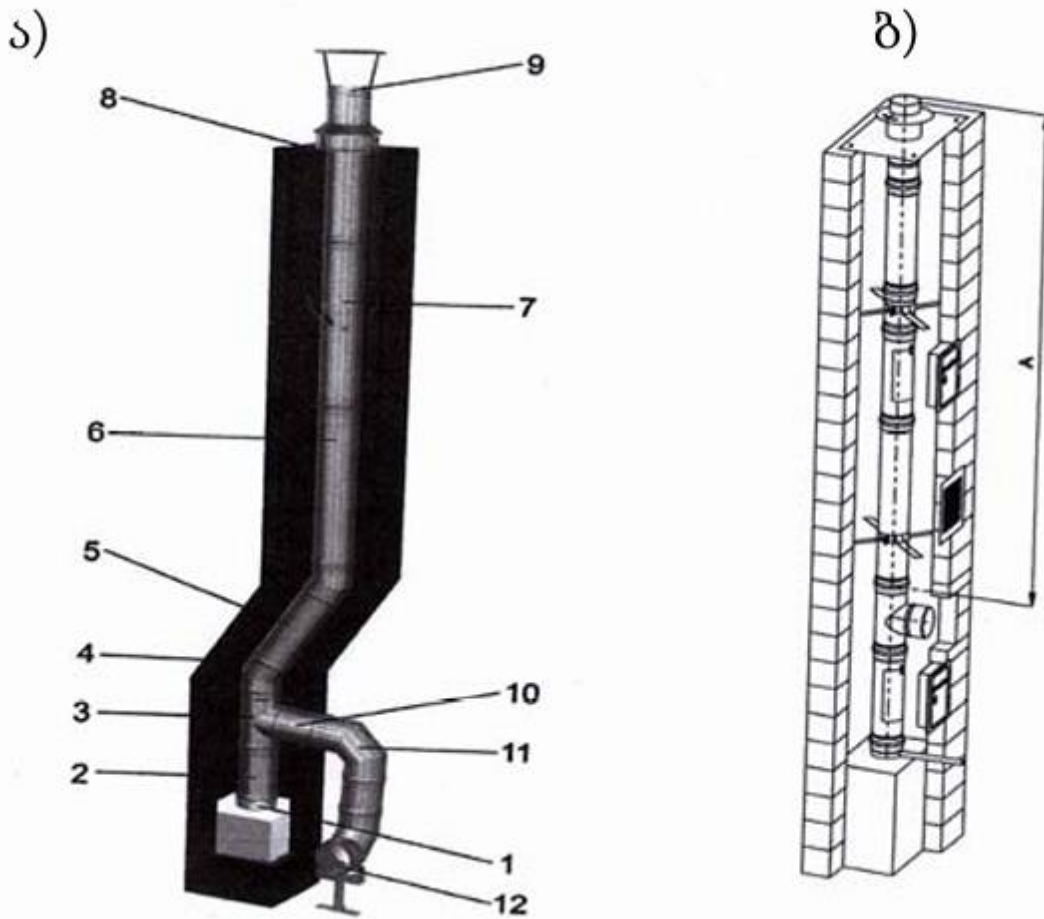
ზემოთ ჩამოთვლილ ყველა მოთხოვნას სრულად აკმაყოფილებს ფოლადის მილი. ფოლადის მილები ფართოდ გამოიყენება თანამედროვე გათბობის როგორც ცენტრალურ, ისე ადგილობრივ სისტემებში. ისინი მზადდება მაღალი ხარისხის უჟანგავი ფოლადისგან. მათი აგება მარტივია, შეიძლება მოეწყოს როგორც მშენებარე, ისე ექსპლუატაციაში მყოფ შენობებში. 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 მილებისათვის საჭირო არ არის ცალკე საძირკვლის მოწყობა.



ნახ. 3.13 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 დანიშნულების შენობებისათვის. ასეთი საკვამლე მილები ეწყობა ნების-მიერ (მყარ, თხევად, გაზისებრ) სათბობზე მომუშავე თბოგენე-რატორებისათვის, რომელთა ნამწვი პროდუქტების ტემპერა-ტურა 600°C -ს არ აღემატება. ერთკედლიანი საკვამლე მილები მრავალმხრივი დანიშნულებისაა. ისინი ეწყობა როგორც არსებულ არხებში, მათი განივკვეთის შემცირების მიზნით, ასევე გარედან ჩამოსაკიდებელი.



ნახ. 3.14 ერთკედლიანი საკვამლე მილი: ა - საერთო ხედი; ბ - სამონტაჟო სქემა.

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

ნახ.14 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 ნაჩვენები გრაფიკებიდან, ქვების საცეცხლურის მუ-შაობის რეჟიმის - გაუზშოებისა თუ დაწნევის - მიხედვით. საკვამლე მილის სიმაღლე ასევე დამოკიდებულია მილის კედლის სისქეზე. რაც მეტია მილის დიამეტრი, მით

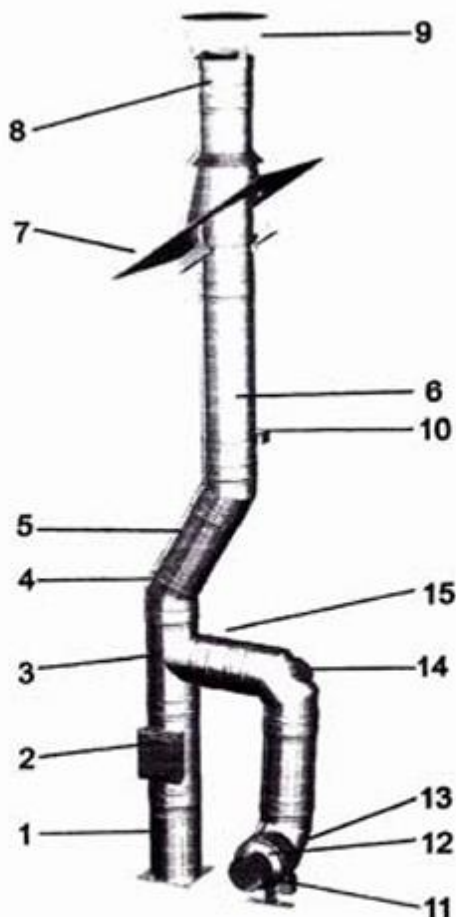
ნაკლებია მისი სიმაღლე, ამიტომ საკვამლე მილების შერჩევისას უნდა ჩატარდეს მათი ტექნიკურ-ეკონომიკური გაანგარიშება ეკოლო-გიური მოთხოვნების გათვალისწინებით.

ორკედლიანი საკვამლე მილები ძირითადად გამოიყენება იმ შემთხვევაში, როდესაც შენობას არ გააჩნია არხები საკვამლე მილის გასაცვანად. შიგა მილს უშუალო შეხება აქვს ნამწვ გაზებთან, გარე მილს კი – გარემოს ჰაერთან. ეს მილები სტან-დარტულ 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 დანიშნულე-ბისაა და გამოიყენება მყარი, თხევადი და გაზისებრი სათბობის ქვაბებისათვის ნამწვი გაზების 600°C ტემპერატურამდე.

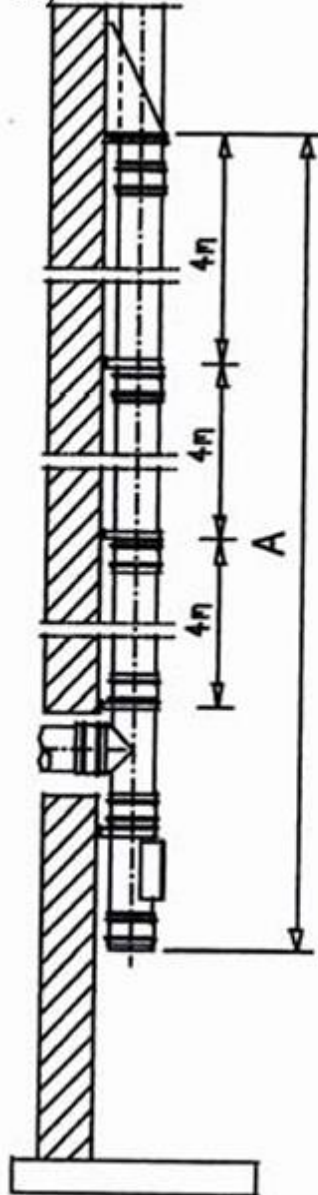
ნახ.3.15 ნაჩვენებია ორკედლიანი საკვამლე მილის საერთო ხედი და სამონტაჟო სქემა. საკვამლე მილი შეიძლება დაიდგას საძირკველზე ან ჩამოკიდოს კედელზე, როგორც ეს ნახაზზეა ნაჩვენები. საკვამლე მილის სიმაღლე დამოკიდებულია მის დიამეტრზე და აიღება შემდეგი ცხრილის მიხედვით:

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

ა)



ბ)



ნახ. 3.15 ორკედლიანი საკვამლე მილი: ა - საერთო ხედი; ბ - სამონტაჟო სქემა;

1. საყრდენი მილყელი; 2 - სარევიზიო ლიობი; 3 - სამკაპი 87°C; 4 - მუხლი 45°C; 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°C; 14 - მუხლი 90°C; 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 ნორმა-ტივებისა და დამამზადებელი ფირმის მონაცემებით.

3.2 კოლექტიური საკვამლე მიწები

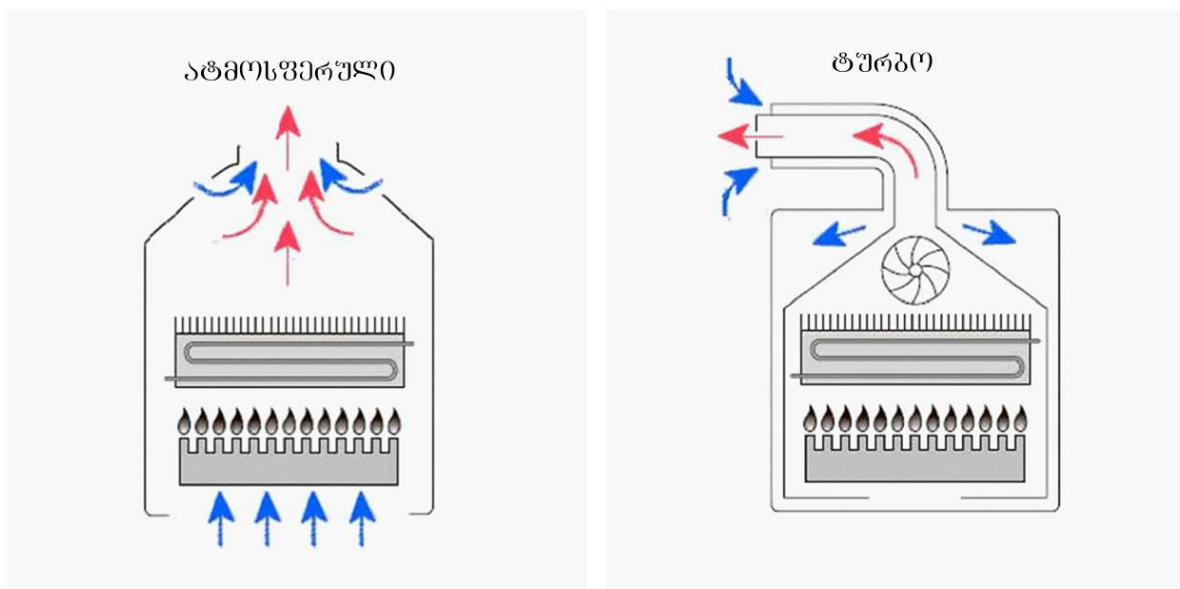
დღეისათვის საცხოვრებელ სახლებში ფართოდ გამოიყენება ბინის გათბობის სისტემები. იგი წარმოადგენს ცენტრალური გათბობის სისტემის ნაირსახეობას და ემსახურება მრავალსართულიან შენობებში ცალკეული ბინების ინდივიდუალურ გათბობას. ბინის გათბობის სისტემები საქართველოში გამოიყენება უკვე XX საუკუნის მიწურულიდან და დღეისათვის იგი ბინათმშენებლობაში ყველაზე უფრო მეტად გავრცელებული სისტემებია. ეს სისტემები იმით განსხვავდება სხვა სახის ცენტრალური გათბობის სისტემებისგან, რომ ამ სისტემებში ყველა ბინას გააჩნია ინდივიდუალური (ავტონომიური) თბოგენერატორი, რომელიც გამოიყენება მხოლოდ ამ ბინის გათბობისა და ცხელწყალმომარაგებისთვის. გათბობის ასეთი სისტემები არის ყველაზე ეკონომიური, ეკოლოგიურად სუფთა და თბური კომფორტის თვალსაზრისით მაღალი კლასის. გათბობის ასეთ სისტემებში თბოგენერატორებად უმთავრესად გამოყენებულია კედლის, გაზზე მომუშავე, დასაკიდებელი ქვაბები. ეს თბოგენერატორები მრავალი სახის (ღია და დახურული წვის კამერით, ერთკონტურიანი და ორკონტურიანი, კონვექციური და საკონდენსაციო და ა.შ.) და სიმძლავრისაა (12-50 კვტ). ბინის გათბობის სისტემების მოწყობის დროს მნიშვნელოვან პრობლემურ საკითხს წარმოადგენს თბოგენერატორებში გაზის წვის შედეგად წარმოქმნილი ნამწვი პროდუქტების (გამონაბოლქვების) გარემოში გაყვანა, რაც საქართველოში არასწორადაა გადაწყვეტილი. ყველა თბოგენერატორიდან ნამწვი პროდუქტები გაიფრქვევა იქვე თბოგენერატორის მახლობლად მისგან ($1\pm 1,5$)მ დაცილებით, რაც ყოვლად დაუშვებელია და რასაც არცერთი ნორმატიული აქტი არ ითვალისწინებს. გამონაბოლქვ გაზებში გარდა CO_2 -ისა შედის ისეთი მომწამვლელი ნივთიერებები როგორიცაა NO_x და CO , რომელთა მოხვედრა საცხოვრებელ ზონაში ყოვლად მიუღებელია. უნდა აღინიშნოს, რომ თბოგენერატორებში 1მ^3 გაზის დაწვის დროს გამოიყოფა 10მ^3 ნამწვი გაზები. ბინის (20-40)კვტ სიმძლავრის თბოგენერატორები მოიხმარენ რა (2-4) მ^3 გაზს საათში გამოიყოფენ (20-40) მ^3 ნამწვ გაზებს, რაც მრავალბინიან საცხოვრებელ სახლებში კოლოსალურ რიცხვს აღწევს. აქედან გამომდინარე საცხოვრებელი სახლების გათბობის სისტემის მოწყობის დროს მნიშვნელოვანი ყურადღება ექცევა გარემოში ნამწვი პროდუქტების გაყვანის საკითხს.

ბინის გათბობის სისტემებში ძირითადად გამოიყენება ერთკონტურიანი და ორკონტურიანი გაზის გათბობის ქვაბები (ნახ.1). ორივე ეს ტიპი გამოიყენება როგორც გათბობისათვის ასევე ცხელი წყლის მოსამზადებლად საყოფაცხოვრებო მიზნებისათვის. ორკონტურიან ქვაბებში ცხელი წყლის (ნახ.1) მომზადება ხდება ქვაბის კონსტრუქციაში ჩაშენებული ცხელი წყლის ბოილერით, ხოლო ერთკონტურიან ქვაბებს მსგავსი თბოგადამცემი არ გააჩნიათ, ამიტომაც ერთკონტურიანი ქვაბების გამოყენების დროს, განსხვავებით ორკონტურიანი ქვაბებისაგან საჭიროა დამატებით ირიბი შეთბობის მოცულობითი ბოილერის მოწყობა, რომელიც ზამთარში მუშაობს გათბობის სისტემის პარალელურად, ზაფხულში კი დამოუკიდებლად, ვინაიდან ამ დროს გათბობის სისტემა არ ფუნქციონირებს. როგორც ერთკონტურიანი ასევე ორკონტურიანი თბოგენერატორები არის როგორც ღია (ნახ.16^ა) ასევე დახურული (ნახ.16^ბ) წვის კამერით. პირველ შემთხვევაში თბოგენერატორში წვისათვის საჭირო ჰაერის მიწოდება ხდება იმ სათავსიდან სადაც ეს

თბოგენერატორია განლაგებული, მეორე შემთხვევაში კი ჰაერის მიწოდება ხდება სპეციალური ვენტილატორის საშუალებით, რომელიც საჰაერო არხის საშუალებით ჰაერს გარემოდან აწვდის თბოგენერატორს.

ა)

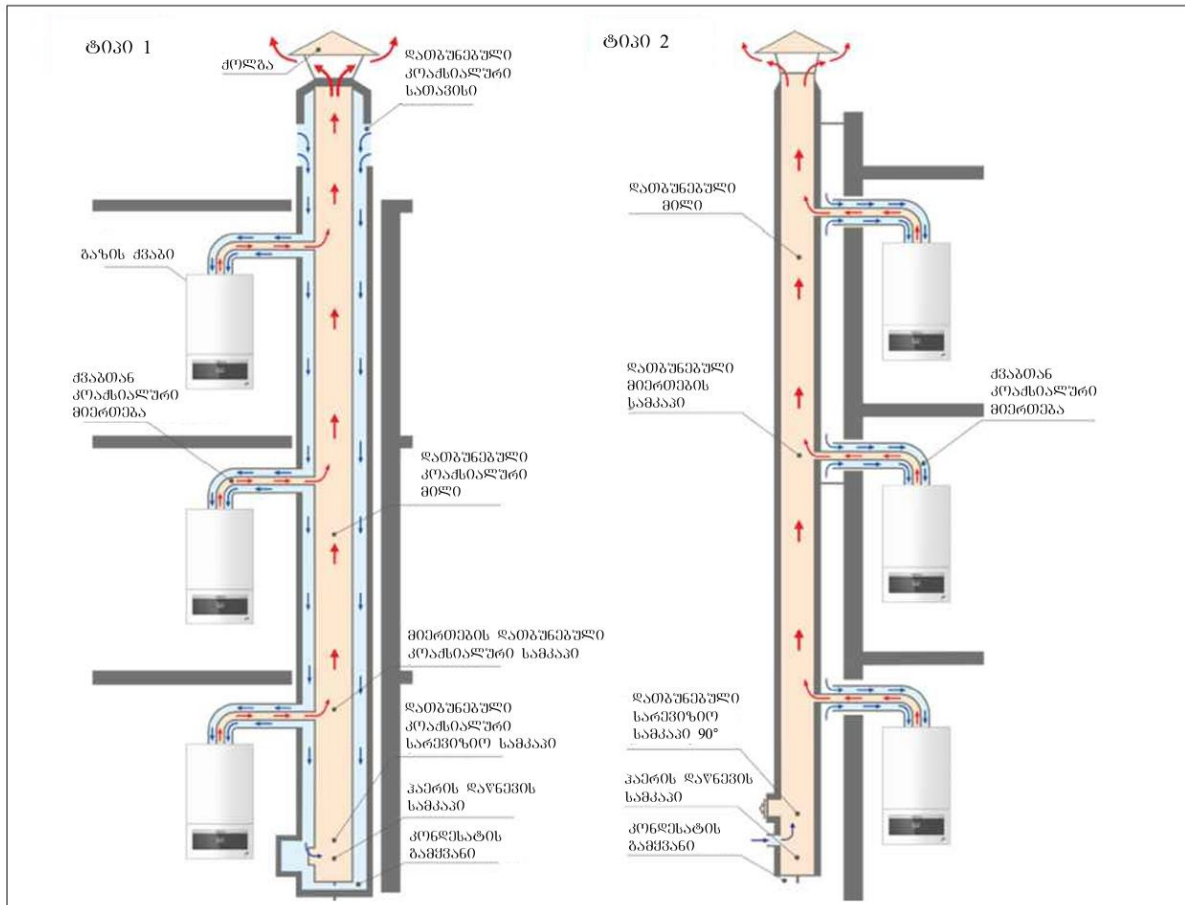
ბ)



ნახ.3.16 ღია და დახურულ წვის კამერიანი თბოგენერატორების

პრინციპული სქემები

მრავალსართულიან საცხოვრებელ სახლებში თბოგენერატორები განლაგებულია რა თითოეულ ბინაში ქმნიან ნამწვი პროდუქტების უამრავ წყაროს, რომელთა გაყვანა გარემოში წარმოებს ე.წ. კოლექტიური საკვამლე მილის საშუალებით. საკვამლე მილების მრავალი ტიპი არსებობს, რომელთაგან ყველაზე უფრო გავრცელებული და საქართველოში მშენებარე თუ უკვე ექსპლუატაციაში მყოფი შენობებისათვის მისაღებია ნახ.3.17 ნაჩვენები ორი ტიპი. ტიპი 1 წარმოადგენს სისტემას კოაქსიალური საკვამლე მილის (მილი-მილში) საშუალებით. შიგა მილის საშუალებით ხდება თბოგენერატორებში წარმოქმნილი ნამწვი პროდუქტების გაყვანა, ხოლო გარე მილით თბოგენერატორებს მიეწოდება წვისათვის საჭირო ჰაერი, რაც გამორიცხავს სათავსიდან ჰაერის აღების აუცილებლობას. ასეთ მილს ზემო ნაწილში მოწყობილი აქვს სპეციალური კოაქსიალური დათბუნებული სათავისი (სახურავი), საიდანაც კოაქსიალური მილით ჰაერი მიეწოდება სართულებზე განლაგებულ თბოგენერატორებს.



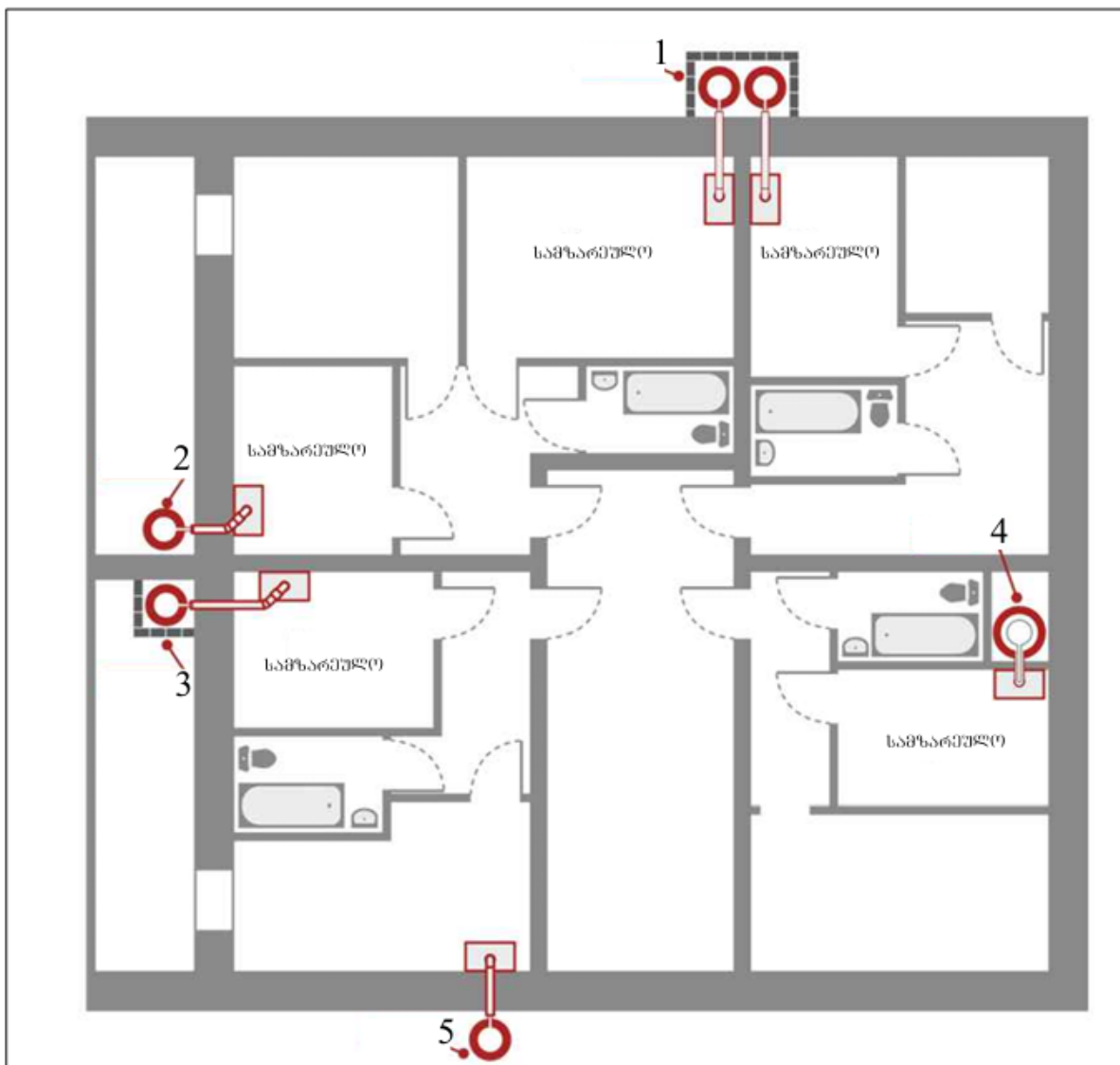
ნახ.3.17 შენობიდან ნამწვი პროდუქტების გაყვანის ძირითადი სქემები:

ტიპი1 - კოაქსიალური საკვამლე მილით;

ტიპი2 - ერთკედლიანი საკვამლე მილით და ჰაერის გამყვანი შახტით

ტიპი 2 წარმოადგენს კოლექტიურ საკვამლე მილს, რომელიც წარმოადგენს სისტემას ერთი მილით, რომლითაც თბოგენერატორებიდან გაიყვანება ნამწვი პროდუქტები, ხოლო წვისათვის საჭირო ჰაერი მიეწოდება შახტიდან ან უშუალოდ გარემოდან. ამ შემთხვევაში საკვამლის კოაქსიალური მონაკვეთი გამოიყენება მხოლოდ თბოგენერატორის მისაერთებლად. ნამწვი პროდუქტების გამყვანი სისტემების დაპროექტების დროს არქიტექტურული გადაწყვეტის, შენობის სართულიანობის და სხვა ფაქტორების გათვალისწინებით, საჭიროა შერჩეული სქემის კონკრეტული დამუშავება, ზუსტი აეროდინამიკური და თბური გაანგარიშებები და მილის მასალის სწორი შერჩევა.

ნამწვი პროდუქტების გამყვანი სისტემების დაპროექტების დროს საჭიროა სწორად განისაზღვროს შენობაში ან მის გარეთ ამ სისტემების მოწყობის ადგილები.



ნახ.3.18 შენობებში ნაშუი პროდუქტების გამყვანი სისტემების

განლაგების ძირითადი ვარიანტები

ნორმების თანახმად დასაშვებია მათი გაყვანა სამზარეულოებში, მრავალსართულიანი საცხოვრებელი სახლის დამხმარე სათავსებში, ვესტიბულებში, საერთო დერეფნებში, სხვენში, ლიფტის ჰოლში და ა.შ. ისე, რომ არ შემცირდეს საევაკუაციო გზების ზომები, ან ეს სისტემები მიშენდეს გარეთ შენობის ფასადებზე. დასაშვებია აგრეთვე მათი გაყვანა შენობის შიგა კედლებზე. ნახ.3.18 ნაჩვენებია ძირითადი საკვამლე არხის (მილის) ყველაზე უფრო გავრცელებული ხუთი შემთხვევა, როდესაც თბოგენერატორი განთავსებულია საცხოვრებელი სახლის სამზარეულოში:

1-საკვამლე გაყვანილია გარე დეკორატიულ შახტაში (ჰაერის აღება ხდება შახტიდან;

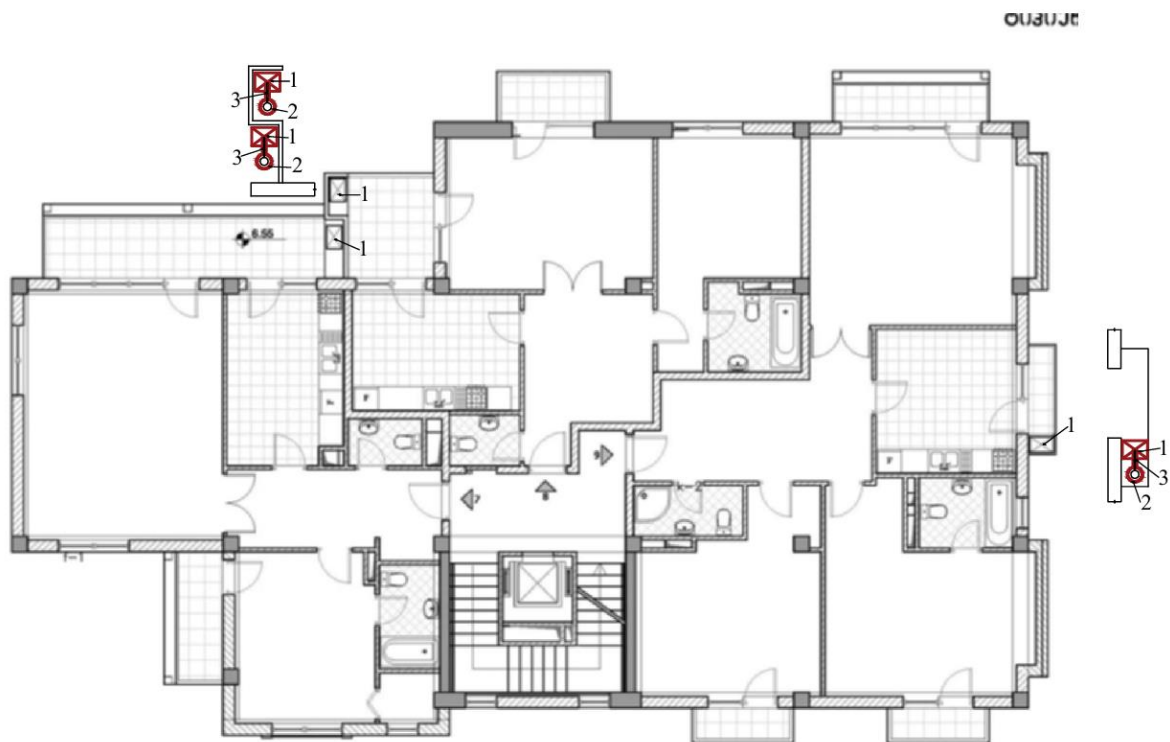
2-საკვამლე გაყვანილია აივანზე (ჰაერის აღება გარემოდან);

3-საკვამლე გაყვანილია აივანზე ჩაშენებულ, ან სათავსში მოწყობილ შახტაში (ჰაერის აღება ხდება გარემოდან, ქვების განცალკევებული კვამლსადენებიდან);

4-კოაქსიალური (მილი-მილში) საკვამლე მილი (ჰაერის აღება კვამლსადენის გარე კონტურიდან;

5-საკვამლე გაყვანილია კედელთან შახტის გარეშე (ჰაერის აღება გარემოდან).

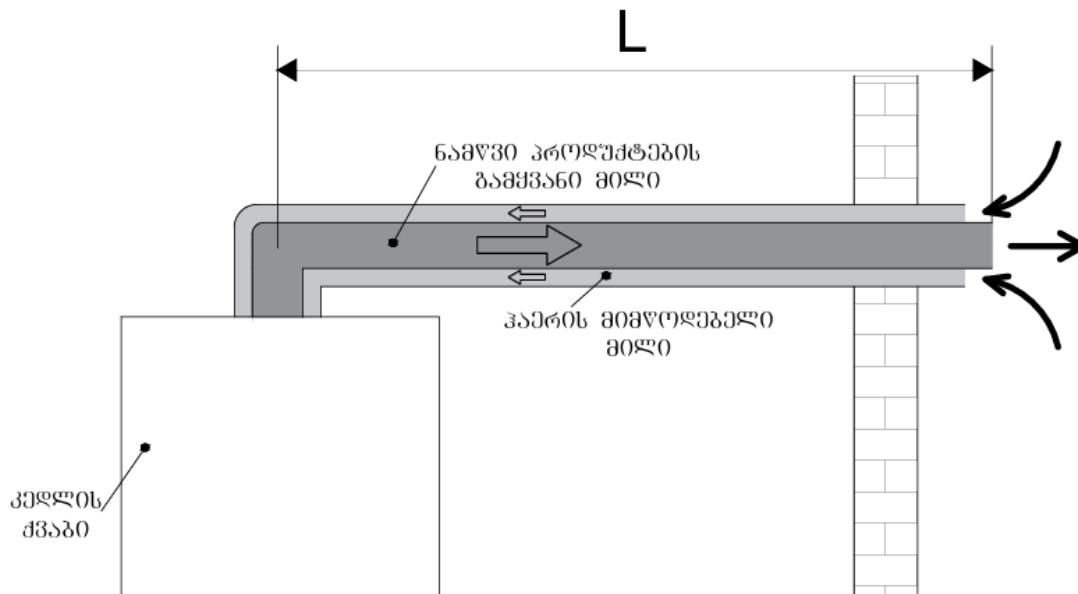
საკვამლე მილების ასეთი განლაგება და მათთან თბოგენერატორების მიერთება გამორიცხავს ბინებში ნამწვი პროდუქტების მოხვედრას და იძლევა უსაფრთხო ექსპლუატაციის გარანტიას. კიდევ უფრო მეტი უსაფრთხოება მიიღწევა თუ თბოგენერატორებს გავიტანთ გარეთ და მოვათავსებთ მათთვის სპეციალურად განკუთვნილ ნიშაში. თბოგენერატორების ასეთი განლაგება დამახასიათებელია საქართველოში აშენებულ თუ მშენებარე მრავალბინიან მრავალსართულიან შენობებისათვის. მართალია ამ დროს გამორიცხულია ბინებში გაზის გაჟონვის შესაძლებლობა, მაგრამ შენობის ირგვლივ სივრცე დაბინძურებულია წვის პროდუქტებით, რომლებიც ადვილად აღწევენ შენობის სათავსებში. ასე დაყენებულ ქვებებს უკეთებენ მაქსიმუმ 1მ სიგრძის კოაქსიალურ მილს, რომელიც გამონაბოლქვს განდევნის შემომზღუდი კონსტრუქციების გარე ზედაპირების მახლობლობაში, რაც სანიტარული ნორმებით დაუშვებელია.



ნახ.3.19 აივანზე განლაგებულ თბოგენერატორებიდან ნამწვი

პროდუქტების გაყვანის სარეკომენდაციო ვარიანტები

ნახ.3.19 ნაჩვენებია საქართველოში გავრცელებული მრავალსართულიანი საცხოვრებელი სახლის ერთი სადარბაზოს ტიპური სართულის გეგმა, რომელზეც განლაგებულია სამი ბინა. სამზარეულოების მიმდებარე აივნებზე ნიშებში ან ვენტილირებად კარადებში მოთავსებულია კედლის თბოგენერატორები(1), რომლებიც გაზის დაწვის შედეგად წარმოქმნილ გამონაბოლქვებს გაიტყორცნიან გარემოში ნახ.3.20 სქემის მიხედვით. ასეთ შემთხვევაში შენობის ფასადზე გამოდის იმდენი საკვამლე მილი რამდენი თბოგენერატორიცაა (კედლის ქვაბები, ან გაზის გამათბობლები) მოთავსებული შენობაში, რაც სანიტარულ-ჰიგიენური ნორმების უბეში დარღვევაა. ნამწვი პროდუქტების ასეთი სქემით გაყვანა



ნახ.3.20 თბოგენერატორიდან გამონაბოლქვების გაყვანა

ნამწვი პროდუქტების გამყვანი სისტემის გარეშე

დასაშვებია მხოლოდ ერთსართულიან ინდივიდუალურ სახლებში. ნახ.4 ნაჩვენებ მრავალსართულიან საცხოვრებელი სახლებისათვის, იქვე თბოგენერატორების მახლობლობაში, საჭიროა მოეწყოს კოლექტიური საკვამლე მილები (2), რომელთაც

მიუერთდებათ ბინის ავტონომიური თბოგენერატორები (1) ნახ.2 ნაჩვენები სქემების მიხედვით. საჭიროა სწორად განისაზღვროს საკვამლე მილის ზომები: კვეთი და სიმაღლე. ნორმების თანახმად კვამლის გამყვან სისტემასთან ნებადართულია ათამდე თბოგენერატორის მიერთება. ამასთანავე ამ თბოგენერატორების ჯამური თბური დატვირთვა 200კვტ-ს არ უნდა აღემატებოდეს. ასეთი მიდგომის დროს საცხოვრებელ სახლებში ერთ ვერტიკალზე განლაგებული ბინებისათვის საჭიროა მოეწყოს ნამწვი პროდუქტების გამყვანი ორი ან მეტი სისტემა, ისე, რომ ყველაზე მაღლა განლაგებულ თბოგენერატორისათვის უზრუნველყოფილ იქნას საკვამლე მილის ეფექტური სიმაღლის დაცვა.

კვამლგამყვანი სისტემების მწარმოებელი კომპანიების მიერ ევრონორმების მოთხოვნათა საფუძველზე დამუშავებულია სისტემები GLV (Coaxial Luft Verbrennung) და LAS (Luft Abgas Sistemme) რომლებიც მრავალსართულიან საცხოვრებელ სახლებში, ტიპური დეტალებით (კვანძებით) კოლექტიური საკვამლე მილის მოწყობას ითვალისწინებენ.

GLV წარმოადგენს კოაქსიალურ კვამლგამყვან სისტემას „ჰაერი-ნამწვი პროდუქტები“, განკუთვნილია დახურულ წვისკამერიან ქვაბებისთვის (ტურბო, საკონდენსაციო), რომელთა გამონაბოლქვების ტემპერატურა 200°C არ აღემატება, ხოლო წნევაა 200პა. ასეთ სისტემებში შესაძლებელია 16-მდე ქვაბის მიერთება (თითოეულ სართულზე ორი ქვაბისაც კი). კოაქსიალური საკვამლე მილის დიამეტრები სხვადასხვა თბური სიმძლავრის თბოგენერატორებისათვის მოცემულია ცხრ.1.

ცხრ.1

ქვაბების რაოდენობა	კოაქსიალური მილის დიამეტრები, მმ			
	Q-20 კვტ	Q-25 კვტ	Q-30 კვტ	Q-35 კვტ
2	140-280	140-280	160-315	180-350
3	140-280	160-315	180-350	180-350
4	160-315	180-350	180-350	200-400
5	160-315	180-350	200-400	200-400
6	180-350	200-400	200-400	225-450
7	180-350	200-400	225-450	225-450
8	180-350	225-450	225-450	250-500
9	200-400	225-450	250-500	250-500
10	200-400	225-450	250-500	
11	225-450	250-500	250-500	
12	225-450	250-500		
13	225-450	250-500		
14	250-500			
15	250-500			
16	250-500			

LAS წარმოადგენს ერთკედლიან კვამლგამყვან სისტემას დახურულ წვისკამერიან ქვაბებისათვის და განკუთვნილია მაქსიმუმ 10 ქვაბისთვის. სისტემა მოწყობილ უნდა იქნას სპეციალურ შახტაში საიდანაც ქვაბებს მიეწოდება წვისათვის საჭირო ჰაერი. ეს საკვამლე მილი მუშაობს გაიშვიათებაზე, ჰარბი წნევა კი გვხვდება მხოლოდ ქვაბის მიერთების კოაქსიალურ მონაკვეთზე. ასეთი სისტემების ზომები: უშუალოდ კვამლსადენის დიამეტრები და მრგვალი ან კვადრატული შახტის ზომები მოცემულია ცხრ.2.

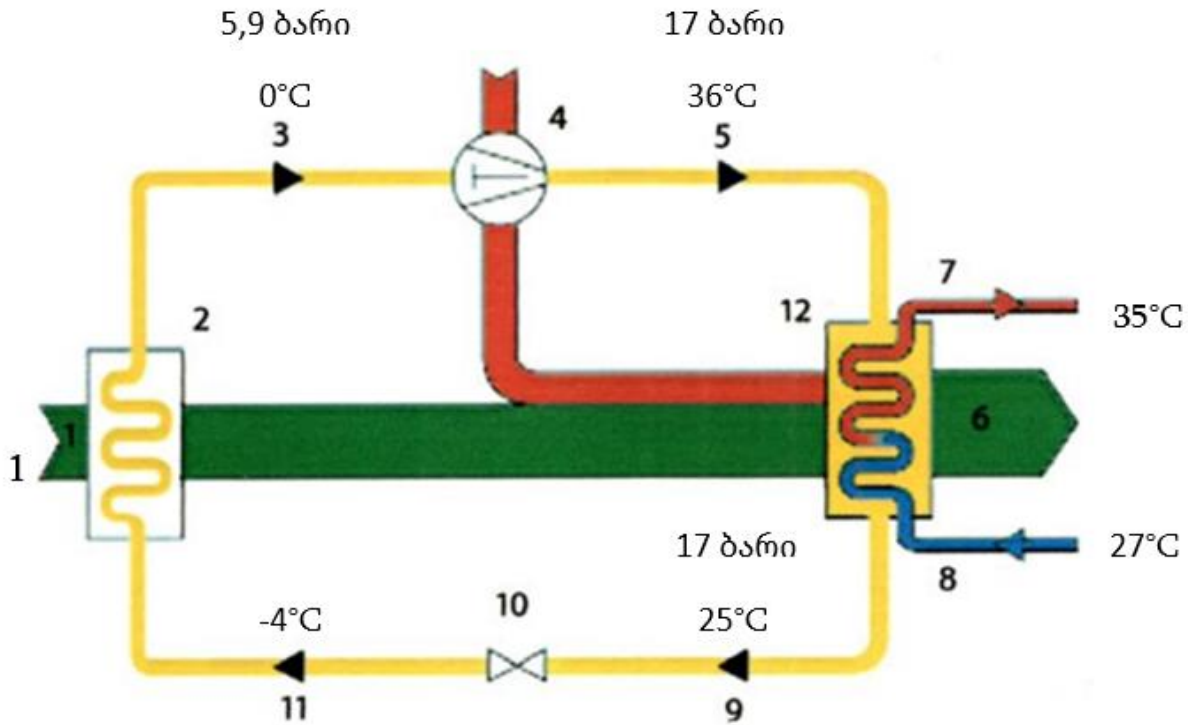
ცხრ.2

ქვაბულის რაოდენობა	Q=20კვტ			Q=20-25 კვტ			Q=25-30 კვტ			Q=30-35კვტ		
	საკვამლე მიწი	საკვამლე მიწის და კაბრის მოწოდების ზახტა		საკვამლე მიწი	საკვამლე მიწის და კაბრის მოწოდების ზახტა		საკვამლე მიწი	საკვამლე მიწის და კაბრის მოწოდების ზახტა		საკვამლე მიწი	საკვამლე მიწის და კაბრის მოწოდების ზახტა	
	ღიამიწი	მრგვალი	კვადრატული	ღიამიწი	მრგვალი	კვადრატული	ღიამიწი	მრგვალი	კვადრატული	ღიამიწი	მრგვალი	კვადრატული
2	140	225	200	140	225	200	160	260	230	180	290	260
3	140	225	200	160	260	230	180	290	260	180	290	260
4	160	260	230	180	290	260	180	290	260	200	320	280
5	160	260	230	180	290	260	200	320	280	200	320	280
6	180	290	260	200	320	280	200	320	280	225	360	320
7	180	290	260	200	320	280	225	360	320	225	360	320
8	180	290	260	225	360	320	225	360	320	250	450	400
9	200	320	280	225	360	320	250	450	400	250	450	400
10	200	320	280	225	360	320	250	450	400	250	450	400

თავი 4. გარემოს ბუნებრივი სითბო და მისი გენერაცია

4.1 თბური ტუმბო და მისი მუშაობის პრინციპი

თბური ტუმბო არის მოწყობილობა, რომლის დანიშნულებაც დაბალი პოტენციალის თბური ენერგიის (დაბალი ტემპერატურის) წყაროდან სითბოს უფრო მაღალი პოტენციალის მქონე მომხმარებელზე (თბომომცველზე) გადაცემა. თერმოდინამიკურად თბური ტუმბო სამაცივრო მანქანის ანალოგიურია. ამასთანავე, თუ სამაცივრო მანქანის ძირითადი დანიშნულებაა სიცივის წარმოება ამორთქლებლის მიერ რაღაც მოცულობაში სითბოს ართმევით, კონდენსატორით კი - მისი გარემოში გადაგდებით, თბურ ტუმბოში გვაქვს შებრუნებული პროცესი. კონდენსატორი წარმოადგენს თბოგადამცემს, რომელიც სითბოს გამოყოფს მომხმარებლისთვის, ხოლო ამორთქლებელი თბოგადამცემია, რომელიც ახდენს დაბალი პოტენციალის სითბოს (მეორეული ენერგეტიკული რესურსები ან არატრადიციული განახლებადი ენერგიის წყაროები) უტილიზაციას.



ნახ. 4.1 თბური ტუმბოს მოქმედების პრინციპული სქემა. 1 - გარემოს სითბო; 2 - ამორთქლებელი; 3 - შეწოვის ხაზი, დაბალი წნევა, გაზისებრი მუშა არე; 4 - კომპრესორი; 5 - დაჭირხვნის ხაზი; მაღალი წნევა, გაზისებრი მუშა არე; 6 - სითბო გათბობისათვის; 7 - გათბობის სისტემის მიმწოდებელი მილი 8 - გათბობის სისტემის უკუმილი; 9 - სითბის მიღსადენი, გათბევადებული მუშა არე, მაღალი წნევა; 10 - საფართოებელი სარქველი; 11 - გათბევადებული მუშა არის მიღსადენი, დაბალი წნევა; 12 - კონდენსატორი

თბური ტუმბოს ფუნქციონირების უზრუნველსაყოფად ძირითადი მნიშვნელობა აქვს სამაცივრო აგენტს, რომელსაც შემდგომში მუშა გარემოს ვუწოდებთ. მას ახასიათებს ძალიან დაბალ ტემპერატურაზე აორთქლების თვისება. თბური ტუმბოს პრინციპული სქემა ნაჩვენებია ნახ.4.1. გარე ჰაერის ან წყლის 1 მიწოდებისას თბოგადამცემზე ანუ ამორთქლებელზე 2 მასში მოძრავი სამუშაო არე სითბოს წყაროს ართმევს აორთქლებისათვის საჭირო სითბოს და თხევადი მდგომარეობიდან გადადის

გაზისებრში. ამ დროს სითბოს წყარო რამდენიმე გრადუსით ცივდება. კომპრესორი 4 მიღსადენიდან 3 შეიწოვს გაზისებრ სამუშაო გარემოს და კუმშავს მას, რის გამოც მისი ტემპერატურა იზრდება. ტემპერატურის ასეთი გაზრდისთვის საჭიროა ელექტროენერგია. რადგანაც კომპრესორი შეწოვილი გაზის (სამუშაო გარემო) ხარჯზე ცივდება, ეს ენერგია კი არ იკარგება, არამედ შეკუმშული სამუშაო გარემოს საშუალებით მიეწოდება კომპრესორის შემდგომ განლაგებულ კონდენსატორს 12. კონდენსატორში სამუშაო გარემო ადრე მიღებულ სითბოს გადასცემს წყლით გათბობის სამუშაო კონტურს (მილები 7, 8). სამუშაო გარემო კონდენსატორში სითბოს გაცემის ხარჯზე კონდენსირდება, ანუ კვლავ სითხედ გარდაიქმნება. ეს სითხე სადენის 9 საშუალებით მიეწოდება საფართოებელ სარქველს 10, სადაც ხდება მისი ნარჩენი წნევის შემცირება და ციკლი კვლავ მეორდება.

თბური ტუმბოს სიმძლავრის კოეფიციენტი

თბური სიმძლავრის გამომუშავების პროცესში კომპრესორი მოიხმარს ელექტრულ სიმძლავრეს. ამ სიმძლავრეთა ფარდობას, ეწოდება თბური სიმძლავრის კოეფიციენტი

$$E = Q/P. \quad (1)$$

ეს სიდიდე თბური ტუმბოს ეფექტურობის მახასიათებელია და გვიჩვენებს, თუ რამდენჯერ მეტია სასარგებლო სითბო დახარჯულ ენერგიაზე. ამ სიდიდეს თბური ტუმბოს გარდაქმნის კოეფიციენტსაც უწოდებენ და იგი დამოკიდებულია როგორც სითბოს წყაროს, ისე თბური ენერგიის მომხმარებლის ტემპერატურაზე. რაც უფრო მაღალია თბური წყაროს ტემპერატურა და დაბალია თბური ენერგიის მომხმარებლის ტემპერატურა, მით მაღალია სიმძლავრის კოეფიციენტი.

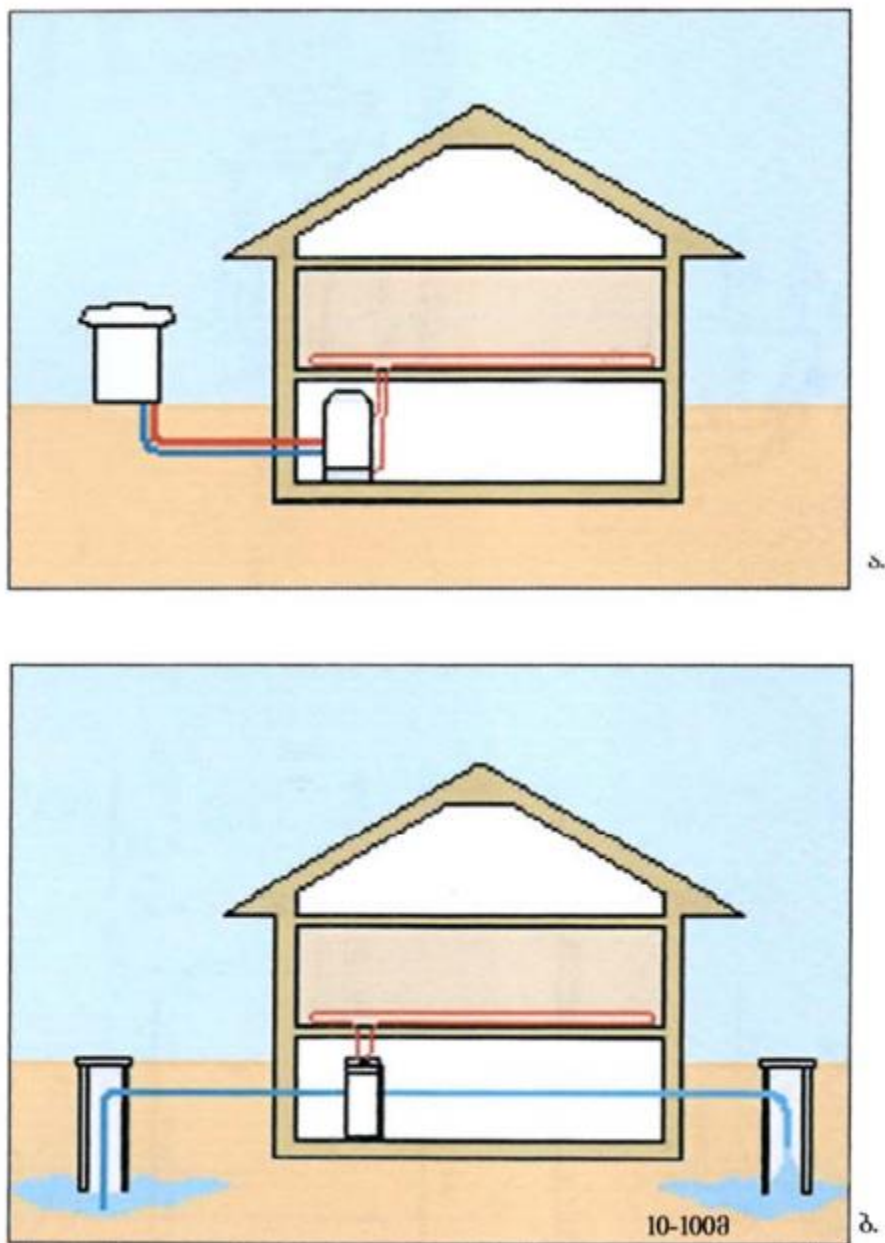
თბური ენერგიის წყაროები

დაბალ ტემპერატურულ წყაროებად თბური ტუმბოებისათვის მიიღება ჰაერი, წყალი (მდინარე, ზღვა, გრუნტის წყალი), გრუნტი და სხვ.

სითბოს წყარო - ჰაერი. მზით გამთბარი ჰაერი არის ყველგან. თბურ ტუმბოებს შეუძლია გარე ჰაერს საკმაო რაოდენობის სითბო აართვას, თუნდაც -20°C ტემპერატურის დროს.

თბური ტუმბოს მოქმედების პრინციპი, როდესაც სითბოს წყარო ჰაერია, ნაჩვენებია ნახ.4.2 ა. ჰაერის, როგორც თბური წყაროს ნაკლი ისაა, რომ იგი მაქსიმალურად ცივია მაშინ, როდესაც გათბობისათვის სითბოს მაქსიმალური რაოდენობაა საჭირო. მართალია, -20°C -ზე ჰაერს შეგვიძლია საკმაო რაოდენობის სითბო ავართვათ, მაგრამ ამ დროს თბური ტუმბოს სიმძლავრის კოეფიციენტი გარე ჰაერის ტემპერატურასთან ერთად მცირდება. ამიტომ ხშირად, თბური ტუმბო გამოიყენება სხვა რომელიმე თბურ გენერატორთან კომბინაციაში, რომელიც ეხმარება თბურ ტუმბოს წლის ხანმოკლე, უკიდურესად ცივ პერიოდში. „ჰაერი-წყალი“ თბური ტუმბოს განსაკუთრებული უპირატესობაა მისი მონტაჟის სიმარტივე, რადგანაც ამ დროს გამოირიცხება დიდი მოცულობის მიწის სამუშაოები ან ჭაბურღილების ბურღვა.

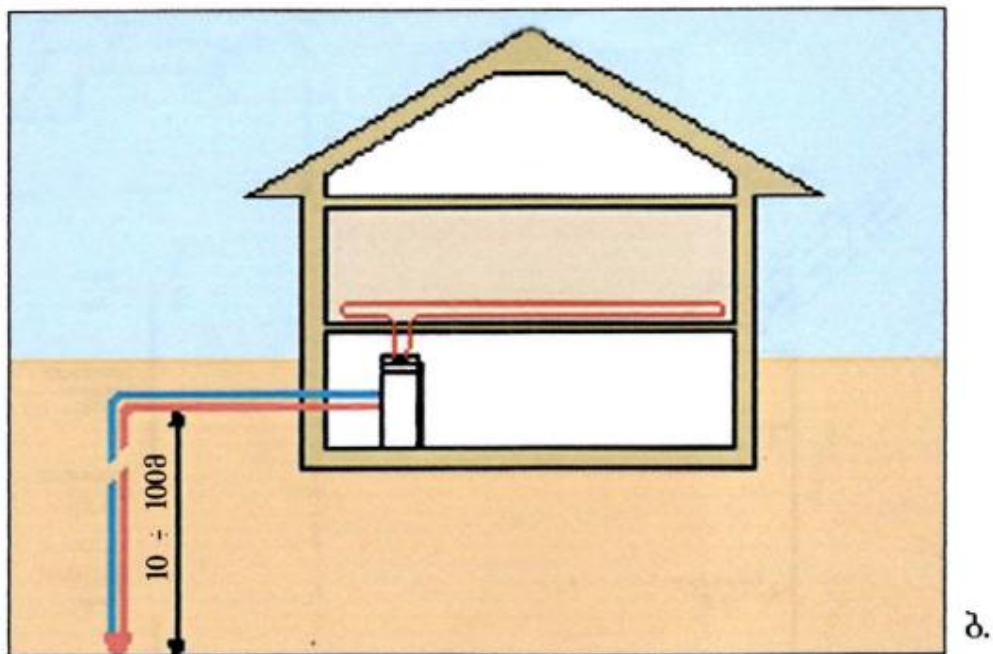
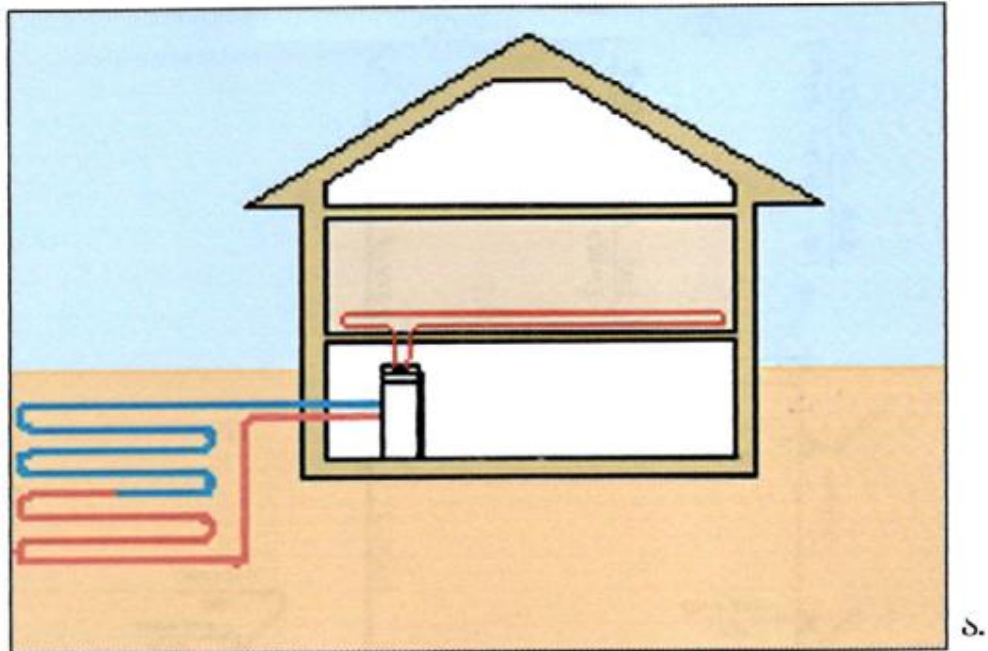
სითბოს წყარო - წყალი. გრუნტის წყლები მზის ენერგიის კარგი აკუმულატორებია. ყველაზე ცივ ზამთრის დღეებში მათ $+7 \div +12^{\circ}\text{C}$ მუდმივი ტემპერატურა აქვთ. სითბოს წყაროს მუდმივი ტემპერატურის გამო, თბური ტუმბოს სიმძლავრის კოეფიციენტი მთელი წლის განმავლობაში ხელსაყრელი სიდიდისაა. სამწუხაროდ, გრუნტის წყლები საკმაო რაოდენობით და შესაფერისი ხარისხით ყველგან არ არის ხელმისაწვდომი, მაგრამ სადაც ხელმისაწვდომია, მათი გამოყენება მომგებიანია. სითბოს მისაღებად საჭიროა მოეწყოს ერთი ამღები და ერთი სარინი (გამომყვანი) ჭა (ნახ. 4.2 ბ).



ნახ. 4.2 გათბობის სისტემის პრინციპული სქემა, როდესაც სითბოს წყაროა : ა - ჰაერი; ბ - გრუნტის წყალი

სითბოს წყარო - გრუნტი, გრუნტის კოლექტორით. $1,2 \div 2$ მ სიღრმემდე დედამიწა ცივ დღეებშიც კი საკმარის თბილია იმისათვის, რომ თბური ტუმბოს ექსპლუატაცია იყოს რენტაბელური. ამ შემთხვევაში თბური ტუმბოს გამოსაყენებლად საკმარის დიდი ზომის მიწის ნაკვეთია საჭირო, რათა გაყვანილ იქნეს მილსადენის სისტემა, რომელიც გრუნტს სითბოს აართმევს (ნახ.4.3). არსებობს ასეთი მარტივი წესი, რომ გრუნტის კოლექტორით თბური ტუმბოს გამოყენების დროს მიწის ნაკვეთი, გასათბობი შენობის თბოიზოლაციის ხარისხის მიხედვით, ორ-სამჯერ უნდა აღემატებოდეს საცხოვრებელ ფართობს. გრუნტის კოლექტორით

ართმეული სითბო 10-15 ვტ/მ²-ის ტოლია მშრალი ქვიშნარი გრუნტისთვის და 1,0 ვტ/მ²-მდე - გრუნტის წყლებით გაჯერებული გრუნტისათვის. მილსადენში გაედინება ეკოლოგიურად უსაფრთხო მარილის ხსნარი, რომელიც არ იყინება და შთანთქმულ სითბოს გადასცემს თბური ტუმბოს ამპორტქლებელს.



ნახ.4.3 გათბობის სისტემის პრინციპული სქემა, როდესაც სითბოს წყაროა გრუნტი: ა - გრუნტის კოლექტორებით; ბ - გეოთერმული ზონდით

სითბოს წყარო - გრუნტი გეოთერმული ზონდით. ვერტიკალური გეოთერმული ზონდები, რომლებიც გრუნტში სპეციალური ბურღით 100 მ სიღრმემდე შეიყვანება, მცირე ადგილს ითხოვს. გეოთერმული ზონდები შედგება ფუძისა და ზონდის ვერტიკალური პლასტმასის მილებისაგან (ნახ. 38). პლასტმასის მილების სისტემაში ცირკულირებს მარილხსნარი, რომელიც გრუნტს სითბოს ართმევს. ართმეული სითბური სიმძლავრე გრუნტის აგებულების მიხედვით, 30-100 ვტ-ის ფარგლებში მერყეობს. თბური ტუმბოს სახეობისა და გრუნტის აგებულების მიხედვით შეიძლება დანადგარს ერთდროულად რამდენიმე გეოთერმული ზონდი მიუერთდეს.

4.2 თბური ტუმბოს მუშაობის რეჟიმები

ექსპლუატაციის პერიოდში თბურ ტუმბოს უწევს მონოვალენტურ, ბივალენტურ და მონოენერგეტიკულ რეჟიმებში მუშაობა.

მონოვალენტური (ნახ.4.4 ა) ისეთი რეჟიმია, როდესაც შენობის გათბობის სისტემის ერთადერთი წყაროა თბური ტუმბო. ექსპლუატაციის ასეთი რეჟიმი გამოსადეგია ყველა სახის დაბალტემპერატურული გათბობის სისტემებისათვის, ანუ ისეთი სისტემებისათვის, რომლებშიც სისტემაში მისაწოდებელი წყლის ტემპერატურა 60°C -ს არ აღემატება.

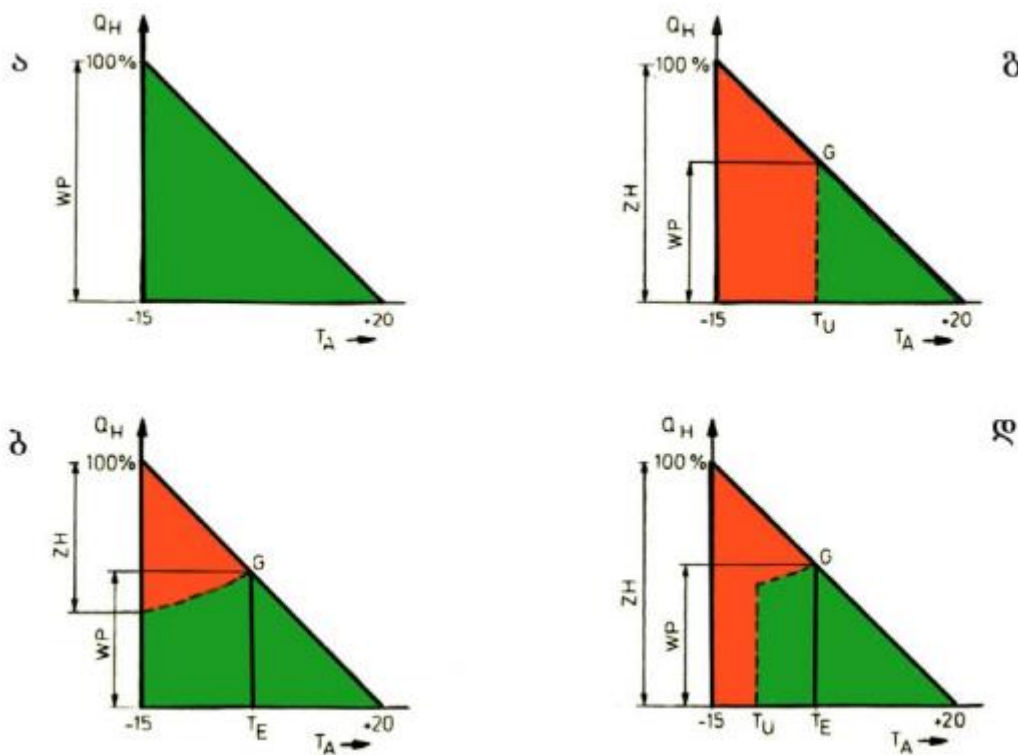
მონოენერგეტიკული (ნახ. 4.4 ბ) ისეთი რეჟიმია, როდესაც თბურ ტუმბოს ენერგიის სხვა სახე არ სჭირდება, იგი გარე ჰაერის -20°C ტემპერატურამდე მუშაობს. უფრო დაბალი გარე ჰაერის ტემპერატურის დროს ჩაირთვება დამხმარე ელექტროგათბობა. თუ თბური ტუმბოც და სითბოს მეორე გენერატორიც მუშაობს ელექტროენერგიის ხარჯზე, მაშინ რეჟიმი მონოენერგეტიკულია. ბივალენტური პარალელური რეჟიმის დროს (ნახ. 38 ბ), გარე ჰაერის გარკვეულ ტემპერატურამდე თბური ტუმბო გათბობის სისტემისათვის საჭირო სითბოს რაოდენობას გამოიმუშავებს დამოუკიდებლად. უფრო დაბალი ტემპერატურის დროს ჩაირთვება სითბოს მეორე გენერატორი. ამ დროს, ორივე გენერატორი მუშაობს პარალელურ რეჟიმში, რაც ზრდის წლის განმავლობაში თბური ტუმბოს წილს სითბოს გამოიმუშავებაში. თბური ტუმბოს მუშაობის და ექსპლუატაციის ბივალენტური პარალელური და მონო-ენერგეტიკული რეჟიმები (ნახ 38 ა,ბ) ერთმანეთის ანალოგიურია.

ბივალენტური მონაცვლეობითი რეჟიმის დროს (ნახ. 4.4 გ) თბური ტუმბო გათბობის სისტემის მოთხოვნას მთლიანად აკმაყოფილებს წინასწარ დადგენილ გარკვეულ ტემპერატურამდე. თუ ტემპერატურა ამ გარკვეულ ტემპერატურაზე (მაგ., 0°C) დაბლა დაეცა, მაშინ თბური ტუმბო გამოირთვება და გათბობის სისტემის ფუნქციას თავის თავზე იღებს სითბოს მეორე გენერატორი. როგორც თბური ტუმბო, ისე სითბოს მეორე გენერატორი ერთმანეთის მონაცვლეობით მუშაობენ. მუშაობის ასეთი რეჟიმი

მისაღებია გათბობის ნებისმიერი სისტემისათვის, რომელშიც მისაწოდებელი წყლის ტემპერატურა $+60^{\circ}\text{C}$ -ს აღემატება. ბივალენტური ნაწილობრივ პარალელური რეჟიმის (ნახ. 4.4 დ) დროს თბური ტუმბო გარე ჰაერის გარკვეულ ტემპერატურამდე საჭირო სითბოს რაოდენობას დამოუკიდებლად გამოიმუშავებს. როდესაც ტემპერატურა გარკვეულ სიდიდეზე დაბლა დაეცემა, ჩაირთვება მეორე თბოგენერატორი. თუ თბური ტუმბოს

მიწოდების ტემპერატურა საკმარისია, იგი მუშაობას განაგრძობს მეორე თბურ გენერატორთან პარალელურ რეჟიმში; წინააღმდეგ შემთხვევაში, იგი გამოირთვება. ამ დროს მეორე გენერატორი მთელ თბურ დატვირთვას იღებს თავის თავზე. ასეთი რეჟიმი მისაღებია ნებისმიერი სახის გათბობის სისტემისათვის, რომლის მიწოდების ტემპერატურა 60°C -ს აღემატება.

ბივალენტურ პარალელურ და ბივალენტურ მონაცვლეობით სისტემებში თბური ტუმბოს მიერ გამოუმუშავებული სითბოს გადაფარვის წილი ბივალენტური წერტილის მიხედვით DIN4701-10 ნორმებით არის რეგლამენტირებული.



ნახ. 4.4 თბური ტუმბოს მუშაობის რეჟიმები. ა - მონოვალენტური; ბ - ბივალენტურ-პარალელური ანუ მონოენერგეტიკული; გ - ბივალენტურ-ალტერნატიული; დ - ბივალენტურ-ნაწილობრივ პარალელური

QN - თბური დატვირთვა; G - ბივალენტური წერტილი; WP - თბური ტუმბო; ZH - დამატებითი გათბობა; TU - გადართვის წერტილი; TE - ჩართვა

4.3 თბური ტუმბოს შერჩევა და პარამეტრების განსაზღვრა

მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში მზადდება გათბობის თბური ტუმბოების ფართო ასორტიმენტი. სიმძლავრეთა კლასის ნაირსახეობის და გამოყენების სფეროს მიხედვით არსებობს მრავალი მოწყობილობა, რომლებიც სითბოს წყაროდ გამოიყენება როგორც ჰაერი, ასევე გრუნტი და გრუნტის წყლები. თბური ტუმბოების დაგეგმვის დროს საჭიროა მათი სამშენებლო და

გათბობის კრიტერიუმების ანალიზი. ახალ მშენებლობებზე შეიძლება გამოყენებულ იქნეს თბური ენერგიის ნებისმიერი წყარო - ჰაერი, გრუნტი, გრუნტის წყლები. თუ რომელი მათგანია ოპტიმალური, ამის დასადგენად უნდა ვისარგებლოთ შემდეგი კრიტერიუმებით:

„ჰაერ-წყლის“ თბური ტუმბოს გამოყენება შეიძლება ყველგან, ჰაერის იოლი ხელმისაწვდომობის და სიიაფის გამო. ეს ტუმბოები განსაკუთრებით ხელსაყრელია ბივალენტური და მონოენერგეტიკული ექსპლუატაციის რეჟიმებში.

„წყალ-წყლის“ თბური ტუმბოების გამოყენების დროს საჭიროა გრუნტის წყლების საკმარისი რაოდენობით და ხარისხით არსებობა. გრუნტის წყლების სიღრმე ეკონომიკურად მიზანშეწონილი უნდა იყოს.

ასეთი თბური ტუმბოების არსებობის შემთხვევაში, თბური ტუმბოს მონოვალენტურ რეჟიმში, ექსპლუატაციის იდეალური პირობები იქმნება.

„მარილხსნარ-წყლის“ თბური ტუმბოების გამოყენებისას, გრუნტის კოლექტორებით საჭიროა დაუსახლებელი მიწის დიდი ნაკვეთის არსებობა. მიწის ნაკვეთი გრუნტის კოლექტორის მოსაწყობად 2÷3-ჯერ უნდა აღემატებოდეს საცხოვრებელ ფართობს. დაბალტემპერატურულ გათბობის სისტემასთან კომბინაციაში შეიძლება ამ დანადგარების მონოვალენტურ რეჟიმში ექსპლუატაცია.

რამდენიმე თბური ტუმბოს ერთმანეთთან შეერთებით შეიძლება მოვაწყოთ გათბობის მსხვილი (მძლავრი) სისტემები. „მარილხსნარ-წყლის“ ან „წყალ-წყლის“ თბური ტუმბოების ჰიდრავლიკური ან ელექტრული გადაბმა არავითარ სიძნელეს არ წარმოადგენს და ამის განხორციელება შეიძლება შესაბამისი დამატებითი მოწყობილობის გამოყენებით.

თბური ტუმბოების შერჩევისას უნდა დადგინდეს მათი მუშაობის პარამეტრები და თბური დატვირთვები. შენობის ნომინალური თბური დატვირთვის დადგენა ხდება ამ შენობის თბოდანაკარგების გაანგარიშების საფუძველზე. ამ სიდიდეს უნდა დაემატოს აგრეთვე სითბოს ხარჯი, რომელიც საჭიროა ცხელწყალმომარაგების სისტემებისათვის. ამ სიდიდეების გაანგარიშება სამშენებლო ნორმების მიხედვით ხდება. თბური დატვირთვების მიახლოებითი გაანგარიშების დროს შესაძლებელია ვისარგებლოთ

ევროპის ქვეყნებში გავრცელებული მეთოდიკით, რომლის თანახმადაც შენობის თბური დატვირთვა აიღება მისი ფართობის გამრავლებით კუთრი თბური დატვირთვის ქვემოთ მოყვანილ სიდიდეებზე:

სახლი პასიური ენერგომოთხოვნილებებით 10 ვტ/მ²;

ენერგოდაზოგი სახლი 40 ვტ/მ²;

ახალი შენობა (კარგი თბოიზოლაცია) 50 ვტ/მ²;

სახლი ნორმალური თბოიზოლაციით 80 ვტ/მ²;

ძველად აშენებული სახლი (სპეციალური თბოიზოლაციის გარეშე) 120 ვტ/მ².

ცხელი წყლის მომზადებაზე დანამატი აიღება მისი მაქსიმალური ხარჯის მიხედვით, რომელიც საცხოვრებელი სახლებისათვის დღე-ღამეში 200 ლ-ის ტოლია ერთ ადამიანზე 45°C ტემპერატურის დროს, ეს კი შეადგენს 0,25 კვტ-ს თითოეულ ადამიანზე, გაცხელების 8 სთ-იანი პერიოდისათვის.

თბური ტუმბოს სამუშაო პარამეტრების განსაზღვრის დროს უნდა ვისარგებლოთ კონკრეტული თბური ტუმბოს საპასპორტო მონაცემებით და საექსპლუატაციო რეჟიმებით (მონოვალენტური, ბივალენტური, მონოენერგეტიკული).

4.4 ჰაერ-წყლის თბური ტუმბოები

ამ შემთხვევაში, სითბოს წყაროა ჰაერი. თბური ტუმბოები აღჭურვილია კომპრესორით, რომელიც მათ უსაფრთხო, საიმედო და მდოვრე მუშაობას უზრუნველყოფს. ეს ტუმბოები შეიძლება გამოყენებულ იქნეს წყლით გათბობის როგორც ნებისმიერ ახალ სისტემაში, ისე უკვე არსებულ რადიატორულ სისტემაში, მათი შემდგომი მოდერნიზაციის დროს. თბურ ტუმბოებს შეუძლია -20°C ტემპერატურამდე მუშაობა. გათბობის სისტემაში მისაწოდებელი წყლის ტემპერატურა +65°C-მდე, ხოლო ცხელწყალმომარაგების სისტემაში +55°C-მდეა შესაძლებელი. ეს ტუმბოები ხასიათდება წლიური გამოყენების მაღალი კოეფიციენტით; მათი სიმძლავრის კოეფიციენტი 3,6-მდეა.

ჰაერ-წყლის თბური ტუმბოს სქემატური ტექნოლოგიური ჭრილი ნაჩვენებია ნახ4.5.

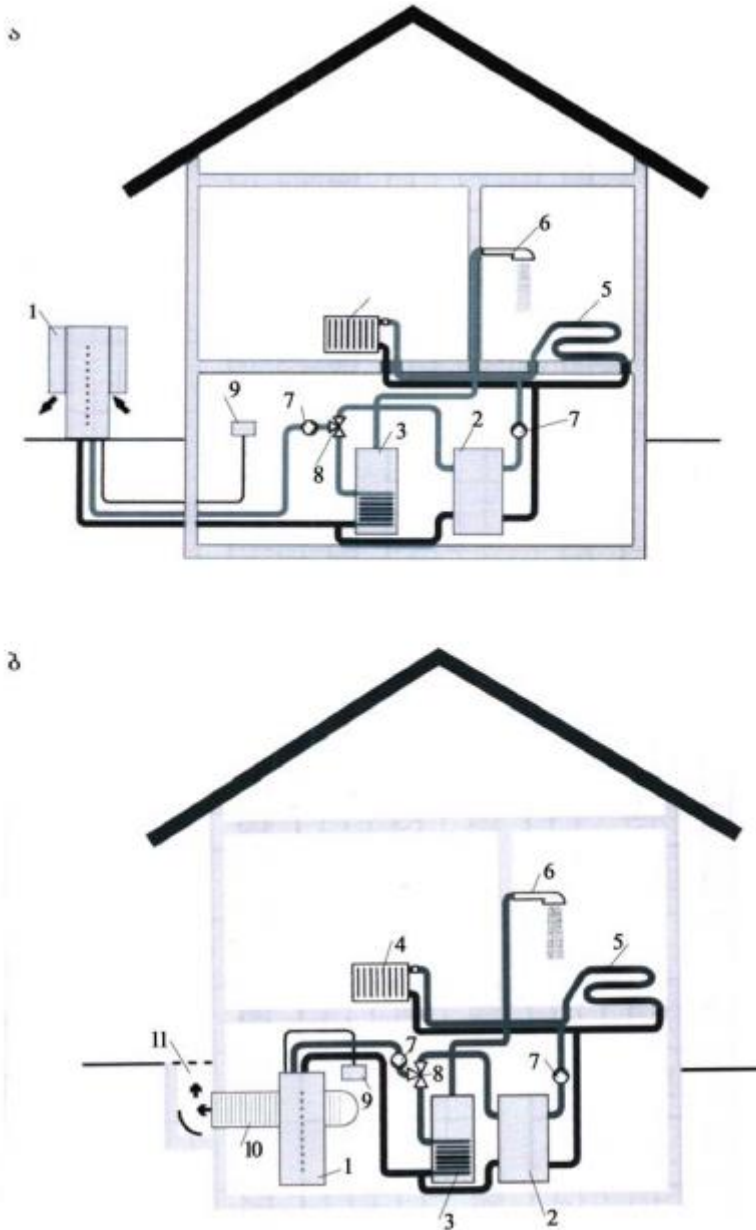


ნახ. 4.5 „ჰაერ-წყლის“ თბური ტუმბოს სქემატური ტექნოლოგიური ჭრილი.

A - ჰაერის გაწოვის მხარე; B - ვენტილატორი; C - ამორთქლებელი; D - ჰაერის შეწოვის მხარე; E - კომპრესორი; F - კონდენსატორი; G - კოლექტორი

ჰაერ-წყლის თბური ტუმბოს გამოყენება ყველგანაა შესაძლებელი, სადაც არის ჰაერი, როგორც სითბოს წყარო. მას შეუძლია მუშაობა ზემოთ განხილულ ყველა (მონოვალენტურ, ბივალენტურ, მონოენერგეტიკულ) რეჟიმში. ჰაერ-წყლის თბური ტუმბოს დაყენება უმჯობესია შენობის გარეთ ღია ჰაერზე. ასეთი დაყენება ეფექტური და შედარებით იაფია. არ გვჭირდება ჰაერის სპეციალური არხები და საძირკვლებსაც ნაკლები მოთხოვნა წაეყენება. თუ თბური ტუმბოს ღია ჰაერზე დაყენება არ ხერხდება, მაშინ იძულებული ვხდებით, თბური ტუმბო შენობაში დავაყენოთ. შენობაში თბური ტუმბოს დაყენების დროს უნდა გავითვალისწინოთ, რომ მაღალი ტენიანობის სათავსებში თბური ტუმბოს ზედაპირებზე, საჰაერო არხებში და, განსაკუთრებით, კედლის ღიობებში მოსალოდნელია კონდენსატის წარმოქმნა. თუ სათავსის ჰაერის ტენიანობა აღემატება 50%-ს, გარე ჰაერის 0°C-ზე დაბალი ტემპერატურის დროს, მიუხედავად კარგი თბოიზოლაციისა, კონდენსატის წარმოქმნის აღმოფხვრა შეუძლებელია. ამიტომ, თბური ტუმბოს დაყენება სათავსებში, რომელთა ფარდობითი ტენიანობა 50%-ს აღემატება, გარე ჰაერის 0°C და უფრო დაბალი ტემპერატურების დროს დაუშვებელია. არ შეიძლება ჰაერ-წყლის თბური ტუმბოს დაყენება შენობის საცხოვრებელ ზონაში. მათ დასაყენებლად კარგია ისეთი გაუმთბარი სათავსები, როგორიცაა სარდაფი, გარაჟი, ტექნიკური სათავსი. ზემო სართულებზე თბური ტუმბოს

განლაგებისას საჭიროა გადახურვის მზიდუნარიანობის შემოწმება და საჭიროების შემთხვევაში, მისი გაძლიერება. განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს ვიბროიზოლაციას; უნდა ვერიდოთ თბური ტუმბოს ხის გადახურვაზე განლაგებას.



ნახ. 4.6 „პაერ-წყლის“ თბური ტუმბოს გათბობის სისტემაში ჩართვა. ა - როდესაც თბური ტუმბო შენობის გარეთაა; ბ - როდესაც თბური ტუმბო შენობაშია მოთავსებული. 1 - თბური ტუმბო; 2 - წყალსატობი ქვაბი; 3 - ბუფერული ავზი-დამგროვებელი; 4 - გათბობის რადიატორი; 5 - იატაკის გათბობა; 6 - ცხელი წყლის მომხმარებელი; 7 - საცირკულაციო ტუმბო; 8 - სამსვლიანი ონკანი; 9 - ავტომატური მართვის ბლოკი; 10 - პაერსადენი; 11 - პაერმიმღები შახტი

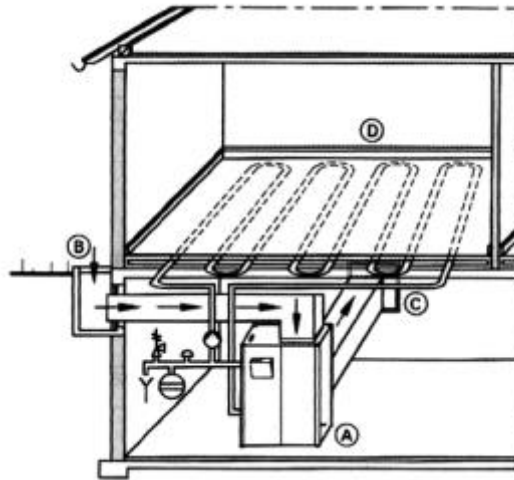
სათავსში განლაგებული თბური ტუმბოს ეფექტური და უტყუარი მუშაობისათვის საჭიროა ამ სათავსებში საკმარის დიდი რაოდენობის პაერის მიწოდება. პაერის რაოდენობა დამოკიდებულია თბური ტუმბოს თბომწარმოებლობაზე და მისი მნიშვნელობაა 2500-9000 მ³/სთ სათავსში, სადაც დაყენებულია თბური ტუმბო, უნდა ხდებოდეს მუდმივი პაერცვლა,

რათა თავიდან იქნეს აცილებული კონდენსატის წარმოქმნის შესაძლებლობა. თბურ ტუმბოს უკეთდება მიმწოდებელი და გამწოვი ჰაერსადენები. ამ ჰაერსადენების გარეშე თბური ტუმბოს ექსპლუატაცია დაუშვებელია, რადგანაც თბური ტუმბო მოძრავი დეტალებით (ვენტილატორი) შეიცავს ტრავმების საშიშროებას. ნახ.4.6 ნაჩვენებია ჰაერ-წყლის თბური ტუმბოს გათბობისა და ცხელწყალმომარაგების სისტემაში ჩართვის სქემები მისი სათავსში და გარეთ, ღია ჰაერზე დაყენების შემთხვევაში. როგორც ერთ, ისე მეორე შემთხვევაში გათბობის სისტემა შედგება ორი კონტურისგან. პირველი არის კონტური, რომელიც უშუალოდ თბურ ტუმბოშია მოთავსებული და მიმდინარეობს 35-ე ნახ-ზე ნაჩვენები სქემის მიხედვით, ხოლო მეორე კონტურია თბურ ტუმბოსა და გათბობის სისტემებს შორის. მე-40 ნახ-ზე ნაჩვენებია წყლით გათბობის როგორც რადიატორული, ისე იატაკით 5 გათბობის სისტემა. ნახაზზე წარმოდგენილი ჰაერ-წყლის თბური ტუმბოს სისტემა არის ბივალენტური, რადგანაც სისტემაში დამატებით მოწყობილია წყალსათბობი ქვაბი 2, რომელიც მუშაობს ნებისმიერი სახის სათბობზე (გაზი, თხევადი ან მყარი). სითბოს გამომუშავების სისტემაში ჩართულია აგრეთვე მოცულობითი (ბუფერული) ავზი-დამგროვებელი. ბუფერული წყლის დამგროვებელი უზრუნველყოფს თბური ტუმბოს ამორთქლების (ფირფიტოვანი თბოგადამცემი) გარანტირებულ გათბობას. ბუფერული დამგროვებელი უმნიშვნელო თბური მოთხოვნილების დროს უზრუნველყოფს თბური ტუმბოს მუშაობის გახანგრძლივებას. გარდა ამისა, ბუფერული დამგროვებლიდან ხდება ცხელწყალმომარაგების სისტემის ცხელი წყლით უზრუნველყოფა წყალსადენიდან შემოსული ცივი წყლის ხარჯზე.

ჰაერ-წყლის თბურ ტუმბოებს შეუძლია მთელი წლის განმავლობაში იმუშაოს. ვინაიდან ყველაზე მაღალი სიმძლავრის კოეფიციენტები აქვთ მისაწოდებელი წყლის შედარებით დაბალი ტემპერატურის (35°C) თბურ ტუმბოებს, ამიტომ მათი გამოყენება ყველაზე კარგია დაბალტემპერატურულ გათბობის სისტემებში (მაგალითად, იატაკის გათბობა).

ნახ.4.7 ნაჩვენებია „ჰაერ-წყლის“ თბური ტუმბოს მიერ მონოენერგეტიკულ რეჟიმში სითბოს გენერაციის სქემა იატაკის გათბობისათვის. ამ დროს თბურ ტუმბოში (A) ჩაშენებულია სპეციალური ელექტროგამცხელებელი და ავზი-დამგროვებელი, რომელიც ასრულებს ბუფერული მოცულობის ფუნქციას და უზრუნველყოფს ცხელი წყლით მომარაგების სტაბილურ რეჟიმს. ჩაშენებული ელექტროგამცხელებელი წლის განსაკუთრებით ცივ პერიოდში უზრუნველყოფს გათბობის სისტემის ნორმალურ, შეუფერხებელ მუშაობას. თბური ტუმბოსათვის საჭირო ჰაერის რაოდენობა საჰაერო

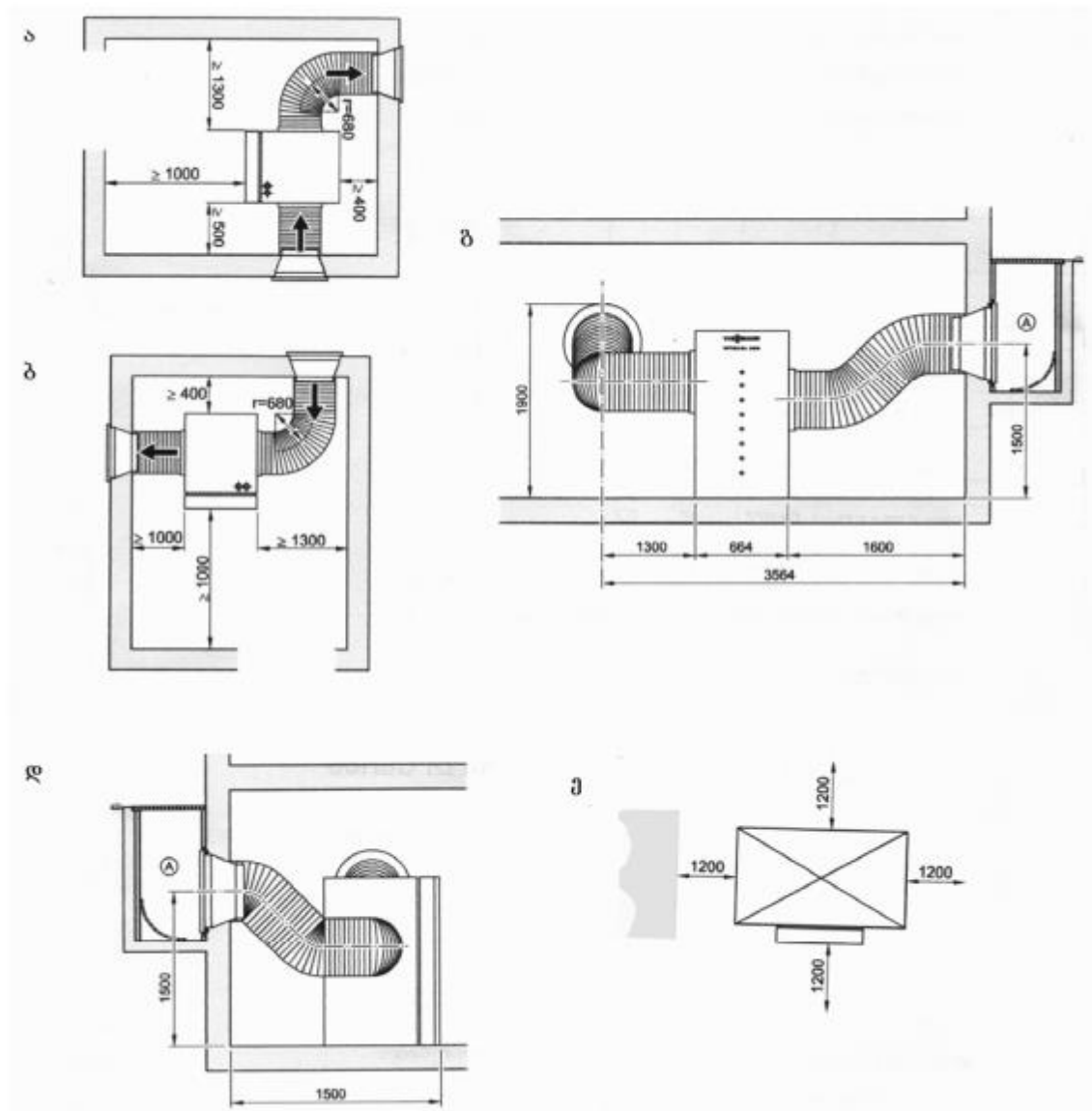
არხებით მიეწოდება ამორთქლებელს, სადაც ის ცივდება. ჰაერის მიწოდება სპეციალური ჩაშენებული ვენტილატორის მეშვეობით ხდება.



ნახ. 4.7 „ჰაერ-წყლის“ თბური ტუმბოს მიერ სითბოს გენერაციის სქემა იატაკის გათბობისათვის

თბური ტუმბოს მონტაჟის დროს სათავსში და მის გარეთ დაცული უნდა იქნეს მომსახურებისათვის საჭირო მინიმალური ზომები ნახ.4.8 მიხედვით. ზ ვარიანტის შემთხვევაში, გამწოვი ჰაერსადენის სიგრძე მინიმუმ 1000 მმ-ის ტოლი უნდა იყოს, ხოლო სათავსის სიმაღლე, სადაც თბური ტუმბო იდგმება, - არანაკლებ 2100 მმ-ისა. კედელში ჰაერსადენის გაყვანის დროს სჭირია 810-820 მმ სიგრძის ნაწიბურის მქონე კვადრატული ხვრელის არსებობა.

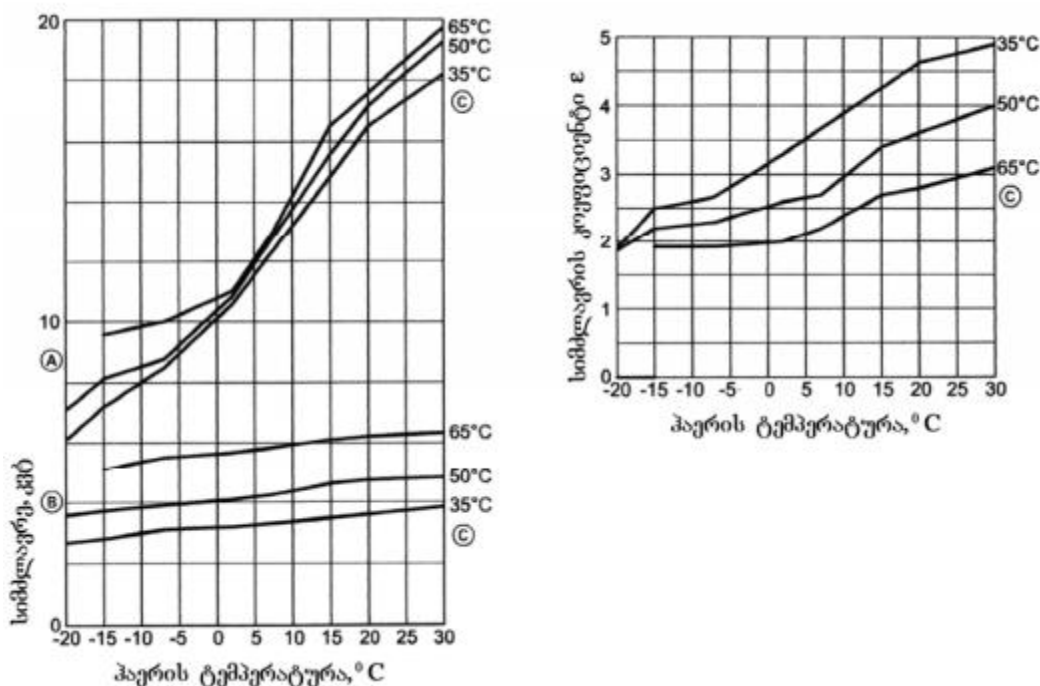
თბური ტუმბოს შერჩევისა და ექსპლუატაციის დროს უნდა ვისარგებლოთ თბური ტუმბოს მახასიათებლებით, რაც ყოველი ტუმბოსთვის დგება მწარმოებლის მიერ და იგი ყოველი ტიპისა და სიმძლავრის ტუმბოსათვის ინდივიდუალურია.



ნახ. 4.8 „ჰაერ-წყლის“ თბური ტუმბოს შემომზადებულ კონსტრუქციებთან მიბმის მინიმალური ზომები

ნახ.4.9 ნაჩვენებია 10 კვტ თბური სიმძლავრის „ჰაერ-წყლის“ თბური ტუმბოს მახასიათებლები - თბური და ელექტროსიმძლავრეები და სიმძლავრის (გარდაქმნის) კოეფიციენტები (ε) გათბობის სისტემაში მისაწოდებელი წყლის ტემპერატურის მიხედვით. როგორც ამ გრაფიკებიდან ჩანს, ერთი და იმავე სიმძლავრის მისაღებად რაც უფრო დაბალია მისაწოდებელი წყლის ტემპერატურა, მით მაღალია სიმძლავრის კოეფიციენტი, ე.ი. შესაბამისად ნაკლებია თბური ტუმბოს მიერ მოხმარებული ელექტროენერგიის ხარჯი. ანალოგიური გრაფიკები ყველა ტიპის თბური ტუმბოსათვის მოცემულია მათ ტექნიკურ პასპორტებში და საცნობარო ლიტერატურაში. ზოგადად უნდა აღინიშნოს, რომ „წყალ-ჰაერის“ თბური ტუმბოებისათვის სიმძლავრის

კოეფიციენტები მისაწოდებელი წყლის ტემპერატურის მიხედვით $3,6 \div 1,9$ ფარგლებში იცვლება.



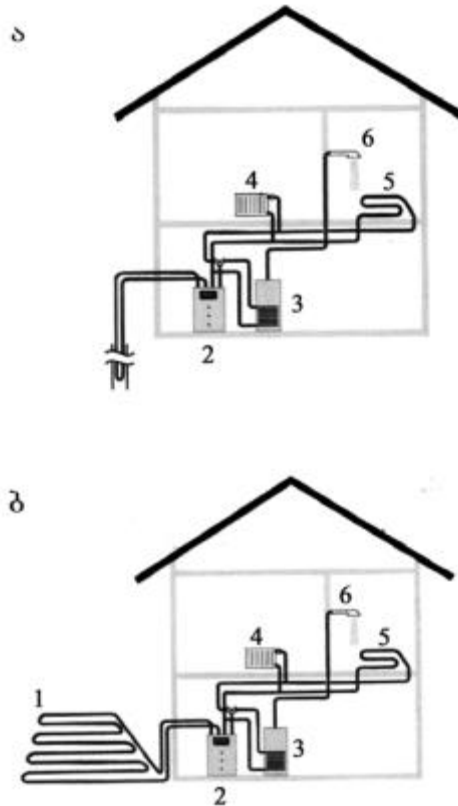
ნახ. 4.9 „ჰაერ-წყლის“ 10 კვტ სიმძლავრის თბური ტუმბოს მუშა მახასიათებლის დიაგრამა. A - თბური სიმძლავრე; B - ხმარებადი ელექტროენერგია; C - გათბობის სისტემის მიმწოდებელი მაგისტრალის ტემპერატურა t_w

4.5 მარილხსნარ-წყლის თბური ტუმბოები

ამ სახის თბური ტუმბოები წარმოადგენს მოწყობილობას, რომლის დანიშნულებაცაა გრუნტის (მიწის) სითბოს გამოყენება გათბობისა და ცხელი წყალმომარაგების სისტემებში. ამ შემთხვევაში სითბოს წყაროს წარმოადგენს გრუნტი, ხოლო გრუნტის სითბოს ართმევა წარმოებს გრუნტის კოლექტორების ან გრუნტის იმ გეოთერმული ზონების მეშვეობით, რომლებიც თბოგადამცემებია და რომლებშიც თბოშემცველად ცირკულირებს მარილხსნარი. მარილხსნარი გრუნტის სითბოს თბურ ტუმბოში გადასცემს გათბობის სისტემის თბოშემცველს - წყალს, ამიტომაც, ასეთ თბურ ტუმბოებს მარილხსნარ-წყლის ტუმბოებს უწოდებენ. ასეთი თბური ტუმბოს გათბობისა და ცხელი წყლის სისტემაში ჩაართვის პრინციპული სქემები ნაჩვენებია ნახ.4.10, ხოლო თვით თბური ტუმბოს სქემატური ტექნოლოგიური ჭრილი ნახ.4.11.

გრუნტის კოლექტორების გამოყენების დროს სითბოს წყაროდ მოიაზრება გრუნტის ყველაზე ზედა ფენა, დაახლოებით ზედაპირიდან 2 მ სიღრმემდე. სითბოს ართმევა ხდება თბოგადამცემით, რომელიც განლაგებულია გასათბობი შენობის მახლობლად დაუსახლებელ ადგილზე. გრუნტის სითბო არის შენახული მზის ენერგია,

რომელიც გრუნტში გროვდება პირდაპირი გამოსხივებით, ჰაერიდან თბოგადაცემით და ჩამოსული ნალექების საშუალებით. ყოველივე ეს გათბობის სეზონის შემდეგ გადაცივებული გრუნტის სწრაფად აღდგენად (განახლებად) ენერგიას წარმოადგენს.



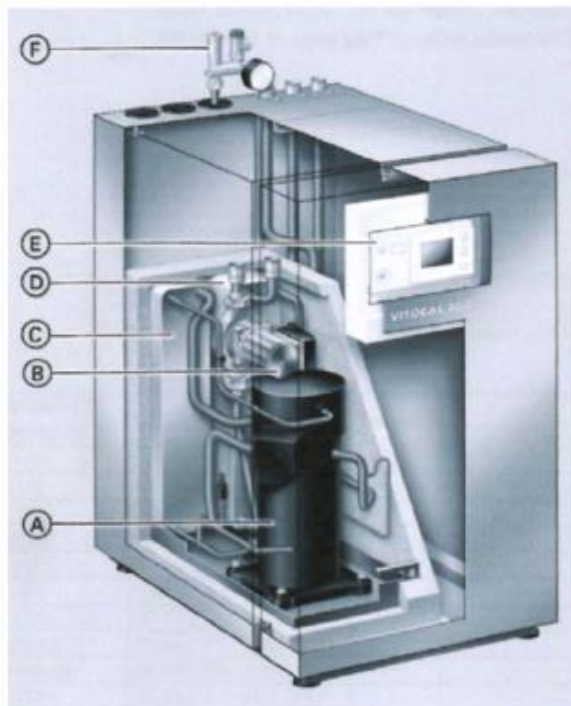
ნახ. 4.10 „მარილხსნარ-წყლის“ თბური ტუმბოს გათბობისა და ცხელწყალმომარაგების სისტემაში ჩართვის პრინციპული სქემა: ა - გეოთერმული ზონდი;

ბ - გრუნტის კოლექტორი 1 - გრუნტის კოლექტორი; 2 - თბური ტუმბო; 3 - ავზი-დამგროვებელი; 4 - გათბობის რადიატორი; 5 - იატაკის გათბობა; 6 - ცხელი წყლის მომხმარებელი

გრუნტის ქვედა შრეებიდან თბოგამტარობით ამოსული სითბო შეადგენს დაახლოებით 0,05-0,12 ვტ/მ²-ს, ამიტომ მისი, როგორც სითბოს წყაროს მნიშვნელობა სიმცირის გამო შეგვიძლია უგულებელვყოთ. გათბობის მიზნებისათვის მიღებული სითბოს რაოდენობა და, შესაბამისად, სითბოს წყაროს (მიწის) ფართობი დამოკიდებულია გრუნტის შედგენილობასა და მის თავისებურებებზე. პირველ რიგში, ასეთი გავლენის მქონე სიდიდეებია წყლის რაოდენობა, მინერალური ნივთიერებები - კვარცი და მინდვრის შპატი, აგრეთვე, ჰაერით შევსებული ფორების ზომები და რაოდენობა. მარტივად რომ ვთქვათ, მაკუმულირებული თვისებები და თბოგამტარობა მით მეტია, რაც მეტადაა გაჯერებული გრუნტი წყლით, მეტია მინერალური ნივთიერებები და რაც ნაკლებია ფორების რაოდენობა. გრუნტიდან ართმეული თბური

ენერგიის სიდიდე დამოკიდებულია გრუნტის ხარისხზე და იგი 10-დან 40 ვტ/მ²-მდე იცვლება, თუ მილების ჩაწყობის ბიჯია 0,6÷1,0 მ, ხოლო ჩაღრმავება - 1,2-1,5 მ. გრუნტიდან სითბოს

მისაღებად მასში ეწყობა პლასტმასის მილები (გრუნტის კოლექტორები), რომლებშიც ცირკულირებს თბოშემცველი.



ნახ. 4.11 „მარილხსნარ-წყლის“ თბური ტუმბოს ტექნოლოგიურ-სქემატური ჰრილი. A - კომპრესორი; B - მარილხსნარის კონტურის საცირკულაციო ტუმბო; C - კონდენსატორი; D - ამორთქლებელი; E - მართვის ბლოკი; F - თბოშემცველის მანაწილებელი დამცავი არმატურით

გრუნტიდან ართმეულ სითბოს თბოშემცველი აწვდის თბურ ტუმბოს. თბოშემცველმა უნდა შეძლოს გაყინვისაგან საიმედო დაცვა. გარდა ამისა, არაჰერმეტიულობით გამოწვეულმა გაჟონვებმა საფრთხე არ უნდა შეუქმნას გრუნტის წყლებს. ასეთი თვისებები აქვს ეთილენგლიკოლით დამზადებულ უყინ სითხეებს. ეს საშუალებები დამუშავებულ იქნა სპეციალურად ენერგიის ტრანსპორტირების, თბური ტუმბოების გაყინვისა და კოროზიისგან დაცვის მიზნით. გრუნტიდან სითბოს ართმევის სიმძლავრე, თანახმად ნორმებისა (VDI 4640), შეადგენს:

მშრალ და არამჭიდ ნიადაგებში $q_E = 10-15$ ვტ/მ²;

ტენიან და არამჭიდ ნიადაგებში $q_E = 15-20$ ვტ/მ²;

ძალიან ტენიან მჭიდ ნიადაგებში $q_E = 20-25$ ვტ/მ²;

ტენით გაჯერებულ ნიადაგებში $q_E = 25-30$ ვტ/მ²;

წყლოვან გრუნტში $q_E = 30-40$ ვტ/მ².

კოლექტორის მოსაწყობად საჭირო გრუნტის ფართობი განისაზღვრება გასათბობი შენობის თბური დატვირთვისა და გრუნტის თავისებურებების გათვალისწინებით. გრუნტის საჭირო ფართობი თბური ტუმბოს სიცივის მწარმოებლურის მიხედვით გამოითვლება. თბური ტუმბოს სიცივის მწარმოებლობა $Q_{სიგ}$ არის სხვაობა მის $Q_{თბ}$ თბურ მწარმოებლობასა და $P_{თბ}$ ხმარებად სიმძლავრეს შორის.

$$Q_{სიგ} = Q_{თბ} - P_{თბ}.$$

მაგალითად, თბურ ტუმბოს, რომლის სითბოს წყაროს ტემპერატურა 0°C -ია, ხოლო მისაწოდებელი წყლის ტემპერატურა 35°C , აქვს 9,9 კვტ თბური მწარმოებლობა და მოიხმარს 2,2 კვტ ელექტროენერგიას, $Q_k = 9,9 - 2,2 = 7,7$ კვტ.

გრუნტის ფართობი, როდესაც სითბოს ართმევის კუთრი სიმძლავრე $qE=25$ ვტ/ მ^2 , არის

$$A = 7700 \text{ ვტ} / 25 \text{ ვტ/მ}^2 = 308 \text{ მ}^2.$$

თუ მიღებს შორის მანძილს (ბიჯს) ავიღებთ 0,6 მ-ის ტოლს, გვექნება მილის შემდეგი სიგრძე:

$$308 \text{ მ}^2 / 0,6 \text{ მ} = 513 \text{ მ},$$

რაც ეთანადება 100 მ სიგრძის მილების 5 რიგს.

კოლექტორის მოსაწყობად საჭირო მილები ლაგდება 1,2-1,5 მ სიღრმეში რამდენიმე რიგად. ცალკეული რიგის სიგრძე 100 მ-ს არ უნდა აღემატებოდეს. წინააღმდეგ შემთხვევაში, საჭირო გახდება უფრო მძლავრი საცირკულაციო ტუმბოების გამოყენება, რაც ელექტროენერგიის ხარჯს გაზრდის.

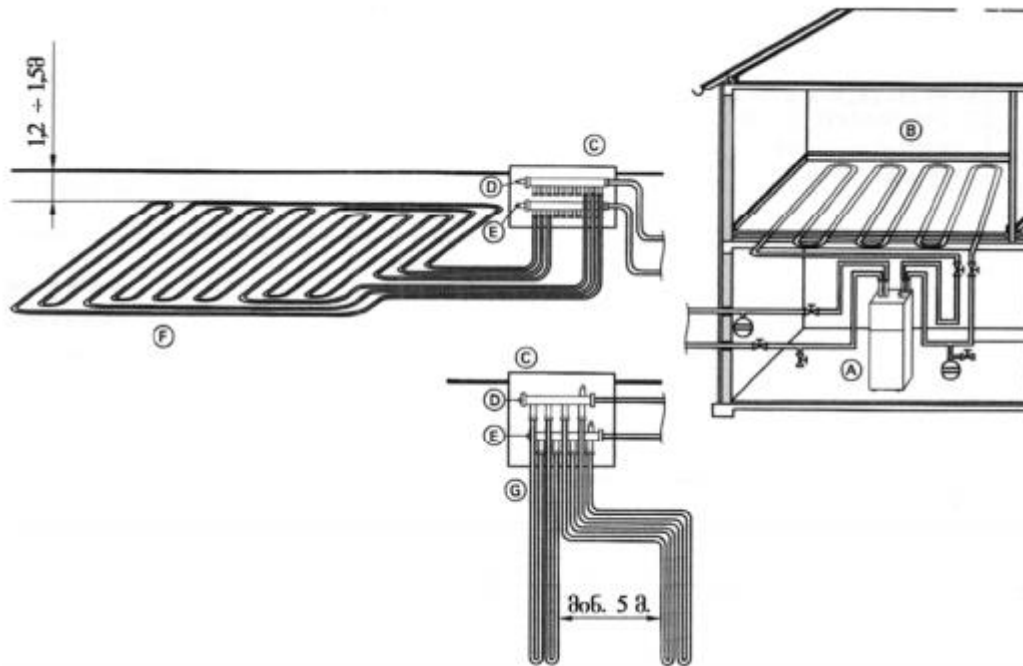
ნახ.4.12 ნაჩვენებია „მარილხსნარ-წყლის“ თბური ტუმბოს მიერ სითბოს გენერაციის პროცესი როგორც გრუნტის კოლექტორის, ისე გრუნტის ზონდის მეშვეობით.

მცირე ზომის მიწის ნაკვეთებისა და უკვე არსებული შენობებისათვის თბური ტუმბოს მოწყობილობის თვალსაზრისით, გრუნტის ზონდი გრუნტის კოლექტორის ალტერნატივაა. გრუნტიდან სითბოს აღების მიზნით გამოიყენება ორმაგი U-სებრი ზონდი. შესაძლებელია ერთ ჭაბურღილში პლასტმასის მილის ორი U-სებრი მარყუჟის

მოწყობა. მილებსა და გრუნტს შორის სივრცე უნდა შეივსოს კარგი თბოგამტარი მასალით (მაგ., ბეტონიტი). ორ მიწის ზონდს შორის მანძილი უნდა იყოს:

50 მ სიღრმემდე - სულ მცირე, 5 მ;

100 მ სიღრმემდე - სულ მცირე, 10 მ.



ნახ. 4.12 „მარილხსნარ-წყლის“ თბური ტუმბოს მიერ გრუნტის სითბოს გენერაციის პრინციპული სქემა.

A - თბური ტუმბო; B - დაბალტემპერატურული (იატაკის) გათბობის სისტემა; C - კოლექტორის ჭა; D - მიწის კოლექტორებისა და ზონდებისათვის მარილხსნარის მანაწილებელი კოლექტორი; E - მარილხსნარის შემკრები კოლექტორი, F - მიწის კოლექტორი; G - მიწის (ორმაგი) ზონდი

ორმაგი U-სებრი გრუნტის ზონდის თბური მწარმოებლობის განსაზღვრის დროს უნდა ვისარგებლოთ მე-2 ცხრილში წარმოდგენილი VDI 4640-ის მონაცემებით.

გრუნტის ზონდი, ისევე როგორც კოლექტორი, გაიანგარიშება თბური ტუმბოს სიცივის მწარმოებლობის მიხედვით. ზონდის საჭირო სიგრძე

$$L = QK / q_E.$$

ცხრილი

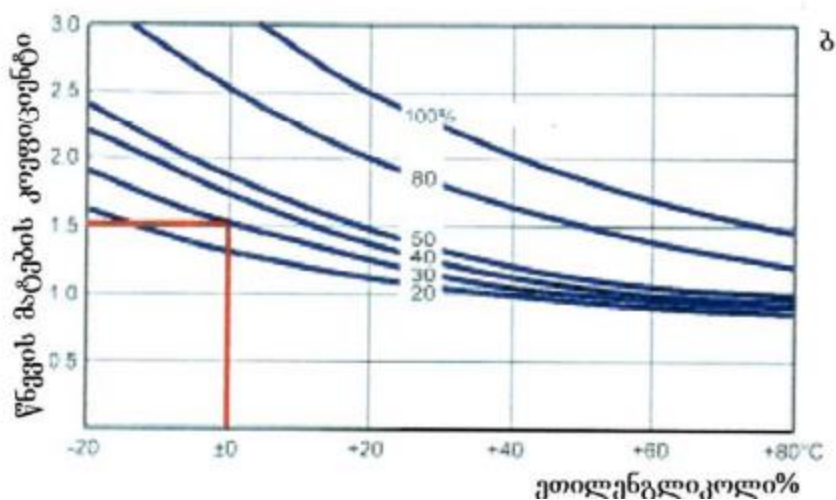
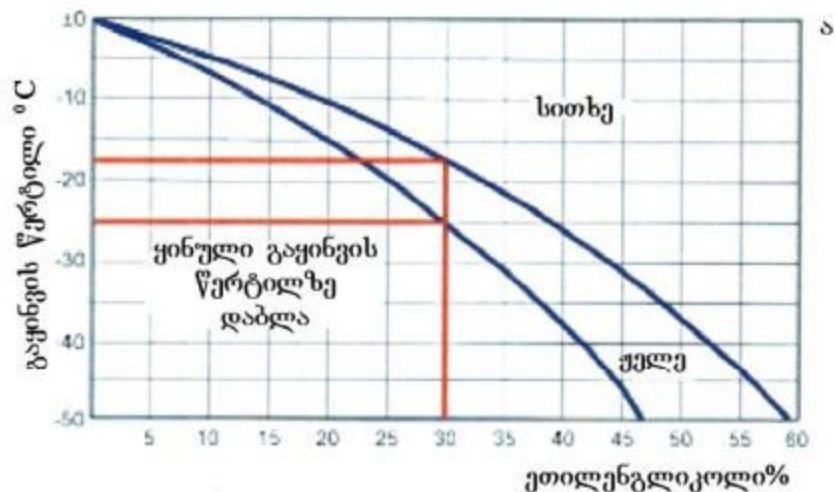
ორმაგი U-სებრი გრუნტის ზონდის კუთრი სითბოს შესაძლო მნიშვნელობები (VDI 4640, ფურც. 2) გრუნტი	კუთრი თბური სიმძლავრე q_E , ვტ/მ ²
ზოგადი ნორმატიული მაჩვენებლები	
ცუდი გრუნტი [(მშრალი დაწევის ქანი) ($\lambda < 1,5$ ვტ/მ ² ·K)]	20
	50

ნორმალური მყარი ქვის ქანი და წყლით გაჯერებული დაწვევის ქანი ($\lambda < 1,5-3$ ვტ/მ ² К)	70
მყარი ქვის ქანი მაღალი თბოგამტარობით ($\lambda > 30$ ვტ/მ ² К)	
ცალკეული ქანები	
ხრეში, ქვიშა (მშრალი)	<20
ხრეში, ქვიშა (ტენიანი)	55-65
თიხნარი, თიხა (ტენიანი)	30-40
კირქვა (მასიური)	45-60
ქვიშაქვა	55-65
მჟავამაგმური ქანები (მაგ., გრანიტი)	55-70
ძირითადი მაგმური ქანები (მაგ., ბაზალტი)	35-55
გნაისი	60-70

ქაბურღილების რაოდენობის შემცირება ზონდის სათანადო სიღრმის გაზრდით ზრდის ქსელის წინააღმდეგობის გადასალახად საჭირო ტუმბოს სიმძლავრეს.

4.6 გრუნტის კოლექტორების და ზონდების თბოშემცველები

გრუნტის კოლექტორებსა და ზონდებში თბოშემცველებად გამოიყენება მარილხსნარი, რომელიც დამზადებულია წყალში ეთილენგლიკოლის განზავებით.



ნახ. 4.13 მარილხსნარის (ეთილენგლიკოლის) გაყინვის ტემპერატურის (ა) და წნევის ზრდის (ბ) დამოკიდებულება მის კონცენტრაციაზე

ეთილენგლიკოლი სპეციალურად იქნა მიღებული, როგორც სითბო-სიცივის გადამტანი სამუშაო არე (საშუალება). მისი გაყინვის ტემპერატურა დამოკიდებულია წყალში მის პოტენციურ შემცველობაზე. გაყინვის ტემპერატურის მრუდი (ნახ. 4.13) გვიჩვენებს, რომ ნარევი 30%-იანი ეთილენგლიკოლის შემცველობისას 70% წყალზე ნარევი -18°C -მდე არის დენადი და -25°C -ის ქვემოთ იწყება გასკდომის ეფექტი. ნარევი

კომპონენტების თანაფარდობის ცვლილებით იცვლება დანადგარში წნევითა სხვაობა. წნევის ვარდნის მრუდი გვიჩვენებს, რომ ნარევის 30-70 თანაფარდობის დროს წნევის ვარდნა 1,5-ჯერ (50%-ით) მატულობს. ეს თვისება საცირკულაციო ტუმბოს შერევისას უნდა გავითვალისწინოთ.

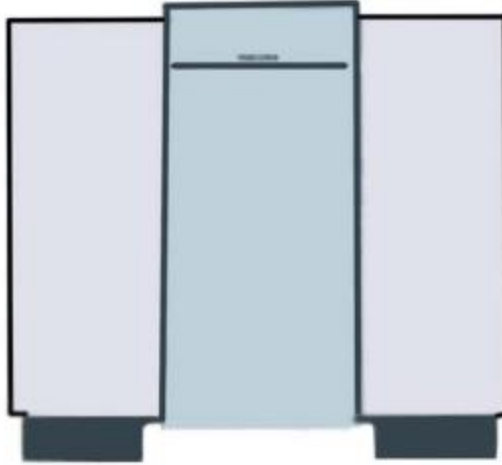
კალიუმის კარბონატი KKS30 გამოიყენება, როგორც ეთილენგლიკოლის ალტერნატივა. მისი გაყინვის ტემპერატურა -13°C -ია და მისი შერევა წყალთან ან სხვა სამაცივრო აგენტებთან არ შეიძლება. კალიუმის კარბონატის ფიზიკური თვისებები წარმოდგენილია მე-3 ცხრილში.

ცხრილი 3

ტემპერატურა, $^{\circ}\text{C}$	სიმკვრივე, კგ/მ ³	კუთრი სითბოტევადობა, კჯ/კგ $^{\circ}\text{K}$	კუთრი თბოგამტარობა, ვტ/მ $^{\circ}\text{K}$	კინემატიკური სიბლანტე, მმ ² /წმ
+30	1261	3070	589	1,44
+20	1265	3055	572	1,75
+10	1270	3035	556	2,2
0	1274	3020	540	2,9
-10	1278	3005	523	3,99

მსოფლიოს მრავალი ფირმა აწარმოებს მარილხსნარ-წყლის ტუმბოებს. ისინი ერთმანეთისგან განსხვავდებიან დიზაინით, ზომებით და განლაგების ადგილის მიხედვით, ზოგიერთი კონსტრუქციული თავისებურებით. ყველა ტუმბოს დანიშნულებაა გრუნტის სითბო გადასცეს შენობის გათბობის სისტემას. ნახ.4.14 ნაჩვენებია „მარილხსნარ-წყლის“ თბური ტუმბოს საერთო ხედი. ეს თბური ტუმბო იდგმება როგორც შენობაში, ისე გარეთ. შესაძლებელია ტუმბოების კასკადურად მოწყობა, როდესაც ტუმბოები განლაგებულია ერთმანეთის თავზე ან გვერდზე. თბური ტუმბო აღჭურვილია კომპრესორით, კონდენსატორით, ამორთქლებლით, გაყინვისგან დამცავი საშუალებით და უსაფრთხოების ისეთი მოწყობილობით, როგორიცაა მაღალი/დაბალი წნევის რელე. თბური ტუმბო შევსებულია R410A სამაცივრო აგენტით, რომელიც ჰიდროქლორფთორ-ნახშირბადწყალბადებს და ფთორნახშირწყალბადებს არ შეიცავს. მუშაობის პრინციპი ასეთია: გრუნტის კოლექტორიდან ან ზონდიდან სითბო ეთილენგლიკოლის წყალხსნარის საშუალებით მიეწოდება თბური ტუმბოს ამორთქლებელს, სადაც იგი

აორთქლების შედეგად სითბოს გადასცემს თბური ტუმბოს სამაცივრო აგენტს (R410A), რომელიც შეიწოვება და დაიჭირხნება კონდენსატორში. აქ იგი გრუნტის სითბოსთან ერთად კომპრესორის ამძრავის სითბოს კონდენსატორში გადასცემს გათბობის სისტემის თბოშემცველს (წყალს), რომელიც გათბობის სისტემაში ცირკულაციის ხარჯზე სითბოს გადასცემს გასათბობ სათავსებს. გათბობის სისტემის თბოშემცველი თბება $+15 \div +60^{\circ}\text{C}$ -მდე; შესაძლებელია 75°C -მდე გათბობაც.



ნახ. 4.14 „მარილხსნარ-წყლის“ თბური ტუმბოს საერთო ხედი

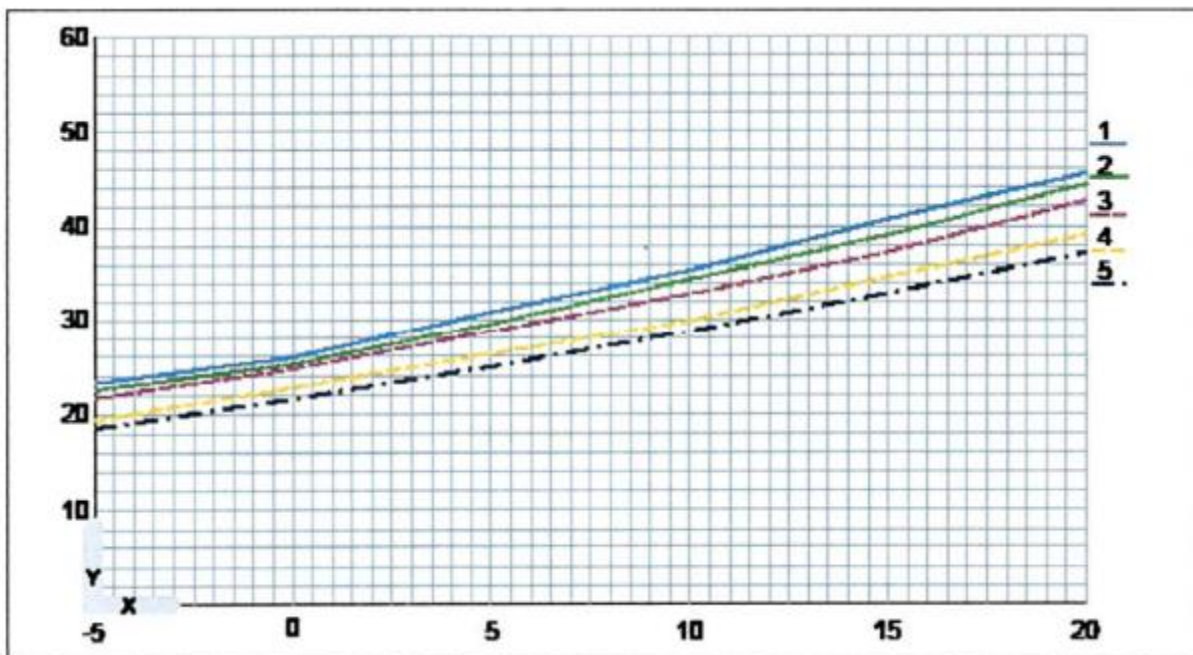
მე-4 ცხრილში ნაჩვენებია 27 კვტ ნომინალური თბური სიმძლავრის თბური ტუმბოს მუშა მახასიათებლები სითბოს წყაროს და მისაწოდებელი წყლის სხვადასხვა ტემპერატურების დროს.

ცხრილი 4

თბური წყაროს ტემპ., °C	თბომწარმოებლობა, კვტ			ხმარებადი სიმძლავრე, კვტ			სიმძლავრის კოეფიციენტი		
	35°C	50°C	60°C	35°C	50°C	60°C	35°C	50°C	60°C
-5	26,1	24,8	23,8	6,1	8,5	10,6	4,3	2,9	2,2
0	29,7	27,6	25,8	6,1	8,5	10,6	4,3	3,2	2,4
5	33,6	30,7	30,0	6,2	8,5	10,4	5,5	3,6	2,9
10	37,8	35,4	34,0	6,2	8,5	10,4	6,2	4,2	3,3
15	42,6	39,7	37,9	6,2	8,5	10,4	6,9	4,7	3,6

როგორც ამ ცხრილიდან ირკვევა, რაც უფრო დაბალია სითბოს წყაროს ტემპერატურა და მაღალია გათბობის სისტემაში მისაწოდებელი წყლის ტემპერატურა, მით ნაკლებია სიმძლავრის კოეფიციენტი, რაც იმას ნიშნავს, რომ ამ დროს მეტია მოხმარებული ელექტროენერგიის რაოდენობა.

სხვადასხვა სითბური სიმძლავრის „მარილხსნარ-წყლის“ თბური ტუმბოს სიმძლავრის დიაგრამა ნაჩვენებია ნახ.4.15. როგორც ეს დიაგრამა გვიჩვენებს, თბური ტუმბოების მუშაობა ეფექტურია -5°C-ს ზემოთ, მიუხედავად იმისა, რომ ეს თბური ტუმბოები ასევე წარმატებულად მუშაობს -20°C ტემპერატურამდე.



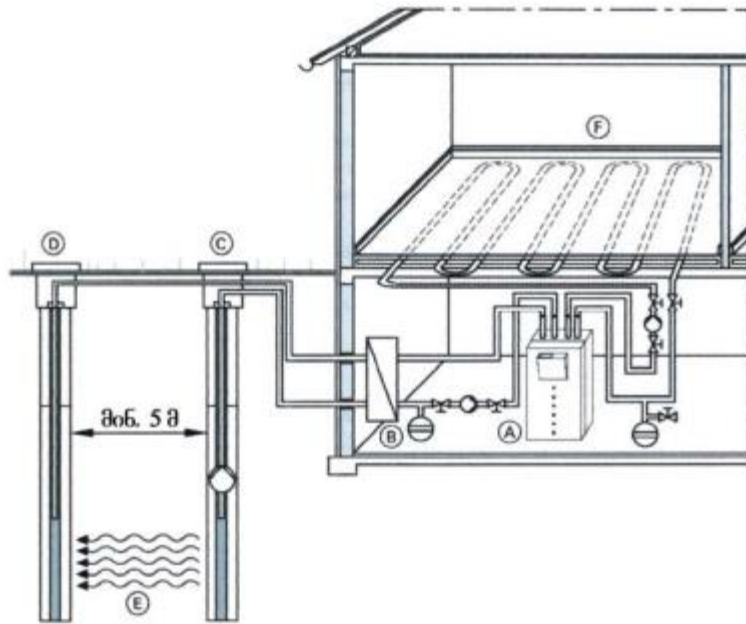
ნახ. 4.15 „მარილხსნარ-წყლის“ თბური ტუმბოს სიმძლავრის დიაგრამა. X - წყაროს ტემპერატურა; γ - თბომწარმოებლობა, კვტ.

გათბობის სისტემაში თბოშემცველის მიწოდების ტემპერატურა: 1 - 35°C; 2 - 45°C; 3 - 55°C; 4 - 70°C; 5 - 75°C

4.7 „წყალ-წყლის“ თბური ტუმბოები

ამ თბურ ტუმბოებში სითბოს წყაროდ გამოყენებულია გრუნტის წყლები ან სამრეწველო საწარმოებში გამოყენებული თბური ნარჩენები ჩამდინარე წყლების სახით. საცხოვრებელ და საზოგადოებრივ სექტორში უმთავრესად გრუნტის (არტეზიული) წყლები გამოიყენება. გრუნტის წყლის ტემპერატურა იცვლება 7÷12°C-ის ფარგლებში, რაც ქმნის თბური ტუმბოს მონოვალენტურ რეჟიმში მუშაობის შესაძლებლობას. „წყალ-წყლის“ თბური ტუმბო კონსტრუქციულად იგივეა (ნახ. 4.5), რაც „მარილხსნარ-წყლის“ თბური ტუმბო; განსხვავება ისაა, რომ ამ ტუმბოების პირველად კონტურში მოძრაობს

წყალი, „მარილხსნარ-წყლის“ ტუმბოებში კი - ეთილენგლიკოლის წყალხსნარი. წყალ-წყლის თბური ტუმბოს სითბოს გენერაციის სქემა ნაჩვენებია ნახ.4.16. გრუნტის წყლის სითბოს ართმევისათვის საჭიროა მოეწყოს ორი ჭა - მიმწოდებელი და წყალსაგდები. მიმწოდებელი ჭიდან წყალი მიეწოდება თბურ ტუმბოს, სადაც იგი ცივდება და შემდგომ წყალსაგდები ჭის მეშვეობით კვლავ გრუნტში ბრუნდება.



ნახ. 4.16 „წყალ-წყლის“ (გრუნტის წყლის) თბური ტუმბოს მიერ სითბოს გენერაციის პრინციპული სქემა. A - თბური ტუმბო; B - პირველადი კონტურის თბოგადამცემი; C - წყალმიმღები ჭაბურღილი ტუმბოთი; D - დასაბრუნებელი ჭაბურღილი; E - გრუნტის წყლების მიმართულება; F - დაბალტემპერატურული გათბობის სისტემა

ამ ორ ჭას შორის მანძილი $10 \div 15$ მ აიღება. ამასთანავე, წყალსაგდები ჭა ყოველთვის წყლის დინების მიმართულებით, მიმღები ჭის შემდეგ კეთდება. წყალსაგდებ ჭას, სადრენაჟო ჭასაც უწოდებენ. ჭების მოწყობის დროს განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს იმას, რომ სადრენაჟო ჭაში ჩაშვებული გაცივებული წყალი არ მოხვდეს წყალმიმღები ჭის მოქმედების ზონაში. ჭების სიმაღლე დამოკიდებულია გრუნტის წყლის დონეზე. ცდების შედეგად დადგენილია, რომ წყალი-წყლის ტუმბოების მიმღები და სადრენაჟო ჭების სიღრმე უნდა იყოს 5-დან 15 მ-მდე. ჭები უნდა მოეწყოს ისე, რომ გრუნტის წყლის ხარჯი ეთანადებოდეს თბური ტუმბოს მოთხოვნას. ჭის მოწყობამდე წყლის ანალიზის საფუძველზე უნდა შემოწმდეს წყლის ხარისხი. თბურ ტუმბოებში წყლის გამოყენების დროს უნდა დავიცვათ შემდეგი პირობები:

არ გამოვიყენოთ ზედაპირული ან მარილიანი გრუნტის წყლები;

წყალში არ იყოს დანალექი ნივთიერებები;

რკინის და მაგნიუმის საერთო რაოდენობა იყოს $< 0,5$ მგ/ლ;

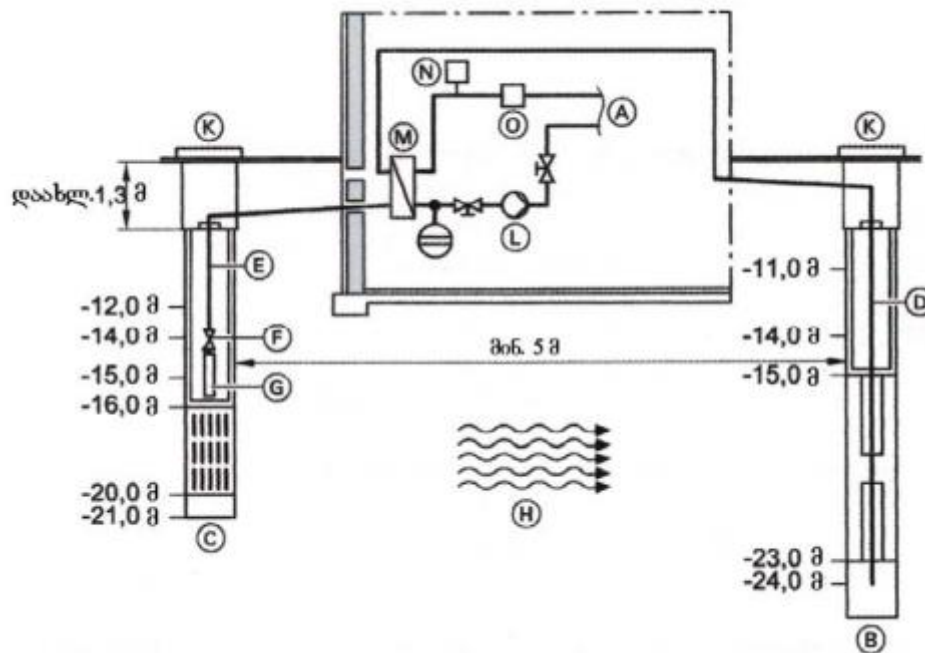
გარდა ამისა, მარილის მომპოვებელ რაიონებსა და საქონლის სამყოფ ადგილებში აუცილებელია იყოს:

ქლორიდები (Cl^-) < 300 მგ/ლ;

ქლორი (Cl) $< 0,5$ მგ/ლ.

გრუნტის წყალში არსებული მყარი ნაწილაკების, მაგალითად, ქვიშის ან წვრილი დანალექების არსებობა იწვევს თბური ტუმბოს ამორთქლებლის დაცობას. გრუნტის წყალში დიდი რაოდენობით მყარი ნაწილაკების არსებობისას საჭიროა სალექარებისა და წინასწარი ფილტრების მოწყობა.

რადგანაც თბური ტუმბოს ექსპლუატაციის პერიოდში წყლის ხარისხი და რაოდენობა უცვლელია, ამიტომ მისი მუშა პროცესი ეკოლოგიაზე უარყოფით ზემოქმედებას არ იწვევს.



ნახ. 4.17 „მარილხსნარ-წყლის“ ან „წყალ-წყლის“ თბური ტუმბოების მიერ სითბოს გენერაცია შუალედური თბოგადამცემის გამოყენებით. A - მიერთება თბურ ტუმბოსთან; B - დასაბრუნებელი ჭაბურღილი; C - მომპოვებელი ჭაბურღილი; D - დაწნევიანი მილი; E - დამჭირხნი მილი; F - უკუსარქველი; G - ჭაბურღილის ტუმბო; H - გრუნტის წყლების მიმართულება; K - ჭაბურღილის ჭა; L - პირველადი ტუმბო; M - პირველადი კონტურის თბოგადამცემი; N - პირველადი კონტურის გაყინვისაგან დაცვის საკონტროლო რელე; O - ჭაბურღილის კონტურის ხარჯის რელე

წარმოებაში ნახმარი ან გამაცივრებული წყლის თბურ ტუმბოებში გამოყენების დროს, წყალი მისი ხარისხისადმი წაყენებულ მოთხოვნებს ხშირად ვერ აკმაყოფილებს; თბურ ტუმბოებში სითბოს წყაროდ ასეთი წყლის გამოყენების შემთხვევაში საჭიროა „მარილხსნარ-წყლის“ თბური ტუმბოს გამოყენება იმ შუალედური თბოგადამცემის საშუალებით, რომელიც თბური ტუმბოს გენერაციის სისტემის პირველად კონტურში ეწყობა (ნახ.4.17). შუალედური გადამცემის ტიპი და მასალა უნდა შეირჩეს წყლის ხარისხის შესაბამისად. მარილხსნარის

კონტური, შუალედური თბოგადამცემიდან თბურ ტუმბომდე ეწყობა ისე, როგორც ჩვეულებრივი გრუნტის კოლექტორის ან ზონდის დროს (საცირკულაციო ტუმბოთი და დამცავი არმატურით). პირველად კონტურში თბოგადამცემის გამოყენება ზრდის თბური ტუმბოს საექსპლუატაციო საიმედოობას, თუმცა ამ დროს თბური ტუმბოს სიმძლავრის კოეფიციენტი მცირდება. თბური ტუმბოსათვის ჭების მოწყობა უნდა მოხდეს საჭირო გრუნტის წყლის რაოდენობის მიხედვით. გრუნტის წყლის რაოდენობა დამოკიდებულია გასათბობი შენობის გათბობისა და ცხელი წყლის თბურ მოთხოვნილებაზე და იგი შერჩეული თბური ტუმბოს მწარმოებლობით განისაზღვრება.

5 ÷ 10 კვტ თბური ტუმბოების გამოყენების დროს, გრუნტის წყლის რაოდენობა 1,5 ÷ 9 ტ/სთ-ია.

დღეისათვის წარმოება (იგულისხმება დასავლეთ ევროპა) სერიულად უშვებს მრავალი სახის თბურ ტუმბოს. თბური ტუმბოს შერჩევის დროს უნდა ვისარგებლოთ ტუმბოს საპასპორტო მონაცემებით, ინდივიდუალური მახასიათებლებითა და კანონმდებლობით განსაზღვრული ნორმებით.

ნახ.4.18 ნაჩვენებია გერმანული ფირმა „შტიბელ ელტრონის“ მიერ გამოშვებული „წყალი-წყლის“ თბური ტუმბოს საერთო ხედი. ამ დანადგარის ზომებია 960 510 680მმ, მასა 108-129 კგ, თბური სიმძლავრე 7-25 კვტ. მისი მახასიათებლები ასეთია:

ავტომატურად აცხელებს წყალს გათბობის სისტემისათვის +60°C-მდე;

გამოიყენება რადიატორულ და იატაკის გათბობის სისტემებში;

წყლის ტემპერატურაა (თბური წყარო) +7°C-დან +20°C-მდე;

შეიცავს ექსპლუატაციისათვის საჭირო ყველა კონსტრუქციულ ელემენტსა და დამცავ ტექნიკურ მოწყობილობას;

ბგერათიზოლირებული კონსტრუქცია შესრულებულია მოპირკეთების ხმაურჩამხშობი დეტალებით;

თბური ტუმბოს მართვის მოწყობილობის გამოყენებით ხდება დანადგარის ცენტრალიზებული მართვა და უსაფრთხოების უზრუნველყოფა;

ანტიკოროზიული დაცვა, მოპირკეთების გარე დეტალები დამზადებულია მოთუთიებული ფოლადის ფურცლებისაგან და დამატებით შეღებილია ცხელი შრობის საღებავით;

განკუთვნილია შენობის უყინ სათავსში დასადგმელად;

აქვს კომპაქტური კონსტრუქცია და მცირე დასადგმელი ფართობი;

შეიცავს ქლორფთორნახშირწყალბადებისა და ფთორნახშირწყალბადებისგან თავისუფალ აგენტს R410A;

გამოსადეგია ექსპლუატაციის ბივალენტური რეჟიმებისათვის, როდესაც გათბობის უკუმპერატორის ტემპერატურა $+75^{\circ}\text{C}$ -ია.



ნახ. 4.18 „წყალ-წყლის“ თბური ტუმბოს საერთო ხედი

ამ დანადგარის მუშაობის პრინციპი ასეთია: თბური ტუმბოს თბილ მხარეს განლაგებულ თბოგადამცემში (ამაორთქლებელში) სამაცივრო აგენტის მიერ გრუნტის წყალს აერთმევა სითბო, რომელიც კომპრესორის ამპრავის ენერგიასთან ერთად, გათბობის სისტემის მხარეს განლაგებულ თბოგადამცემში (კონდენსატორში) გადაეცემა გათბობის სისტემის თბომცველს (წყალს). ეს თბომცველი გათბობის სისტემის თბური დატვირთვის შესაბამისად თბება $+15 \div +60^{\circ}\text{C}$ -მდე და სითბოს აწვდის სათბობ ხელსაწყოებს. ამ თბური ტუმბოს მახასიათებლები მოყვანილია მე-5 ცხრილში.

ცხრილი 5

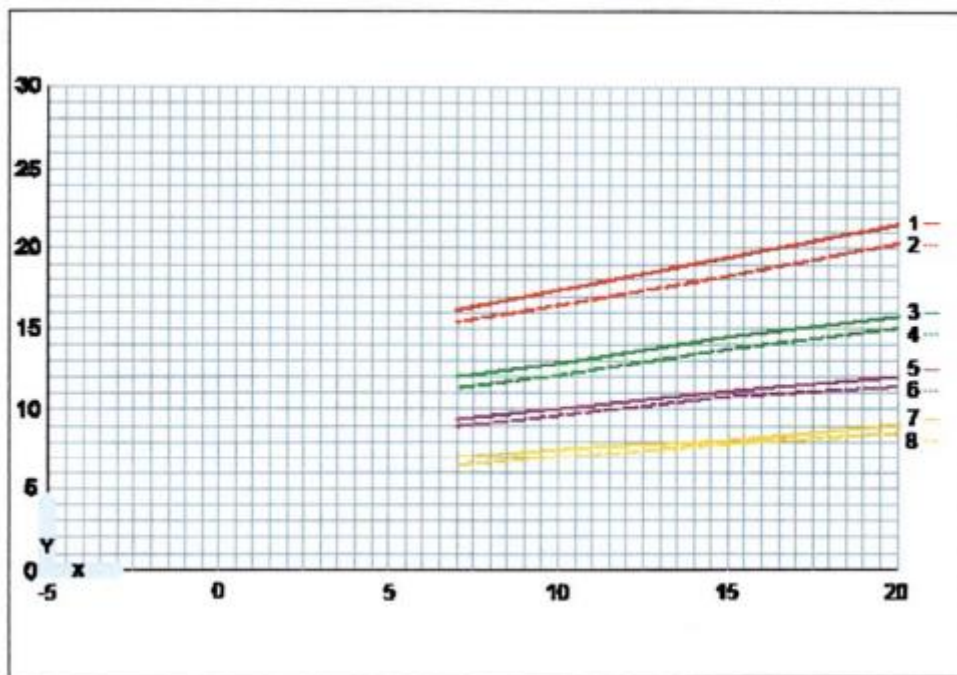
„წყალ-წყლის“ თბური ტუმბოების მახასიათებლები

თბური ტუმბოს მახასიათებლები	თბური ტუმბოს ნომინალური სიმძლავრე											
	7 კვტ			10 კვტ			13 კვტ			18 კვტ		
თბური წყაროს ტემპერ., $^{\circ}\text{C}$	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10
მიწოდების ტემპერ., $^{\circ}\text{C}$	+35	+50	+60	+35	+50	+60	+35	+50	+60	+35	+50	+60

როგორც ცხრილიდან ჩანს, რაც უფრო დაბალია გათბობის სისტემაში მოსაწოდებელი წყლის ტემპერატურა ($+35^{\circ}\text{C}$), მით მეტია თბური ტუმბოს თბომწარმოებლობა და სიმძლავრის კოეფიციენტი, ნაკლებია მოხმარებული ელექტროენერგია. ამიტომ, თბური ტუმბოების

გამოყენება უფრო ეფექტურია დაბალტემპერატურულ გათბობის სისტემებში (მაგ., იატაკის გათბობა).

„წყალი-წყლის“ თბური ტუმბოს სიმძლავრის დიაგრამა 7, 10, 13 და 18 კვტ ნომინალური თბური სიმძლავრის ტუმბოებისათვის ნაჩვენებია ნახ.4.19.



ნახ. 4.19 „წყალ-წყლის“ თბური ტუმბოს სიმძლავრის დიაგრამა. X - წყაროს ტემპერატურა, °C;
Y - თბომწარმოებლობა, კვტ.

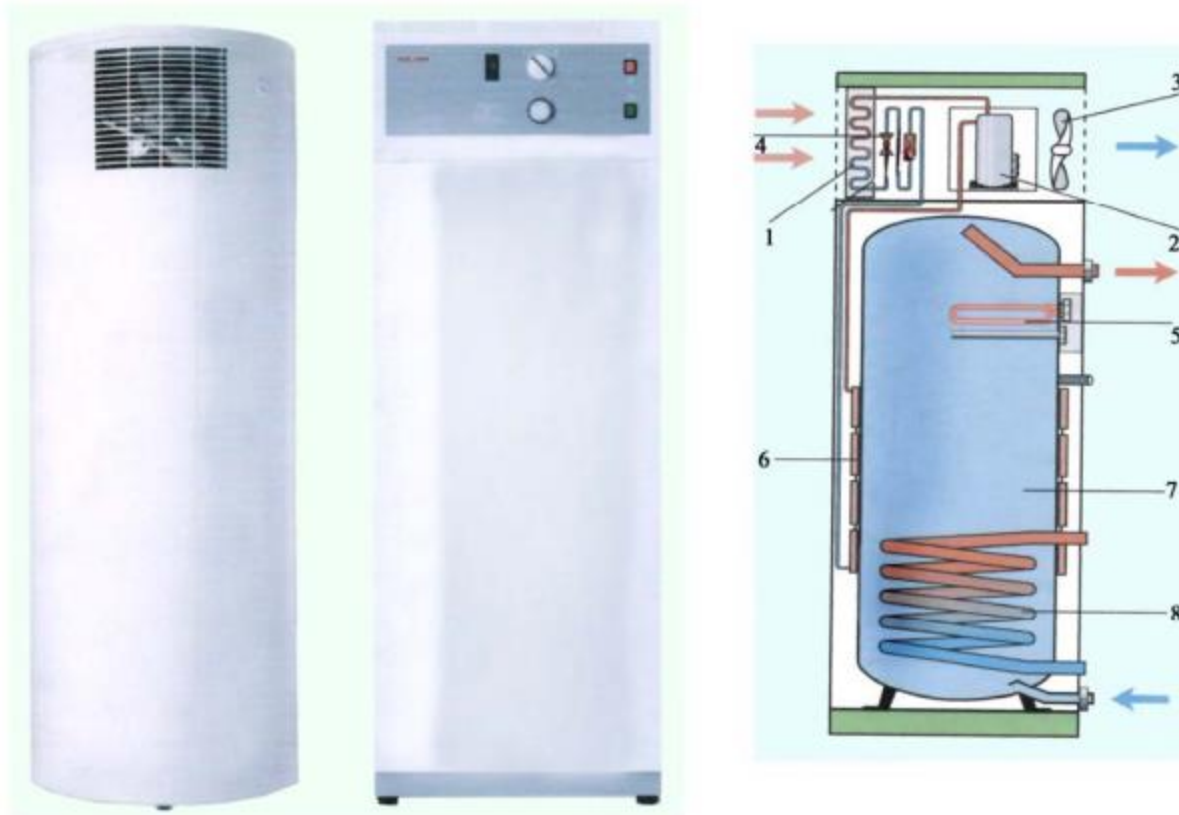
გათბობის სისტემაში მისაწოდებელი წყლის ტემპერატურა:

1 - 35°C; 2 - 50°C - Y = 18 კვტ; 3 - 35°C; 4 - 50°C - Y = 13 კვტ;

5 - 35°C; 6 - 50°C - Y = 10 კვტ; 7 - 35°C ; 8 - 50°C - Y = 7 კვტ

4.8 ცხელი წყლის თბური ტუმბო

ცხელი წყლის ტუმბო არის მოწყობილება, რომლის დანიშნულებაცაა დაბალი პოტენციის ენერგიის წყაროს (გრუნტი, ჰაერი, წყალი) ხარჯზე სასმელი წყლის გაცხელება ცხელწყალმომარაგების სისტემებისათვის. ჩვეულებრივ, იგი მოცულობითი წყალგამცხელებელია, ჩაშენებული თბური ტუმბოთი. ამ დანადგარის საერთო სახე და პრინციპულ-ფუნქციური სქემა ნაჩვენებია ნახ.4.20. ეს თბური ტუმბო კომპაქტური დანადგარია, რომელიც განკუთვნილია საცხოვრებელ და საწარმოო შენობებში რამდენიმე წყალდამხარჯი წერტილისათვის. მასში წყლის ტემპერატურის რეგულირება 25-დან 55°C-მდე ხდება. საჭიროების შემთხვევაში, შესაძლებელია დამატებით 100ლ წყლის 65°C-მდე გაცხელება, რისთვისაც წყლის ავზის ზემო ნაწილში მოწყობილია ელექტრომახურებელი 5.



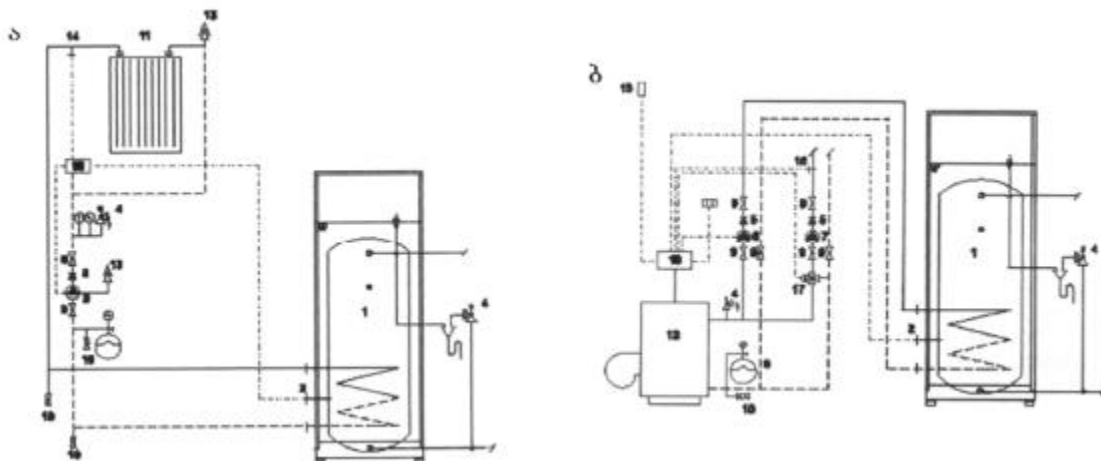
ნახ. 4.20 ცხელი წყლის თბური ტუმბოს საერთო ხედი (ა, ბ) და ფუნქციურ-ტექნოლოგიური სქემა (გ). 1 - ამორთქლებელი; 2 - კომპრესორი; 3 - კონდენსატორი; 4 - ვენტილატორი; 5 - საფართოებელი ვენტილი; 6 - ცხელი წყლის ბოილერი; 7 - თბოგადამცემი; 8 - ელექტროგამხურებელი; 9 - შემკრები; 10 - ცივი წყლის შესვლა; 11 - ცხელი წყლის გამოსვლა

კომპაქტური დანადგარი შეიცავს თბურტუმბოვან აგრეგატს კონდენსატორით (6), ამორთქლებლით (1), კომპრესორით (2), ვენტილატორით (3) და ემალირებული ავზ-დამგროვებლით (7), რომელსაც აქვს კოროზიისგან ანოდური დაცვის საშუალება და დამატებითი ელექტროგამხურებელი ელემენტი (5). ეს ყოველივე მოთავსებულია კარგად იზოლირებულ კორპუსში. თბურ ტუმბოს გარედან უკეთდება დეკორატიული პანელები. ხელსაწყო არის როგორც მრგვალი, ისევე ოთხკუთხა ფორმისა, აქვს მარეგულირებელი მოწყობილობა.

ცხელი წყლის ზოგიერთ თბურ ტუმბოს დამატებით კიდევ გლუვმილოვანი თბოგადამცემიც (8) აქვს ბივალენტური გაცხელებისათვის. ამ თოგადამცემის კვება ხდება ან ქვაბიდან, ან მზის კოლექტორიდან. ხელსაწყო იდგმება სათავსში, საიდანაც ხდება ჰაერის აღება. ამ მიზნით, ხელსაწყოს ზემო ნაწილში მოთავსებულია შემწოვი და დამჭირხნი საჰაერო გისოსები, რომლებიც უზრუნველყოფს თბური ტუმბოს ჰაერით მომარაგებას საჰაერო არხების გარეშე. ხელსაწყოს თბომწარმოებლურობა 1,6 კვტ-ია, ხოლო სიმძლავრის (გარდაქმნის) კოეფიციენტი $\epsilon = 4,2$. ოზონის შრისათვის უსაფრთხო ეკოლოგიური სამაცივრო აგენტია R 134 (850 გ). ოთახის

ჰაერის ტემპერატურა $+5^{\circ}\text{C}$ -დან $+35^{\circ}\text{C}$ -მდეა. ხელსაწყო გამზადებულია 230 ვ/50 ჰც ქსელში ჩასართავად.

ნახ.4.21 ნაჩვენებია თბური ტუმბოს ბივალენტურ რეჟიმში მუშაობის სქემები, სითბოს მეორეულ წყაროდ მზის კოლექტორის ან წყალსათბობი ქვების გამოყენების შემთხვევაში.



ნახ. 4.21 ცხელი წყლის თბური ტუმბოს ბივალენტურ რეჟიმში მუშაობის პრინციპული სქემები მზის კოლექტორითა (ა) და წყალსათბობი ქვებით (ბ)

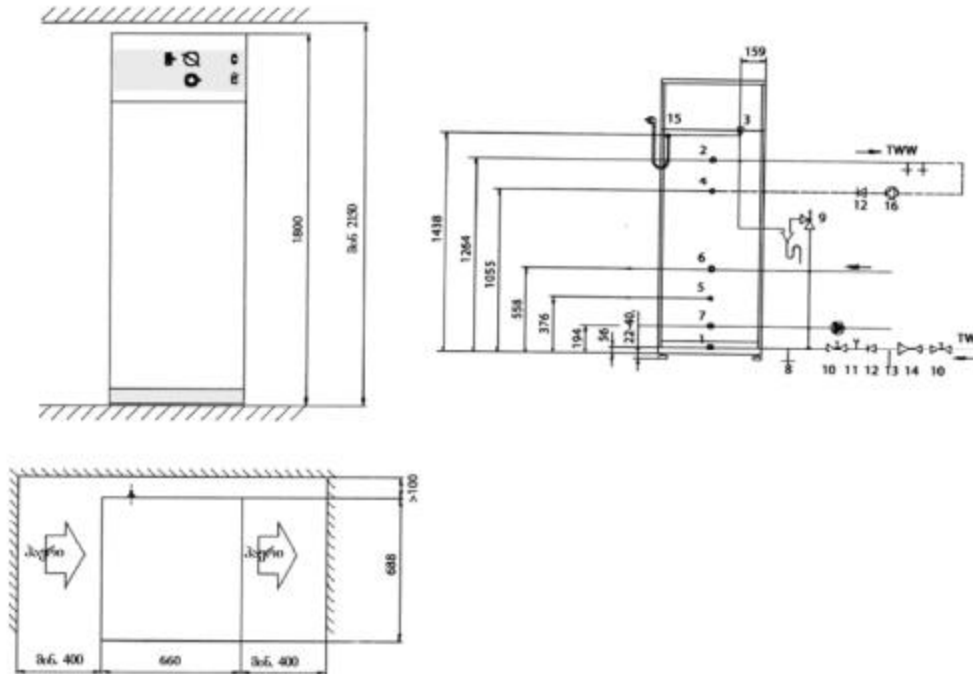
სათავსი, სადაც დგება თბური ტუმბო, უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ მოთხოვნებს:

სათავსის ტემპერატურა უნდა იყოს არანაკლებ $+6^{\circ}\text{C}$;

სათავსი უნდა იყოს ხანძრის თვალსაზრისით უსაფრთხო;

სათავსის ფართობი და მოცულობა უნდა ეთანადებოდეს თბური ტუმბოს ტექნიკურ მონაცემებს.

ნახ.4.22 ნაჩვენებია თბური ტუმბოს სამშენებლო კონსტრუქციებთან მიბმისა და მასთან კომუნიკაციების მიბმის სქემები. ცხელი წყლის თბური ტუმბოს ერთ-ერთი ეფექტური ეკონომიური და ეკოლოგიურად სუფთა ვარიანტია მზის ბატარეის და თვით თბური ტუმბოს კომბინაცია (ნახ. 4.23). მზის ბატარეის მიერ გამოიმუშავებული ელექტროენერგია მიეწოდება თბურ ტუმბოს, რომლის ხარჯზეც ხდება წყლის გაცხელება ცხელწყალმომარაგების სისტემისათვის. ამ დროს, წყლის გაცხელების სისტემა აბსოლუტურად ენერგოდამოუკიდებელია, ხოლო მიღებული ენერგია - უფასო; თბური ტუმბოს სიმძლავრის კოეფიციენტი 4-მდეა.



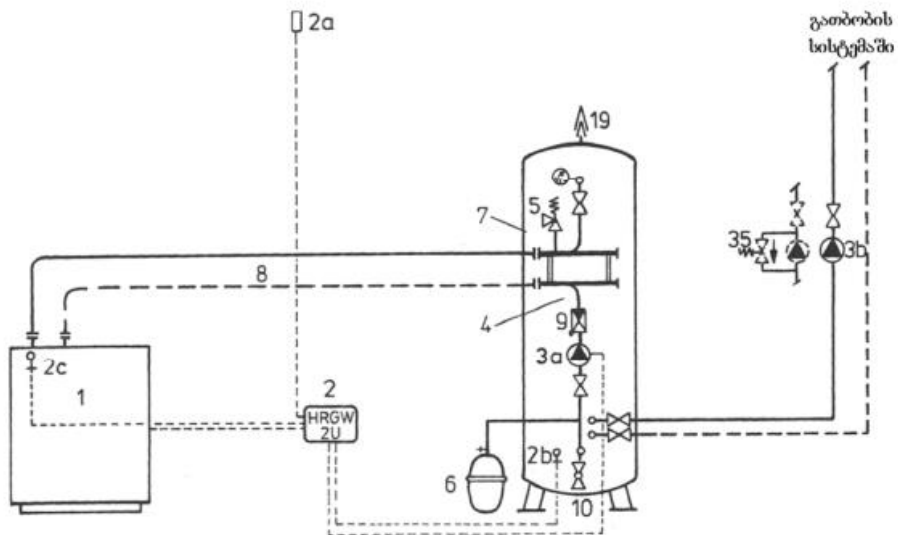
ნახ. 4.22 ცხელი წყლის თბური ტუმბოს სამშენებლო კონსტრუქციებთან მიბმის (ა) და მასთან კომუნიკაციების მიერთების (ბ) სქემები. 1 - ცივი წყლის მიერთება $\Phi 22$; 2 - ცხელი წყლის მილყელი $\Phi 22$; 3 - კონდენსატის ჩასადვრელი $1/2''$; 4 - სარეცირკულაციო კონტურის მილყელი $G1/2''$; 5 - $1/2''$ - ნიპელი მზის კოლექტორის ან ქვაბის გადამწოდისათვის; 6 - ცხელი წყლის მიწოდება $\Phi 22$; 7 - ცხელი წყლის უკუმილი $\Phi 22$; 8 - ჩამღვრელი ონკანი; 9 - დამცავი სარქველი; 10 - გასასვლელი ონკანი; 11 - მანომეტრის მილყელი; 12 - უკუსარქველი; 13 - საკონტროლო სარქველი; 14 - წნევის დამწევი სარქველი; 15 - ელექტროსადენების შემყვანი; 16 - საცირკულაციო ტუმბო

ნახაზებზე წარმოდგენილია გათბობის სისტემებში თბური ტუმბოს ჩართვის ყველაზე უფრო გავრცელებული პრინციპულ-ტექნოლოგიური სქემები.

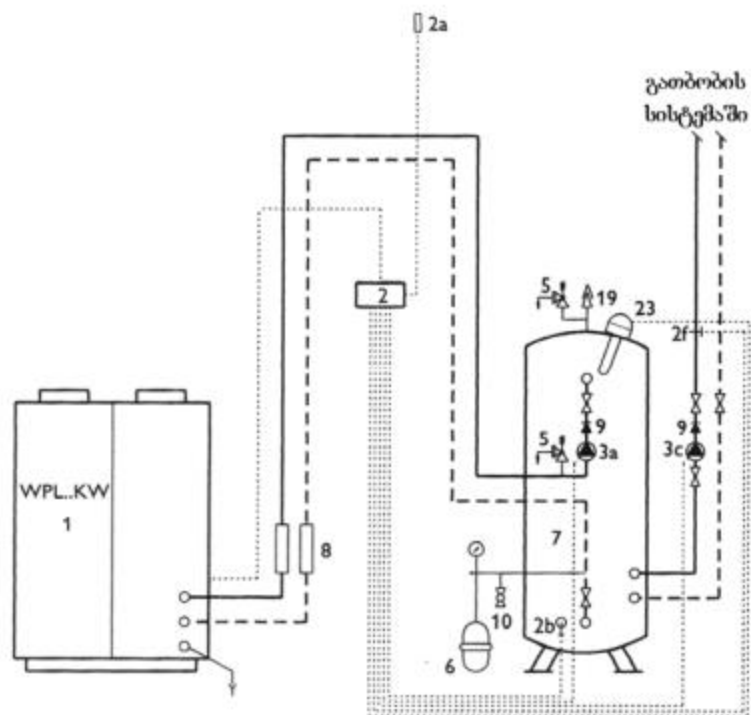


ნახ. 4.23 ცხელი წყლის თბური ტუმბოს და მზის ბატარეის კომბინაცია

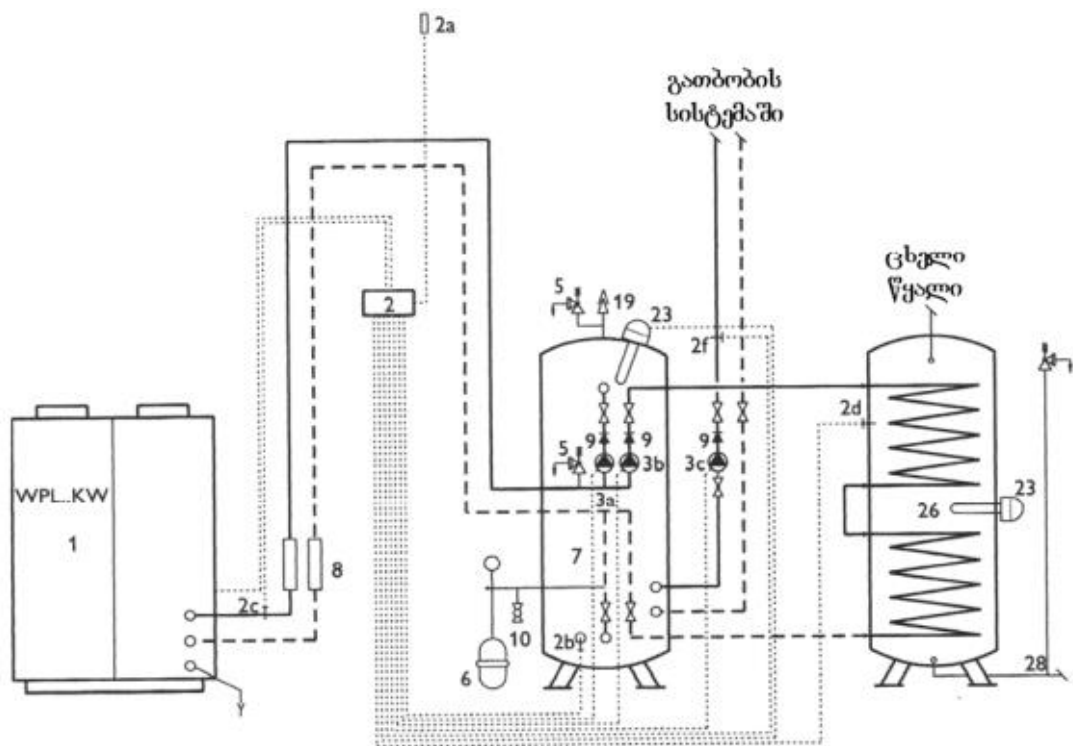
4.9 თბური ტუმბოს გათბობის სისტემებში ჩართვის პრინციპულ-ტექნოლოგიური სქემები



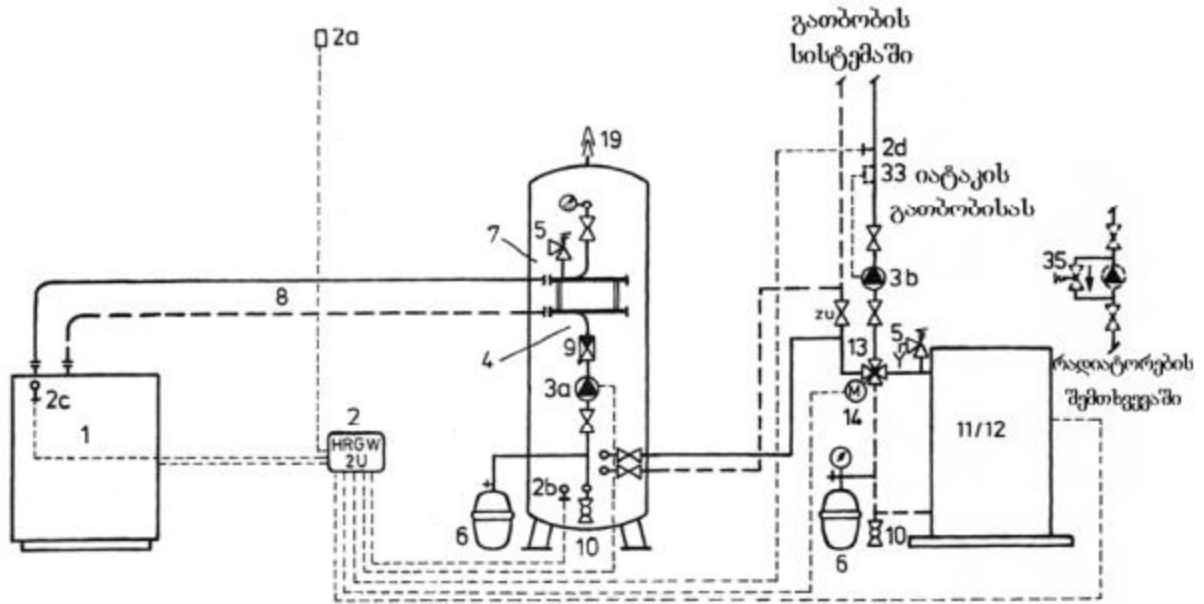
ნახ. 4.24 თბური ტუმბოს მუშაობის მონოვალენტური რეჟიმი, როდესაც გამოყენებულია ბუფერული დამგროვებელი (მოცულობა)



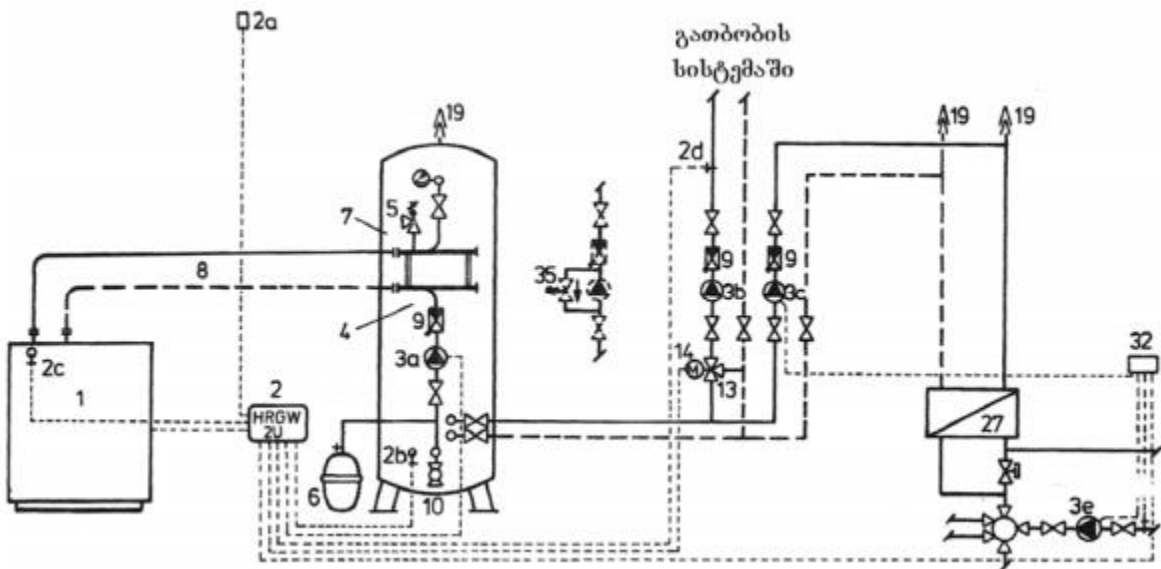
ნახ. 4.25 თბური ტუმბოს მუშაობის მონიტორინგული რეჟიმი (სითბოს დამატებითი წყარო ელექტროგამცხელებელი (23))



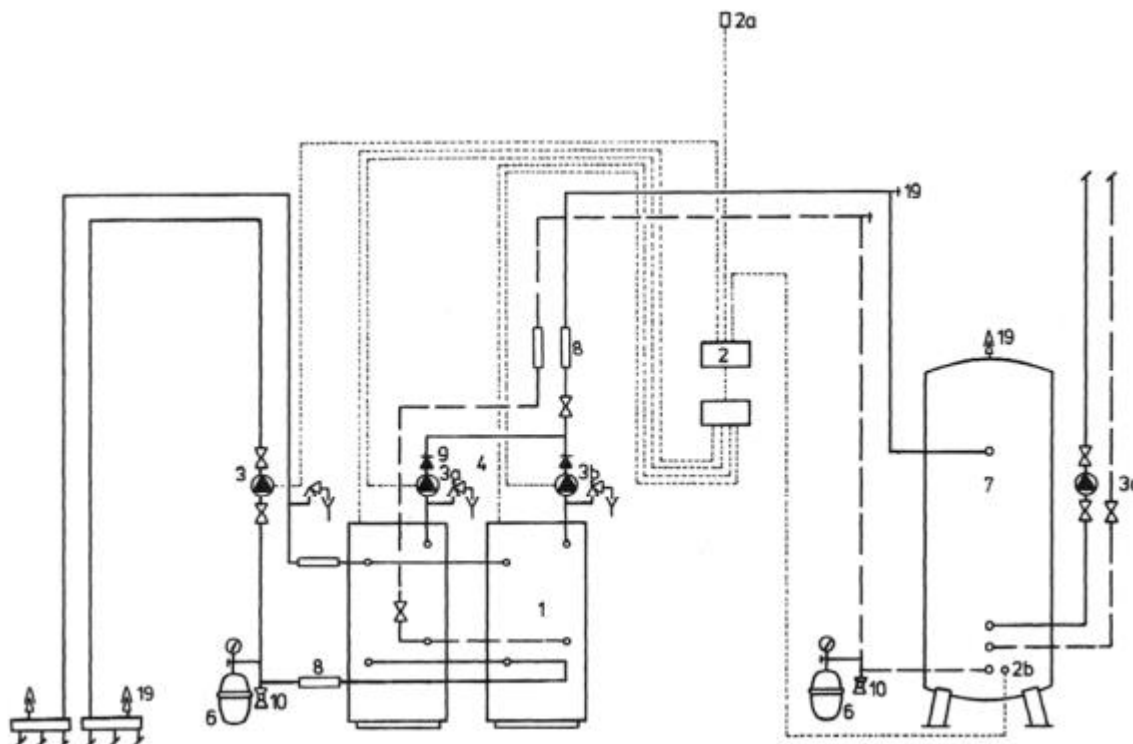
ნახ. 4.26 თბური ტუმბოს მუშაობის რეჟიმი ცხელი წყლის მომზადებით



ნახ. 4.27 თბური ტუმბოს მუშაობის ბივალენტური რეჟიმი (სითბოს დამატებითი წყაროა გაზის 11 ან თხევადი საწვავის 12 ქვაბი



ნახ. 4.28 თბური ტუმბოს მუშაობის რეჟიმი, საცურაო აუზის წყლის შეთბობით



ნახ. 4.29 თბური ტუმბოს მუშაობის რეჟიმი, კასკადური რეგულირებით

თბური ტუმბოს გათბობის სისტემებში ჩართვის სქემების აღნიშვნები

- 1 - გათბობის თბური ტუმბო
- 2 - თბური ტუმბოს რეგულირების ბლოკი
- 2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 2f - ტემპერატურული გადამწოდები
- 3 - თბური ტუმბოს საცირკულაციო ტუმბო (თბური წყაროს ხაზზე)
- 3a - თბური ტუმბოს საცირკულაციო ტუმბო (გათბობის სისტემის მხარეს)
- 3b - გათბობის სისტემის საცირკულაციო ტუმბო
- 3c, 3d, 3e - ცხელი წყალმომარაგების საცირკულაციო ტუმბო
- 3f - საცურაო აუზის შემთბობი სისტემის საცირკულაციო ტუმბო
- 3g - საცურაო აუზის ფილტრის ტუმბო
- 4 - კომპაქტური ბლოკი
- 5 - დამცავი სარქველი
- 6 - საფართოებელი ჭურჭელი

- 7 - ბუფერული ავზი-დამგროვებელი
- 8 - შემაერთებული შლანგი
- 9 - უკუსარქველი
- 10 - შემვსებ-დამცლელი ონკანი
- 11 - გაზის ქვაბი
- 12 - თხევადი სათბობის ქვაბი
- 13 - შემრევი ვენტილი
- 14 - შემრევი ვენტლის ძრავა
- 15 - გათბობის რეგულირების ბლოკი
- 16 - გათბობის დისტანციური მარეგულირებელი (შორსმარეგულირებელი)
- 17 - გარე ტემპერატურის გადამწოდი
- 18 - მისაწოდებელი ტემპერატურის გადამწოდი
- 19 - სავენტილაციო (საქრევი)
- 20 - მყარი სათბობის ქვაბი
- 21 - მაგნიტური ვენტილი
- 22 - საბრუნო ვენტილი
- 23 - ელექტროშეთობა
- 24 - თბოგადამცემი
- 26 - ცხელი წყლის ბოილერი
- 27 - ცხელი წყლის მარეგულირებელი ხელსაწყო
- 28 - ელექტრონული ტემპერატურული რეგულატორი
- 29 - საცურაო აუზის წყლის ტემპერატურის რეგულატორი
- 30 - სისტემის ტემპერატურის რეგულატორი 81
- 31 - დროსელვენტილი
- 32 - ჩამკეტი შიბერი
- 33 - ხაზოვანი მარეგულირებელი ვენტილი
- 34 - ტემპერატურის დიფერენციალური რეგულატორი

თავი 5 მზის სისტემები

5.1 მზე და მისი ენერგია

მზის სისტემის ერთადერთი ვარსკვლავია მზე, რომლის ირგვლივ მოძრაობენ ამ სისტემის ობიექტები: პლანეტები და მათი თანამგზავრები, ასტეროიდები, მეტეოროიდები, კომეტები და კოსმოსური მტვერი. კოსმოსის მასშტაბის მიხედვით, მზე ჩვენი გალაქტიკის 1000 მლრდ ვარსკვლავიდან ერთ-ერთია. მისი მასა მთელი მზის სისტემის მასის 99,866%-ია, რაც 333 000-ჯერ აღემატება დედამიწის მასას და იგი $1\ 98892.10^{30}$ კგ-ის ტოლია.

მზე არ არის მყარი სხეული, იგი შედგება წყალბადის (მასის $\approx 73\%$ და მოცულობის $\approx 92\%$), ჰელიუმისა (მასის $\approx 25\%$ და მოცულობის $\approx 7\%$) და სხვა ნაკლები კონცენტრაციის ელემენტებისაგან, როგორიცაა: რკინა, ნიკელი, ჟანგბადი, აზოტი, კრემნიუმი, გოგირდი, მაგნიუმი, ნახშირბადი, ნეონი, კალციუმი და ქრომი.

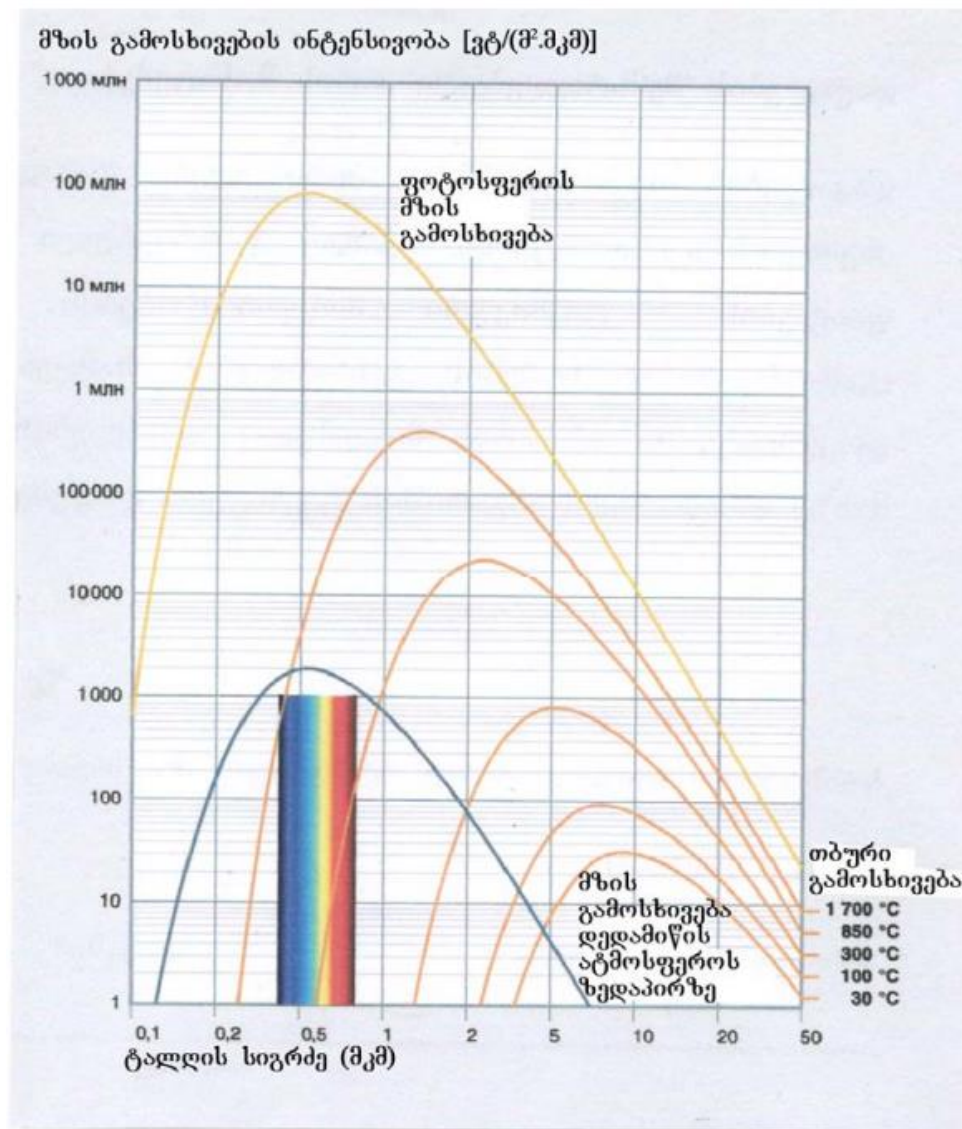
მზის შიგა ნაწილში მიმდინარეობს თერმობირთვული რეაქცია, რომლის დროსაც წყალბადის ატომებისაგან ხდება ჰელიუმის ატომების სინთეზირება. ამ დროს დიდი რაოდენობით ენერგია გამოიყოფა; მაგალითად: ყოველ წამში 700 მლნ ტონა წყალბადი გარდაიქმნება 695 მლნ ტონა ჰელიუმად და 5,0 მლნ ტონა ენერგიად გამა-გამოსხივების სახით. ასეთი დიდი რაოდენობით ენერგიის გამოყოფის შედეგად მზის შიგა ნაწილი $15,0$ მლნ $^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურამდე ცხელდება; მზის ზედაპირის (ფოტოსფეროს) ტემპერატურა კი 6000 $^{\circ}\text{C}$ -ია.

მზე წარმოადგენს ენერგიის უშრეტ წყაროს. იგი სამყაროს ემსახურება $5,0$ მლრდ წელიწადი და კიდევ ერთი ამდენი მოემსახურება, შემდეგ კი ეს სისტემა დაინგრევა. ენერგია, რომელსაც მზე დედამიწას აწვდის, 5000-ჯერ აღემატება სამყაროს ენერგომოთხოვნილებას.

5.2 მზის გამოსხივების ინტენსიურობა, მზის მუდმივა

ნებისმიერ სხეულს აქვს გამოსხივების გარკვეული ტალღის სიგრძე, რომელიც დამოკიდებულია სხეულის ტემპერატურაზე. მისი გაზრდით გამოსხივების ინტენსიურობა იზრდება. 400°C ტემპერატურამდე სხეული ასხივებს გრძელტალღიან ჯერ კიდევ უხილავ ინფრაწითელ დიაპაზონში; შემდგომ ტემპერატურის ზრდით იწყება ხილული გამოსხივების დიაპაზონი; მაგალითად, სიწითლემდე გავარვარებული სხეული, რომლის ტემპერატურა 850°C -ია, ასხივებს თეთრ სინათლეს. ჰალოგენური ნათურები, დაწყებული 1700°C -დან, პრაქტიკულად თეთრ სინათლეს და ნაწილობრივ

უხილავ, მოკლეტალღიან ულტრაიისფერ გამოსხივებას ასხივებს. გამოსხივების მთელ სპექტრს, სპექტრული განაწილება ეწოდება (ნახ. 5.1).

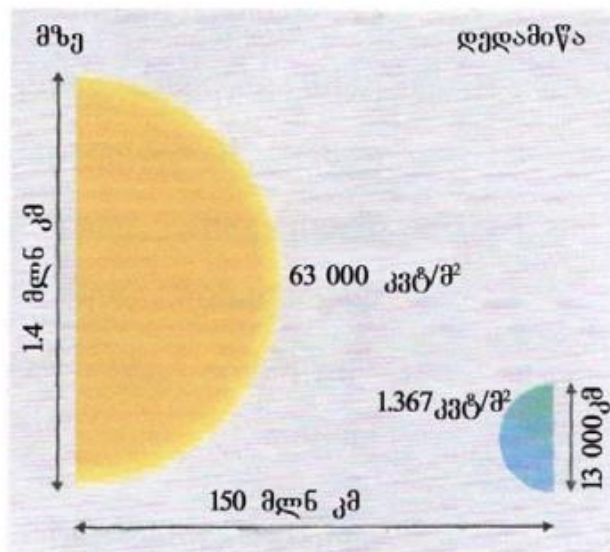


ნახ. 5.1 მზის და ინფრაწითელი გამოსხივების სპექტრული განაწილება

მაღალი ტემპერატურის გამო, მზე განსაკუთრებით ძლიერი გამოსხივების წყაროა. მზის ზედაპირზე გამოსხივების ინტენსიურობა 63 მვტ/მ²-ის ტოლია. მზის ზედაპირის 1მ² ფართობიდან გამოსხივებული ენერგიის მაქსიმალური დღეღამური რაოდენობა 151200 ლ მაზუთის დაწვის სითბოს ეკვივალენტურია, რაც 1512000 კვტ.სთ-ის ტოლია.

მზის დიამეტრი 1,4 მლნ კმ-ია, დედამიწისა კი - 13000 კმ. მანძილი მზიდან დედამიწამდე 150 მლნ კმ-ია (ნახ. 5.2). მზე ირგვლივ ასხივებს 63000კვტ/მ² ენერგიას, აქედან დედამიწაზე ხვდება 1,367 კვტ/მ² ენერგია. ამ სიდიდეს, მზის მუდმივა ეწოდება,

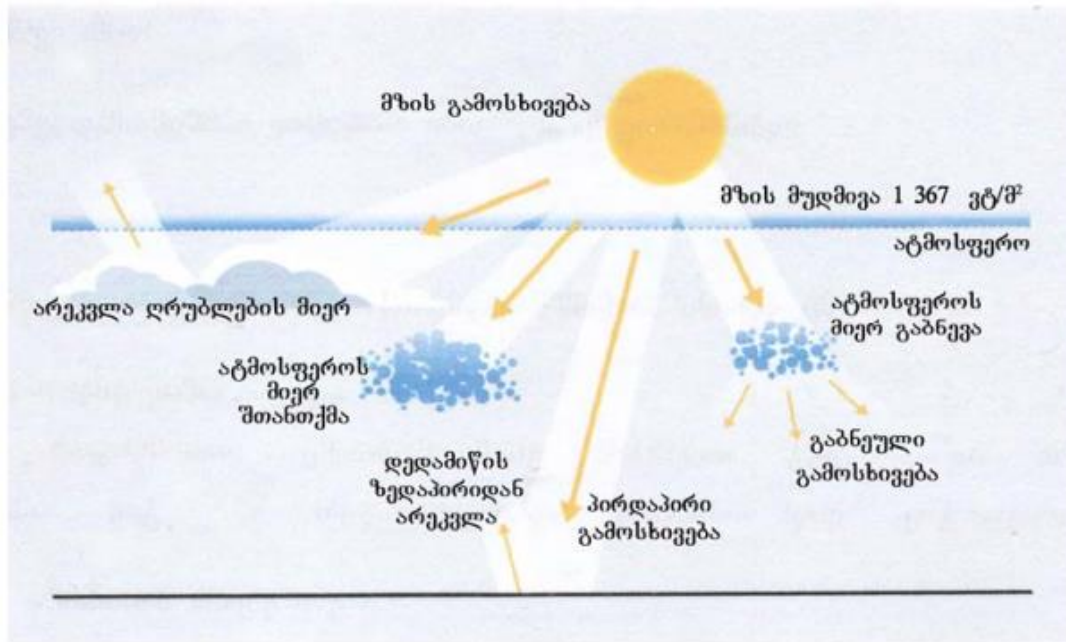
იგი განსაზღვრულია მსოფლიო მეტეოროლოგიური და გაერთიანებული ერების ორგანიზაციების მიერ.



ნახ. 5.2 მზის და დედამიწის ზომების თანაფარდობა

5.3 დედამიწაზე მოხვედრილი გამოსხივება

მზის მიერ გამოსხივებული 1367 ვტ/მ^2 -დან (მზის მუდმივა) დედამიწის ზედაპირზე ხვდება მაქსიმუმ 1000 ვტ/მ^2 . ატმოსფერო სხვადასხვანაირად ზემოქმედებს გამოსხივების მთელ სპექტრზე (ნახ.5.3). ღრუბლების ფენა გამოსხივების ნაწილს ირეკლავს, გამოსხივების ნაწილი კი ატმოსფეროს მკვერივი ფენებისა და ღრუბლების მიერ გაიბნევა, რის შედეგადაც წარმოიქმნება გაბნეული გამოსხივება (რადიაცია). გამოსხივების მნიშვნელოვანი ნაწილი აღწევს დედამიწის ზედაპირამდე .



ნახ. 5.3 ატმოსფეროს გავლენა მზის გამოსხივებაზე

დედამიწაზე დაცემული გამოსხივება ნაწილობრივ აირეკლება, ნაწილობრივ კი შთანთქმდება დედამიწის მიერ. შთანთქმის შედეგად, დედამიწის ზედაპირი თბება. პირდაპირი გამოსხივების არეკვლა იწვევს აგრეთვე გაბნეულ გამოსხივებას.

გაბნეულ და პირდაპირ გამოსხივებათა ჯამს, ჯამური გამოსხივება ეწოდება. საქართველოს პირობებში ჯამურ გამოსხივებაში გაბნეული გამოსხივების წილი წელიწადში 40-50 %-ია, ზაფხულში ცოტა ნაკლებია, ზამთარში - მეტი.

გარკვეულ ზედაპირზე გამოსხივების სიმძლავრეს, გამოსხივების ინტენსიურობა ეწოდება. ამრიგად, ფიზიკის თვალსაზრისით, გამოსხივების ინტენსიურობა წარმოადგენს ფართობის ერთეულზე სიმძლავრეს და იზომება ვატობით კვადრატულ მეტრზე (ვტ/მ²). მზის გამოსხივების ინტენსიურობა იცვლება 50 ვტ/მ²-დან (მოდრუბლული ცის შემთხვევაში) 1000 ვტ/მ²-მდე (მოწმენდილი ცის დროს).

მზის გამოსხივების იმ რაოდენობის გამოსათვლელად, რომელიც თბურ ენერგიად გარდაიქმნება, დამატებით საჭიროა გამოსხივების ხანგრძლივობის გათვალისწინება. მზის გამოსხივების ჯამურ ენერგიას დროის გარკვეულ პერიოდში, სიმძლავრე ეწოდება. მისი განზომილებაა ვტ.სთ. მზის გამოსხივების ჯამური ენერგია განისაზღვრება დროის გარკვეული პერიოდისათვის (დღე, თვე ან წელიწადი).

საქართველოს პირობებისათვის მაქსიმალური ჯამური გამოსხივება დღის განმავლობაში 10 კვტ.სთ/მ²-ია ზაფხულში, ხოლო 4-5 კვტ.სთ/მ²-ს აღწევს ზამთრის მზიანი დღის განმავლობაში.

მზის ჯამური საშუალო წლიური გამოსხივება საქართველოს რეგიონებისათვის მოცემულია სპეციალურ ცხრილებში, რომლებიც ჰიდრომეტეოროლოგიური სამსახურის მიერაა შედგენილი მრავალწლიანი დაკვირვების საფუძველზე. ეს სიდიდე საქართველოს პირობებისათვის იცვლება 1000-1800 კვტ.სთ/მ²-ის ფარგლებში, ხოლო მსოფლიოში - 800 კვტ.სთ/მ²-დან (სკანდინავია), 2200 კვტ.სთ/მ²-მდე (საჰარა).

უნდა აღინიშნოს, რომ მზის მიერ გამოსხივებული ჯამური ენერგიის რეალური განაწილება ცალკეული თვეების მიხედვით, მისი საშუალო მნიშვნელობისგან შეიძლება განსხვავდებოდეს 50 %-ით.

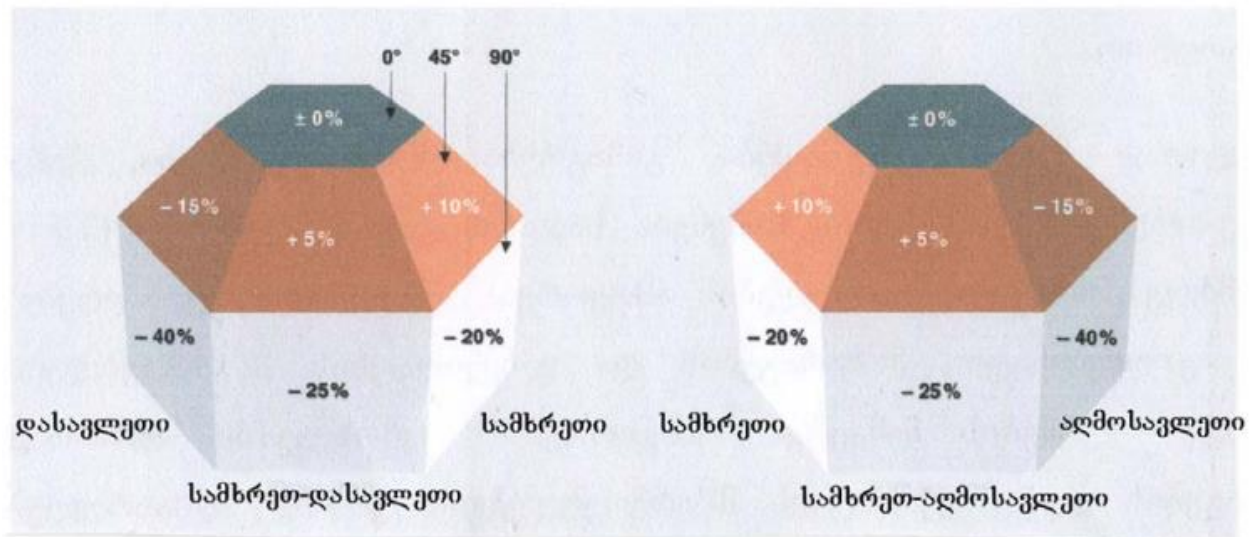
ნორმატიულ ლიტერატურაში მოცემული გამოსხივების ჯამური ენერგიის მნიშვნელობები განეკუთვნება ჰორიზონტალურ ზედაპირებს. ამ მნიშვნელობებზე გავლენას ახდენს გამოსხივების შთანთქმელი ზედაპირების დახრილობა.

შთანთქმელი ზედაპირის დახრა ცვლის მზის სხივების დაცემის კუთხეს, გამოსხივების ინტენსიურობას და, შესაბამისად, შთანთქმული ენერგიის რაოდენობას,

ე.ი. მზის გამოსხივების ჯამური წლიური ენერგია, რომელიც მოდის ზედაპირის ერთეულზე, დამოკიდებულია აგრეთვე შთანთქმელი ზედაპირის დახრის კუთხეზე. ეს ენერგია მაქსიმალურია, როდესაც მზის სხივები ეცემა ზედაპირს, რომელიც მათ მიმართ პერპენდიკულარულად მდებარეობს.

მეორე ფაქტორი, რომელიც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ზედაპირების მიერ შთანთქმული მზის ენერგიის რაოდენობაზე, არის მშთანთქმელი ზედაპირის ორიენტაცია ქვეყნის მხარეების მიმართ. დედამიწის ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში განლაგებული ზედაპირებისათვის მაქსიმალური ენერგია მოდის სამხრეთით მიმართულ ზედაპირებზე. სამხრეთის მიმართულებიდან მშთანთქმელი ზედაპირის გადახრას, აზიმუტური კუთხე ეწოდება. სამხრეთით მიმართული ზედაპირისათვის აზიმუტური კუთხე ნულის ტოლია. მზის ტექნიკაში ეს კუთხე არ ემთხვევა კომპასით ნაჩვენებს; აქ სამხრეთი არის 0°, დასავლეთი კი - +90° და ა.შ.

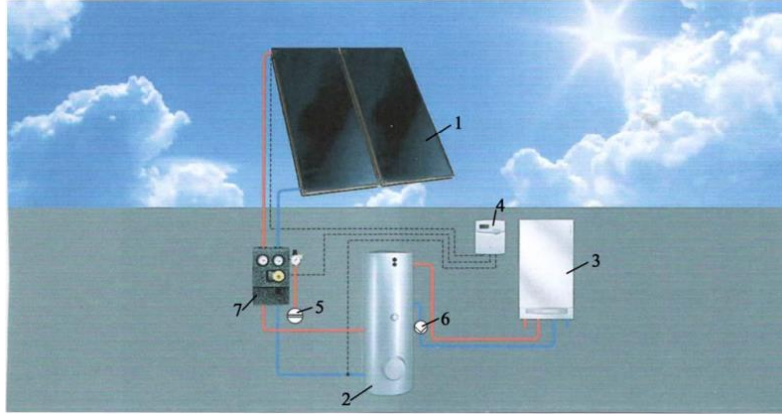
ნახ.5.4 ნაჩვენებია ზედაპირის ორიენტაციის და დახრის კუთხის გავლენა ზედაპირზე დაცემული გამოსხივების სიდიდეზე. როგორც ნახაზიდან ჩანს, ჰორიზონტალურ ზედაპირთან შედარებით, ნებისმიერი სხვა ზედაპირის მიერ შთანთქმული ენერგია მატულობს ან კლებულობს.



ნახ. 5.4 კოლექტორის დახრის კუთხის და ორიენტაციის გავლენა მზის გამოსხივებაზე სამხრეთ-აღმოსავლეთ და სამხრეთ-დასავლეთ მიმართულებათა შორის 25-70° დახრის კუთხეებს შორის განისაზღვრება მზის დანადგარის (კოლექტორის) დაყენების ის არე, რომელშიც მისი მწარმოებლობა მაქსიმალური იქნება.

5.4 გათბობის ტექნიკაში გამოყენებული მზის დანადგარის ელემენტები

გათბობის ტექნიკაში გამოყენებული მზის დანადგარის პრინციპული სქემა ნაჩვენებია ნახ. 5.5, სადაც დატანილია მზის დანადგარის შემადგენელი ძირითადი ელემენტები: მზის კოლექტორი, ავზი-აკუმულატორი ჩაშენებული თბოგადამცემით, საცირკულაციო ტუმბო საზომი ხელსაწყოებით და სარქვლებით, მემბრანული საფართოებელი ავზი, მართვის ბლოკი, მილსადენები თბოიზოლაციით, ჩამკეტ-მარეგულირებელი და დამცავი არმატურა.



ნახ. 5.5 მზის თბომომარაგების ძირითადი ელემენტები. 1- მზის კოლექტორები; 2 - ცხელი წყლის ავზი; 3 - გაზის ქვაბი; 4 - მართვის ბლოკი; 5 - საფართოებელი ჭურჭელი; 6 - საცირკულაციო ტუმბო; 7 - საზომ-საკონტროლო ხელსაწყოები და საცირკულაციო ტუმბო

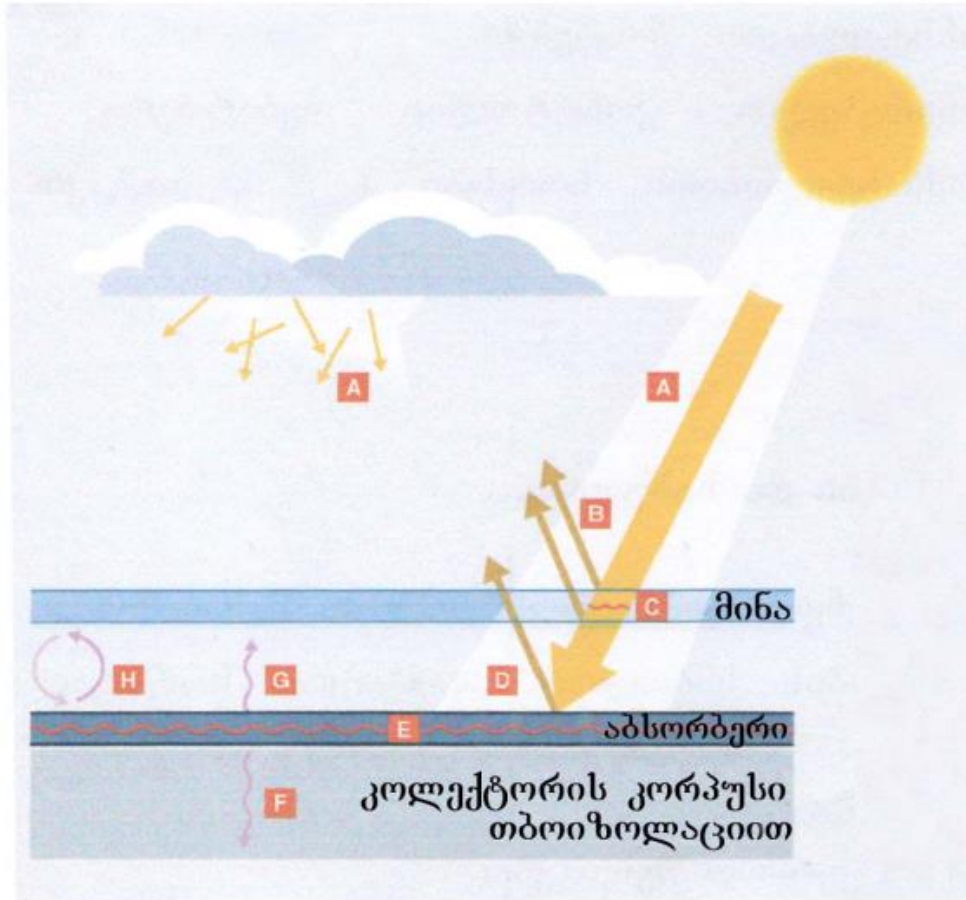
მზით გათბობის სისტემის ერთ-ერთ ძირითად ელემენტს წარმოადგენს მზის კოლექტორი, რომელსაც ხშირად ჰელიოკოლექტორსაც უწოდებენ (ბერძნული სიტყვიდან: ჰელიოს - მზე). ამ მოწყობილობის დანიშნულებაა შეკრება მზის თბური ენერგიის, რომელიც მას გადაეცემა ხილული და ინფრაწითელი გამოსხივებით.

ჩვეულებრივ, კოლექტორი წარმოადგენს სითბოს გენერატორს, რომელიც ბევრად განსხვავდება ტრადიციული თბოგენერატორისაგან. მთავარი განსხვავება ისაა, რომ მზის კოლექტორში სითბოს მისაღებად ენერგიის წყაროს წარმოადგენს არა ტრადიციული სათბობი, არამედ მზის გამოსხივება.

განსხვავებით მზის ბატარეისაგან, რომელიც მზის გამოსხივებას უშუალოდ ელექტროენერგიად გარდაქმნის, მზის კოლექტორი აცხელებს თბომემცველს, რომელიც

შემდგომ გამოიყენება გათბობისა და ცხელწყალმომარაგების სისტემებში. თუმცა, მზის კოლექტორები გამოიყენება აგრეთვე ელექტროენერგიის მისაღებად მზის მსხვილ დანადგარებში, რომლებიც მზის გამოსხივებას იყენებენ თბური და სხვა (ორთქლის, გაზტურბინულ, თერმოელექტრულ და ა.შ.) მანქანების ასამუშავებლად.

მზის კოლექტორში გამოსხივების თბურ ენერგიად გარდაქმნის ფიზიკური სქემა ნაჩვენებია ნახ.5.6. მზის კოლექტორს ეცემა როგორც მზის, ასევე გაბნეული გამოსხივება (A). მზის კოლექტორის მინის ზედაპირი გამოსხივების ნაწილს შთანთქავს (C), ნაწილს კი აირეკლავს (B). მზის კოლექტორში მოხვედრილი გამოსხივების ნაწილი შთაინთქმება აბსორბერის მიერ (E), ხოლო ნაწილი აირეკლება (D). აღსანიშნავია, რომ კოლექტორის ჰაერის შრეში სითბოს გადაცემა მიმდინარეობს როგორც კონვექციით (H), ასევე გამოსხივებით (G) და თბოგამტარობით კოლექტორის თბოიზოლირებულ კორპუსში (F). კოლექტორზე მოხვედრილი გამოსხივება მცირდება ოპტიკური დანაკარგებით (BCD), ხოლო გამოსხივების დარჩენილი ნაწილი აცხელებს აბსორბერს. სითბოს რაოდენობა, რომელსაც აბსორბერი გადასცემს გარემოს, წარმოადგენს თბოდანაკარგებს.

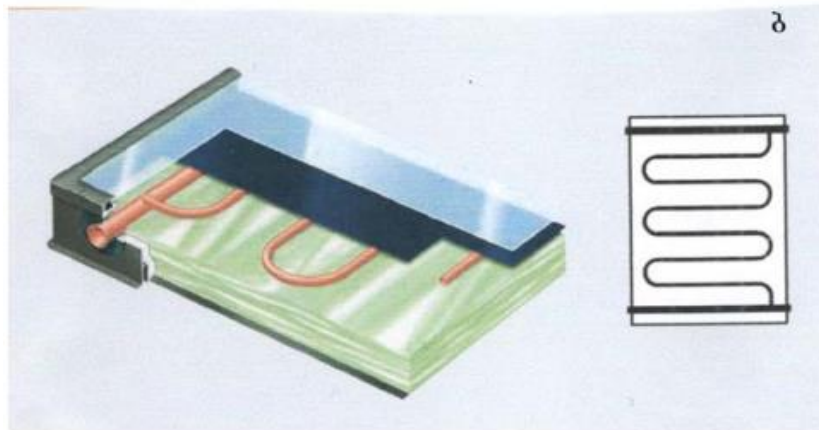
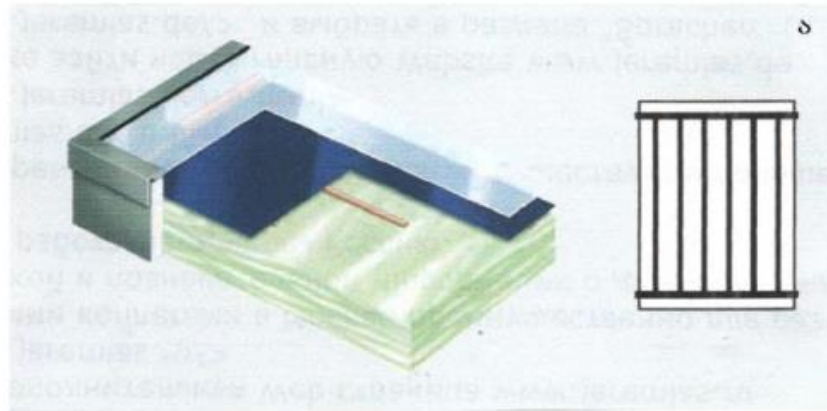


ნახ. 5.6 მზის გამოსხივების გარდაქმნა კოლექტორში. A - კოლექტორზე დაცემული გამოსხივება; B - მინიდან არეკვლა; C - მინაში შთანთქმა; D - აბსორბერის ზედაპირიდან არეკვლა; E - აბსორბერის მზის სხივებით გაცხელება; F - კოლექტორის მასალის თბოგამტარობა; G - აბსორბერის თბური გამოსხივება; H - კონვექცია

5.5 მზის კოლექტორის კონსტრუქციები

მზის კოლექტორების ყველაზე მეტად გავრცელებული სახეა ბრტყელი კოლექტორები (ნახ. 6). კოლექტორის ძირითადი შემადგენელი ნაწილია აბსორბერი, რომელშიც მზის გამოსხივება გარდაიქმნება სითბოდ. აბსორბერის ზედაპირიდან სითბო გადაეცემა თხევად თბოშემცველს. ბრტყელ კოლექტორებში აბსორბერი წარმოადგენს ფოლადის ფირფიტებს ან ფურცლებს. ფირფიტოვანი აბსორბერის ფირფიტებზე მიმაგრებულია სწორი მილები, რომლებიც მიერთებულია ორი სქემით (ნახ.5.7 ა,ბ). ნახ.5.7ა ნაჩვენებია მილები წარმოადგენს რეგისტრს. ამ სქემის ექსპლუატაციის პირობებში გვაქვს წნევის მცირე დანაკარგები, მაგრამ მოსალოდნელია მილებში თბოშემცველის არათანაბარი განაწილება. ნახ.5.7ბ ნაჩვენებია სქემის დროს, მილი წარმოადგენს კლავნილს, რაც

გვაძლევს სითბოს ართმევის დიდ საიმედოობას, რადგანაც თბოშემცველი მხოლოდ ერთ მილში გაედინება.



ნახ. 5. 7 ბრტყელი კოლექტორები: ა - აბსორბერი მილების რეგისტრებით;

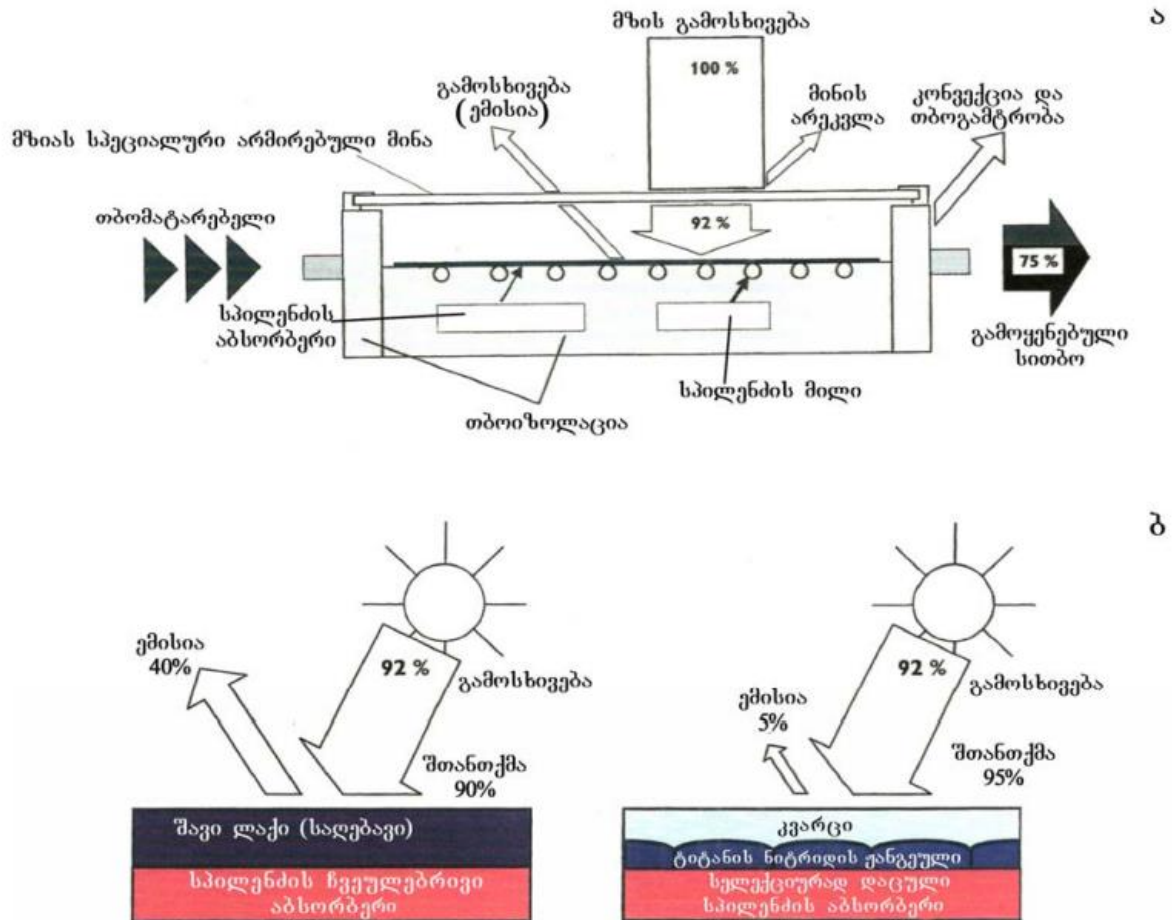
ბ - აბსორბერი მილების კლავნილებით

ბრტყელ კოლექტორებს აქვს გამჭვირვალე სახურავი, რომელიც დამზადებულია ნაწრთობი მინისაგან ლითონის მცირე შემადგენლობით, რაც არასასურველი ამინდის პირობებში უზრუნველყოფს ხანგრძლივ დაცვას. თუ აბსორბერში სითბოს ართმევა არ მიმდინარეობს, მაშინ შესაძლებელია მასში წყლის $190-200^{\circ}\text{C}$ -მდე გაცხელება.

ბრტყელი კოლექტორები მარტივი და საიმედოა. მათი განლაგება ნებისმიერ კონსტრუქციაზეა შესაძლებელი. ეს კოლექტორები იაფია და ფართოდ გამოიყენება გათბობის და ცხელწყალმომარაგების სისტემებში. ბრტყელი კოლექტორების გარე ზედაპირის ფართობი $2-2,5 \text{ მ}^2$ -ია.

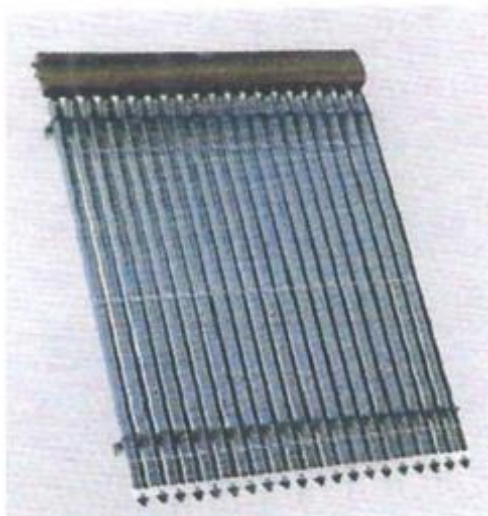
ბრტყელი კოლექტორის აბსორბერის ზედაპირი შედგებილია შავი საღებავით ან დაფარულია სპეციალური სელექციური დაფარვით. აბსორბერის ზედაპირის ასეთი

დამუშავება მნიშვნელოვნად ამცირებს სითბოს დანაკარგებს და შთანთქმული სითბოს ხარჯზე მნიშვნელოვნად ზრდის მზის კოლექტორის მე კოეფიციენტს. მე-8 ნახ-ზე ნაჩვენებია ბრტყელი კოლექტორის თბური ბალანსი აბსორბერის შავი საღებავით და სელექციური დაფარვისას. როგორც ამ ნახაზიდან ჩანს, შავი საღებავით შეღებვისას არეკლილი გამოსხივება გარემოში 40%-ია, ხოლო სელექციური დაფარვისას - 5%.



ნახ. 5.8 ბრტყელი კოლექტორების თბური ბალანსი. ა - თბური ენერგიის განაწილების ზოგადი სქემა; ბ - თბური ენერგიის განაწილება სხვადასხვა დაფარვის დროს

მზის კოლექტორების შემდეგი სახეა ვაკუუმირებული მილოვანი კოლექტორი (ნახ.5. 9). მზის გამოსხივების თბურ ენერგიად გარდაქმნა ერთნაირად მიმდინარეობს, როგორც ბრტყელ, ისევე ვაკუუმირებულ კოლექტორებში; განსხვავება თბოიზოლაციაშია. ვაკუუმმილოვან კოლექტორში აბსორბერი, თერმოსის მსგავსად, ჩაშენებულია ვაკუუმირებულ მინის მილში. საერთოდ, ვაკუუმი ხასიათდება კარგი თბოსაიზოლაციო თვისებებით, ამიტომ ასეთ კოლექტორებში თბოდანაკარგები გაცილებით ნაკლებია ბრტყელ კოლექტორებთან შედარებით, განსაკუთრებით, მაღალი ტემპერატურისას.



ნახ. 5.9 ვაკუუმირებული მილოვანი კოლექტორის საერთო ხედი

ვაკუუმირებული მილოვანი კოლექტორები ორი სახისაა: წინდენითი და თბური მილის მეოწე (ნახ. 5.10).

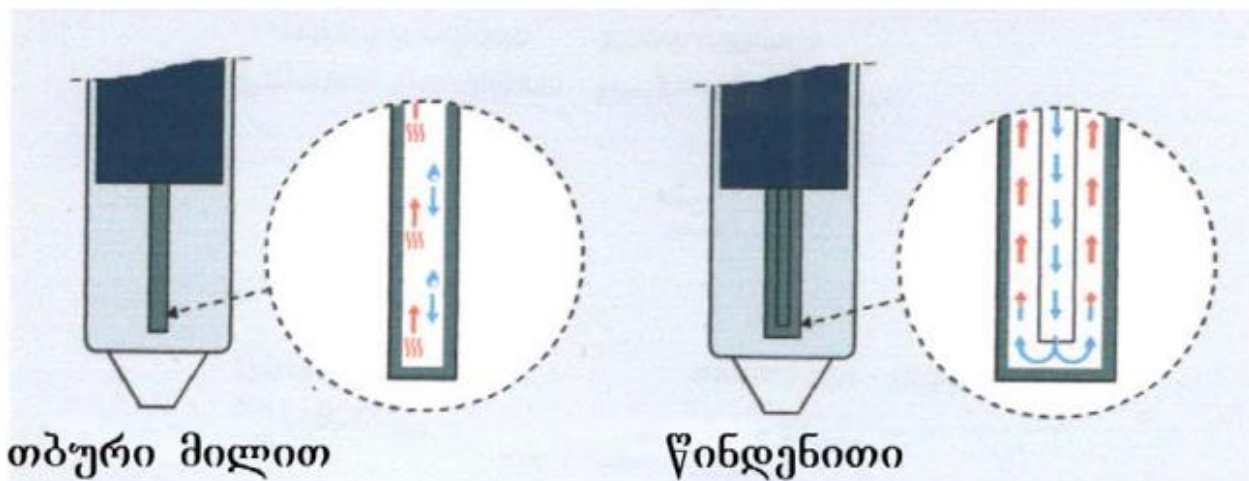


ნახ. 5.10 ვაკუუმირებული მილოვანი კოლექტორების სახეები: ა - კოაქსიალური მილებით; ბ- თბური მილებით

წინდენით ვაკუუმირებულ მილოვან კოლექტორში თბოშემცველი უშუალოდ აბსორბერის მილებში ცირკულირებს, ამიტომ მათი მონტაჟი ნებისმიერ მდგომარეობაშია შესაძლებელი.

თბურმილებიან ვაკუუმირებულ კოლექტორებს აქვს დახურულმილებიანი აბსორბერი, რომელშიც მოძრაობს მეორეული თბოშემცველი, როგორც წესი, წყალი. თბური მილების ზემო ნაწილში, ე.წ. კონდენსატორში, ორთქლი კონდენსირდება და სითბო გადაეცემა თბოშემცველს. ეს პროცესი ითხოვს კოლექტორის გარკვეული კუთხით დახრას, რათა უზრუნველყოფილ იქნეს თბური მილის ამართქლებლიდან კონდენსატორზე სითბოს გადაცემა.

ვაკუუმირებულმილებიანი კოლექტორის აბსორბერში თბოშემცველის მოძრაობის სქემები ნაჩვენებია ნახ.5.11. აბსორბერიდან სითბოს ართმევის მიზნით, გამოიყენება ან თბური მილი, ან ჩვეულებრივი მილი თბოშემცველის წინდენითი მოძრაობით.



ნახ. 5.11 ვაკუუმირებულმილებიანი მზის კოლექტორის აბსორბერში თბოშემცველის მოძრაობის სქემები

მზის კოლექტორების მწარმოებლობის ან სიმძლავრის აღნიშვნის მიზნით, გამოიყენება ფართობის სამი სხვადასხვა ცნება:

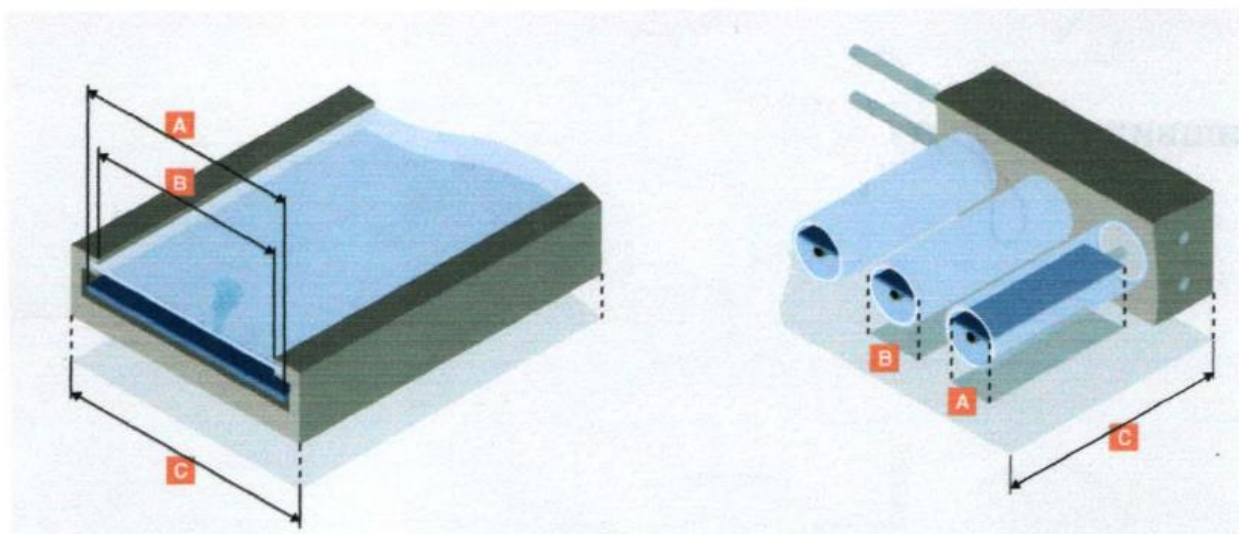
1 - კოლექტორის ბრუტო ფართობი, რომელიც განისაზღვრება, როგორც კოლექტორის სიგრძის ნამრავლი სიგანეზე. ამ დროს სიგრძე და სიგანე აიღება კოლექტორის გარე ზომების მიხედვით;

2 - აბსორბერის ფართობი, რომელიც მიეკუთვნება მხოლოდ კოლექტორის აბსორბერს და არა მთელ კოლექტორს. ბრტყელი (ფირფიტოვანი) კოლექტორების შემთხვევაში, ცალკეული ფირფიტის გადაფარვა აბსორბერის ფართობში არ გაითვალისწინება, რადგანაც ეს გადაფარული ფართობი აქტიურ ფართობს არ მიეკუთვნება. მრგვალი კოლექტორების შემთხვევაში, გათვალისწინებულია მთელი

ფართობი, ისიც კი, რომელზეც მზის გამოსხივება საერთოდ არ ზემოქმედებს. ამიტომ, მრგვალი კოლექტორის ფართობი შეიძლება ამავე კოლექტორის ბრუტო ფართობზე მეტი იყოს;

3 - აპერტურის ფართობი. ოპტიკაში აპერტურა ეწოდება ოპტიკური ხელსაწყო ხვრელს. თუ ამ განსაზღვრებას მზის კოლექტორზე გადავიტანთ, მაშინ აპერტურის ფართობი იქნება მაქსიმალური საპროექციო ფართობი, რომლითაც გამოსხივება ხვდება კოლექტორში.

ბრტყელ კოლექტორში აპერტურის ფართობს წარმოადგენს კოლექტორის დამცავი მილის ხილული ზონა, ე.ი. კოლექტორის ჩარჩოს შიგნითა არე, რომლითაც გამოსხივება ხვდება კოლექტორში. როგორც ბრტყელი, ისევე მრგვალი აბსორბერების მქონე ვაკუუმირებულ მილოვან კოლექტორებში აპერტურის ფართობი განისაზღვრება, როგორც მინის ყველა მილის გრძივი კვეთების ჯამი. ბრტყელი და ვაკუუმირებულმილებიანი მზის კოლექტორების ფართობის განისაზღვრება ნახ.5.12 ნაჩვენები ზომების მიხედვით.



ნახ. 5.12 ბრტყელი და ვაკუუმირებულკოლექტორებიანი ფართობების განსაზღვრა . A - აბსორბერის ფართობი; B - აპერტურის ფართობი; C - ბრუტო ფართობი

5.6 მზის კოლექტორის მქ კოეფიციენტი

მზის კოლექტორის მქ კოეფიციენტი ეწოდება მზის კოლექტორის აპერტურის ფართობზე დაცემული მზის გამოსხივების იმ ნაწილს, რომელიც მარგ თბურ ენერგიად გარდაიქმნება. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, აპერტურის ფართობი კოლექტორის ის ფართობია, რომელზეც ეფექტურად ზემოქმედებს მზის გამოსხივება. მზის კოლექტორის მქ კოეფიციენტი დამოკიდებულია აგრეთვე მზის კოლექტორის მუშა მდგომარეობაზე.

კოლექტორზე დაცემული მზის გამოსხივების ნაწილი იკარგება არეკვლისა და შთანთქმის გამო. ეს დანაკარგები განისაზღვრება ოპტიკური მქ კოეფიციენტით η_0 . კოლექტორები გაცხელებისას გარემოში სითბოს გასცემენ კოლექტორის მასალის თბოგამტარობით, თბური გამოსხივებით და კონვექციით. ეს თბოდანაკარგები გამოითვლება

თბოდანაკარგების K_1 და K_2 კოეფიციენტებით, აგრეთვე აბსორბერსა და გარემოს შორის Δt ტემპერატურული სხვაობით.

ოპტიკური მქ კოეფიციენტი და თბოდანაკარგების კოეფიციენტები განისაზღვრება სათანადო ევროპული სტანდარტებით (EN12975) და წარმოადგენს კოლექტორის მნიშვნელოვან მახასიათებლებს. ამ სიდიდეების მნიშვნელობები ნაჩვენებია 1-ელ ცხრილში.

სხვადასხვა ტიპის კოლექტორების მახასიათებლები ცხრილი 1

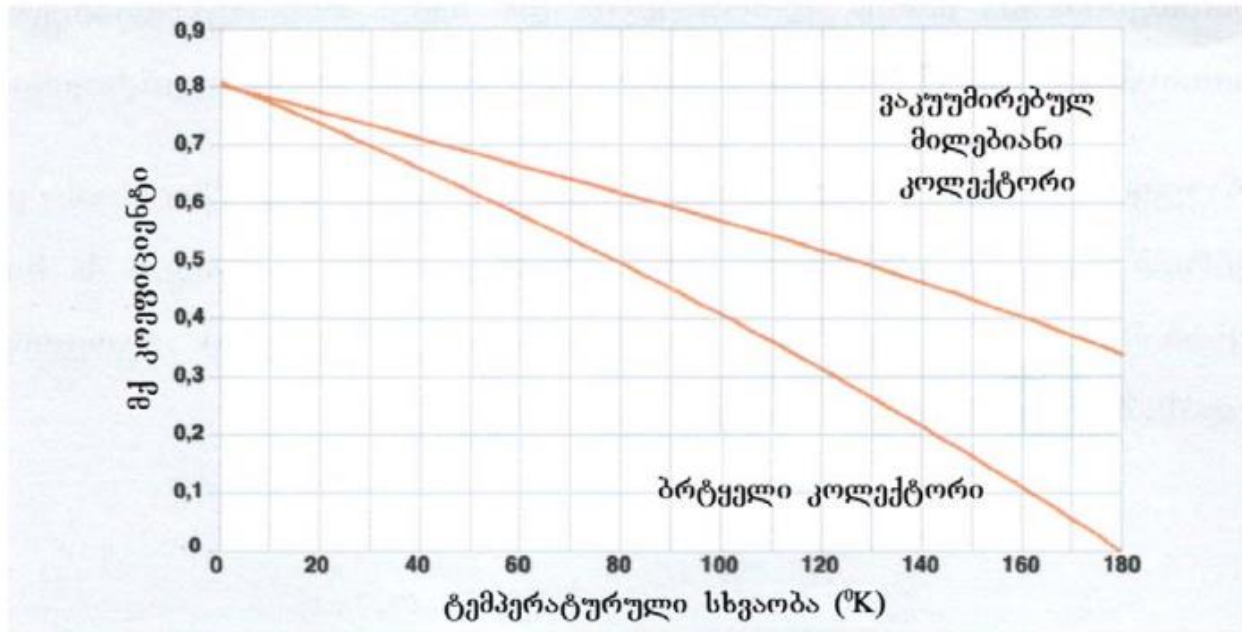
კოლექტორის სახე	ოპტიკური მქ კოეფიციენტი, %	თბოდანაკარგების კოეფიციენტი K_1 , ვტ/მ ² °K	თბოდანაკარგების კოეფიციენტი K_2 , ვტ/მ ² °K
ბრტყელი კოლექტორი	80	4	0,1
ბრტყელი კოლექტორი არეკვლის საწინააღმდეგო მინით	84	4	0,1
ვაკუუმირებული მილოვანი კოლექტორი	80	1,5	0,005

ამ მახასიათებლებისა და მზის გამოსხივების ინტენსიურობის მიხედვით, შეგვიძლია განვსაზღვროთ მზის კოლექტორის მარგი ქმედების კოეფიციენტი შემდეგი ფორმულით:

$$\eta = \eta_0 - K_1 \Delta T / E_g - K_2 \Delta T_2 / E_g, \quad (1)$$

სადაც η_0 არის ოპტიკური მქ კოეფიციენტი; K_1 - თბოდანაკარგების კოეფიციენტი, ვტ/მ² °K; K_2 - თბოდანაკარგების კოეფიციენტი, ვტ/მ² °K²; ΔT - ტემპერატურათა სხვაობა, °K; E_g - გამოსხივების ინტენსიურობა, ვტ/მ².

მაქსიმალური მქ კოეფიციენტი მიიღება იმ შემთხვევაში, როდესაც კოლექტორსა და გარე ჰაერს შორის ტემპერატურათა სხვაობა ნულის ტოლია და კოლექტორი გარემოში არ კარგავს სითბოს. კოლექტორების მქ კოეფიციენტების მნიშვნელობები გრაფიკული სახით ნაჩვენებია ნახ.5.13.



ნახ. 5.13 კოლექტორების მე კოეფიციენტების გრაფიკები

როგორც ამ გრაფიკიდან ჩანს, კოლექტორსა და გარემოს შორის ტემპერატურათა სხვაობის გაზრდით ვაკუუმმილოვან კოლექტორებს ბრტყელ კოლექტორებთან შედარებით, უფრო მაღალი მე კოეფიციენტი აქვს.

5.7 სტაგნაციის ტემპერატურა და მზის კოლექტორების სიმძლავრე

თუ მზის კოლექტორიდან სითბოს ართმევა არ ხდება (თბოშემცველი არ ცირკულირებს, ტუმბო არ მუშაობს), მაშინ კოლექტორი ცხელდება ე.წ. სტაგნაციის ტემპერატურამდე. ამ დროს კოლექტორის თბოდანაკარგები შთანთქმული თბოგამოსხივების ტოლია, ხოლო კოლექტორის მწარმოებლობა - ნულისა.

ბრტყელი კოლექტორებისათვის სტაგნაციის ტემპერატურა ზაფხულში არის 200°C-ზე მეტი, ხოლო ვაკუუმირებულმილებიანი კოლექტორებისათვის იგი 300°C-ის ფარგლებშია.

კოლექტორის მაქსიმალური სიმძლავრე განისაზღვრება, როგორც ოპტიკური მე კოეფიციენტის და დაცემული გამოსხივების მაქსიმალური მნიშვნელობის 1000 ვტ/მ² ნამრავლი.

თუ ოპტიკური მე კოეფიციენტის ზღვრული სიდიდე 80%-ია, მაშინ კოლექტორის 1 მ² ფართობის მაქსიმალური სიმძლავრე შეადგენს 0,8 კვტ-ს. ასეთი მნიშვნელობა, რა

თქმა უნდა, იშვიათად მიიღწევა, მაგრამ იგი მნიშვნელოვანია მზის სისტემის უსაფრთხოების მოწყობილობის გაანგარიშების დროს.

მზის სისტემების დაპროექტებისას, განსაკუთრებით კი მოწყობილობის (უპირველესად, თბოგადამცემის) შერჩევისას, გამოიყენება საანგარიშო სიმძლავრის ცნება. ნორმების თანახმად

(VDI 6002 ნაწ.1), კოლექტორის კუთრი სიმძლავრეა 500 ვტ/მ^2 . საიმედოობის თვალსაზრისით, პრაქტიკული გაანგარიშებისას ეს სიდიდე აიღება 600 ვტ/მ^2 დაბალი ტემპერატურის დროს, ანუ ექსპლუატაციის იმ რეჟიმში, როდესაც კოლექტორის მქ კოეფიციენტი შედარებით მაღალია.

სპეციალურ ტექნიკურ ლიტერატურაში სიმძლავრის განსაზღვრა კიდევ ერთი სიდიდით ხდება, ეს არის დაყენებული სიმძლავრე. იგი გამოიყენება სტატისტიკისათვის და სითბოს სხვადასხვა გენერატორების შედარების მიზნით. მოცემულ რაიონში დაყენებული მზის კოლექტორების შესახებ სტატისტიკური მონაცემების შეგროვების მიზნით, გარდა ამ კოლექტორების ფართობისა, საჭიროა მათი დაყენებული სიმძლავრის მითითება, რომელიც აიღება 700 ვტ/მ^2 - აბსორბერის ფართობის მიხედვით. ეს არის დაცემული მაქსიმალური გამოსხივების გასაშუალოებული მნიშვნელობა

5.8 მზის კოლექტორის მწარმოებლობა

მზის სისტემების გაანგარიშებისა და მისი შემადგენელი კომპონენტების პარამეტრების განსაზღვრისას, კოლექტორის სიმძლავრე ნაკლებად მნიშვნელოვანია, ვიდრე დანადგარის მოსალოდნელი მწარმოებლობა.

კოლექტორის მწარმოებლობა განისაზღვრება როგორც საშუალო მოსალოდნელი სიმძლავრის (კვტ) ნამრავლი დროის შესაბამის ერთეულთან (სთ). მიღებულ მნიშვნელობას (კვტ.სთ) შეუფარდებენ კოლექტორის ან აპერტურის ფართობის კვადრატულ მეტრს და იღებენ მნიშვნელობას კვტ.სთ/მ^2 ; მისი ფარდობა დღეების რაოდენობასთან, მნიშვნელოვანია მზის სისტემის ავზ-აკუმულატორის პარამეტრების განსაზღვრისას. წლის განმავლობაში კოლექტორის კუთრი მწარმოებლობა მითითებულია კვტ.სთ/მ^2 -ობით; წარმოადგენს დანადგარის პარამეტრების და ექსპლუატაციის რეჟიმის შეფასებით მახასიათებელს.

რაც მეტია ეს მნიშვნელობა, მით მეტ სითბოს გამოიმუშავებს მზის სისტემა თბომომარაგების სისტემებისათვის. წლის განმავლობაში გვხვდება ექსპლუატაციის ისეთი რეჟიმი, როდესაც კოლექტორს კიდევ შეუძლია ენერგიის მიწოდება, მაგრამ აკუმულატორი მთლიანად დამუხტულია; ამ შემთხვევაში, კოლექტორის მწარმოებლობა ნულის ტოლია. 20

კოლექტორის მწარმოებლობა მზის სისტემის ეფექტურობის მნიშვნელოვანი შეფასებითი პარამეტრია. იგი გაცილებით მაღალია, თუ კოლექტორის ზედაპირი ოპტიმალურად არის ორიენტირებული და არ აქვს დაბნელებები.

მზის სისტემებში, რომლებიც ნაწილობრივ ფარავს გათბობის დატვირთვებს, მწარმოებლობის და საექსპლუატაციო მახასიათებლების გაზრდის მიზნით მიზანშეწონილია კოლექტორის დახრის კუთხის გაზრდა, რადგანაც ოპტიმალურ მწარმოებლობას გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს ზამთრის სეზონსა და გარდამავალ პერიოდში. ზაფხულის პერიოდში თუ მზის ენერგია გამოიყენება მხოლოდ ცხელი წყლისათვის, დახრის კუთხის გაზრდა იძლევა ენერგიის სიჭარბის შემცირებას, ხოლო გარდამავალ პერიოდში დახრის კუთხის გაზრდა უფრო მაღალ ეფექტურობას უზრუნველყოფს.

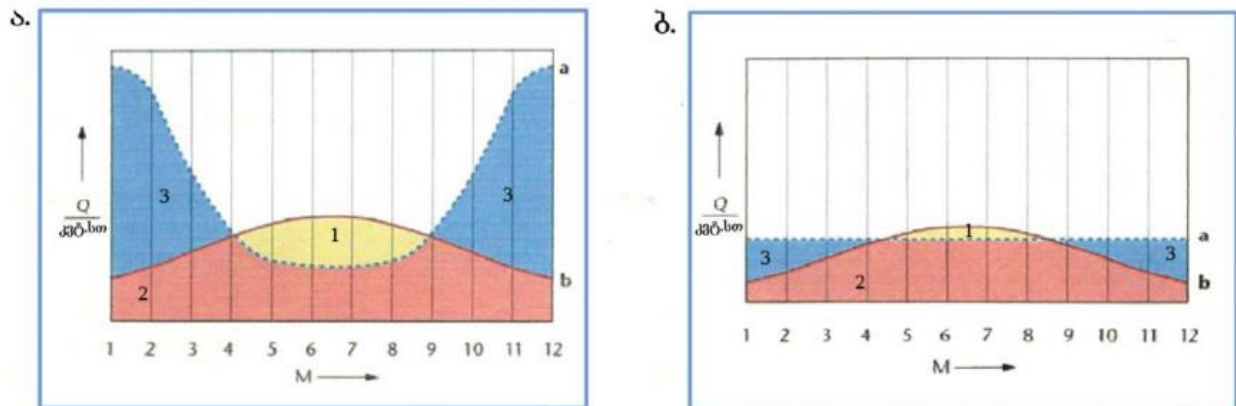
ამრიგად, წლის განმავლობაში სითბო უფრო თანაბრად გამოუმუშავდება და მზის სისტემის მწარმოებლობა კოლექტორის ორიენტირებას აღემატება მაქსიმალურ გამოსხივებაზე.

კოლექტორის ორიენტაციის შერჩევა მზის მაქსიმალური გამოსხივების მისაღებად მიზანშეწონილია მხოლოდ მაშინ, როდესაც კოლექტორზე მოხვედრილი გამოსხივების გამოყენება ნებისმიერ დროს არის შესაძლებელი.

5.9 მზის ენერგიით თბური დატვირთვების ჩანაცვლების წილი

გათბობისა და ცხელწყალმომარაგების მზის სისტემების დაპროექტების დროს მწარმოებლობასთან ერთად მნიშვნელოვან კრიტერიუმს წარმოადგენს კიდევ ერთი სიდიდე. ეს სიდიდე გვიჩვენებს, თუ თბური დატვირთვის რა რაოდენობა უნდა დაიფაროს მზის ენერგიით. რაც მეტია მზის გამოსხივებით საერთო თბური დატვირთვის ჩანაცვლების წილი, მით მეტია ენერგიის ეკონომია.

მზის დანადგარის უპირველესი ამოცანაა სასმელი წყლის გაცხელება. ზაფხულში ცხელწყალმომარაგებისათვის ენერგიის მოთხოვნილება თითქმის სრულად კმაყოფილდება მზის კოლექტორით (ნახ.5.14).



ნახ. 5.14 თბური ენერგიის წლიურ მოთხოვნილებასა და მზის დანადგარით მიღებულ თბურ ენერგიებს შორის თანაფარდობა: ა - მხოლოდ ცხელწყალმომარაგებისათვის; ბ - გათბობისა და ცხელწყალმომარაგებისათვის.

a - თბური ენერგიის მოთხოვნილება (რეალური);

b - მზის დანადგარით მოწოდებული თბური ენერგია;

M - თვე; Q - თბური ენერგია

1 - მზის ენერგიის სიჭარბე (გამოიყენება საცურაო აუზებში);

2 - გამოყენებული მზის ენერგია;

3 - დამატებითი გათბობა

სათბობის ეკონომიური ხარჯვისა და გარემოს დაცვის თვალსაზრისით მზის დანადგარები უნდა მოეწყოს არა მარტო ცხელი წყლისათვის, არამედ გათბობისთვისაც. მზის დანადგარი გათბობის სისტემას სითბოს მიაწვდის მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ გათბობის სისტემის უკუმილსადენში ტემპერატურა მზის კოლექტორის ტემპერატურაზე ნაკლები იქნება. ამიტომ იდეალური ვარიანტია მზის დანადგარის გამოყენება გათბობის ისეთ სისტემებში, რომლებშიც სათბობ ხელსაწყოებს ექნება დაბალი ტემპერატურა და გახურების დიდი ფართობი, ანდა იატაკის გათბობის სისტემებში. სწორად დაპროექტებული და დამონტაჟებული მზის სისტემა ფარავს გათბობისა და ცხელწყალმომარაგების ენერგომოთხოვნილების 30%-ს. თუ გამოვიყენებთ მზის სისტემას მყარი სათბობის ქვაბთან კომბინაციაში, მაშინ კიდევ უფრო შემცირდება თხევადი ან გაზისებრი სათბობის მოთხოვნილება გათბობის სეზონის განმავლობაში, რადგანაც გვექნება განახლებადი ბიოსათბობის (პელეტი, ბრიკეტი) გამოყენების შესაძლებლობა.

ყოველივე ზემოთქმულიდან გამომდინარე, დაპროექტების დროს ეფექტური მზის სისტემის შერჩევა ნიშნავს კომპრომისის მოძებნას მწარმოებლურობასა და თბური დატვირთვის ჩანაცვლების წილს შორის.

5.10 მზის სისტემების კლასიფიკაცია

გათბობის ტექნიკაში გამოყენებული მზის სისტემები ძირითადად იყოფა ორ ჯგუფად, ესენია: ბუნებრივი და იძულებითი ცირკულაცია (იგულისხმება სისტემაში თბოშემცველის ცირკულაცია). ყველა ეს სისტემა - როგორც ბუნებრივი, ასევე იძულებითი ცირკულაციის სისტემები - შეიძლება იყოს:

1. დანიშნულების მიხედვით:

ცხელწყალმომარაგების,

გათბობის,

კომბინირებული;

2. გამოყენებული თბოშემცველის სახეობის მიხედვით:

სითხიანი,

საჰაერო;

3. მუშაობის ხანგრძლივობის მიხედვით:

წლიური,

სეზონური;

4. სქემის ტექნიკური გადაწყვეტის მიხედვით:

ერთკონტურიანი,

ორკონტურიანი,

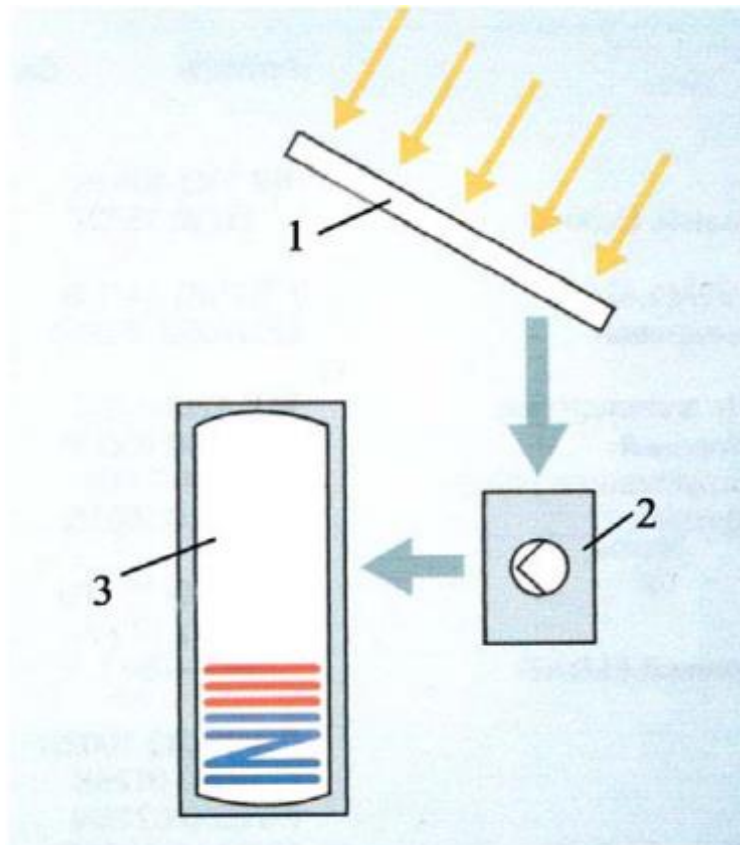
მრავალკონტურიანი.

5.11 მზის სისტემების მუშაობის თავისებურებები

ზემოთ ჩამოთვლილი მზის სისტემებიდან ყველაზე მეტად გავრცელებულია სისტემა, რომელიც შედგება მზის კოლექტორის, რეგულატორის, ტუმბოსა და კარგად იზოლირებული სითბოს აკუმულატორისაგან (ნახ.5.15).

მზის გამოსხივება ეცემა კოლექტორში მოთავსებულ შთამნთქმელ ელემენტს - აბსორბერს. აბსორბერის ქვედა მხარეზე მიერთებულია მილები, რომელშიც მოძრაობს მუშა სითხე (თბოშემცველი). აბსორბერი, ცხელდება რა მზის სხივების ხარჯზე, სითბოს

გადასცემს თბოშემცველს. რეგულატორი და ტუმბო უზრუნველყოფენ სითბოს ართმევას მილსადენით. შემდგომ ავზ-აკუმულატორში თბოგადამცემის საშუალებით სითბო გადაეცემა გასაცხელებელ წყალს.



ნახ. 5.15 მზით თბომომარაგების სისტემის გამარტივებული სქემა.

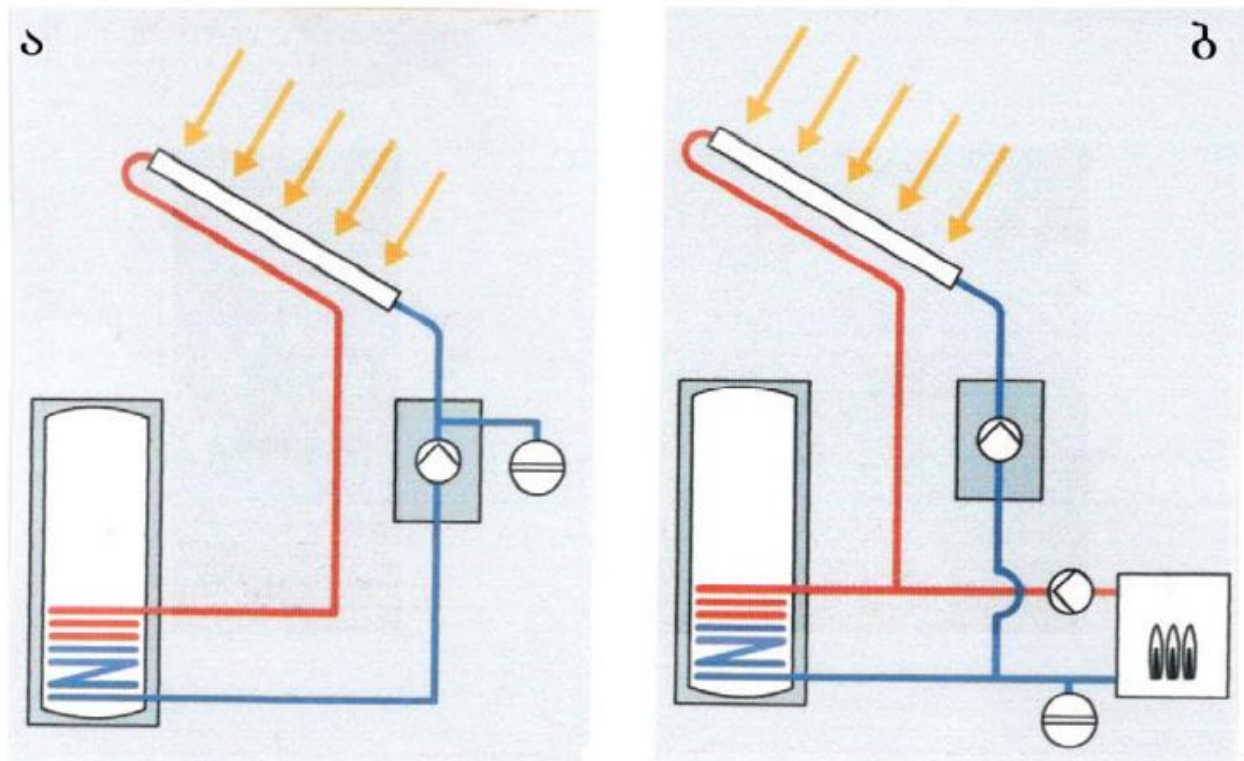
1 - მზის კოლექტორი; 2 - საცირკულაციო ტუმბო; 3 - სითბოს აკუმულატორი

ამ პრინციპზე მუშაობს იძულებითი (ტუმბოვანი) ცირკულაციის ყველა მზის სისტემა. მაგრამ მათ შორის მაინც არსებობს პრინციპული განსხვავება. განვიხილოთ ეს სისტემები.

სისტემა უყინი თბოშემცველით. ასეთ სისტემებში (ნახ.5.16ა) უყინ თბოშემცველად გამოყენებულია ანტიფრიზის (გლიკოლი) ნარევი წყალთან. თბოშემცველი ტუმბოთი მიეწოდება აბსორბერის მილებს, სადაც ის ცხელდება და შემდგომ ავზ-აკუმულატორის თბოგადამცემში სითბოს გადასცემს გასაცხელებელ წყალს.

ანტიფრიზი ზამთარში სისტემას გაყინვისაგან იცავს. უყინი თბოშემცველი დამატებით შეიცავს ანტიკოროზიულ მისართებს (დანამატებს), რაც უზრუნველყოფს სისტემის ანტიკოროზიულ დაცვას. როგორც წესი, დახურული ტუმბოვანი სისტემები აღჭურვილია საფართოებელი ავზით, რომელიც თბოშემცველის თბური გაფართოებისა და კოლექტორში თბოშემცველის ადულებისას წარმოქმნილი დამატებითი ორთქლის კომპენსაციას ახდენს. ასეთი სისტემები ფართოდ გამოიყენება ცენტრალურ ევროპაში, სადაც მათი წილი 95%-ს შეადგენს.

სისტემა გაყინვისაგან დაცვით. ეს სისტემა (ნახ. 5.16 ბ) თავისი კონსტრუქციით თითქმის იგივეა, რაც სისტემა უყინი თბოშემცველით. განსხვავება ისაა, რომ ასეთ სისტემებში თბოშემცველად გამოყენებულია სუფთა წყალი ანტიფრიზის გარეშე. იმისათვის, რომ ზამთარში წყალი არ გაიყინოს, კოლექტორს ქვაბიდან ავზ-აკუმულატორის გავლით მიეწოდება სითბო. ასეთი სისტემების ენერგეტიკული შეფასების დროს საჭიროა ზაფხულში მიღებულ ენერგიას გამოვაკლოთ ზამთარში კოლექტორის მუშაობაზე დახარჯული სითბო. კოლექტორის შესათბობად მიწოდებული სითბო დამოკიდებულია გარე ჰაერის ტემპერატურაზე და, როგორც წესი, იგი სისტემის მწარმოებლობის 10%-ია.



ნახ. 5.16 მზით თბომომარაგების სისტემა. ა - უყინი თბოშემცველით;

ბ - სისტემა გაყინვისგან დაცვით

ზემოთ განხილული ორი სისტემიდან უყინი თბოშემცველის მქონე სისტემას მთელი რიგი უპირატესობები აქვს. ეს სისტემები:

უზრუნველყოფს ზამთარში გაყინვისაგან უფრო საიმედო დაცვას;

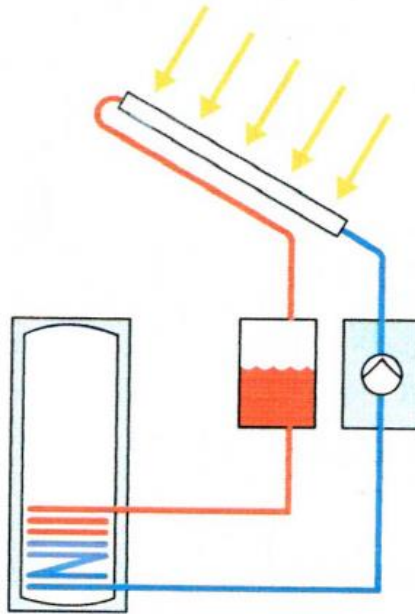
არ საჭიროებს ტრადიციულ ენერგიას ზამთარში გაყინვისაგან დაცვის მიზნით, კოლექტორის შესათბობად;

უზრუნველყოფს მზის სისტემასთან მილსადენის მარტივ მიერთებას;

უზრუნველყოფს სისტემის კომპონენტების ეფექტურ ანტიკოროზიულ დაცვას.

თვითდაცლითი სისტემა (Drainback). ასეთი სისტემის (ნახ.5.17) თავისებურება ისაა, რომ კოლექტორის უმოქმედობის შემთხვევაში თბოშემცველი იღვრება სისტემიდან. ასეთ სისტემებში გამოიყენება მხოლოდ ისეთი კოლექტორები, რომელთაც მილსადენი უერთდება ქვემოდან. ამ შემთხვევაში, აბსორბერი უზრუნველყოფს კოლექტორის დაცლას გრავიტაციის ხარჯზე. კოლექტორთან მიერთებულ ყველა მილს უნდა ჰქონდეს სათანადო დახრა, რათა უზრუნველყოფილ იქნეს თბოშემცველის სპეციალურ ავზში ჩაღვრა. ასეთ სისტემებში თბოშემცველად გამოყენებულია სუფთა წყალი. ამ სისტემების ჩართვა ზამთარში დაბალი

ტემპერატურის დროს დაუშვებელია. მათი გამოყენებისას მილსადენები უნდა გაკეთდეს სათანადო ქანობით, რაც საკმაოდ რთულია, განსაკუთრებით, არსებულ შენობებში. ბოლო დროს ასეთ სისტემებში იყენებენ ანტიფრიზს, რაც, რა თქმა უნდა, ზრდის საექსპლუატაციო ხარჯებს. ეს სისტემები შეიქმნა ისეთი პირობებისათვის, როდესაც, თბური დატვირთვების შემცირების მიზნით, მათ ხანგრძლივი უმოქმედობა უწევდათ.



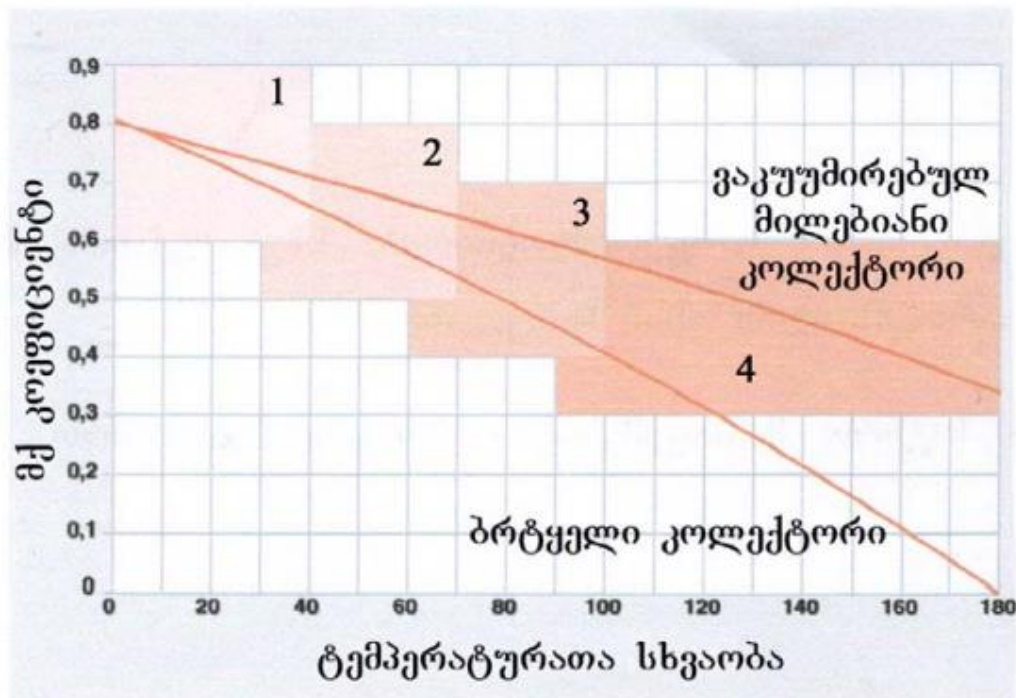
ნახ. 5.17 მზით თბომომარაგების თვითდაცლითი სისტემა

5.12 კოლექტორის ტიპის შერჩევა

კოლექტორის ტიპის შერჩევის დროს, გარდა დაყენების ადგილისა და მონტაჟის პირობებისა, გადაწყვეტი ფაქტორია მოსალოდნელი ტემპერატურული სხვაობა კოლექტორსა და გარე ჰაერს შორის (Δt).

კოლექტორის ტემპერატურა განისაზღვრება, როგორც საშუალო არითმეტიკული მიმწოდებელ და უკუმილსადენის ტემპერატურებს შორის. იგი მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს კოლექტორის მე კოეფიციენტზე და, შესაბამისად, მის მწარმოებლობაზე. კოლექტორის ტიპის შერჩევის დროს, დიდი მნიშვნელობა აქვს აგრეთვე მზის სისტემის მწარმოებლობას. ამ უკანასკნელის შეფასებისათვის გათვალისწინებულ უნდა იქნეს ადგილმდებარეობის კლიმატური მონაცემები და კოლექტორის ექსპლუატაციის პერიოდი (სეზონური თუ წლიური). უმეტეს შემთხვევაში კოლექტორის ტიპი შეირჩევა ექსპლუატაციის წლიური პერიოდისათვის. ეს მონაცემები საშუალებას გვაძლევს, განვსაზღვროთ ტემპერატურული სხვაობა კოლექტორსა და გარე ჰაერს შორის. ნახ.5.18 ნაჩვენებია კოლექტორის მე კოეფიციენტის დამოკიდებულება კოლექტორსა და გარე ჰაერს შორის ტემპერატურათა სხვაობაზე (Δt) სხვადასხვა სახის ცხელწყალმომარაგების სისტემებისათვის. როგორც ნახაზიდან ჩანს, საშუალო

ტემპერატურული სხვაობა (Δt), თბური დატვირთვის მზის ენერგიით ჩანაცვლების დაბალი წილის მქონე მზის ცხელწყალმომარაგების სისტემაში შესამჩნევად დაბალია, ვიდრე მაღალი წილის ჩანაცვლების სისტემაში ან ისეთ სისტემაში, რომელშიც ხდება გათბობაზე დატვირთვის ნაწილობრივ დაფარვა.



ნახ.5.18 მზის კოლექტორების მქ კოეფიციენტები თბომომარაგების სხვადასხვა სისტემებისათვის. 1 - ცხელწყალმომარაგება თბური დატვირთვის მზის ენერგიით მცირე რაოდენობით დაფარვისას; 2 - ცხელწყალმომარაგება მზის ენერგიის დიდი რაოდენობით გამოყენებისას; 3 - ჰაერის კონდიცირება; 4 - ტექნოლოგიური პროცესების

5.13 თბომომარაგება

კოლექტორის შერჩევის დროს ყურადღება უნდა მიექცეს აგრეთვე თანაფარდობას ფასი/მწარმოებლობა. თუ კოლექტორს შევარჩევთ მხოლოდ გრაფიკით, ამ შემთხვევაში უპირატესობა ექნება მხოლოდ ვაკუუმირებულმილებიან კოლექტორს. მაგრამ ბრტყელი კოლექტორები ვაკუუმირებულმილებიანთან შედარებით, ფასის მიხედვით უფრო მიმზიდველია და იძლევიან კარგ თანაფარდობას - ფასი/მწარმოებლობა, განსაკუთრებით, ცხელწყალმომარაგებაზე დატვირთვის დაფარვის დროს.

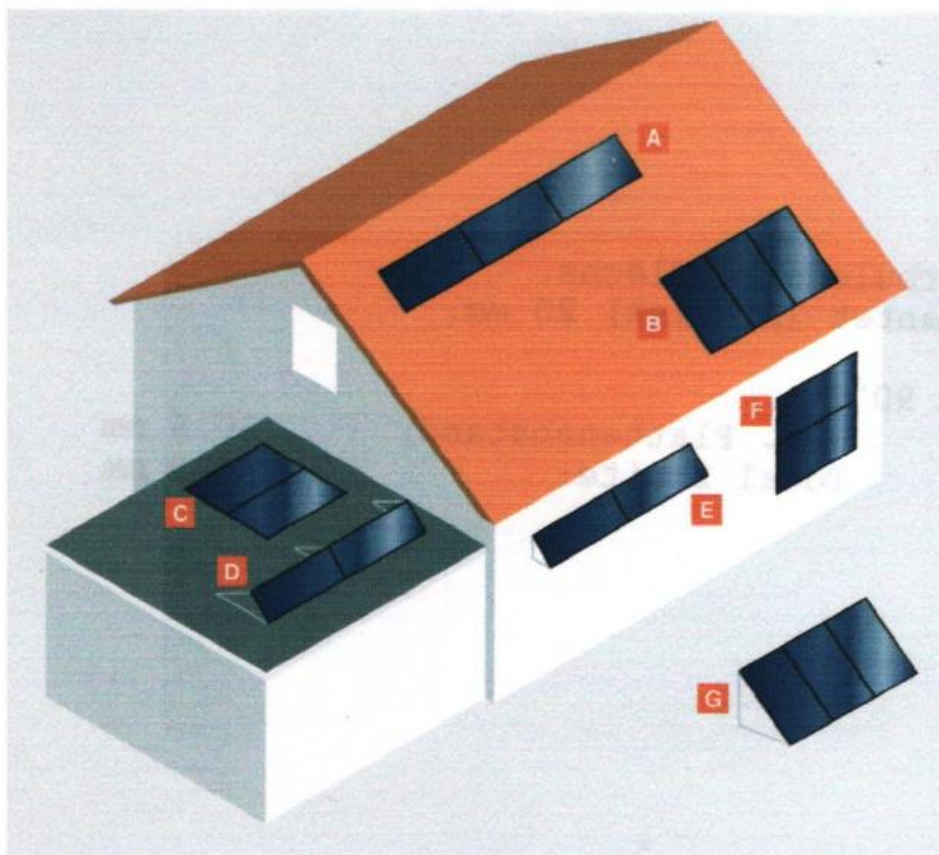
კოლექტორის შერჩევისას უნდა გავითვალისწინოთ ზოგიერთი ასპექტი, რომელიც მისი მონტაჟისას წარმოიქმნება:

ბრტყელი კოლექტორები არ შეიძლება დავაყენოთ ჰორიზონტალურად;

წინდენითი ვაკუუმირებულმილებიანი კოლექტორები შეიძლება დავაყენოთ ჰორიზონტალურად, თუ მოსალოდნელი არ არის სტაგნაციის ხანგრძლივი ფაზა. ამ დროს კოლექტორის მაერთებელი მილები უნდა გაკეთდეს ქანობით;

თბურმილებიანი კოლექტორები უნდა დავაყენოთ დახრის კუთხის მინიმალური მნიშვნელობით, ე.ი. არ შეიძლება მათი ჰორიზონტალურად დაყენება.

გადახურვაში ჩაშენებული დიდი ფართობის კოლექტორები არ შეიძლება დავაყენოთ სახურავის ან მიწის ნებისმიერ ადგილზე. კოლექტორების მონტაჟის ვარიანტები ნაჩვენებია ნახ.5.19.

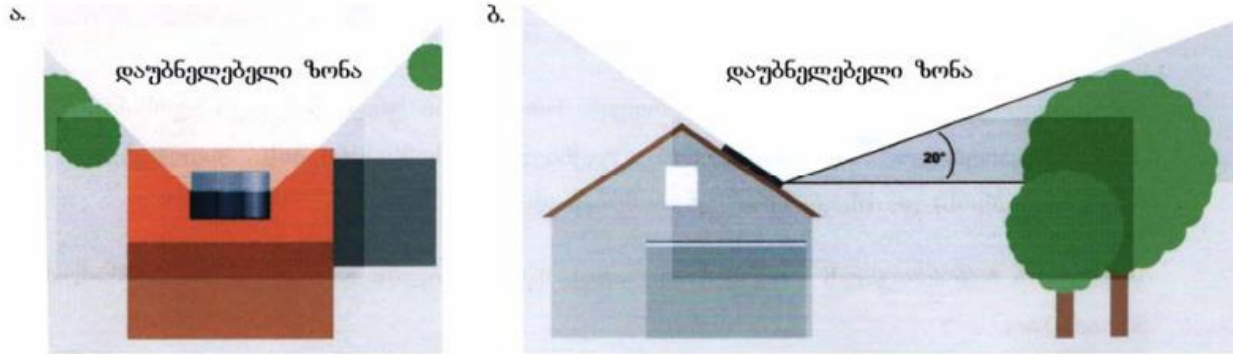


ნახ. 5.19 კოლექტორის მონტაჟის ვარიანტები

AB – დაქანებული სახურავი; CD – ბრტყელი სახურავი; EF – ფასადი/ აივნის შემოფარგვლა; G - მონტაჟი ნებისმიერ ადგილზე

კონსტრუქციების მრავალსახეობის გამო, მზის კოლექტორები შეიძლება დაყენებულ იქნეს როგორც ახალ, ისე რეკონსტრუირებულ შენობებში, როგორც უშუალოდ შენობაზე, ასევე მის

გვერდით. კოლექტორები იდგმება როგორც დაქანებულ, ასევე ბრტყელ სახურავებზე, კედლებზე ან ნებისმიერ ადგილას მიწაზე. კოლექტორების მონტაჟის დროს უნდა გავითვალისწინოთ ექსპლუატაციაში მათი მოსალოდნელი დაბნელება (ნახ.5.20). კოლექტორების დაბნელება დასაშვებია მხოლოდ დილით და საღამოს საათებში.

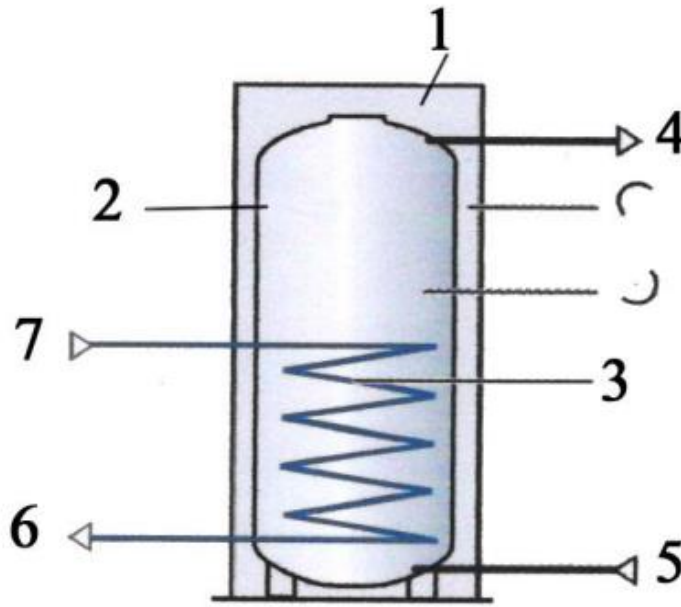


ნახ. 5.20 მზის კოლექტორის შესაძლო დაბნელება. ა - ხედი ზემოდან; ბ - ხედი გვერდიდან

5.14 მოცულობითი წყალგამცხელებელი

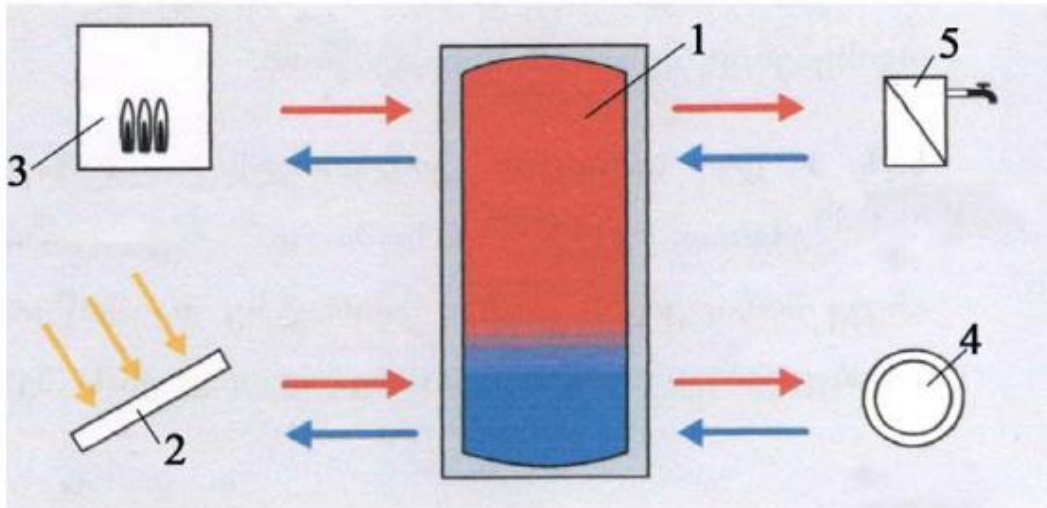
მოცულობით წყალგამცხელებელს სხვანაირად ავზი-წყალგამცხელებელი ან ცხელი წყლის ბოილერიც ეწოდება. ეს დანადგარი არ წარმოადგენს ცხელი წყლის აკუმულირების სისტემას ცალკე მდგომ ავზებში. მოცულობითი წყალგამცხელებელი გამოიყენება სასმელი (ცივი) წყლის გასაცხელებლად და ცხელი წყლის გარკვეული მარაგის შესაქმნელად წყლის ალების დროს. ავზ-წყალგამცხელებელს (ნახ. 5.21) აქვს სპეციალური საგროვებელი მოცულობა, ჩაშენებული თბოგადამცემით. წყალგამცხელებლის თბოგადამცემი ყოველთვის მოთავსებულია მის ქვემო ნაწილში, რის გამოც წყლის ცირკულაცია ავზში გრავიტაციული წნევის ხარჯზე მიმდინარეობს. ასეთ წყალგამცხელებელს, რომელიც თბური ენერგიით იკვებებიან მხოლოდ ერთი წყაროდან, მაგალითად, მზის კოლექტორიდან, მონოვალენტური წყალგამცხელებლები ეწოდება. თუ გათბობის არსებულ სისტემაში, რომელსაც აქვს ქვაბთან მიერთებული ცხელი წყლის ბოილერი, დამატებით გვინდა წყლის გაცხელება მზის დანადგარით, მაშინ უნდა მოეწყოს კიდევ ერთი, დამატებითი მონოვალენტური მოცულობითი წყალგამცხელებელი.

ახალი მშენებლობის დროს, ან თუ მზით თბომომარაგება ეწყობა გათბობისა და ცხელწყალმომარაგების სრულიად ახალი მცირე სიმძლავრის სისტემისათვის, მიზანშეწონილია გამოყენებულ იქნეს ბივალენტური მოცულობითი წყალგამცხელებელი. ასეთ წყალგამცხელებელს აქვს ორი თბოგადამცემი, რომელთაგან ერთი, ქვემო ნაწილში განლაგებული, იკვებება მზის დანადგარიდან, მეორე კი, ზემო ნაწილში განლაგებული - გათბობის ქვაბიდან.

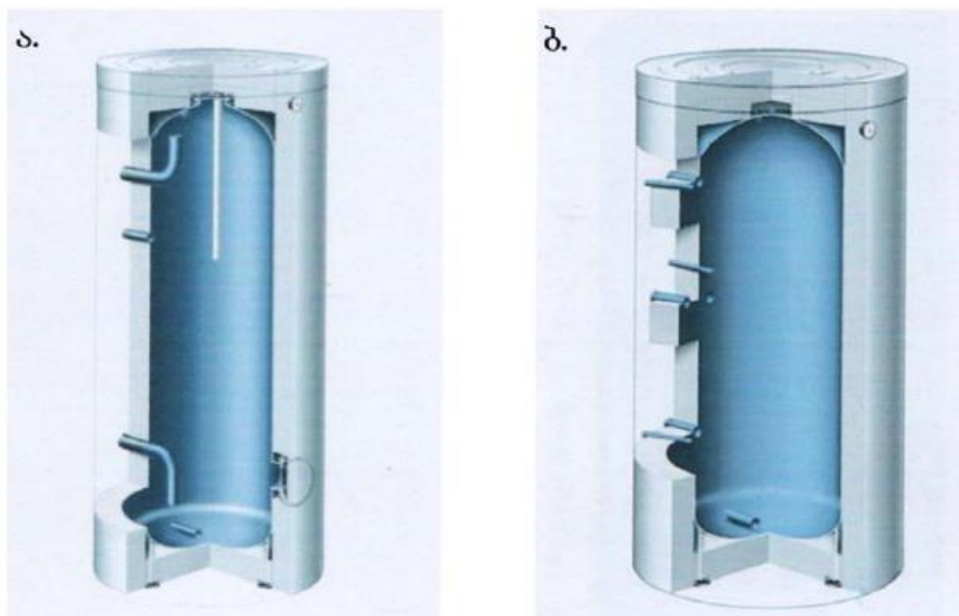


ნახ. 5.21 მოცულობითი წყალგამცხელების პრინციპული სქემა. 1 - თბოიზოლაცია; 2 - ავზი-დამგროვებელი; 3 - ჩაშენებული თბოგადამცემი; 4 - ცხელი წყლის გამოსვლა; 5 - ცივი წყლის შესვლა; 6 - გამცხელებელი კონტურის მიმწოდებელი მილი; 7 - გამაცხელებელი კონტურის უკუმილი

ზემოთ მოყვანილი მოცულობითი წყალგამცხელებელი, როგორც მონოვალენტური, ისე ბივალენტური გამოიყენება მხოლოდ ცხელი წყალმომარაგებისათვის და მათ მზის წყალგამცხელებელსაც უწოდებენ. მისი გამოყენება სხვა მიზნებისათვის (მაგალითად, გათბობის სისტემების თბური დატვირთვის ნაწილობრივი დაფარვისთვის) არ არის მიზანშეწონილი. დიდი თბური სიმძლავრის სისტემებში გათბობისა და ცხელწყალმომარაგებისათვის გამოიყენება ბუფერული მოცულობები ან კომბინირებული მოცულობითი წყალგამცხელებელი. ბუფერული მოცულობის გამოყენების სქემა ნაჩვენებია ნახ.22. როგორც ნახაზიდან ჩანს, ბუფერულ მოცულობაში ინტეგრირებულია სითბოს სხვადასხვა გენერატორი და მომხმარებელი. ბუფერულ მოცულობებში (ნახ. 5.23) თბომაკუმულირებელ გარემოდ გამოყენებულია წყალი. ასეთი ბუფერული მოცულობები უნდა შეირჩეს იმ წნევაზე, რომელსაც გათბობის სისტემა გადასცემს ამ მოცულობას; ცხელწყალმომარაგების სისტემების მოცულობითი წყალგამცხელებისათვის კი ეს წნევა 10 ბარია; ბუფერული მოცულობის გამოყენების დროს გათბობის სისტემა იკვებება ამ მოცულობაში დაგროვილი წყლით, ცხელი წყლისთვის კი დამატებით გამოყენებულია თბოგადამცემი (მოცულობითი ან ჩქაროსნული), რომელიც აგრეთვე ბუფერული მოცულობიდან იკვებება, ან ცხელი წყალი მიიღება ცალკე ამ მიზნისათვის განკუთვნილი ბუფერული მოცულობიდან. ბუფერულ მოცულობას მზის სისტემის გარდა, კიდევ შეგვიძლია მივუერთოთ სითბოს სხვა განერატორი: ქვაბი, თბური ტუმბო და სხვ.

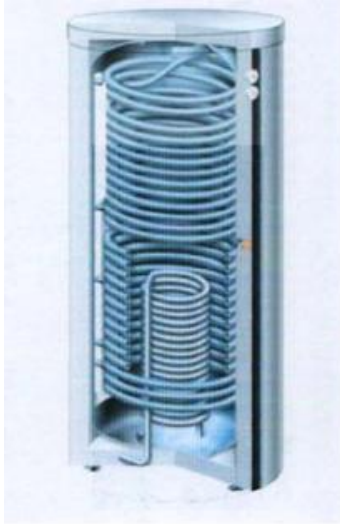


ნახ. 5.22 ბუფერული მოცულობის მუშაობის პრინციპი. 1 - ბუფერული მოცულობა; 2 - მზის კოლექტორი; 3 - წყალსატბობი ქვაბი; 4 - გათბობის სისტემა; 5 - ცხელწყალმომარაგების სისტემა



ნახ. 5.23 ბუფერული მოცულობები: ა - ცხელწყალმომარაგების სისტემების ; ბ - გათბობის სისტემების

კომბინირებული მოცულობითი წყალგამცხელებელი (ნახ. 5.24) წარმოადგენს გათბობისათვის საჭირო ბუფერული მოცულობის და ცხელი წყალმომარაგებისათვის საჭირო მოცულობითი წყალგამცხელებლის კომბინაციას. ასეთი სახის დანადგარში შესაძლებელია სითბოს რამდენიმე გენერატორის მიერთება, ამიტომაც მას მულტივალენტური ბუფერული წყალგამცხელებელი ეწოდება. ცხელი წყალმომარაგებისათვის სითბოს აღება წარმოებს დანადგარში ჩაშენებული იმ თბოგადამცემის მეშვეობით, რომელშიც ცივი სასმელი წყალი ცხელდება.

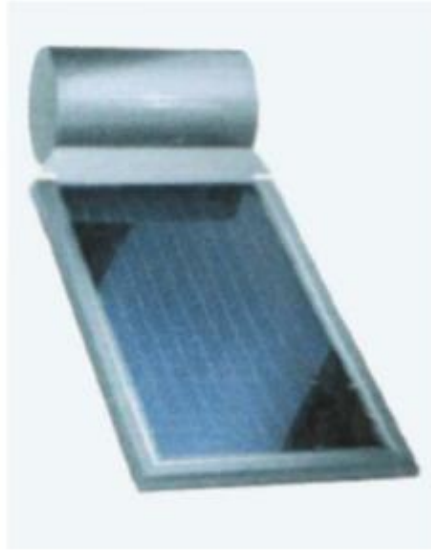


ნახ. 5.24 კომბინირებული მოცულობითი წყალგამცხელებელი

5.15 ბუნებრივი ცირკულაციის მზის სისტემები

ბუნებრივი ცირკულაციის მზის თბომომარაგების სისტემაში თბოშემცველის ცირკულაცია ცივ და გაცხელებულ სითხეებს შორის მიმდინარეობს სიმკვრივეთა სხვაობის შედეგად წარმოქმნილი ბუნებრივი (გრავეტაციული) წნევის ხარჯზე. ასეთი ცირკულაციის უზრუნველსაყოფად საჭიროა, რომ მზის კოლექტორი (თბოგენერატორი) განლაგდეს ავზ-აკუმულატორზე (სითბოს მომხმარებელზე) დაბლა (ნახ. 5.25). კოლექტორში თბოშემცველი ცხელდება მზის გამოსხივების ხარჯზე. გაცხელებული თბოშემცველი უფრო მსუბუქია, ვიდრე ავზ-აკუმულატორში მოთავსებული თბოშემცველი, რის გამოც უფრო ცხელი მსუბუქი თბოშემცველი ზემოთკენ გადაადგილდება ავზ-აკუმულატორში, მის ადგილს კი იკავებს უფრო მძიმე, ცივი თბოშემცველი, რომელიც ავზ-აკუმულატორიდან კოლექტორში გადაადგილდება და ამრიგად იქმნება თბოშემცველის ცირკულაცია. ამ ცირკულაციის ხარჯზე, თბოშემცველი სითბოს გადასცემს ავზ-აკუმულატორში დაგროვებულ წყალს. თბოშემცველის ცირკულაცია შეწყდება მაშინ, როდესაც ტემპერატურათა (სიმკვრივეთა) სხვაობა მზის კოლექტორსა და ავზ-აკუმულატორს შორის იმდენად მცირე ხდება, რომ იგი საკმარისი აღარ არის თბოშემცველის მოძრაობის კონტურში (მზის თბომომარაგების პირველადი კონტური) წინააღმდეგობის გადასალახად.

20°C-ის წყლის სიმკვრივე (მასა) 0,998 კგ/ლ-ის ტოლია, 50°C-ის წყლის კი - 0,988 კგ/ლ-ისა. მათ შორის სხვაობა შეადგენს 10 გ/ლ-ს, ანუ 1%-ს, რაც იმას ნიშნავს, რომ მამოძრავებელი ძალა ასეთი ცირკულაციის დროს ბევრად ნაკლებია, ვიდრე ტუმბოვან (იძულებითი ცირკულაციის) სისტემებში.



ნახ. 5.25 ბუნებრივი ცირკულაციის მზის სისტემის საერთო ხედი

ბუნებრივი ცირკულაციის სისტემების დამახასიათებელია შემდეგი თავისებურებები:

თბოშემცველს აქვს დაბალი სიჩქარე;

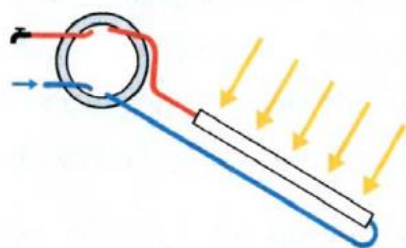
აბსორბერში (მზის კოლექტორში) არ არის ტურბულენტური ნაკადები;

წნევის დანაკარგი პორველად კონტურში უნდა იყოს ძალიან მცირე (მცირე სიგრძე, დიდი დიამეტრი);

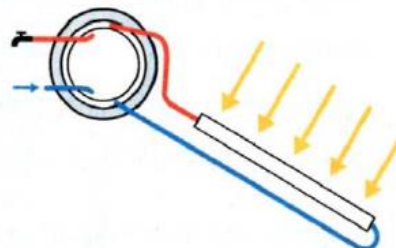
ღამის პერიოდში უნდა აღმოიფხვრას ცირკულაციის დარღვევა (უკუცირკულაცია).

ბუნებრივი ცირკულაციის მზის თბომომარაგების სისტემებს, თერმოსიფონურ სისტემებსაც უწოდებენ (ტერმინი მომდინარეობს ბერძნული სიტყვიდან: therme - სითბო და siphon - ტუმბოვანი მილი). თერმოსიფონი წარმოადგენს წყლის გასაცხელებელ მოწყობილობას, რომელიც დამყარებულია ზიარჭურჭელში სითხეების წონასწორობაზე.

ერთკონტურიანი დანადგარი



ორკონტურიანი დანადგარი



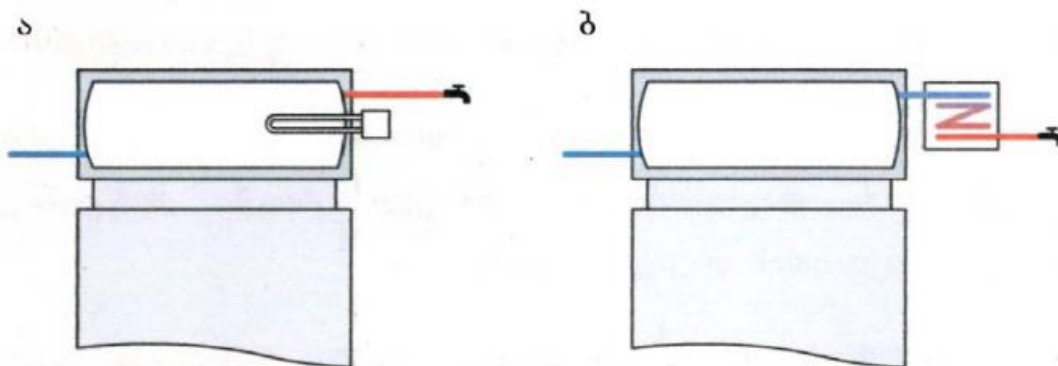
ნახ. 5.26 ბუნებრივი ცირკულაციის მზის სისტემების პრინციპული სქემები: ა - ერთკონტურიანი; ბ - ორკონტურიანი

თერმოსიფონური ანუ ბუნებრივი ცირკულაციის მზის თბომომარაგების სისტემები არის ერთკონტურიანი და ორკონტურიანი (ნახ.5.26). ერთკონტურიან მზის სისტემებში ცხელწყალმომარაგების სისტემისათვის წყალი უშუალოდ მზის კოლექტორში ცხელდება, ორკონტურიან სისტემებში კი პირველად კონტურში მოძრავი თბოშემცველი განცალკევებულია წყალგამცხელებელში გასაცხელებელი სახმარი წყლისგან განცალკევებულია თბოგადამცემით.

ერთკონტურიანი სისტემები გამოიყენება ისეთ რეგიონებში, სადაც გამოირცხულია გაყინვის საშიშროება. კოლექტორში წყლის გაყინვამ შეიძლება გამოიწვიოს კოლექტორის დანგრევა უმნიშვნელო უარყოფითი ტემპერატურის დროსაც კი. ვინაიდან წყალი შეიცავს მასში გახსნილ ჟანგბადს, ასეთი სისტემები საშიშია აგრეთვე კოროზიულობის თვალსაზრისით. ასეთი სისტემების დადებით მხარედ შეიძლება ჩაითვალოს მხოლოდ მარტივი კონსტრუქცია და სიაფე.

ცივი კლიმატის რეგიონებში გამოიყენება ორკონტურიანი სისტემები. ამ დროს პირველადი კონტური შევსებულია ანტიფრიზით, ხოლო თბოგადამცემად გამოიყენება ორმაგი კორპუსის მქონე მოცულობითი წყალგამცხელებელი. გარდა პირველადი კონტურისა, გაყინვისგან დაცულ უნდა იქნეს აგრეთვე ცხელი წყლის მიმწოდებელი მილსადენი; ამიტომ; მოცულობითი წყალგამცხელებელი უნდა მოთავსდეს მზის კოლექტორზე მაღლა ან გამთბარ სათავსში, ანდა მისთვის სპეციალურად უნდა მოეწყოს დამატებითი შეთბობა. წინააღმდეგ შემთხვევაში, გაყინვის საშიშროებისას საჭიროა წყალგამცხელებლის და მასთან მიერთებული მილების წყლისგან დაცლა.

როგორც ერთ-, ასევე ორკონტურიან სისტემებში უნდა გავითვალისწინოთ აგრეთვე გადახურების საშიშროება. თერმოსტატიკური რეგულირების არქონის დროს სითბოს ტრანსპორტირება წყალგამცხელებელში მიმდინარეობს მანამ, სანამ არ მიიღწევა სტაგნაციის ტემპერატურა, ანუ სანამ არ ადუღდება წყალი ერთკონტურიან სისტემებში და თბოშემცველი - ორკონტურიანში.



ნახ.5.27. ბუნებრივი ცირკულაციის მზის სისტემების დამატებითი შეთბობა: ა - ელექტროგამცხელებლით; ბ - გარე თბოგადამცემით

გაცივვისაგან დაცვის მიზნით (ნახ.5.27), უშუალოდ წყალგამცხელებელში ეწყობა ან ელექტროშეთობა, ან გამდინარე თბოგადამცემის მიმდევრობითი ჩართვა. ენერგიის ეკონომიის თვალსაზრისით, ამ უკანასკნელს მეტი უპირატესობა ენიჭება.

5.16 მზის სისტემების დამატებითი ელემენტები და

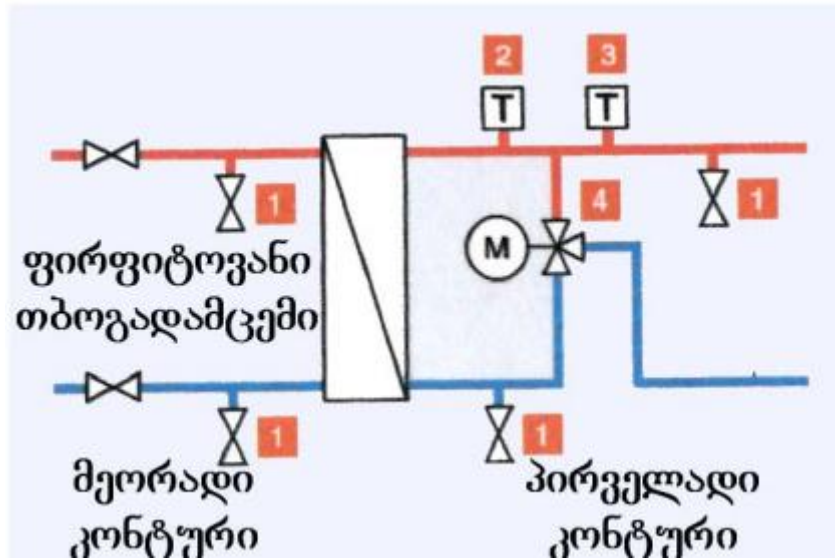
მათი შერჩევის თავისებურებები

თბოგადამცემები. მზის სისტემების თბოგადამცემი მუშაობს შედარებით მცირე სიმძლავრის და ტემპერატურული სხვაობის პირობებში. ეს გარემოება აუცილებლად გასათვალისწინებელია მათი შერჩევის დროს. ამ ეტაპზე შეცდომის დაშვება გამოიწვევს მთელი სისტემის მწარმოებლურობის შემცირებას. სწორად გაანგარიშებულმა მზის თბომომარაგების სისტემამ უნდა უზრუნველყოს თბოშემცველის მაქსიმალური შესაძლო შემცირება კოლექტორში შესვლაზე. ამის მისაღწევად, თბოგადამცემის გაანგარიშების დროს საანგარიშო სიმძლავრედ აიღება კოლექტორის ყოველ კვადრატულ მეტრზე 600 ვტ, მიუხედავად კოლექტორის ტიპისა.

თბოგადამცემი ორი სახისაა: უშუალოდ მოცულობით წყალგამცხელებელში ჩაშენებული და გარე გამცხელებელი, რომელიც მოთავსებულია ბუფერული მოცულობის გარეთ. ზემოთ განხილულ ყველა წყალგამცხელებელში თბოგადამცემი იყო ჩაშენებული. ასეთი თბოგადამცემის დროს ტემპერატურათა სხვაობა მზის სისტემის პირველადი კონტურის მიმწოდებელ მილსადენსა და მოცულობითი წყალგამცხელებლის წყალს შორის შეადგენს 10-15°-ს; შესაბამისად, კოლექტორის ფართობის ფარდობა თბოგადამცემის ფართობთან შეადგენს 10:1-დან 15:1-მდე, რაც იმას ნიშნავს, რომ თბოგადამცემის ყოველ კვადრატულ მეტრს უნდა მიუერთდეს მზის კოლექტორის 10-15 კვადრატული მეტრი ფართობი. უფრო მეტი ფართობის კოლექტორების მიერთება ტემპერატურათა სხვაობას გაზრდის 15°C-ზე მეტად.

გარე თბოგადამცემი ძირითადად ფირფიტოვანი სახისაა. ასეთ თბოგადამცემში 5°C ტემპერატურათა სხვაობა მზის სისტემის პირველადი კონტურის უკუმილსადენსა და წყალგამცხელებლის უკუმილსადენს შორის იფარება ოპტიმალურად. ამის გამო, ასეთი თბოგადამცემის შერჩევისას უპირატესობა ენიჭება მრავალსვლიან თბოგადამცემს.

ფირფიტოვანი თბოგადამცემის ჩართვის სქემა ნაჩვენებია ნახ.5.28. გაანგარიშება იგივეა, რაც ჩაშენებული თბოგადამცემისა და იგი არ არის წყალგამცხელებლის ტიპზე დამოკიდებული.



ნახ.5.28. ფირფიტოვანი თბოგადამცემის ჩართვის სქემა: 1 - დაცლა; 2 - ტემპერატურის გადამწოდი; 3 - ყინვისაგან დაცვის გადამცემი; 4 - სამსვლიანი სარქველი

მზის სისტემის პირველად კონტურში თბოშემცველის რაოდენობა დამოკიდებულია კოლექტორის ტიპზე და კუთრ ხარჯზე: მაგალითად, ბრტყელი კოლექტორებისათვის იგი ტოლია 25 ლ/სთ.მ²-ისა.

ფირფიტოვანი თბოგადამცემის შერჩევის დროს თბური ნაკადი მუდმივი აიღება. ამისათვის, ფირფიტოვანი თბოგადამცემის მეორეულ კონტურში (მოცულობითი წყალგამცხელების მხრიდან) თბოშემცველის ხარჯი 15%-ით ნაკლები აიღება, ვიდრე პირველად კონტურში. ამრიგად, გათვალისწინებული უნდა იქნეს გლიკოლის წყალხსნარის უფრო დაბალი თბოტევადობა მეორეული კონტურის თბოშემცველთან (წყალთან) შედარებით.

ევროპული ნორმების თანახმად, პირველად კონტურში, როგორც წესი, გამოიყენება პროპილენგლიკოლის 40%-იანი ხსნარი, ხოლო მეორეულ კონტურში - წყალი.

ტემპერატურა

მეორეულ კონტურში შესვლაზე მოცულობითი წყალგამცხელების მინიმალურ ტემპერატურად აიღება 20°C. თუ მხედველობაში მივიღებთ 5°C ტემპერატურულ სხვაობას, მაშინ პირველადი კონტურიდან გამოსვლაზე ტემპერატურა იქნება 25°C. მეორეული კონტურის გამოსვლაზე და პირველადი კონტურის შესვლაზე ტემპერატურები აიღება გაანგარიშებით.

კოლექტორის სიმძლავრე ფირფიტოვანი თბოგადამცემის ყოველ კვადრატულ მეტრზე აიღება 600 ვტ. კოლექტორის გაზრდილი თბური დატვირთვების დროს (ტექნოლოგიური თბური დატვირთვა) კუთრი მწარმოებლურობა 500 ვტ/მ²-მდე მცირდება.

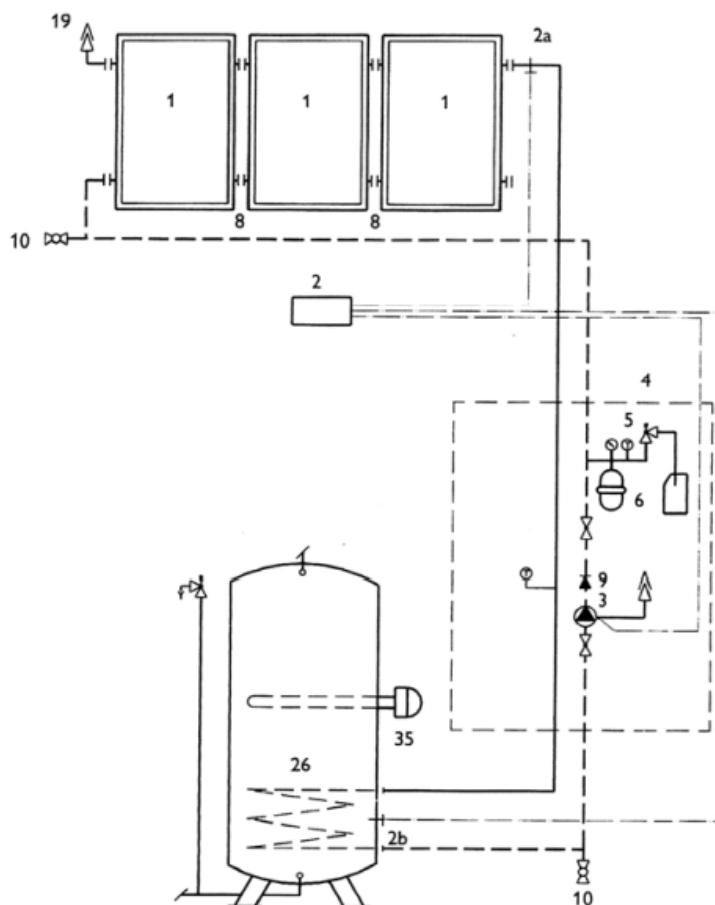
წნევის დანაკარგები მზის თბომომარაგების ორივე კონტურში 100 მბარის ტოლი აიღება.

ფირფიტოვანი თბოგადამცემის მონტაჟის დროს აუცილებელია ნორმებით გათვალისწინებული სტანდარტული მოთხოვნების დაცვა. ყოველ თბოგადამცემზე უნდა დაყენდეს ჩამკეტ-მარეგულირებელი და სადრენაჟო მოწყობილობა.

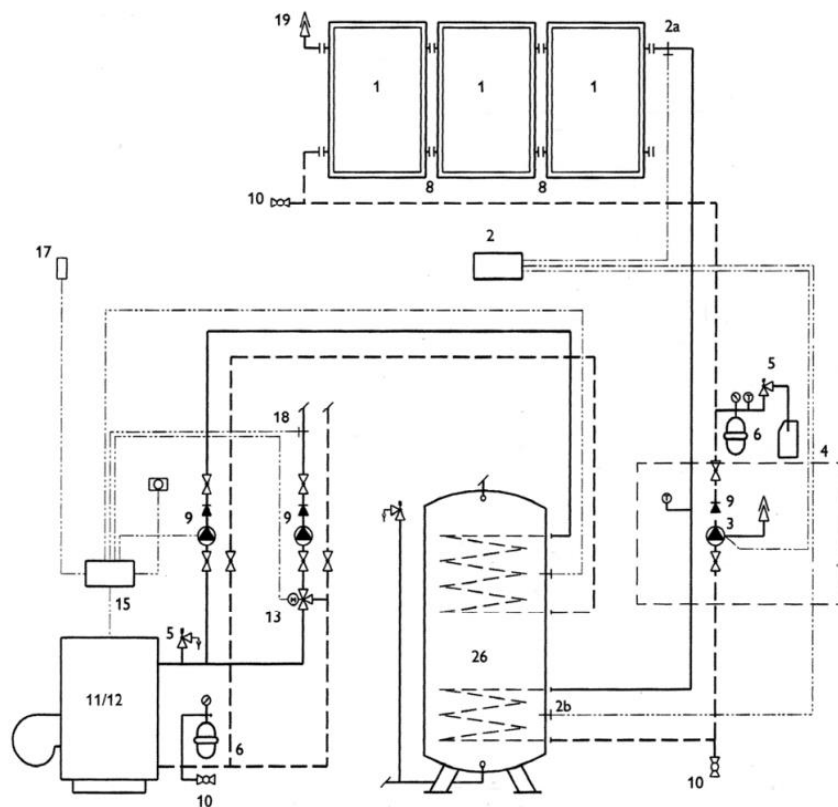
გარდა ზემოთ განხილული ელემენტებისა, მზის თბომომარაგების სისტემა შეიცავს აგრეთვე ავტომატური მართვის მოწყობილობას, საცირკულაციო ტუმბოებს, საფართოებელ ჭურჭელს, ჰაერგამყვანებს, ჩამკეტ-მარეგულირებელ არმატურას და საკონტროლო-საზომ ხელსაწყოებს. ამ მოწყობილობების შერჩევა ხდება ისე, როგორც ეს გათბობის სისტემებშია მიღებული.

5.17 მზის თბომომარაგების პრინციპულ-ტექნოლოგიური სქემები

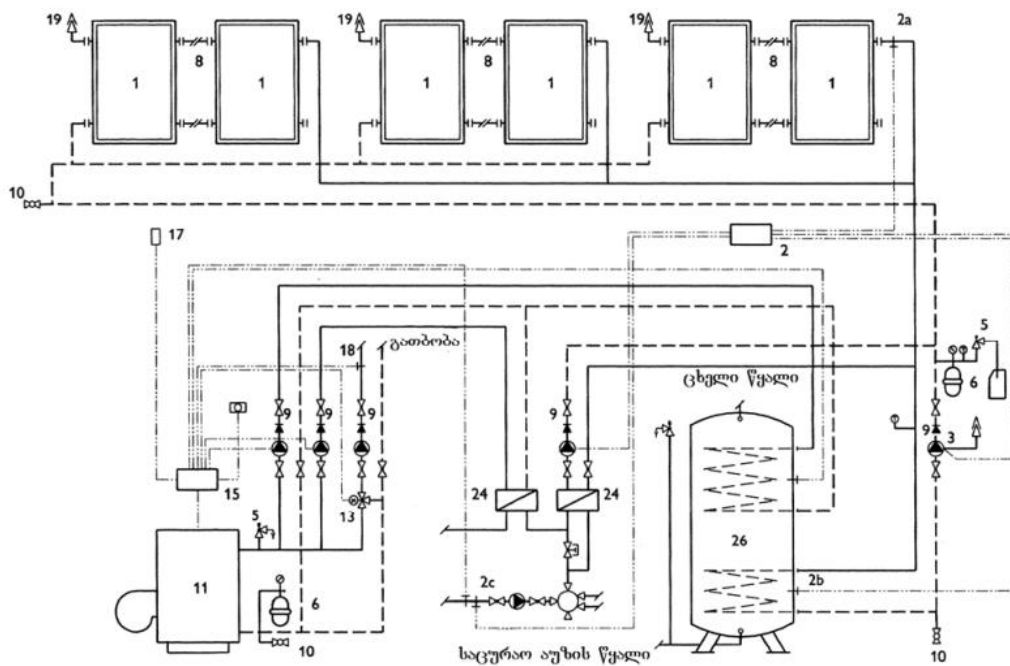
ქვემოთ, ნახაზებზე მოცემულია მზით თბომომარაგების სხვადასხვა სისტემის პრინციპულ-ტექნოლოგიური სქემები, რომლებზეც ნაჩვენებია მზის სისტემის როგორც ძირითადი, ისე დამხმარე ელემენტები.



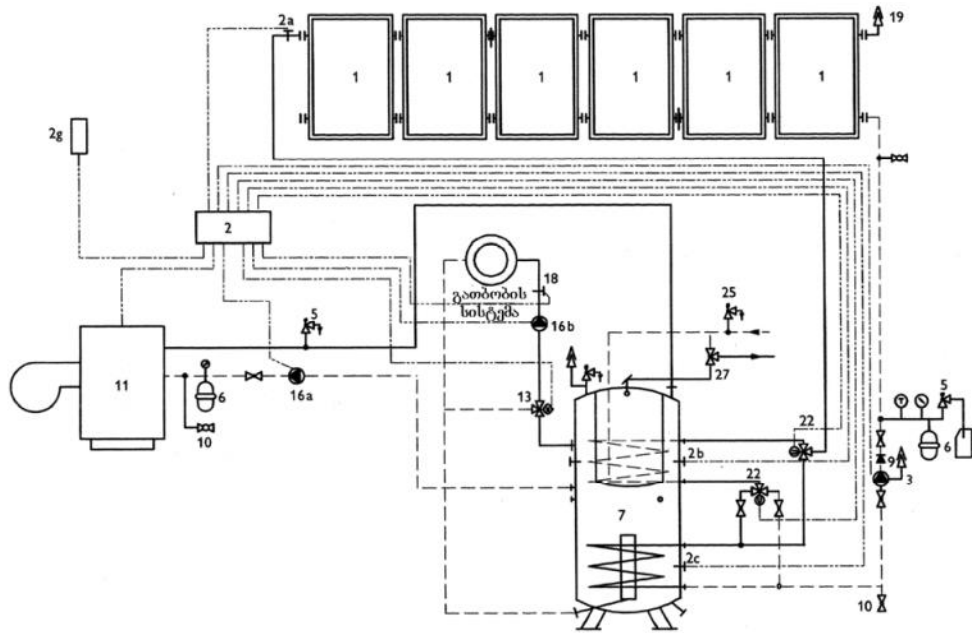
ნახ. 5.29. ცხელი წყლის მომზადება. დამატებითი გათბობა ელექტროგამცხელებლით



ნახ. 5.30. ცხელი წყლის მომზადება. დამატებითი შეთბობა გათბობის ქვაბიდან



ნახ. 5.31. ცხელი წყლის მომზადება და საცურაო აუზის წყლის შეთბობა



მზის თბომომარაგების სისტემების აღნიშვნები

- 1 - მზის კოლექტორი
- 2 - რეგულირების ბლოკი
- 2a - კოლექტორის შემვსები
- 2b - ცხელი წყლის ბოილერის შემვსები
- 3 - საცირკულაციო ტუმბო
- 4 - ხელსაწყოების კომპაქტური ბლოკი
- 5 - დამცავი სარქველი
- 6 - საფართოებელი ჭურჭელი
- 7 - ბუფერული მოცულობა
- 8 - კოლექტორების შეერთება
- 9 - უკუსარქველი
- 10 - შემვსებ-დამცლელი ჯამი
- 11 - გათბობის ქვაბი
- 12 - თბური ტუმბო
- 13 - შემრევი სარქველი
- 15 - გათბობის რეგულირების ბლოკი
- 16a - ბოილერის ტუმბო
- 16b - გათბობის რგოლის ტუმბო
- 17 - გარე ტემპერატურის გადამწოდი
- 18 - მიმწოდებელი ტემპერატურის გადამწოდი
- 19 - ჰაერგამყვანი
- 22 - სამსვლიანი ვენტილი
- 24 - თბოგადამცემი 42
- 25 - ცივი წყლის დამცავი არმატურა
- 26 - ცხელი წყლის ბოილერი
- 27 - ტემპერატურის საზომი

34 - ტემპერატურის დიფერენციალური რეგულატორი

სარჩევი

შესავალი.....3

თავი	1	სათბობი	და	მისი
წვა.....				4
1.1				გაზისებრი
სათბობი.....				5
1.2				თხევადი
სათბობი.....				9
1.3	თხევადი	სათბობის	ფიზიკურტექნიკური	
მახასიათებლები.....				11
1.4				მყარი
სათბობი.....				16
1.5				მყარი
ბიოსათბობი.....				20
1.6		სათბობი		გრანულები
(პელეტები).....				25
1.7				სათბობი
ბრიკეტები.....				26
1.8	სათბობის	წვა.	წვისთვის	საჭირო
რაოდენობა.....				27
1.9				გაზის
წვა.....				29
1.10			გაზის	წვის
მეთოდები.....				32
1.11				გაზის
სანთურა.....				40
1.12	თხევადი	სათბობის		წვის
თავისებურებები.....				44
1.13		თხევადი		სათბობის
სანთურა.....				47
1.14		სანთურის	თხევადი	სათბობით
უზრუნველყოფა.....				51
1.15		თხევადი		სათბობის
ფრქვევანა.....				56
თავი 2. გაზისა და თხევადი სათბობის ქვაბები				

2.1	გაზის	ქვებების
კლასიფიკაცია.....		59
2.2	ატმოსფერული წვის თუჯის	სექციური
ქვები.....		61
2.3		კედლის
ქვები.....		76
2.4	ჰაერის მიწოდება	გაზის
დასაწვავად.....		85
2.5	ბლოკური თბოელექტროცენტრალები.....	87
2.6	გაზის ჰაერსათბობები	
(ჰაერსახურებლები).....		91
2.7		გაზის
კონვექტორები.....		93
2.8		გაზის
გამომსხივებლები.....		97
2.9	თხევადი	სათბობის
ქვები.....		106
2.10	მყარი	სათბობის
ქვები.....		106
2.11	პიროლიზური (გაზგენერატორული)	
ქვები.....		108
2.12		პელეტური
ქვები.....		113
2.13		პელეტის
სანთურები.....		114
2.14	პელეტური	ქვებების
კონსტრუქციები.....		118
2.15	ადგილობრივი	გათბობის
მოწყობილობები.....		124
თავი 3. ნამწვი პროდუქტების გარემოში გაყვანა		
3.1	საკვამლე მილები.....	126
3.2	კოლექტიური	საკვამლე
მილები.....		146
თავი 4. გარემოს ბუნებრივი სითბო და მისი გენერაცია		
4.1	თბური ტუმბო და მისი	მუშაობის
პრინციპი.....		154
4.2	თბური ტუმბოს	მუშაობის
რეჟიმები.....		159
4.3	თბური ტუმბოს შერჩევა და	პარამეტრების
განსაზღვრა.....		160
4.4	ჰაერ-წყლის	თბური
ტუმბოები.....		162
4.5	მარილხსნარ-წყლის	თბური
ტუმბოები.....		168

4.6	გრუნტის	კოლექტორების	და	ზონდების
თბომემცველები.....173				
4.7	„წყალ-წყლის“			თბური
ტუმბოები.....177				
4.8	ცხელი	წყლის	თბური	
ტუმბო.....182				
4.9 თბური ტუმბოს გათბობის სისტემებში ჩართვის				
პრინციპულ-ტექნოლოგიური				
სქემები.....186				
თავი 5 მზის სისტემები				
5.1	მზე	და	მისი	
ენერგია.....191				
5.2	მზის	გამოსხივების	ინტენსიურობა,	მზის
მუდმივა.....191				
5.3	დედამიწაზე			მოხვედრილი
გამოსხივება.....193				
5.4	გათბობის	ტექნიკაში	გამოყენებული	მზის დანადგარის
ელემენტები.....196				
5.5	მზის			კოლექტორის
კონსტრუქციები.....198				
5.6	მზის	კოლექტორის	მქ	
კოეფიციენტი.....203				
5.7	სტაგნაციის	ტემპერატურა	და	მზის კოლექტორების
სიმძლავრე.....205				
5.8 მზის კოლექტორის მწარმოებლობა.....206				
5.9	მზის	ენერგიით	თბური	დატვირთვების ჩანაცვლების
წილი.....207				
5.10	მზის			სისტემების
კლასიფიკაცია.....208				
5.11	მზის	სისტემების	მუშაობის	
თავისებურებები.....209				
5.12 კოლექტორის ტიპის შერჩევა.....212				
5.13 თბომომარაგება.....214				
5.14				მოცულობითი
წყალგამცხელებელი.....216				
5.15	ბუნებრივი	ცირკულაციის	მზის	
სისტემები.....219				
5.16	მზის	სისტემების	დამატებითი	ელემენტები დამათი შერჩევის
თავისებურებები.....222				
5.17	მზის	თბომომარაგების	პრინციპულ-ტექნოლოგიური	
სქემები.....224				