

მ. გრძელიშვილი, თ. გიორგობიანი

არატრადიციული განახლებადი ენერჯით
გათბობა

„ტექნიკური უნივერსიტეტი“

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მ. გრძელიშვილი, ო. გიორგობიანი

არატრადიციული განახლებადი ენერჯით გათბობა



რეკომენდებულია სტუ-ის

სარედაქციო - საგამოცდო საბჭოს

მიერ. 15.11.2011, ოქმი №4

თბილისი
2012

განხილულია გათბობის სისტემები, რომლებშიც სითბოს წყაროდ გამოყენებულია არატრადიციული განახლებადი სითბური ენერგია, მზის, გარემო ჰაერისა და გეოთერმული ენერჯის სახით. შესწავლილია მზის გათბობის და ცხელი წყალმომარაგების სისტემები, მათი ძირითადი ელემენტები და კონსტრუქციები, გათბობის სისტემებში მათი ჩართვის სქემები. მნიშვნელოვანი ყურადღება ეთმობა ჰაერის, გრუნტის და გრუნტის წყლების გამოყენებას შენობების გასათბობად თბური ტუმბოების მეშვეობით.

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

რეცენზენტები: პროფესორი ო. ფურცელძე

პროფესორი ვ. ჩახნაშვილი

©საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2012

ISBN 9789941-20-031-1

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



ყველა უფლება დაცულია. ამ წიგნის ნებისმიერი ნაწილის (ტექსტი, ფოტო, ილუსტრაცია თუ სხვა) გამოყენება არც ერთი ფორმითა და საშუალებით (ელექტრონული თუ მექანიკური) არ შეიძლება გამომცემლის წერილობითი ნებართვის გარეშე. საავტორო უფლებების დარღვევა ისჯება კანონით.

წინასიტყვაობა

სახელმძღვანელოში განხილულია გათბობის სისტემების თბოგენერატორები, რომლებიც იკვებებიან არატრადიციული განახლებადი თბური წყაროებიდან. გათბობის სისტემებში გამოყენებულ არატრადიციულ განახლებად თბურ წყაროებს მიეკუთვნება ბიოსათბობი, მზე და გარემოს ენერჯია. განახლებადი მყარი ბიოსათბობის: შემის, პელეტისა და ბრიკეტის განხილვა მოცემულია სახელმძღვანელოში - „თხევადი და მყარი სათბობით გათბობა“. აქ კი შესწავლილია მზის თბომომარაგების სისტემებში მზის ენერჯიის თბურ ენერჯიად გარდაქმნა და მომხმარებლამდე (გათბობის და ცხელწყალმომარაგების სისტემები) მისი ტრანსპორტირება. მნიშვნელოვანი ყურადღება ეთმობა მზის სისტემების ძირითადი ელემენტების - კოლექტორების, თბოგადამცემების, დამცავ-მარეგულირებელი და სხვა არმატურის კონსტრუქციებს, აგრეთვე მათი შერჩევის, მონტაჟისა და ექსპლუატაციის თავისებურებებს. წარმოდგენილია მზის გათბობისა და ცხელწყალმომარაგების სისტემებში სითბოს გენერაციისა და ტრანსპორტირების ძირითადი პრინციპული და ტექნოლოგიური სქემები; მნიშვნელოვანი ნაწილი ეთმობა თბურ ტუმბოებს, მათი მოქმედების პრინციპს, კონსტრუქციებსა და სითბოს გენერაციის საკითხებს, აგრეთვე, დაბალპოტენციური განახლებადი თბური წყაროებისადმი (ჰაერი, გრუნტი, წყალი) წაყენებულ მოთხოვნებს და გათბობის სისტემებში მათი გამოყენების საკითხებს.

განახლებადი თბური ენერჯიის წყაროს (ჰაერი, გრუნტი, წყალი) მიხედვით შეისწავლება „ჰაერ-წყლის“, „მარილხსნარ-წყლის“ და „წყალ-წყლის“ თბური ტუმბოები, სითბოს წყაროდან თბურ ტუმბომდე და თბური ტუმბოდან მომხმარებლამდე თბომომცველების სახეები და მათი ტრანსპორტირების საკითხები. სითბოს წყაროს პარამეტრების ცვლილების შესაბამისად, წარმოდგენილია სხვადასხვა სახის თბური ტუმბოების მახასიათებლები, თბური ტუმბოს გათბობის და ცხელწყალმომარაგების სისტემებში ჩართვის სქემები. განხილულია თბური ტუმბოს ყველა სახეობა - მონოვალენტურ, - მონოენერგეტიკულ, და ბივალენტურ საექსპლუატაციო რეჟიმისათვის. მნიშვნელოვანი ყურადღება ეთმობა გათბობის სისტემებში მზის კოლექტორებისა და თბური ტუმბოს ერთობლივი მუშაობის საკითხებს.

მზის დანადგარები და თბური ტუმბოები მთელს მსოფლიოში ფართოდ არის გავრცელებული და უახლოეს პერიოდში საქართველოშიც დაინერგება. ამიტომ, მიზანშეწონილად მიგვაჩნია ამ საკითხების სწავლება თბოაირმომარაგებისა და ვენტილაციის დარგის მომავალი სპეციალისტებისათვის.

ენერჯის არატრადიციული განახლებადი წყაროები

ამ წყაროებს მიეკუთვნება მზის, ქარის და გეოთერმული ენერჯია, აგრეთვე ზღვის მოქცევის და ტალღების, ბიომასის (მცენარეები, სხვადასხვა სახის ორგანული ნარჩენები) და გარემოს დაბალპოტენციური ენერჯია. ენერჯის არატრადიციულ განახლებად წყაროებს მიეკუთვნება ასევე მცირე ჰესები (30 მვტ სიმძლავრემდე, ერთი აგრეგატის სიმძლავრით არა უმეტეს 10 მვტ-ისა), რომლებიც ტრადიციული მსხვილი ჰესებისაგან მხოლოდ მასშტაბით განსხვავდება.

ჩამოთვლილი ენერჯოწყაროებიდან შენობათა გათბობის მიზნით სულ უფრო მზარდი მოთხოვნილებაა ბიომასის, მზის და გარემოს დაბალპოტენციურ ენერჯიებზე.

განახლებადი ბიოსათბობი ანუ ბიომასა მიიღება ხე-ტყის და სხვა მცენარეული, აგრეთვე, ორგანული ნარჩენებისგან. მათგან მზადდება გაზისებრი (ბიოგაზი), თხევადი (ბიოდიზელი) და მყარი ბიოსათბობი. განახლებადი მყარი ბიოსათბობი პელეტებისა და ბრიკეტების სახით განხილულია სახელმძღვანელოში „თხევადი და მყარი სათბობით გათბობა“, ამიტომ ამ სახის ენერჯით გათბობას აღარ შევხებით.

მზის ენერჯია ძირითადად გამოიყენება დაბალპოტენციური სითბოს მისაღებად კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო თბომომარაგებისათვის. მზის თბომომარაგების სისტემების მოწყობილობათა უპირატეს სახეს წარმოადგენს მზის კოლექტორები. მათი წარმოება მსოფლიო მასშტაბით წელიწადში 2 მლნ მ²-ს აღწევს, ხოლო მზის ენერჯის დაბალპოტენციური სითბოს წლიური გამომუშავება 5.10⁶ გკალ-ის ტოლია.

ამჟამად აქტიურად მიმდინარეობს მზის ენერჯის ელექტროენერჯიად გარდაქმნა. აქ გამოიყენება ორი მეთოდი - თერმოდინამიკური და ფოტოელექტრული. აღსანიშნავია, რომ მეორე მეთოდი უფრო ინტენსიურად ვითარდება. ამ საქმეში განსაკუთრებით აღსანიშნავია გერმანული პროექტი „1000 სახურავი“, რომლის მიხედვით გერმანიაში 2250 სახლი აღიჭურვა ფოტოელექტრული დანადგარებით. ამასთანავე, სარეზერვო წყაროდ გამოყენებულია ელექტროქსელი, საიდანაც ელექტროენერჯის ნაკლებობის გადაფარვა ხდება. ელექტროენერჯის სიჭარბის შემთხვევაში, სახურავის ელექტრობატარეებიდან ენერჯია ელექტროქსელს მიეწოდება. აღსანიშნავია, რომ ამ პროექტის განხორციელებისას ღირებულების 70% სახელმწიფო ბიუჯეტიდან დაიფარა. აშშ-ში მიიღეს უფრო მასშტაბური პროექტი - „მილიონი მზის სახურავი“, რომელიც 2010 წლამდე იყო გათვალისწინებული. ფედერალური ბიუჯეტის ხარჯებმა ამ პროექტის რეალიზაციისას 6,3 მლრდ დოლარი შეადგინა. განვითარებულ ქვეყნებში არატრადიციული განახლებადი ენერჯის ასე ფართოდ დანერგვა განპირობებულია მათი ეკოლოგიური სისუფთავით, რაც გარემოზე მავნე ზემოქმედებას გამორიცხავს.

მზე და მისი ენერჯია

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, როგორცაა: 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 ენერჯია გამოიყოფა; მაგალითად: ყოველ წამში 700 მლნ ტონა წყალბადი გარდაიქმნება 695 მლნ ტონა ჰელიუმად და 5,0 მლნ ტონა ენერჯიად გამა-გამოსხივების სახით. ასეთი დიდი რაოდენობით ენერჯიის გამოყოფის შედეგად მზის შიგა ნაწილი $15,0$ მლნ $^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურამდე ცხელდება; მზის ზედაპირის (ფოტოსფეროს) ტემპერატურა კი 6000 $^{\circ}\text{C}$ -ია.

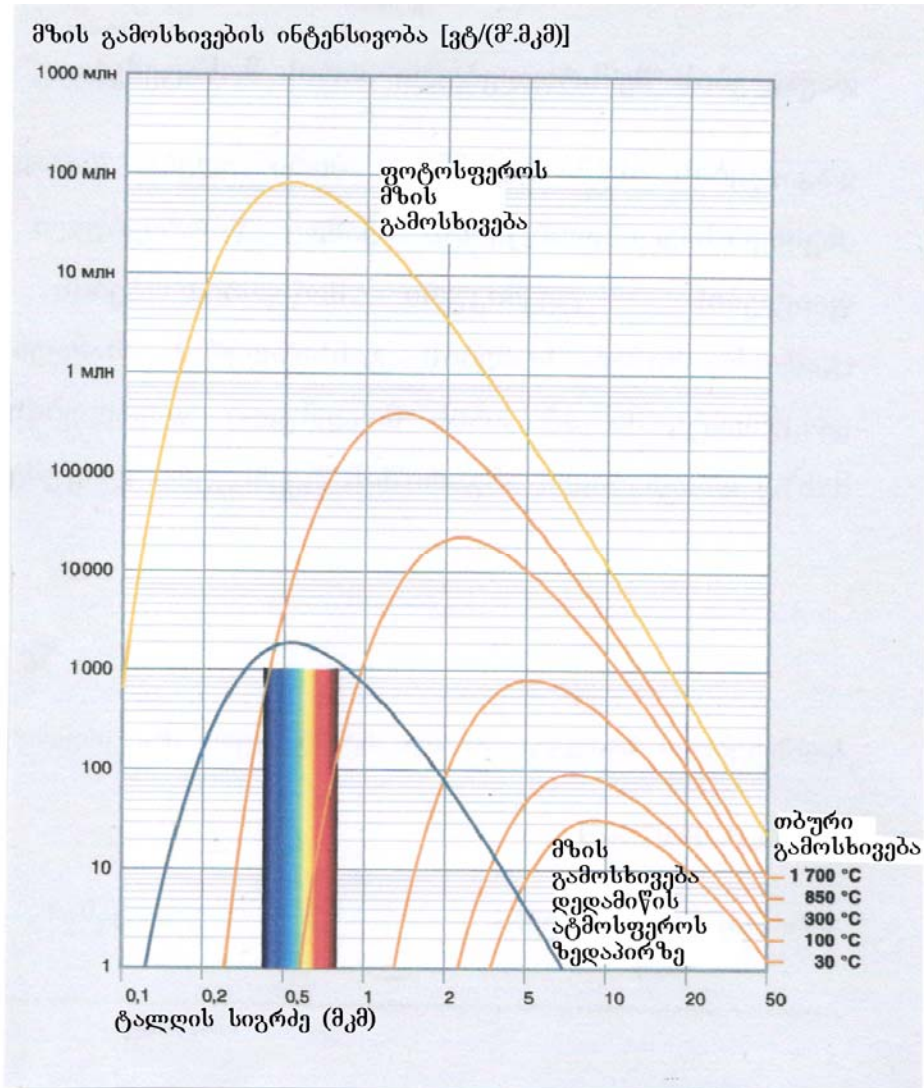
მზე წარმოადგენს ენერჯიის უშრეტ წყაროს. იგი სამყაროს ემსახურება 5,0 მლრდ წელიწადი და კიდევ ერთი ამდენი მოემსახურება, შემდეგ კი ეს სისტემა დაინგრევა. ენერჯია, რომელსაც მზე დედამიწას აწვდის, 5000-ჯერ აღემატება სამყაროს ენერჯომოთხოვნილებას.

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. 1).

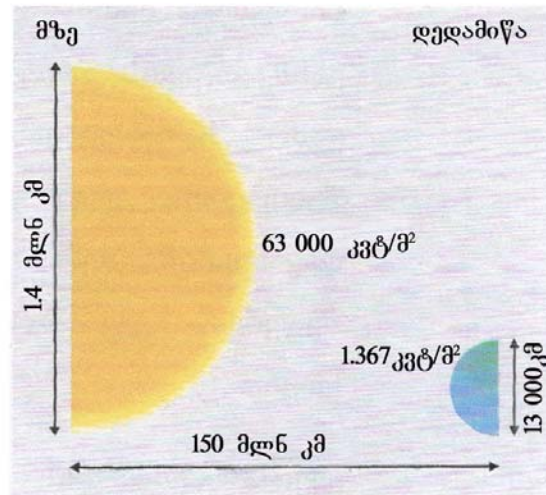


ნახ. 1. მზის და ინფრაწითელი გამოსხივების სპექტრული განაწილება

მაღალი ტემპერატურის გამო, მზე განსაკუთრებით ძლიერი გამოსხივების წყაროა. მზის ზედაპირზე გამოსხივების ინტენსიურობა 63 მკტ/მ^2 -ის ტოლია. მზის ზედაპირის 1 მ^2 ფართობიდან გამოსხივებული ენერგიის მაქსიმალური დღეღამური რაოდენობა $151200 \text{ ლ მაზუთის დაწვის სითბოს ეკვივალენტურია}$, რაც $1512000 \text{ კვტ.სთ-ის ტოლია}$.

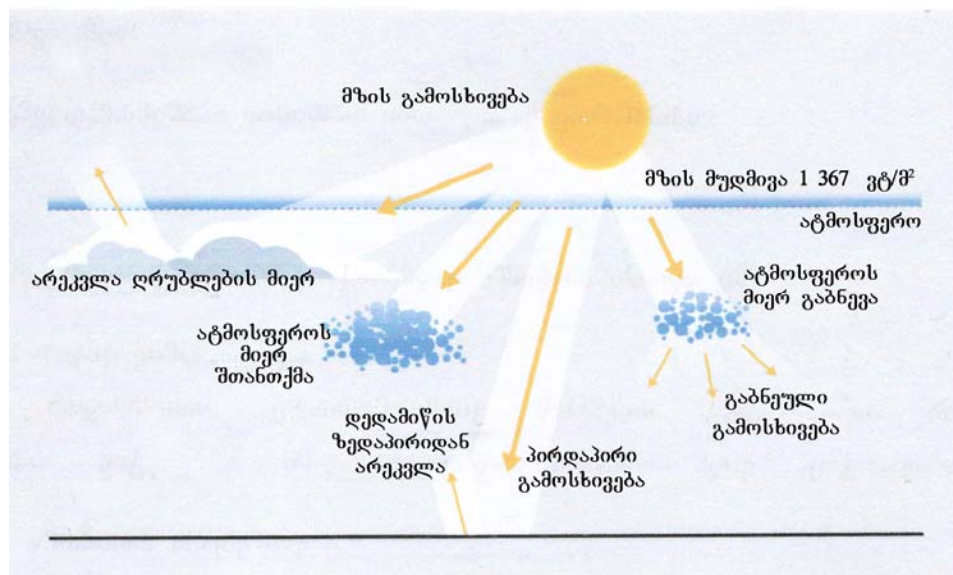
მზის დიამეტრი $1,4 \text{ მლნ კმ-ია}$, დედამიწისა კი - 13000 კმ . მანძილი მზიდან დედამიწამდე 150 მლნ კმ-ია (ნახ.2). მზე ირგვლივ ასხივებს 63000 კვტ/მ^2 ენერგიას, აქედან დედამიწაზე ხვდება $1,367 \text{ კვტ/მ}^2$ ენერგია. ამ სიდიდეს, მზის მუდმივა ეწოდება,

იგი განსაზღვრულია მსოფლიო მეტეოროლოგიური და გაერთიანებული ერების ორგანიზაციების მიერ.



ნახ. 2. მზის და დედამიწის ზომების თანაფარდობა
დედამიწაზე მოხვედრილი გამოსხივება

მზის მიერ გამოსხივებული 1367 ვტ/მ²-დან (მზის მუდმივა) დედამიწის ზედაპირზე ხვდება მაქსიმუმ 1000 ვტ/მ². ატმოსფერო სხვადასხვანაირად ზემოქმედებს გამოსხივების მთელ სპექტრზე (ნახ.3). ღრუბლების ფენა გამოსხივების ნაწილს ირეკლავს, გამოსხივების ნაწილი კი ატმოსფეროს მკვრივი ფენებისა და ღრუბლების მიერ გაიბნევა, რის შედეგადაც წარმოიქმნება გაბნეული გამოსხივება (რადიაცია). გამოსხივების მნიშვნელოვანი ნაწილი აღწევს დედამიწის ზედაპირამდე .



ნახ. 3. ატმოსფეროს გავლენა მზის გამოსხივებაზე

დედამიწაზე დაცემული გამოსხივება ნაწილობრივ აირეკლება, ნაწილობრივ კი შთანთქმება 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 ($\text{ვტ}/\text{მ}^2$). მზის გამოსხივების ინტენსიურობა იცვლება 50 $\text{ვტ}/\text{მ}^2$ -დან (მოდრუბლული ცის შემთხვევაში) 1000 $\text{ვტ}/\text{მ}^2$ -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 $\text{კვტ.სთ}/\text{მ}^2$ -ია ზაფხულში, ხოლო 4-5 $\text{კვტ.სთ}/\text{მ}^2$ -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 $\text{კვტ.სთ}/\text{მ}^2$ -ის ფარგლებში, ხოლო მსოფლიოში - 800 $\text{კვტ.სთ}/\text{მ}^2$ -დან (სკანდინავია), 2200 $\text{კვტ.სთ}/\text{მ}^2$ -მდე (საჰარა).

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

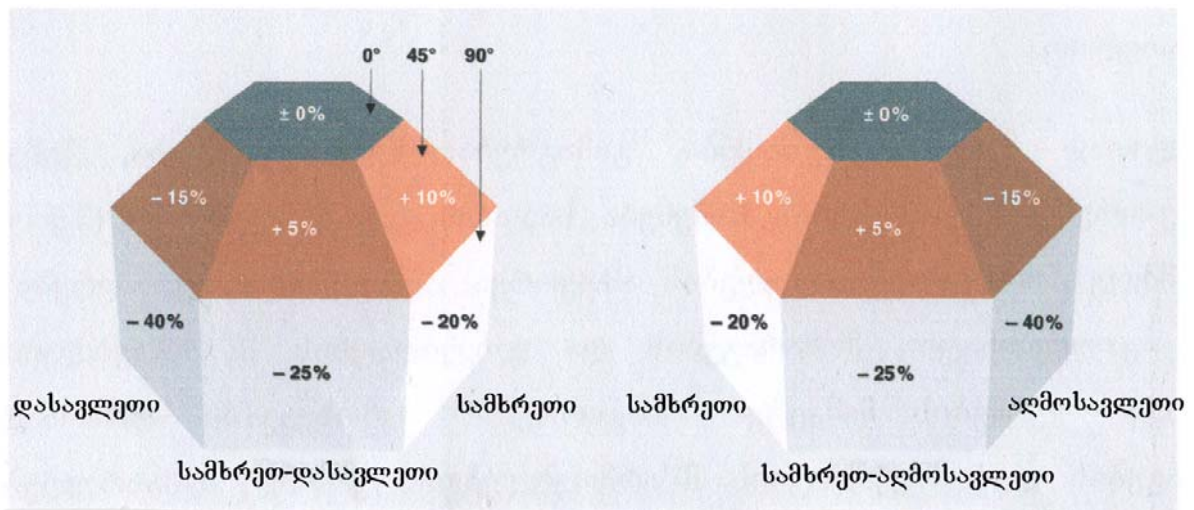
ნორმატიულ ლიტერატურაში მოცემული გამოსხივების ჯამური ენერგიის მნიშვნელობები განეკუთვნება ჰორიზონტალურ ზედაპირებს. ამ მნიშვნელობებზე გავლენას ახდენს გამოსხივების შთამნთქმელი ზედაპირების დახრილობა.

შთამნთქმელი 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.

მე-4 ნახ-ზე 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.

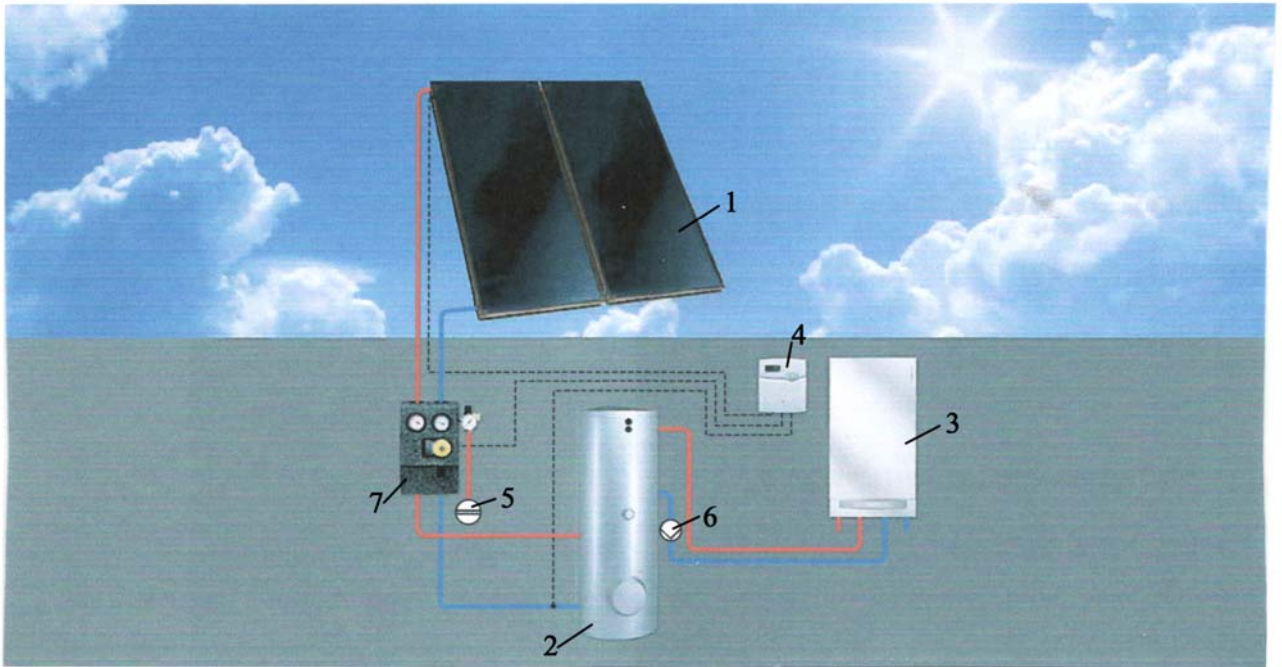


ნახ. 4. კოლექტორის დახრის კუთხის და ორიენტაციის გავლენა მზის გამოსხივებაზე

სამხრეთ-აღმოსავლეთ და სამხრეთ-დასავლეთ მიმართულებათა შორის $25-70^\circ$ დახრის კუთხეებს შორის განისაზღვრება მზის დანადგარის (კოლექტორის) დაყენების ის არე, რომელშიც მისი მწარმოებლობა მაქსიმალური იქნება.

გათბობის ტექნიკაში გამოყენებული მზის დანადგარის ელემენტები

გათბობის ტექნიკაში გამოყენებული მზის დანადგარის პრინციპული სქემა ნაჩვენებია მე-5 ნახ-ზე, 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. 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

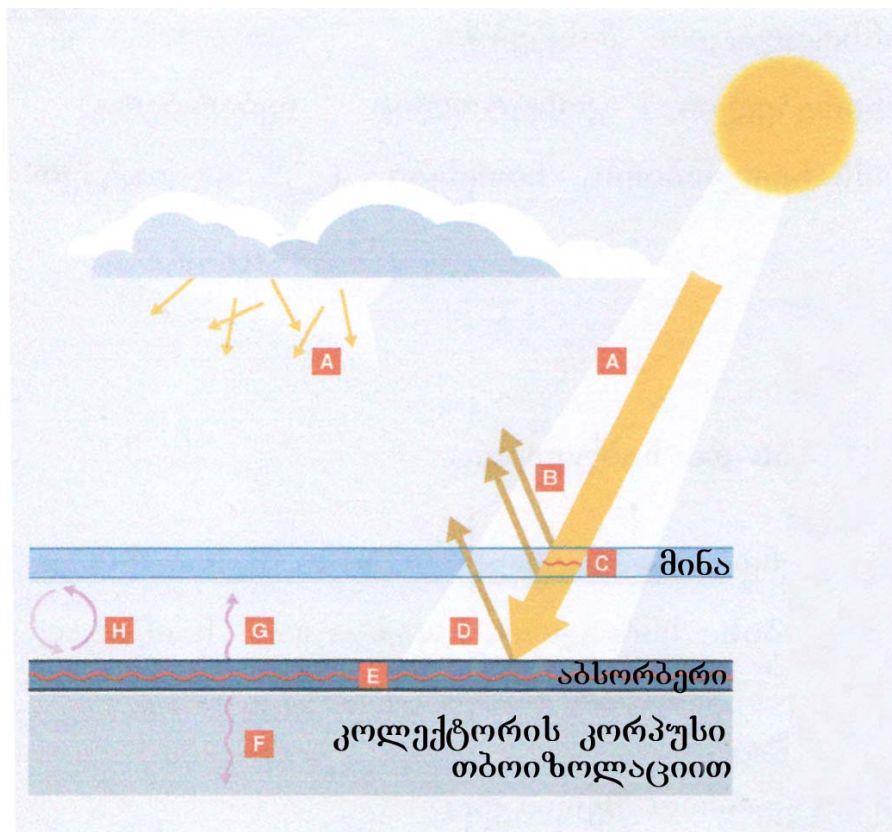
მზით გათბობის სისტემის ერთ-ერთ ძირითად ელემენტს წარმოადგენს მზის კოლექტორი, რომელსაც ხშირად ჰელიოკოლექტორსაც უწოდებენ (ბერძნული სიტყვიდან: ჰელიოს - მზე). ამ მოწყობილობის დანიშნულებაა შეკრება მზის თბური ენერჯის, რომელიც მას გადაეცემა ხილული და ინფრაწითელი გამოსხივებით.

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

განსხვავებით მზის ბატარეისაგან, რომელიც მზის გამოსხივებას უშუალოდ ელექტროენერჯიად გარდაქმნის, მზის კოლექტორი აცხელებს თბოშემცველს, რომელიც

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

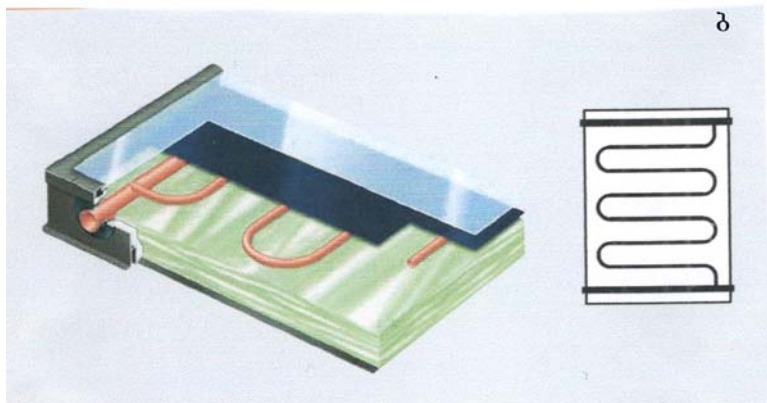
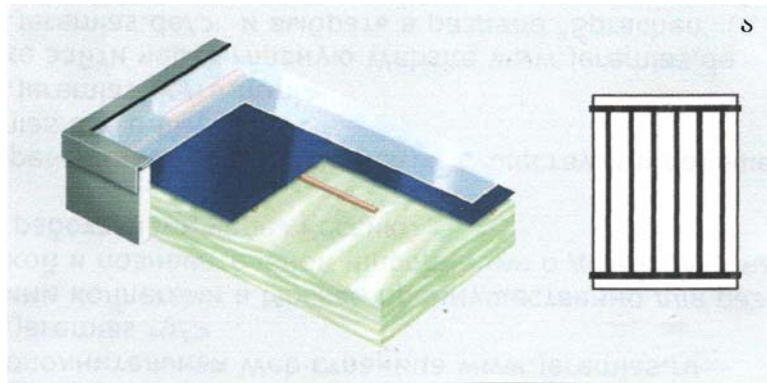
მზის კოლექტორში გამოსხივების თბურ ენერჯიად გარდაქმნის ფიზიკური სქემა ნაჩვენებია მე-6 ნახ-ზე. მზის კოლექტორს ეცემა როგორც მზის, ასევე გაბნეული გამოსხივება (A). მზის კოლექტორის მინის ზედაპირი გამოსხივების ნაწილს შთანთქმავს (C), ნაწილს კი აირეკლავს (B). მზის კოლექტორში მოხვედრილი გამოსხივების ნაწილი შთანთქმდება 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. 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

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 თბომემცველს. ბრტყელ კოლექტორებში აბსორბერი წარმოადგენს ფოლადის ფირფიტებს ან ფურცლებს. ფირფიტოვანი აბსორბერის ფირფიტებზე მიმაგრებულია სწორი მილები, რომლებიც მიერთებულია ორი სქემით (ნახ.7 ა,ბ). მე-7 ა ნახ-ზე ნაჩვენებია მილები წარმოადგენს რეგისტრს. ამ სქემის ექსპლუატაციის პირობებში გვაქვს წნევის მცირე დანაკარგები, მაგრამ მოსალოდნელია მილებში თბომემცველის არათანაბარი განაწილება. მე-7 ბ ნახ-ზე ნაჩვენებია სქემის დროს, მილი წარმოადგენს კლაკნილს, რაც გვაძლევს სითბოს ართმევის დიდ საიმედოობას, რადგანაც თბომემცველი მხოლოდ ერთ მილში გაედინება.



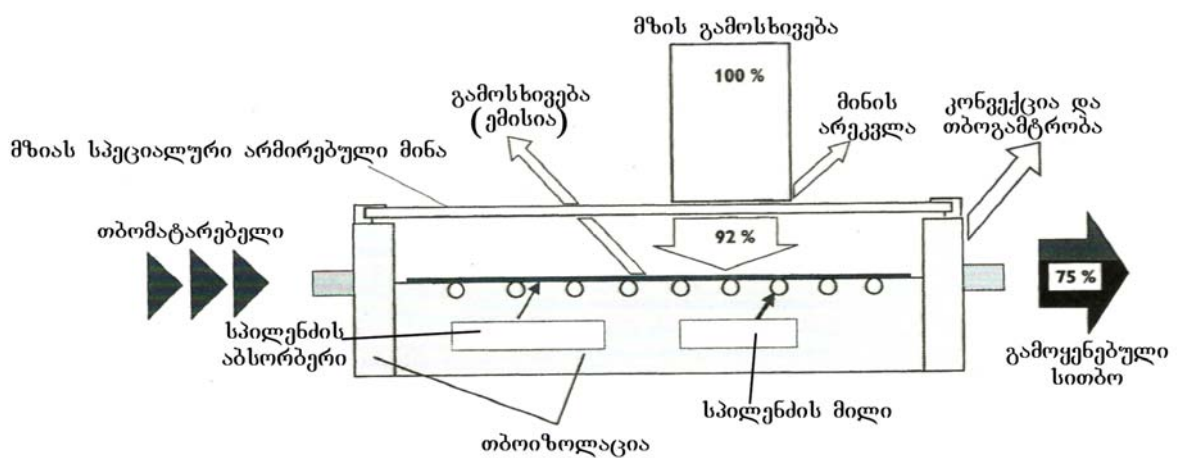
ნახ. 7. ბრტყელი კოლექტორები: ა - აბსორბერი მილების რეგისტრებით;

ბ - აბსორბერი მილების კლაკნილებით

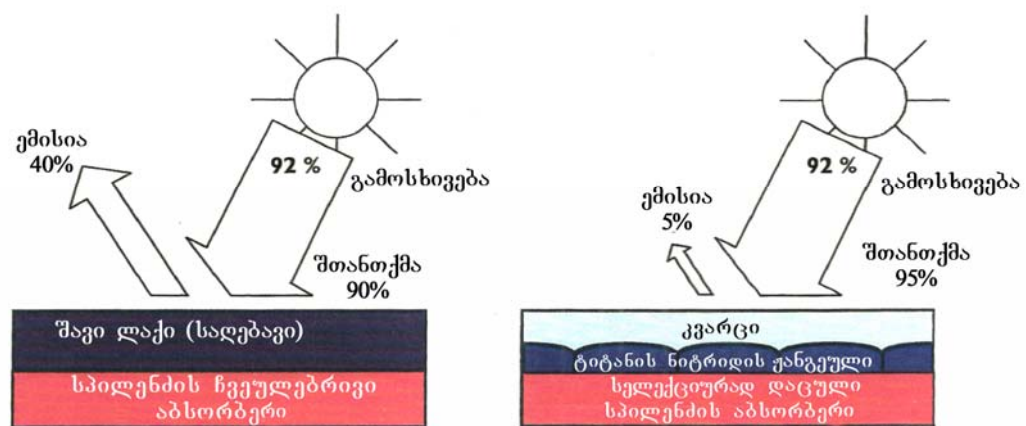
ბრტყელ კოლექტორებს აქვს გამჭვირვალე სახურავი, რომელიც დამზადებულია ნაწრთობი მინისაგან ლითონის მცირე შემადგენლობით, რაც არასასურველი ამინდის პირობებში უზრუნველყოფს ხანგრძლივ დაცვას. თუ აბსორბერში სითბოს ართმევა არ მიმდინარეობს, მაშინ შესაძლებელია მასში წყლის 190-200°C-მდე გაცხელება.

ბრტყელი კოლექტორები მარტივი და საიმედოა. მათი განლაგება ნებისმიერ კონსტრუქციაზე შესაძლებელია. ეს კოლექტორები იაფია და ფართოდ გამოიყენება გათბობის და ცხელწყალმომარაგების სისტემებში. ბრტყელი კოლექტორების გარე ზედაპირის ფართობი 2-2,5 მ²-ია.

ბრტყელი კოლექტორის აბსორბერის ზედაპირი შეღებილია შავი საღებავით ან დაფარულია სპეციალური სელექციური დაფარვით. აბსორბერის ზედაპირის ასეთი დამუშავება მნიშვნელოვნად ამცირებს სითბოს დანაკარგებს და შთანთქმული სითბოს ხარჯზე მნიშვნელოვნად ზრდის მზის კოლექტორის მქ 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%.



ა

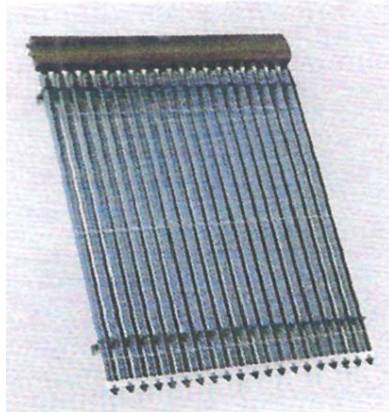


ბ

ნახ. 8. ბრტყელი კოლექტორების თბური ბალანსი. ა - თბური ენერჯის განაწილების ზოგადი სქემა; ბ - თბური ენერჯის განაწილება სხვადასხვა დაფარვის დროს

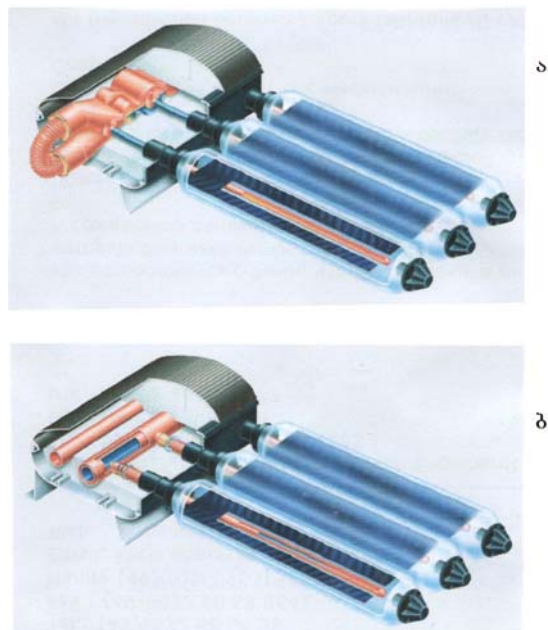
მზის კოლექტორების შემდეგი სახეა ვაკუუმირებული მილოვანი კოლექტორი (ნახ. 9). მზის გამოსხივების თბურ ენერჯიად გარდაქმნა ერთნაირად მიმდინარეობს

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. 9. ვაკუუმირებული მილოვანი კოლექტორის საერთო ხედი

ვაკუუმირებული მილოვანი კოლექტორები ორი სახისაა: წინდენითი და თბური მილის მქონე (ნახ. 10).

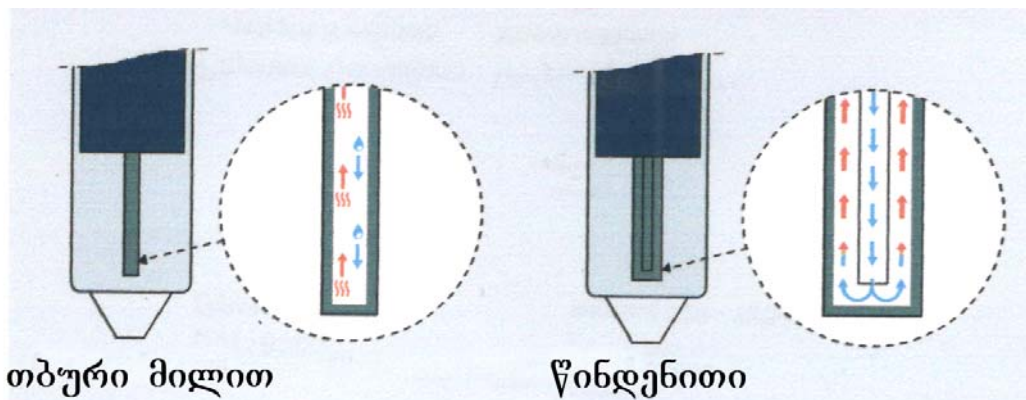


ნახ. 10. ვაკუუმირებული მილოვანი კოლექტორების სახეები: ა - კოაქსიალური მილებით; ბ - თბური მილებით

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 ამორთქლებლიდან კონდენსატორზე სითბოს გადაცემა.

ვაკუუმირებულმილებიანი კოლექტორის აბსორბერში თბოშემცველის მოძრაობის სქემები ნაჩვენებია მე-11 ნახ-ზე. აბსორბერიდან სითბოს ართმევის მიზნით, გამოიყენება ან თბური მილი, ან ჩვეულებრივი მილი თბოშემცველის წინდენითი მოძრაობით.



ნახ. 11. ვაკუუმირებულმილებიანი მზის კოლექტორის აბსორბერში თბოშემცველის მოძრაობის სქემები

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

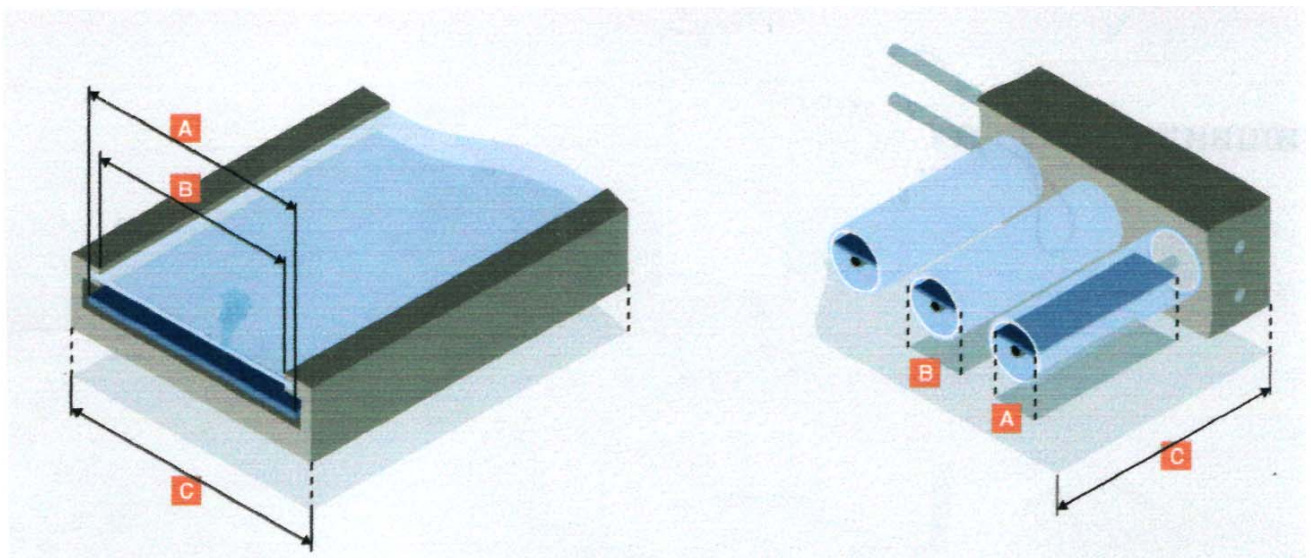
1 - კოლექტორის ბრუტო ფართობი, რომელიც განისაზღვრება, როგორც კოლექტორის სიგრძის ნამრავლი სიგანეზე. ამ დროს სიგრძე და სიგანე აიღება კოლექტორის გარე ზომების მიხედვით;

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 განსაზღვრება მე-12 ნახ-ზე ნაჩვენები ზომების მიხედვით.



ნახ. 12. ბრტყელი და ვაკუუმირებულკოლექტორებიანი ფართობების განსაზღვრა . A - აბსორბერის ფართობი; B - აპერტურის ფართობი; C - ბრუტო ფართობი

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

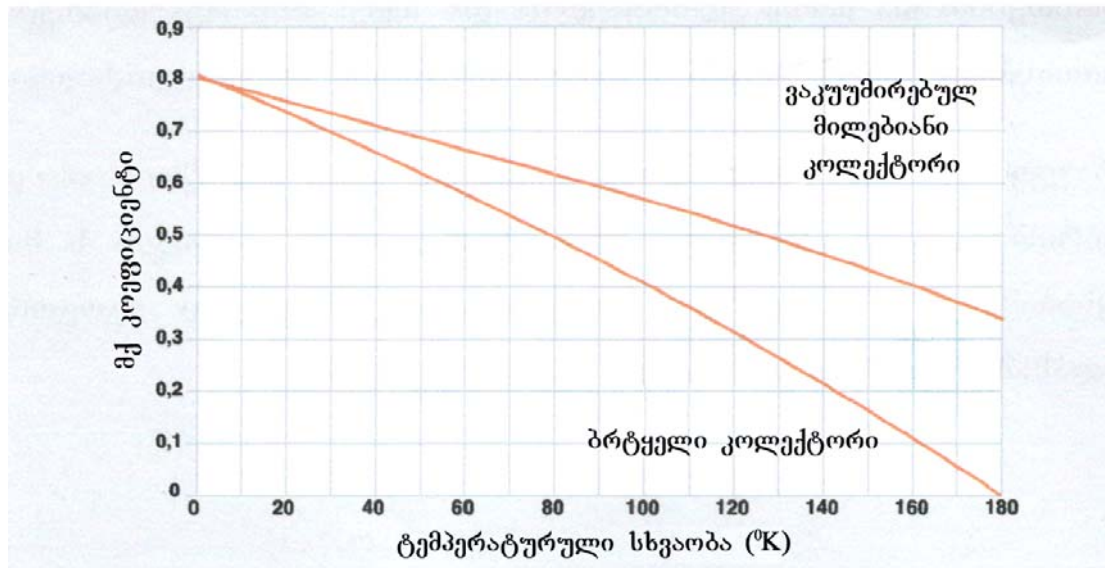
კოლექტორის სახე	ოპტიკური მქ კოეფიციენტი, %	თბოდანაკარგების კოეფიციენტი K_1 , ვტ/მ ² ·K	თბოდანაკარგების კოეფიციენტი K_2 , ვტ/მ ² ·K
ბრტყელი კოლექტორი	80	4	0,1
ბრტყელი კოლექტორი	84	4	0,1
არეკვლის საწინა-აღმდეგო მინით ვაკუუმირებული მილოვანი კოლექტორი	80	1,5	0,005

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 მე-13 ნახ-ზე.



ნახ. 13. კოლექტორების მქ კოეფიციენტების გრაფიკები

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

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 მქ კოეფიციენტის და დაცემული გამოსხივების მაქსიმალური მნიშვნელობის 1000 ვტ/მ² ნამრავლი.

თუ ოპტიკური მქ 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/მ². საიმედოობის თვალსაზრისით, პრაქტიკული გაანგარიშებისას ეს სიდიდე აიღება 600 ვტ/მ² 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/მ² - აბსორბერის ფართობის მიხედვით. ეს არის დაცემული მაქსიმალური გამოსხივების გასაშუალოებული მნიშვნელობა.

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/მ²; მისი ფარდობა დღეების რაოდენობასთან, მნიშვნელოვანია მზის სისტემის ავზ-აკუმულატორის პარამეტრების განსაზღვრისას. წლის განმავლობაში კოლექტორის კუთრი მწარმოებლობა მითითებულია კვტ.სთ/მ²-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 ენერჯის მიწოდება, მაგრამ აკუმულატორი მთლიანად დამუხტულია; ამ შემთხვევაში, კოლექტორის მწარმოებლობა ნულის ტოლია.

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 ენერჯია გამოიყენება მხოლოდ ცხელი წყლისათვის, დახრის კუთხის გაზრდა იძლევა ენერჯის სიჭარბის შემცირებას, ხოლო გარდამავალ პერიოდში დახრის კუთხის გაზრდა უფრო მაღალ ეფექტურობას უზრუნველყოფს.

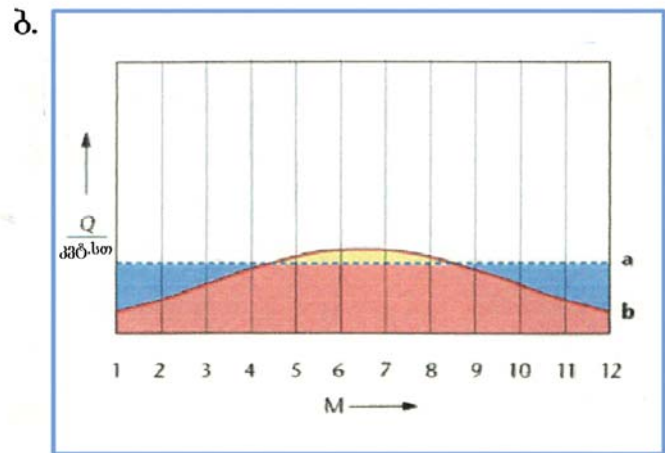
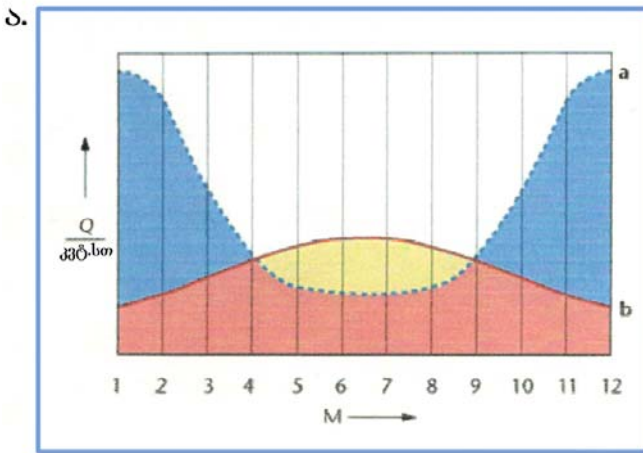
ამრიგად, წლის განმავლობაში სითბო უფრო თანაბრად გამომუშავდება და მზის სისტემის მწარმოებლობა კოლექტორის ორიენტირებას აღემატება მაქსიმალურ გამოსხივებაზე.

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

მზის ენერჯით 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 ენერჯით. რაც მეტია მზის გამოსხივებით საერთო თბური დატვირთვის ჩანაცვლების წილი, მით მეტია ენერჯის ეკონომია.

მზის დანადგარის უპირველესი ამოცანაა სასმელი წყლის გაცხელება. ზაფხულში ცხელწყალმომარაგებისათვის ენერჯის მოთხოვნილება თითქმის სრულად კმაყოფილდება მზის კოლექტორით (ნახ.14).



ნახ. 14. თბური ენერჯის წლიურ მოთხოვნილებასა და მზის დანადგარით მიღებულ თბურ ენერჯებს შორის თანაფარდობა: ა - მხოლოდ ცხელწყალმომარაგებისათვის; ბ - გათბობისა და ცხელწყალმომარაგებისათვის.

ა - თბური ენერჯის მოთხოვნილება (რეალური);

ბ - მზის დანადგარით მოწოდებული თბური ენერჯია;

M - თვე; Q - თბური ენერჯია

1 - მზის ენერჯის სიჭარბე (გამოიყენება საცურაო აუზებში);

2 - გამოყენებული მზის ენერჯია;

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 ენერჯომოთხოვნილების 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.

მზის სისტემების კლასიფიკაცია

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

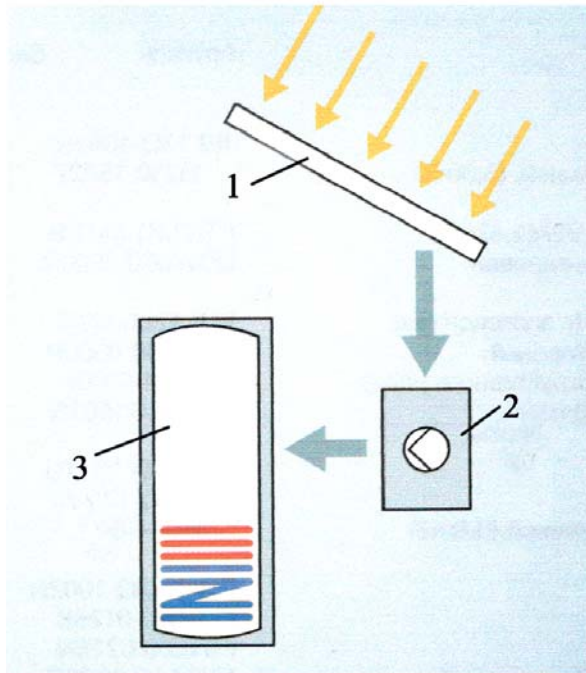
1. დანიშნულების მიხედვით:
 - ცხელწყალმომარაგების,
 - გათბობის,
 - კომბინირებული;
2. გამოყენებული თბომემცველის სახეობის მიხედვით:
 - სითხიანი,
 - საჰაერო;
3. მუშაობის ხანგრძლივობის მიხედვით:
 - წლიური,
 - სეზონური;
4. სქემის ტექნიკური გადაწყვეტის მიხედვით:
 - ერთკონტურიანი,
 - ორკონტურიანი,
 - მრავალკონტურიანი.

მზის სისტემების მუშაობის თავისებურებები

ზემოთ ჩამოთვლილი მზის სისტემებიდან ყველაზე მეტად გავრცელებულია სისტემა, რომელიც შედგება მზის კოლექტორის, რეგულატორის, ტუმბოსა და კარგად იზოლირებული სითბოს აკუმლატორისაგან (ნახ.15).

მზის გამოსხივება ეცემა კოლექტორში მოთავსებულ შთამნთქმელ ელემენტს - აბსორბერს. აბსორბერის ქვედა მხარეზე მიერთებულია მილები, რომელშიც მოძრაობს მუშა სითხე (თბომემცველი). 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. 15. მზით თბომომარაგების სისტემის გამარტივებული სქემა.

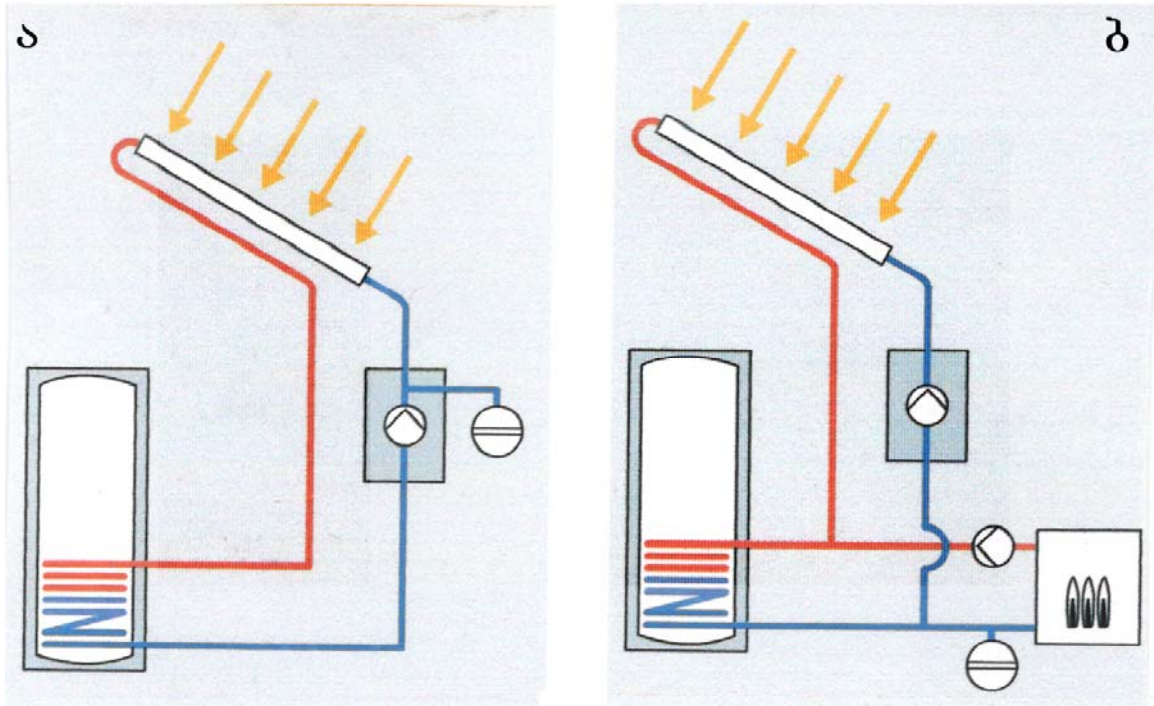
1 - მზის კოლექტორი; 2 - საცირკულაციო ტუმბო; 3 - სითბოს აკუმულატორი

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. 16 ა) 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. უყინ 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 ადუღებისას წარმოქმნილი დამატებითი ორთქლის კომპენსაციას ახდენს. ასეთი სისტემები ფართოდ გამოიყენება ცენტრალურ ევროპაში, სადაც მათი წილი 95%-ს შეადგენს.

სისტემა გაყინვისაგან დაცვით. ეს სისტემა (ნახ. 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.



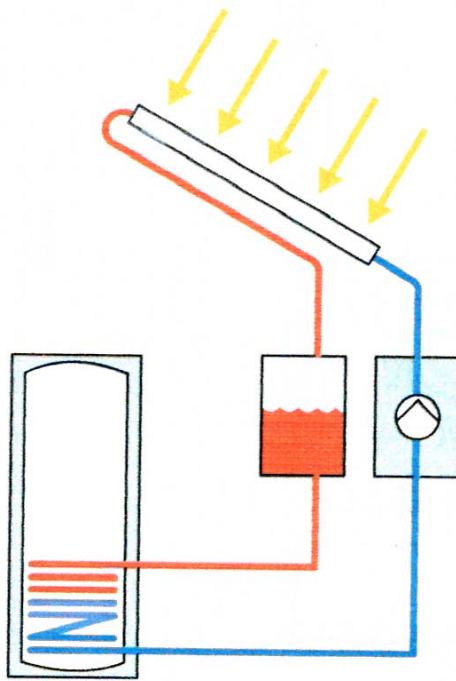
ნახ. 16. მზით თბომომარაგების სისტემა. ა - უყინი თბოშემცველით;
ბ - სისტემა გაყინვისაგან დაცვით

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.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.

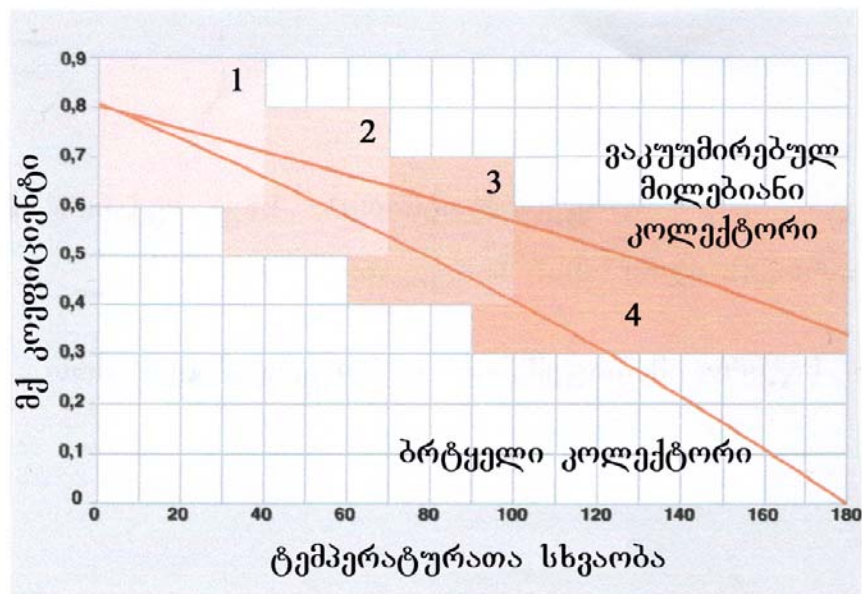


ნახ. 17. მზით თბომომარაგების თვითდაცლითი სისტემა

კოლექტორის ტიპის შერჩევა

კოლექტორის ტიპის შერჩევის დროს, გარდა დაყენების ადგილისა და მონტაჟის პირობებისა, გადამწყვეტი 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 მქ 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. მე-18 ნახ-ზე ნაჩვენებია კოლექტორის მქ 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.



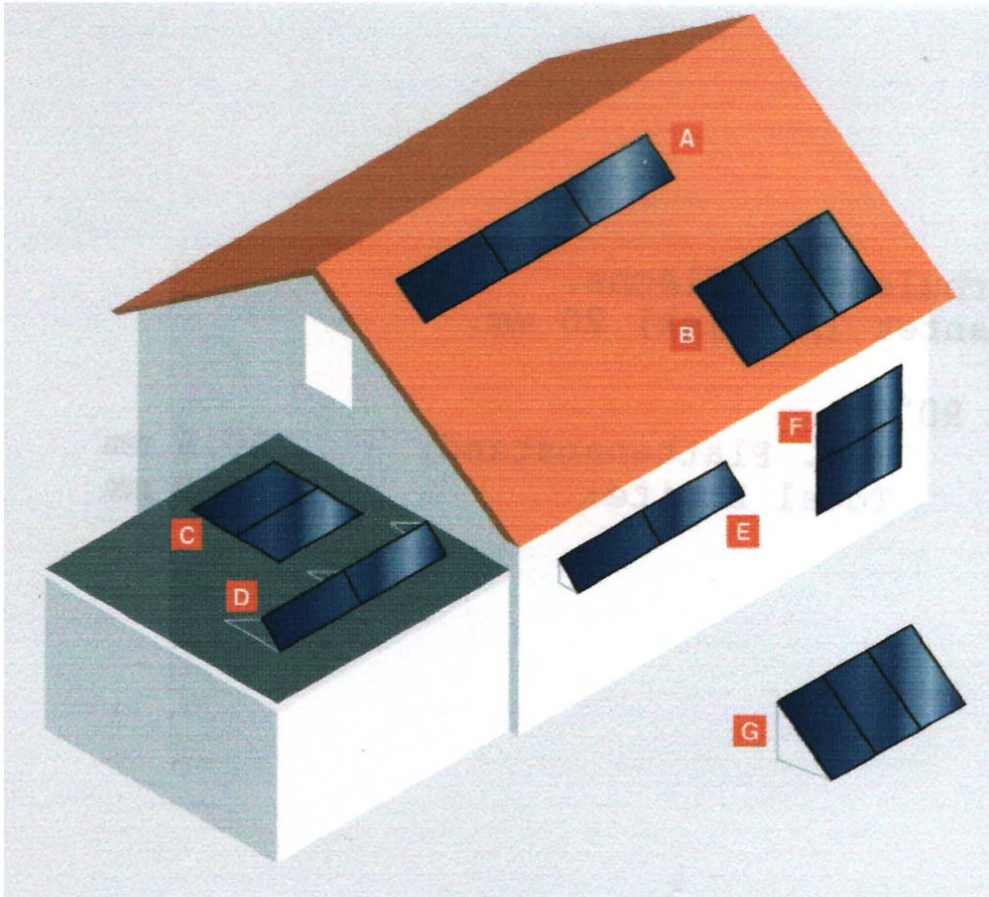
ნახ. 18. მზის კოლექტორების მქ კოეფიციენტები თბომომარაგების სხვადასხვა სისტემებისათვის. 1 - ცხელწყალმომარაგება თბური დატვირთვის მზის ენერგიით მცირე რაოდენობით დაფარვისას; 2 - ცხელწყალმომარაგება მზის ენერგიის დიდი რაოდენობით გამოყენებისას; 3 - ჰაერის კონდიცირება; 4 - ტექნოლოგიური პროცესების

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:

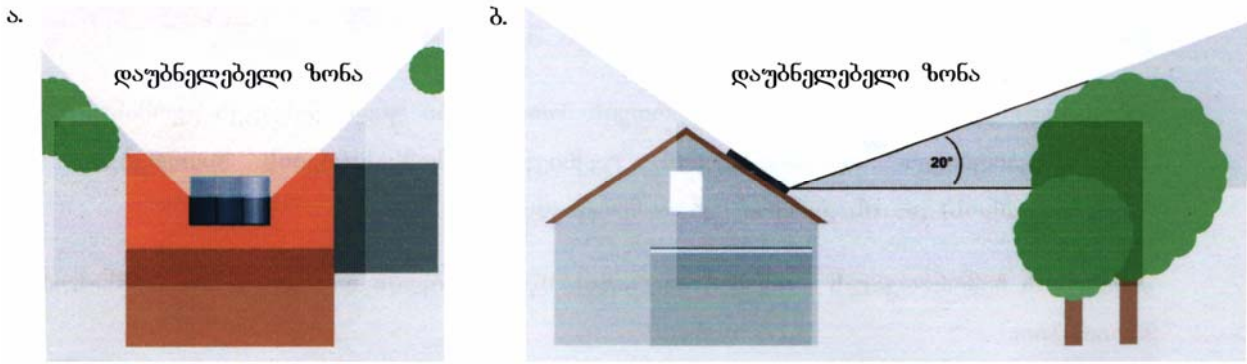
- ბრტყელი კოლექტორები არ შეიძლება დავაყენოთ ჰორიზონტალურად;
- წინდენითი ვაკუუმირებულმილებიანი კოლექტორები შეიძლება დავაყენოთ ჰორიზონტალურად, თუ მოსალოდნელი არ არის სტაგნაციის ხანგრძლივი ფაზა. ამ დროს კოლექტორის მაერთებელი მილები უნდა გაკეთდეს ქანობით;
- თბურმილებიანი კოლექტორები უნდა დავაყენოთ დახრის 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 მე-19 ნახ-ზე.



ნახ. 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. 20). კოლექტორების დაბნელება დასაშვებია მხოლოდ დილით და საღამოს საათებში.

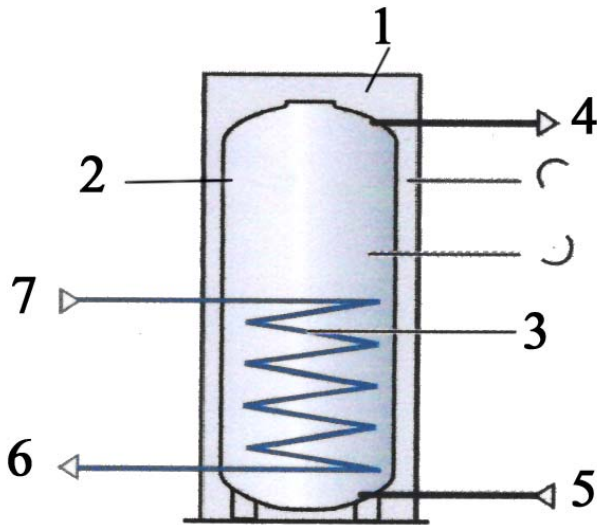


ნახ. 20. მზის კოლექტორის შესაძლო დაბნელება. ა - ხედი ზემოდან; ბ - ხედი გვერდიდან

მოცულობითი წყალგამცხელებელი

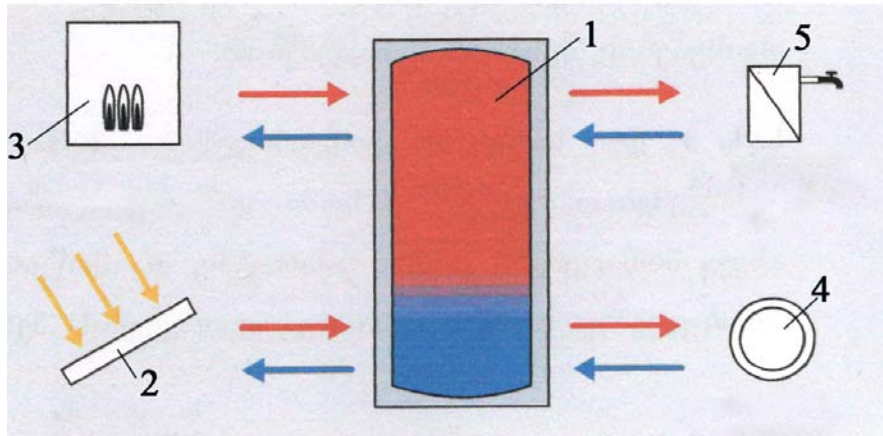
მოცულობით წყალგამცხელებელს სხვანაირად ავზი-წყალგამცხელებელი ან ცხელი წყლის ბოილერიც ეწოდება. ეს დანადგარი არ წარმოადგენს ცხელი წყლის აკუმულირების სისტემას ცალკე მდგომ ავზებში. მოცულობითი წყალგამცხელებელი გამოიყენება სასმელი (ცივი) წყლის გასაცხელებლად და ცხელი წყლის გარკვეული მარაგის შესაქმნელად წყლის ადების დროს. ავზ-წყალგამცხელებელს (ნახ. 21 ა) 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 (ნახ. 21 ბ). ასეთ წყალგამცხელებელს აქვს ორი თბოგადამცემი, რომელთაგან ერთი, ქვემო ნაწილში განლაგებული, იკვებება მზის დანადგარიდან, მეორე კი, ზემო ნაწილში განლაგებული - გათბობის ქვაბიდან.

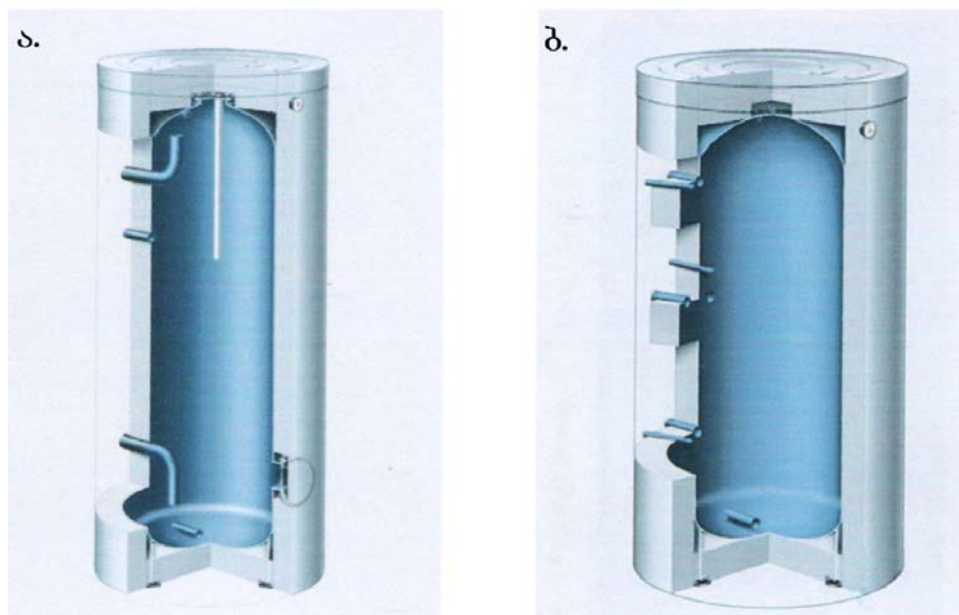


ნახ. 21. მოცულობითი წყალგამცხელების პრინციპული სქემა. 1 - თბოიზოლაცია; 2 - ავზი-დამგროვებელი; 3 - ჩაშენებული თბოგადამცემი; 4 - ცხელი წყლის გამოსვლა; 5 - ცივი წყლის შესვლა; 6 - გამცხელებელი კონტურის მიმწოდებელი მილი; 7 - გამაცხელებელი კონტურის უკუმილი

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 22-ე ნახ-ზე. როგორც ნახაზიდან ჩანს, ბუფერულ მოცულობაში ინტეგრირებულია სითბოს სხვადასხვა გენერატორი და მომხმარებელი. ბუფერულ მოცულობებში (ნახ. 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 გენერატორი: ქვაბი, თბური ტუმბო და სხვ.

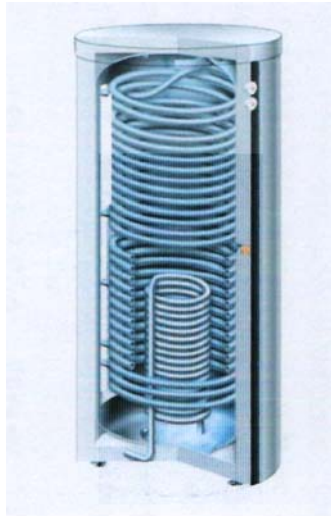


ნახ. 22. ბუფერული მოცულობის მუშაობის პრინციპი. 1 - ბუფერული მოცულობა; 2 - მზის კოლექტორი; 3 - წყალსათბობი ქვაბი; 4 - გათბობის სისტემა; 5 - ცხელწყალმომარაგების სისტემა



ნახ. 23. ბუფერული მოცულობები: ა - ცხელწყალმომარაგების სისტემების ; ბ - გათბობის სისტემების

კომბინირებული მოცულობითი წყალგამცხელებელი (ნახ. 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.

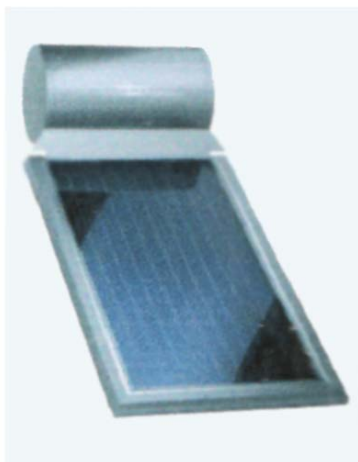


ნახ. 24. კომბინირებული მოცულობითი წყალგამცხელებელი

ბუნებრივი ცირკულაციის მზის სისტემები

ბუნებრივი ცირკულაციის მზის თბომომარაგების სისტემაში თბოშემცველის ცირკულაცია ცივ და გაცხელებულ სითხეებს შორის მიმდინარეობს სიმკვრივეთა სხვაობის შედეგად წარმოქმნილი ბუნებრივი (გრავიტაციული) წნევის ხარჯზე. ასეთი ცირკულაციის უზრუნველსაყოფად საჭიროა, რომ მზის კოლექტორი (თბოგენერატორი) განლაგდეს ავზ-აკუმულატორზე (სითბოს მომხმარებელზე) დაბლა (ნახ. 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.



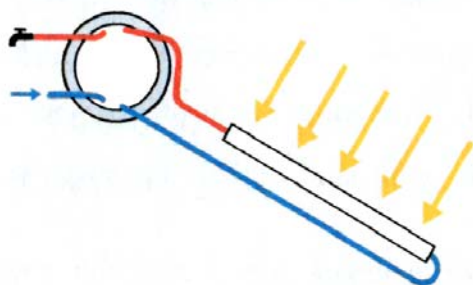
ნახ. 25. ბუნებრივი ცირკულაციის მზის სისტემის საერთო ხედი

ბუნებრივი ცირკულაციის სისტემების დამახასიათებელია შემდეგი თავისებურებები:

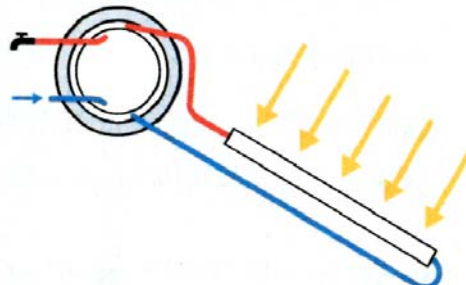
- თბომომცველს აქვს დაბალი სიჩქარე;
- აბსორბერში (მზის კოლექტორში) არ არის ტურბულენტური ნაკადები;
- წნევის დანაკარგი პორველად კონტურში უნდა იყოს ძალიან მცირე (მცირე სიგრძე, დიდი დიამეტრი);
- ღამის პერიოდში უნდა აღმოიფხვრას ცირკულაციის დარღვევა (უკუცირკულაცია).

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



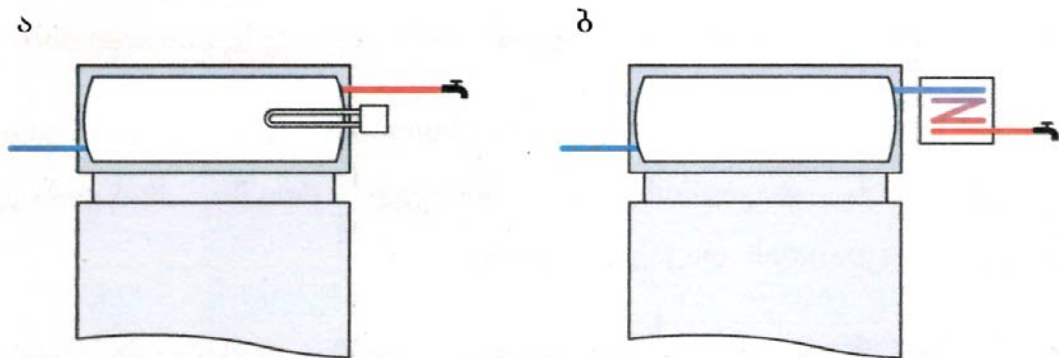
ნახ. 26. ბუნებრივი ცირკულაციის მზის სისტემების პრინციპული სქემები: ა - ერთკონტურიანი; ბ - ორკონტურიანი

თერმოსიფონური ანუ ბუნებრივი ცირკულაციის მზის თბომომარაგების სისტემები არის ერთკონტურიანი და ორკონტურიანი (ნახ. 26). ერთკონტურიან მზის სისტემებში ცხელწყალმომარაგების სისტემისათვის წყალი უშუალოდ მზის კოლექტორში ცხელდება, ორკონტურიან სისტემებში კი პირველად კონტურში მოძრავი თბომემცველი განცალკევებულია წყალგამცხელებელში გასაცხელებელი სახმარი წყლისგან განცალკევებულია თბოგადამცემით.

ერთკონტურიანი სისტემები გამოიყენება ისეთ რეგიონებში, სადაც გამოირიცხულია 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 სიიაფე.

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 წყალგამაცხელებლის და მასთან მიერთებული მილების წყლისგან დაცლა.

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



ნახ. 27. ბუნებრივი ცირკულაციის მზის სისტემების დამატებითი შეთბობა: ა - ელექტროგამცხელებლით; ბ - გარე თბოგადამცემით

გაყინვისაგან დაცვის მიზნით (ნახ.27), უშუალოდ წყალგამცხელებელში ეწყობა ან ელექტროშეთობა, ან გამდინარე თბოგადამცემის მიმდევრობითი ჩართვა. ენერჯის ეკონომიის თვალსაზრისით, ამ უკანასკნელს მეტი უპირატესობა ენიჭება.

მზის სისტემების დამატებითი ელემენტები და

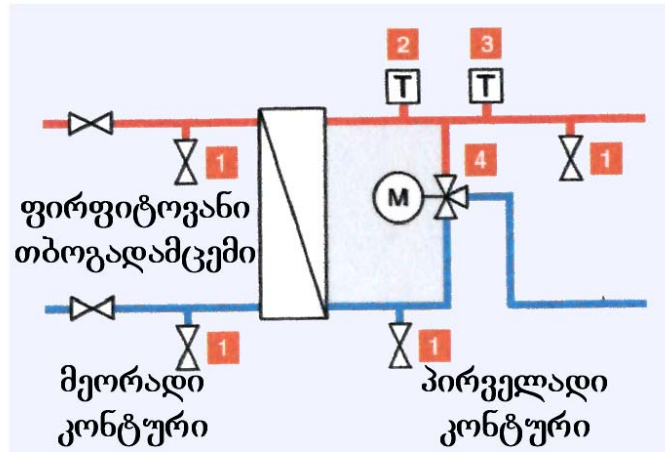
მათი შერჩევის თავისებურებები

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 მწარმოებლობის 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 შეჩვევისას უპირატესობა ენიჭება მრავალსვლიან თბოგადამცემს.

ფირფიტოვანი თბოგადამცემის ჩართვის სქემა ნაჩვენებია 28-ე ნახ-ზე. გაანგარიშება იგივეა, რაც ჩაშენებული თბოგადამცემისას და იგი არ არის წყალგამცხელებლის ტიპზე დამოკიდებული.



ნახ. 28. ფირფიტოვანი თბოგადამცემის ჩართვის სქემა: 1 - დაცლა; 2 - ტემპერატურის გადამწოდი; 3 - ყინვისაგან დაცვის გადამცემი; 4 - სამსვლიანი სარქველი

მზის სისტემის პირველად კონტურში თბომომცველის 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) თბომომცველის ხარჯი 15%-ით ნაკლები აიღება, ვიდრე პირველად კონტურში. ამრიგად, გათვალისწინებული უნდა იქნეს გლიკოლის წყალხსნარის უფრო დაბალი თბოტევადობა მეორეული კონტურის თბომომცველთან (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.

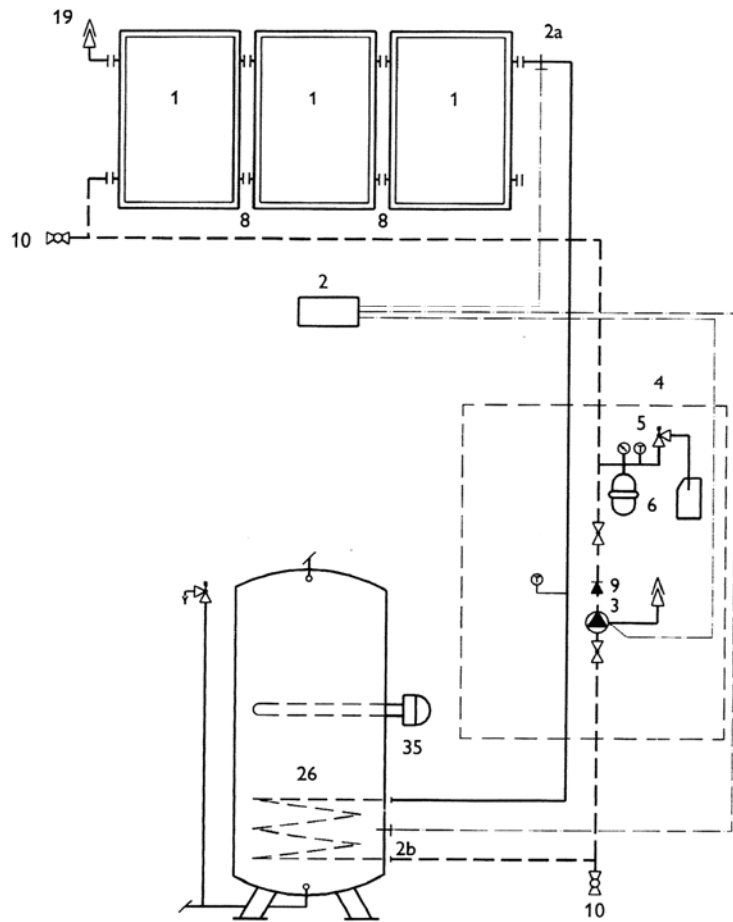
კოლექტორის სიმძლავრე ფირფიტოვანი თბოგადამცემის ყოველ კვადრატულ მეტრზე აიღება 600 ვტ. კოლექტორის გაზრდილი თბური დატვირთვების დროს (ტექნოლოგიური თბური დატვირთვა) კუთრი მწარმოებლურობა 500 ვტ/მ²-მდე მცირდება.

წნევის დანაკარგები მზის თბომომარაგების ორივე კონტურში 100 მზარის ტოლი აიღება.

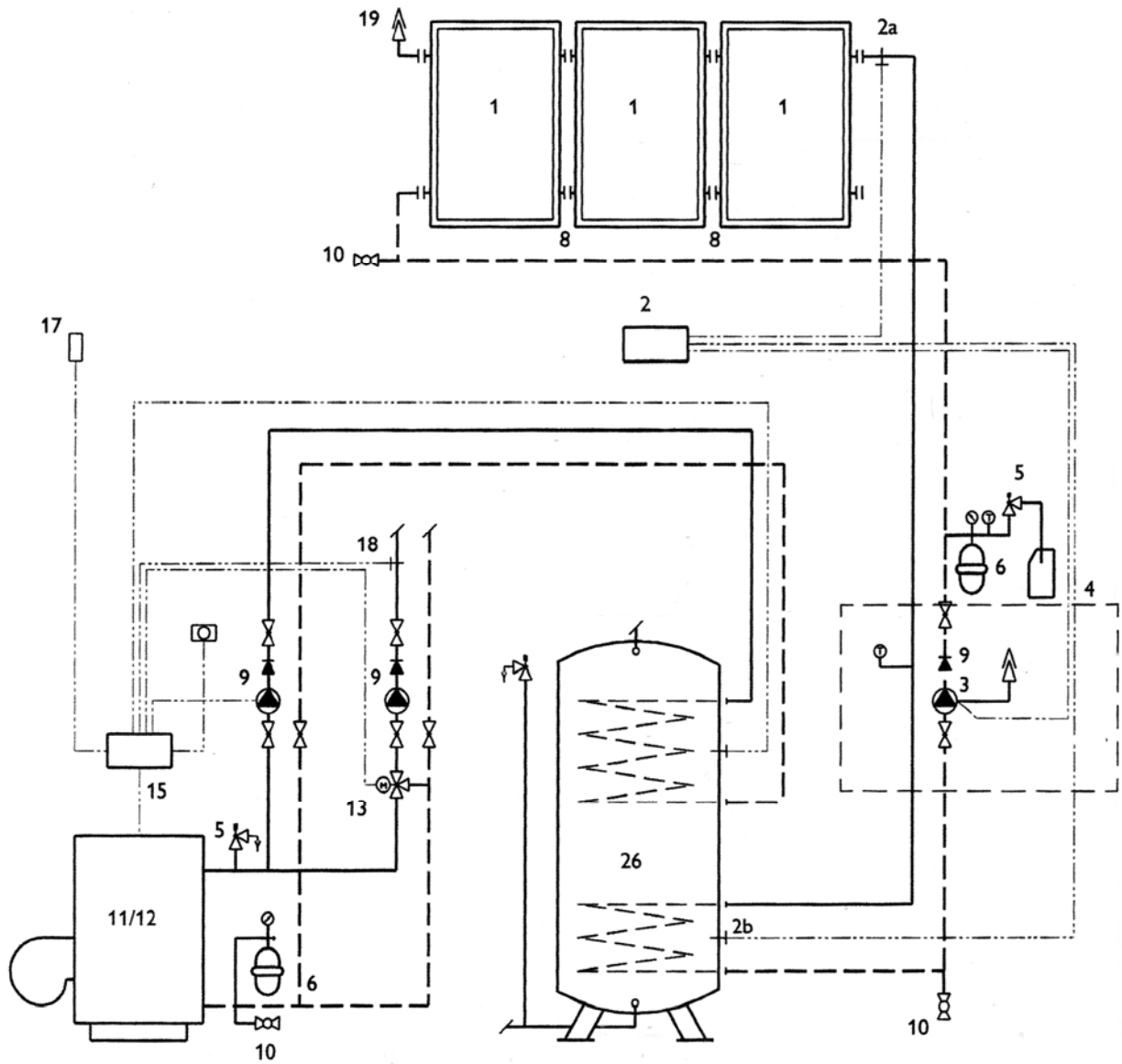
ფირფიტოვანი თბოგადამცემის მონტაჟის დროს აუცილებელია ნორმებით გათვალისწინებული სტანდარტული მოთხოვნების დაცვა. ყოველ თბოგადამცემზე უნდა დაყენდეს ჩამკეტ-მარეგულირებელი და სადრენაჟო მოწყობილობა.

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.

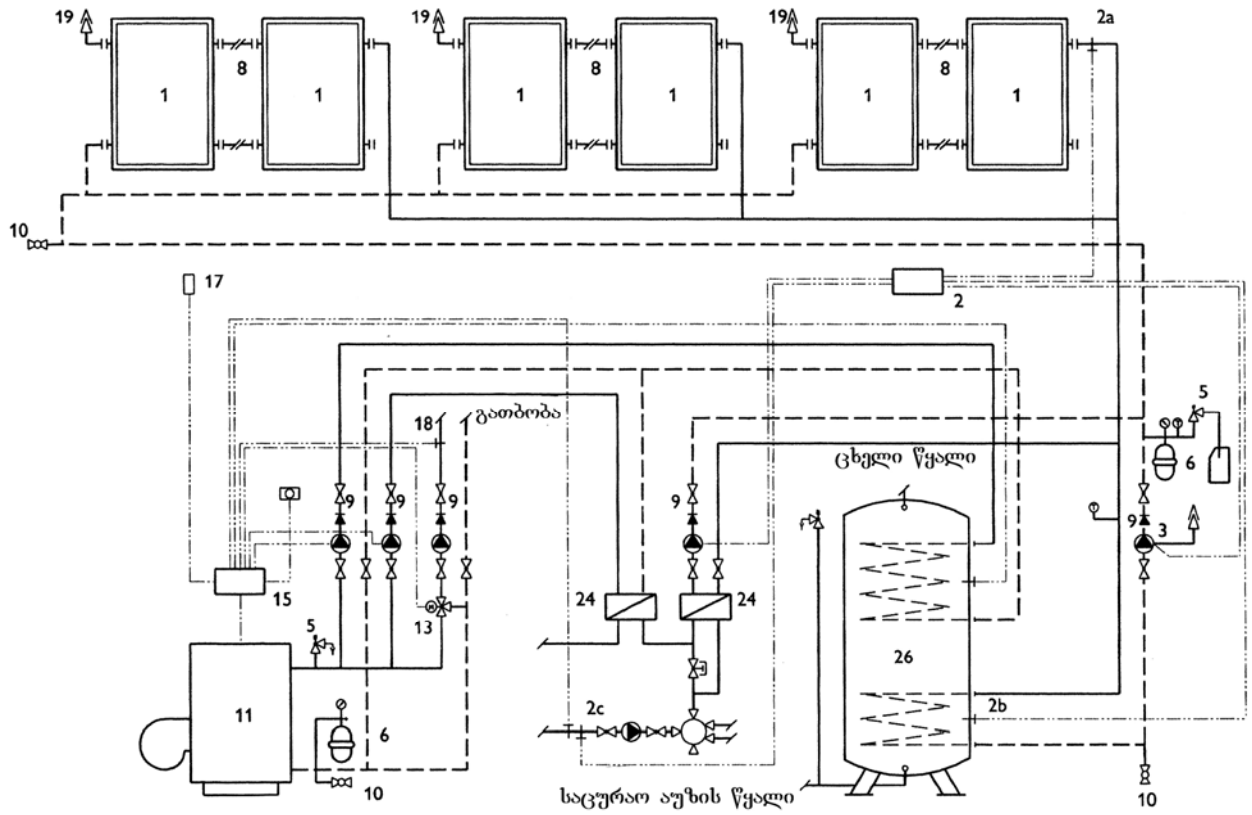
ქვემოთ, ნახაზებზე მოცემულია მზით თბომომარაგების სხვადასხვა სისტემის პრინციპულ-ტექნოლოგიური სქემები რომლებზეც ნაჩვენებია მზის სისტემის როგორც ძირითადი, ისე დამხმარე ელემენტები.



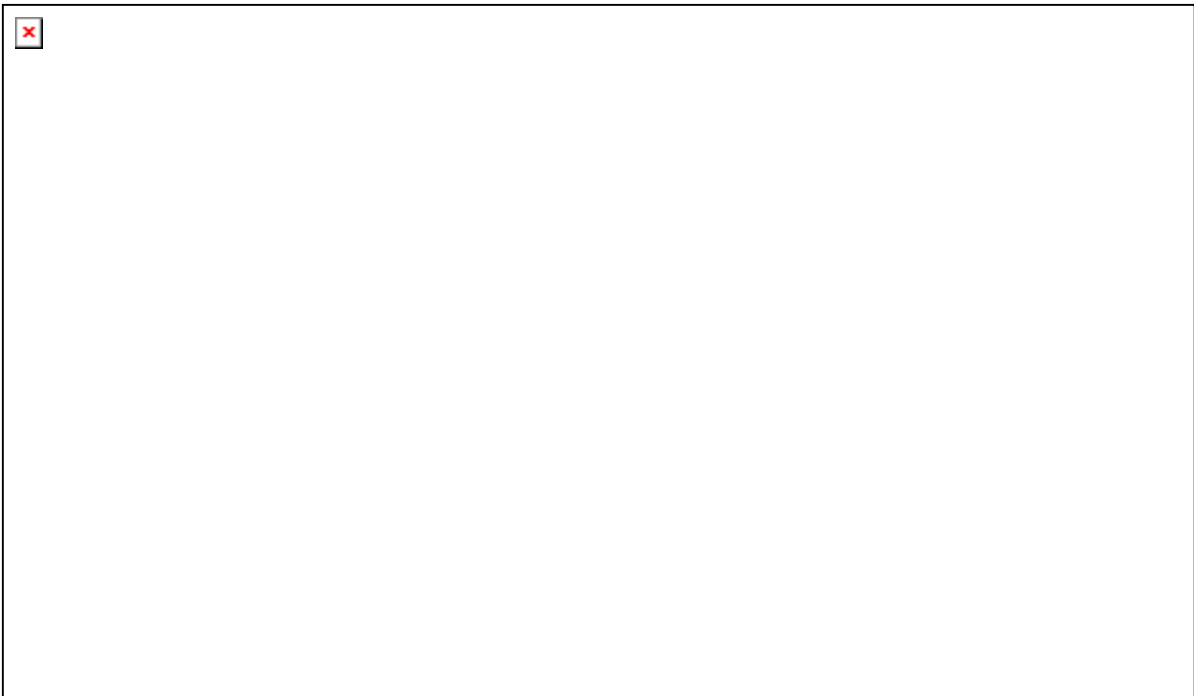
ნახ. 29. ცხელი წყლის მომზადება. დამატებითი გათბობა ელექტროგამცხელებლით



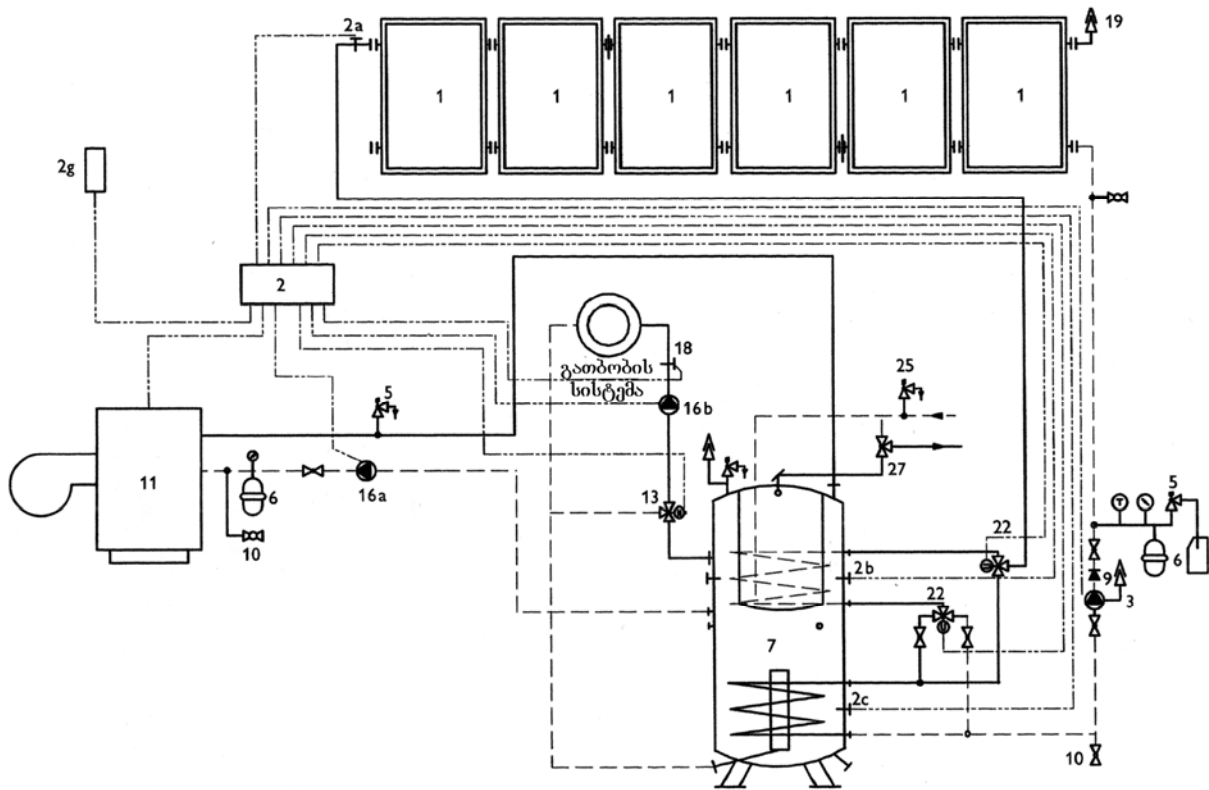
ნახ. 30. ცხელი წყლის მომზადება. დამატებითი შეთბობა გათბობის ქვაბიდან



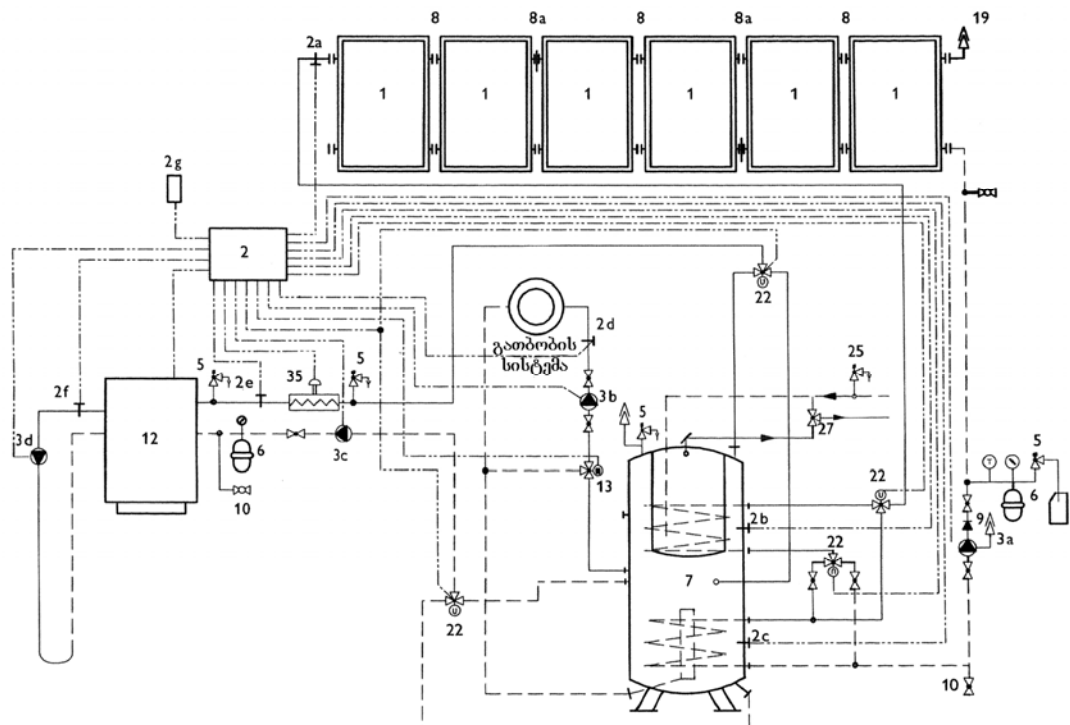
ნახ. 31. ცხელი წყლის მომზადება და საცურაო აუზის წყლის შეთბობა



ნახ. 32. ცხელი წყლის მომზადება, საცურაო აუზის წყლის შეთბობა და გათბობა



ნახ. 33. ცხელი წყლის მომზადება და გათბობა კომბინირებული ბიოლოგიით და ქვებით



ნახ. 34. ცხელი წყლის მომზადება და გათბობა კომბინირებული ბიოლოგიით და თბური ტუმბოთი

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 - საფართობელი 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

25 - ცივი წყლის დამცავი არმატურა

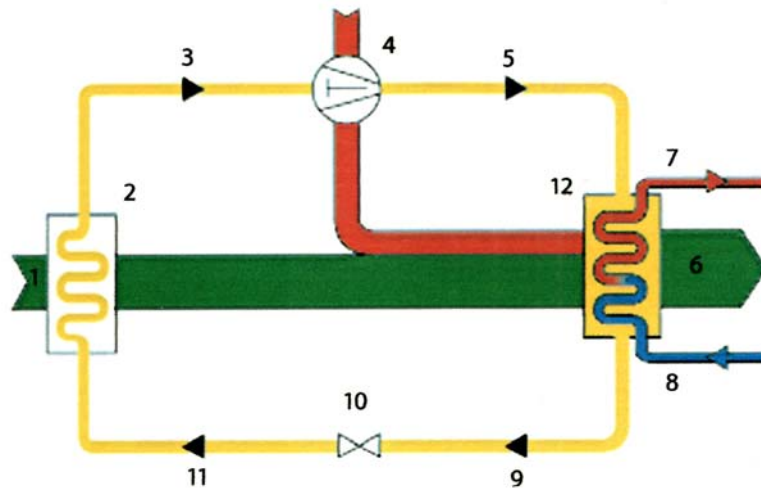
26 - ცხელი წყლის ბოილერი

27 - ტემპერატურის საზომი

34 - ტემპერატურის დიფერენციალური რეგულატორი

თბური ტუმბო და მისი მუშაობის პრინციპი

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



ნახ. 35. თბური ტუმბოს გაცივების კონტურის პრინციპული სქემა. 1 - გარემოს სითბო; 2 - ამართქლებელი; 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 მილსადენი, გათხევადებული მუშა არე, მაღალი წნევა; 10 - საფართოებელი სარქველი; 11 - გათხევადებული მუშა არის მილსადენი, 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 35-ე ნახ-ზე. გარე ჰაერის ან წყლის 1 მიწოდებისას თბოგადამცემზე ანუ ამართქლებელზე 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 მილსადენიდან 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

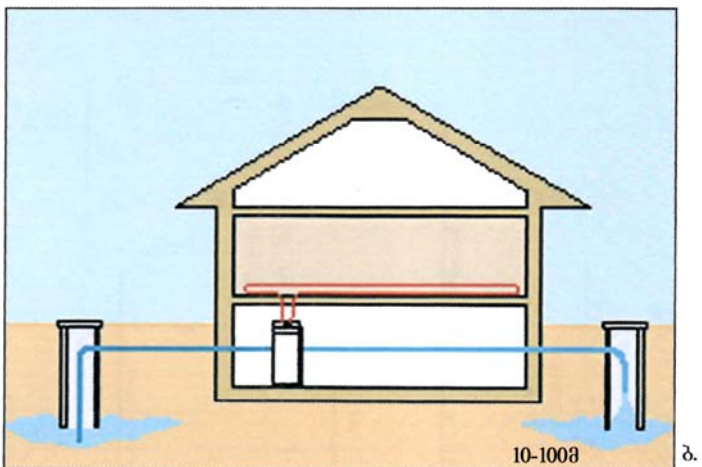
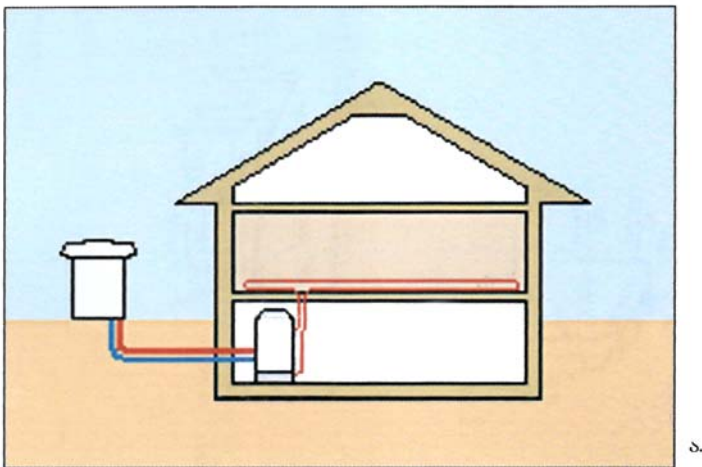
დაბალ ტემპერატურულ წყაროებად თბური ტუმბოებისათვის მიიღება ჰაერი, წყალი (მდინარე, ზღვა, გრუნტის წყალი), გრუნტი და სხვ.

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 36-ე ა ნახ-ზე. 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

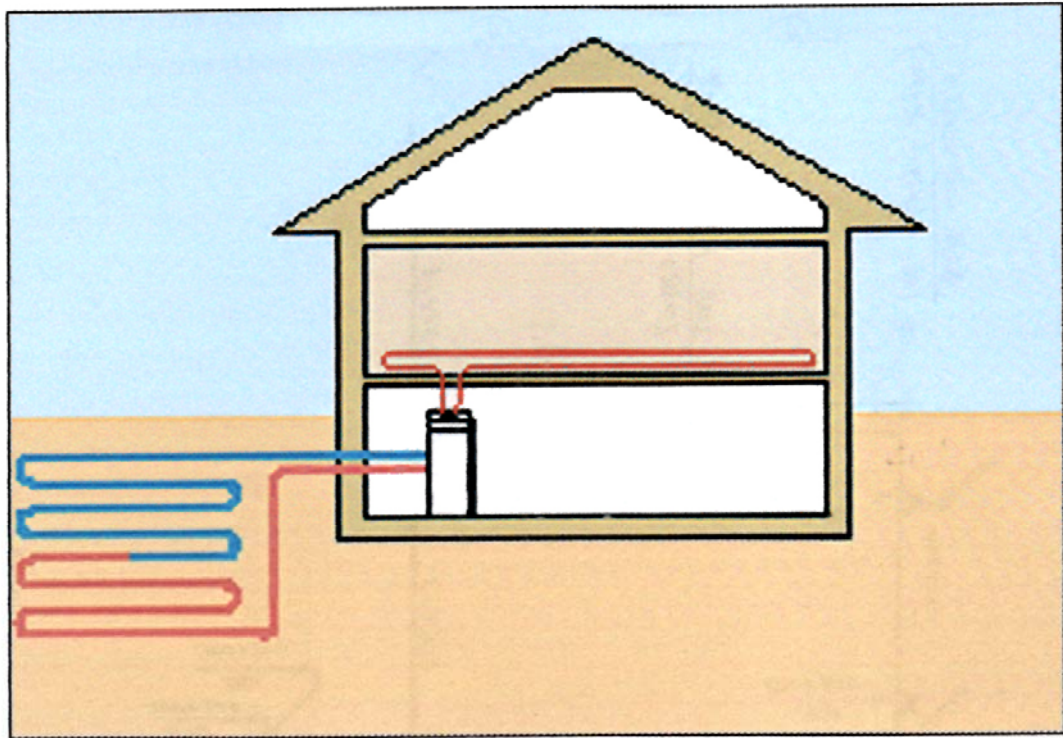
ტემპერატურასთან ერთად მცირდება. ამიტომ ხშირად, თბური ტუმბო გამოიყენება სხვა რომელიმე თბურ გენერატორთან კომბინაციაში, რომელიც ეხმარება თბურ ტუმბოს წლის ხანმოკლე, უკიდურესად ცივ პერიოდში. „ჰაერი-წყალი“ თბური ტუმბოს განსაკუთრებული უპირატესობაა მისი მონტაჟის სიმარტივე, რადგანაც ამ დროს გამოირიცხება დიდი მოცულობის მიწის სამუშაოები ან ჭაბურღილების ბურღვა.

სითბოს წყარო - წყალი. გრუნტის წყლები მზის ენერჯის 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. 36 ბ).

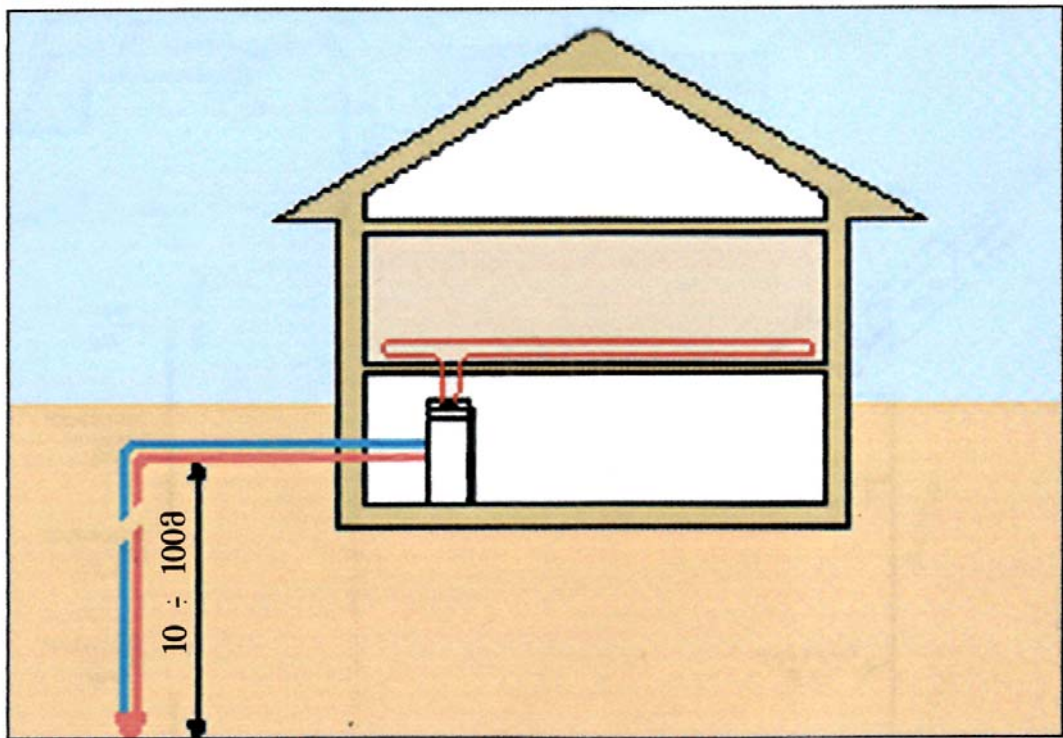


ნახ. 36. გათბობის სისტემის პრინციპული სქემა, როდესაც სითბოს წყაროა : ა - ჰაერი; ბ - გრუნტის წყალი

სითბოს წყარო - გრუნტი გრუნტის კოლექტორით. $1,2 \div 2$ მ სიღრმემდე დედამიწა ცივ დღეებშიც კი საკმაოდ თბილია იმისათვის, რომ თბური ტუმბოს ექსპლუატაცია იყოს რენტაბელური. ამ შემთხვევაში თბური ტუმბოს გამოსაყენებლად საკმაოდ დიდი ზომის მიწის ნაკვეთია საჭირო, რათა გაყვანილ იქნეს მილსადენის სისტემა, რომელიც გრუნტს სითბოს აართმევს (ნახ. 37). 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 ამორთქლებელს.



ა.



ბ.

ნახ. 37. 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 ბურლით 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.

თბური ტუმბოს მუშაობის რეჟიმი

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

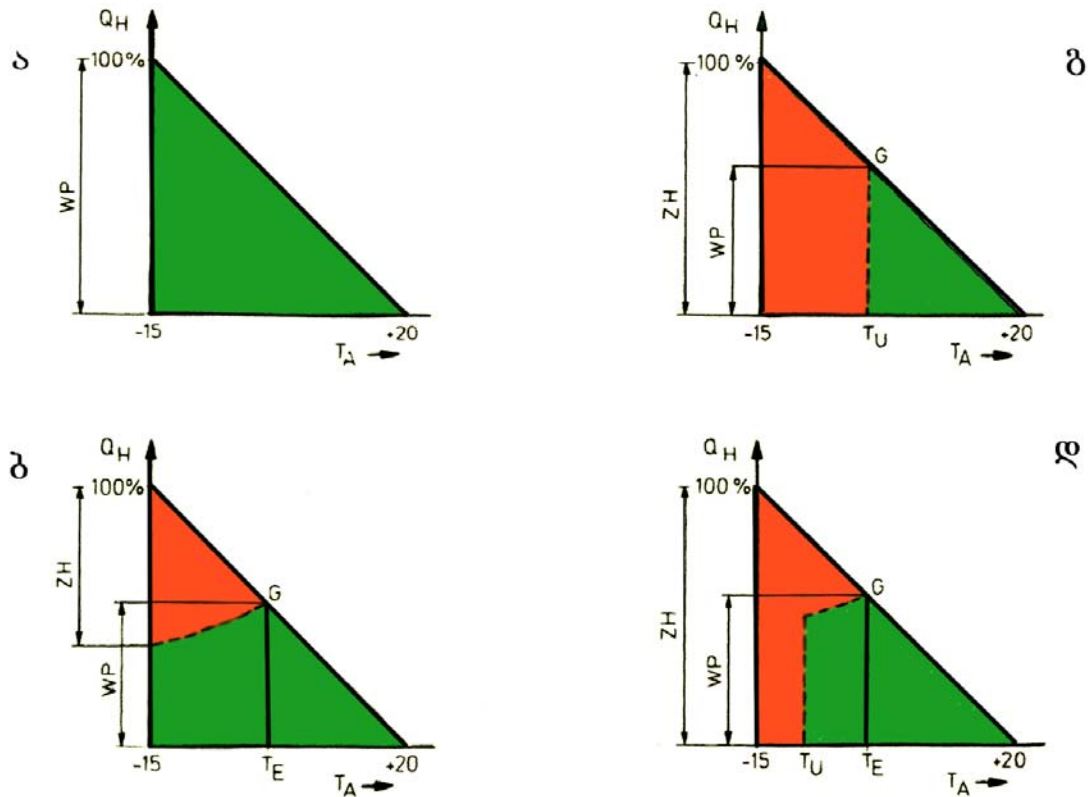
მონოვალენტური (ნახ.38 ა) ისეთი რეჟიმია, როდესაც შენობის გათბობის სისტემის ერთადერთი წყაროა თბური ტუმბო. ექსპლუატაციის ასეთი რეჟიმი გამოსადეგია ყველა სახის დაბალტემპერატურული გათბობის სისტემებისათვის, ანუ ისეთი სისტემებისათვის, რომლებშიც სისტემაში მისაწოდებელი წყლის ტემპერატურა 60°C-ს არ აღემატება.

მონოენერგეტიკული (ნახ. 38 ბ) ისეთი რეჟიმია, როდესაც თბურ ტუმბოს ენერჯის 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 ელექტროენერჯის 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 გამომუშავებაში. თბური ტუმბოს მუშაობის და ექსპლუატაციის ბივალენტური პარალელური და მონო-ენერგეტიკული რეჟიმები (ნახ 38 ა,ბ) ერთმანეთის ანალოგიურია.

ბივალენტური მონაცვლეობითი რეჟიმის დროს (ნახ. 38 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. 38 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 გამოიმუშავებული სითბოს გადაფარვის წილი ბივალენტური წერტილის მიხედვით DIN4701-10 ნორმებით არის რეგლამენტირებული.



ნახ. 38. თბური ტუმბოს მუშაობის რეჟიმები. ა - მონოვალენტური; ბ - ბივალენტურ-პარალელური ანუ მონოენერგეტიკული; გ - ბივალენტურ-ალტერნატიული; დ - ბივალენტურ-ნაწილობრივ პარალელური

Q_N - თბური დატვირთვა; G - ბივალენტური წერტილი; WP - თბური ტუმბო; ZH - დამატებითი გათბობა; T_U - გადართვის წერტილი; T_E - ჩართვა

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 ენერჯის 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 შერჩევასას 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 მეთოდით, რომლის თანახმადაც შენობის თბური დატვირთვა აიღება მისი ფართობის გამრავლებით კუთრი თბური დატვირთვის ქვემოთ მოყვანილ სიდიდეებზე:

სახლი პასიური ენერგომოთხოვნილებებით 10 ვტ/მ²;

ენერგოდამზოგი 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.

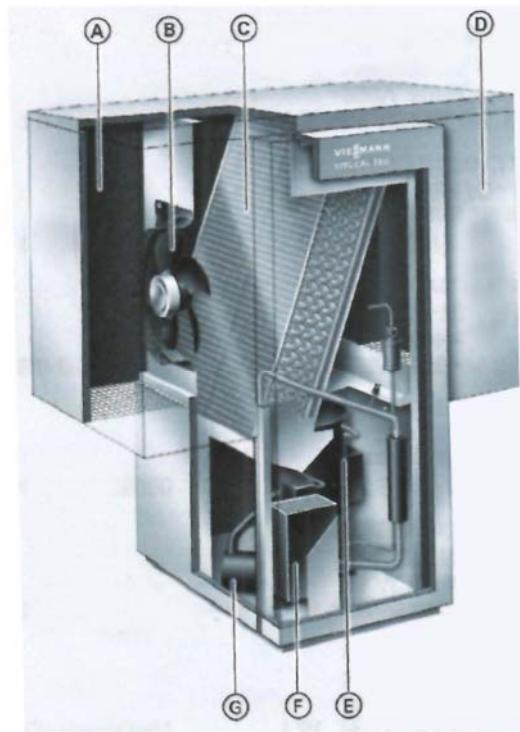
ცხელი წყლის მომზადებაზე დანამატი აიღება მისი მაქსიმალური ხარჯის მიხედვით, რომელიც საცხოვრებელი სახლებისათვის დღე-ღამეში 200 ლ-ის ტოლია ერთ ადამიანზე 45°C ტემპერატურის დროს, ეს კი შეადგენს 0,25 კვტ-ს თითოეულ ადამიანზე, გაცხელების 8 სთ-იანი პერიოდისათვის.

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

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 39-ე ნახ-ზე.

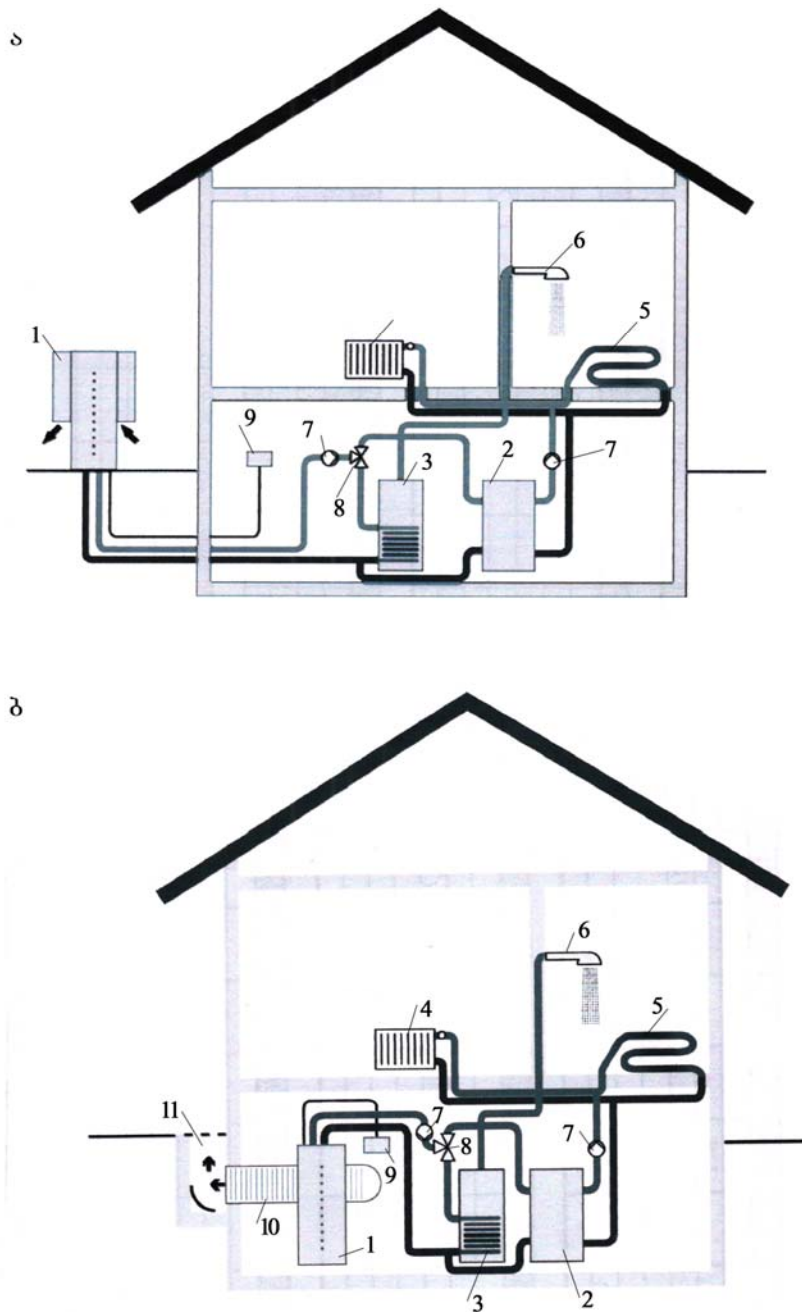


ნახ. 39. „ჰაერ-წყლის“ თბური ტუმბოს სქემატური ტექნოლოგიური ჭრილი.

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 ლიობებში 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.



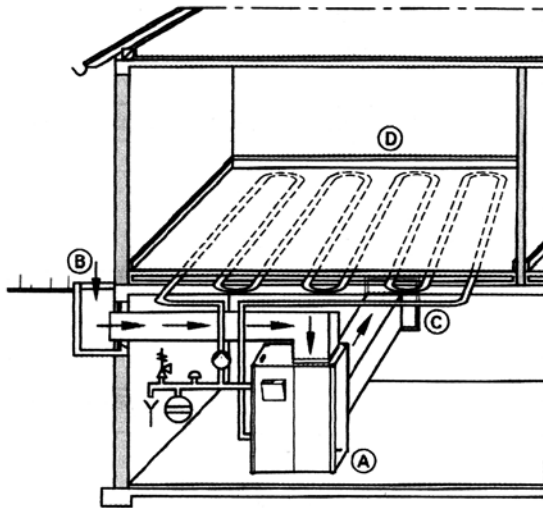
ნახ. 40. „ჰაერ-წყლის“ თბური ტუმბოს გათბობის სისტემაში ჩართვა. ა - როდესაც თბური ტუმბო შენობის გარეთაა; ბ - როდესაც თბური ტუმბო შენობაშია მოთავსებული. 1 - თბური ტუმბო; 2 - წყალსატობი ქვაბი; 3 - ბუფერული ავზი-დამგროვებელი; 4 - გათბობის რადიატორი; 5 - იატაკის გათბობა; 6 - ცხელი წყლის მომხმარებელი; 7 - საცირკულაციო ტუმბო; 8 - სამსვლიანი ონკანი; 9 - ავტომატური მართვის ბლოკი; 10 - ჰაერსადენი; 11 - ჰაერმიმღები შახტი

სათავსში განლაგებული თბური ტუმბოს ეფექტური და უტყუარი მუშაობისათვის საჭიროა ამ სათავსებში საკმარის დიდი რაოდენობის ჰაერის მიწოდება. ჰაერის რაოდენობა დამოკიდებულია თბური ტუმბოს თბომწარმოებლობაზე და მისი მნიშვნელობაა 2500-9000 მ³/სთ სათავსში, სადაც დაყენებულია თბური ტუმბო, უნდა ხდებოდეს მუდმივი ჰაერცვლა, 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. მე-40 ნახ-ზე 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 გათბობის სისტემა. ნახაზზე წარმოდგენილი ჰაერ-წყლის თბური ტუმბოს სისტემა არის ბივალენტური, რადგანაც სისტემაში დამატებით მოწყობილია წყალსატბობი 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 ამორთქლებლის (ფირფიტოვანი თბოგადამცემი) გარანტირებულ გათბობას. ბუფერული დამგროვებელი უმნიშვნელო თბური მოთხოვნილების დროს უზრუნველყოფს თბური ტუმბოს მუშაობის გახანგრძლივებას. გარდა ამისა, ბუფერული დამგროვებელიდან 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).

41-ე ნახ-ზე 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

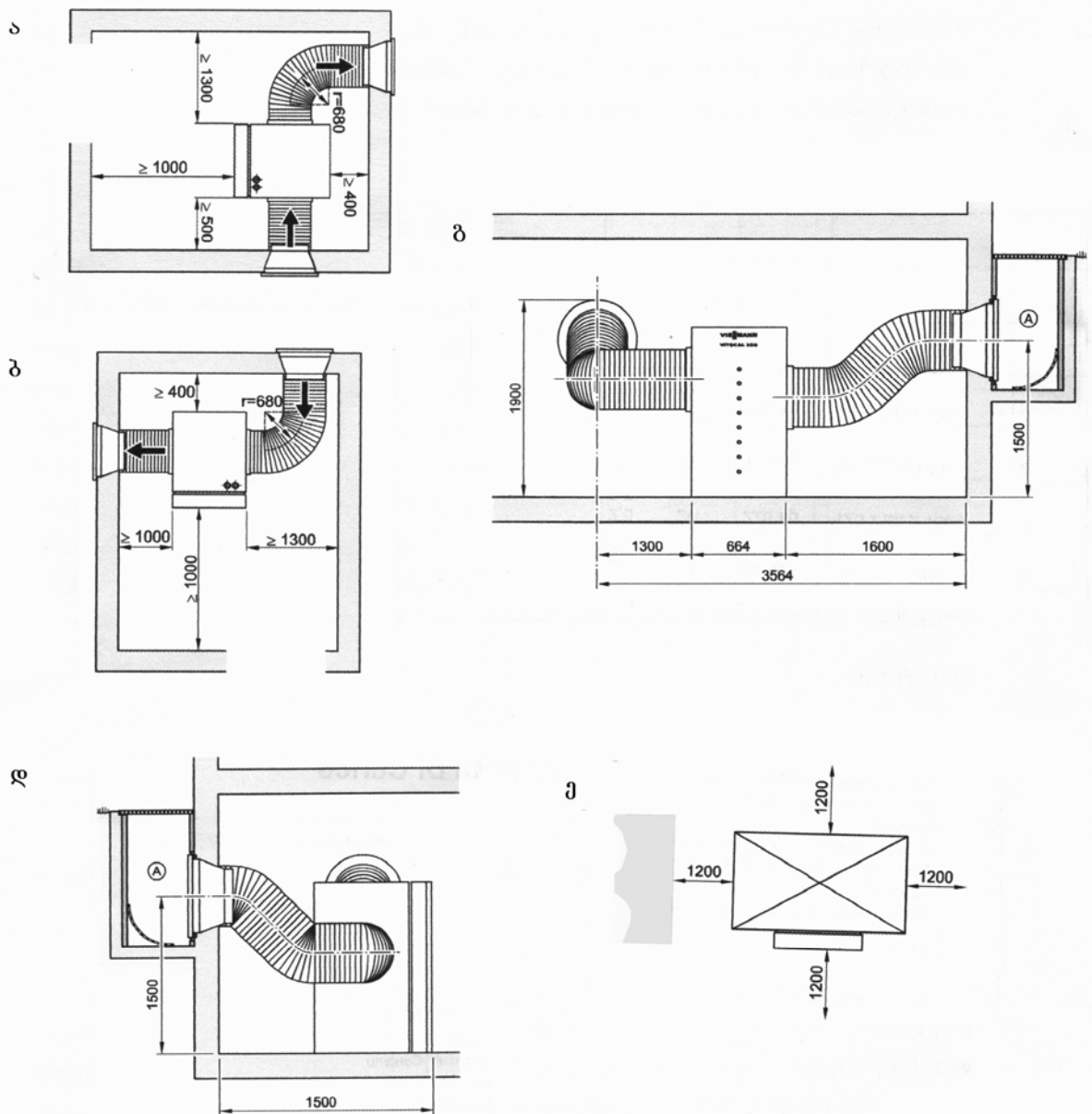
არხებით მიეწოდება ამორთქლებელს, სადაც ის ცივდება. ჰაერის მიწოდება სპეციალური ჩაშენებული ვენტილატორის მეშვეობით ხდება.



ნახ. 41. „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 42-ე ნახ-ის 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 სჭიროა 810-820 მმ სიგრძის ნაწიბურის მქონე კვადრატული ხვრელის არსებობა.

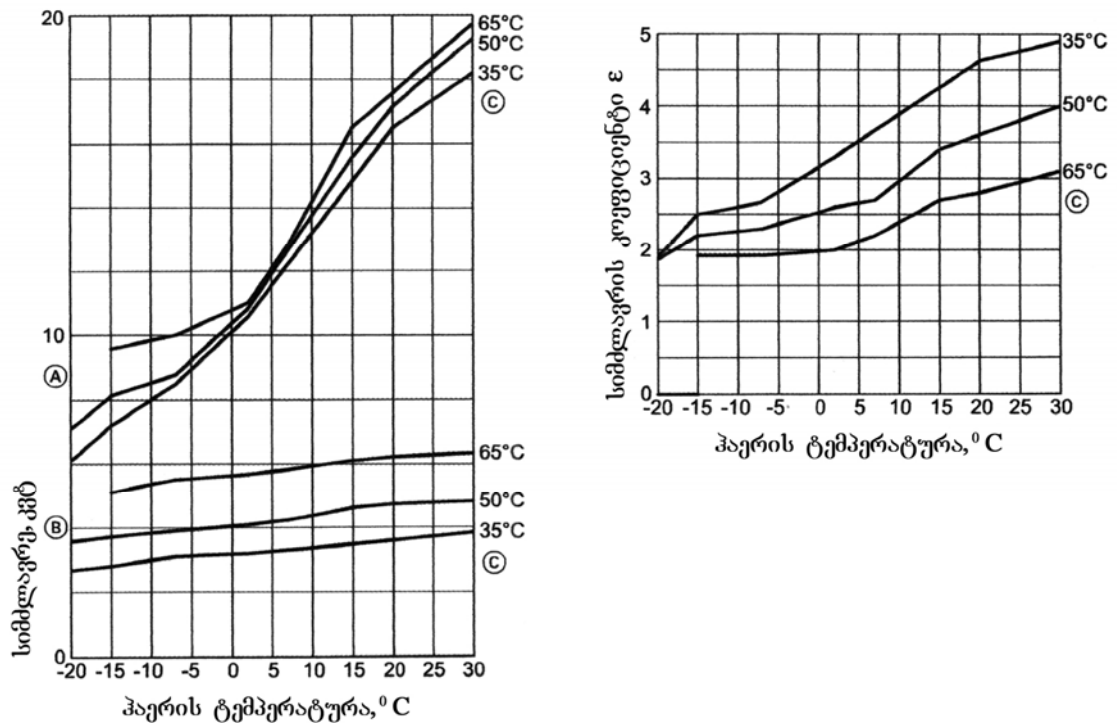
თბური ტუმბოს შერჩევისა და ექსპლუატაციის დროს უნდა ვისარგებლოთ თბური ტუმბოს მახასიათებლებით, რაც ყოველი ტუმბოსთვის დგება მწარმოებლის მიერ და იგი ყოველი ტიპისა და სიმძლავრის ტუმბოსათვის ინდივიდუალურია.



ნახ. 42. „ჰაერ-წყლის“ თბური ტუმბოს შემომზღულ კონსტრუქციებთან მიბმის მინიმალური ზომები

43-ე ნახ-ზე 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 ელექტროენერჯის 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.



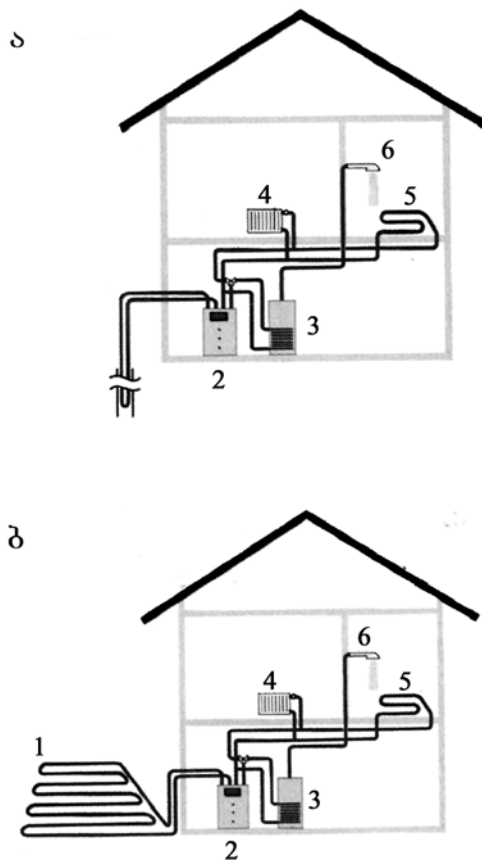
ნახ. 43. „ჰაერ-წყლის“ 10 კვტ სიმძლავრის თბური ტუმბოს მუშა მახასიათებლის დიაგრამა. A - თბური სიმძლავრე; B - ხმარებადი ელექტროენერგია; C - გათბობის სისტემის მიმწოდებელი მაგისტრალის ტემპერატურა t_w

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 44-ე ნახ-ზე, ხოლო თვით თბური ტუმბოს სქემატური ტექნოლოგიური ჭრილი - 45-ე ნახ-ზე.

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.

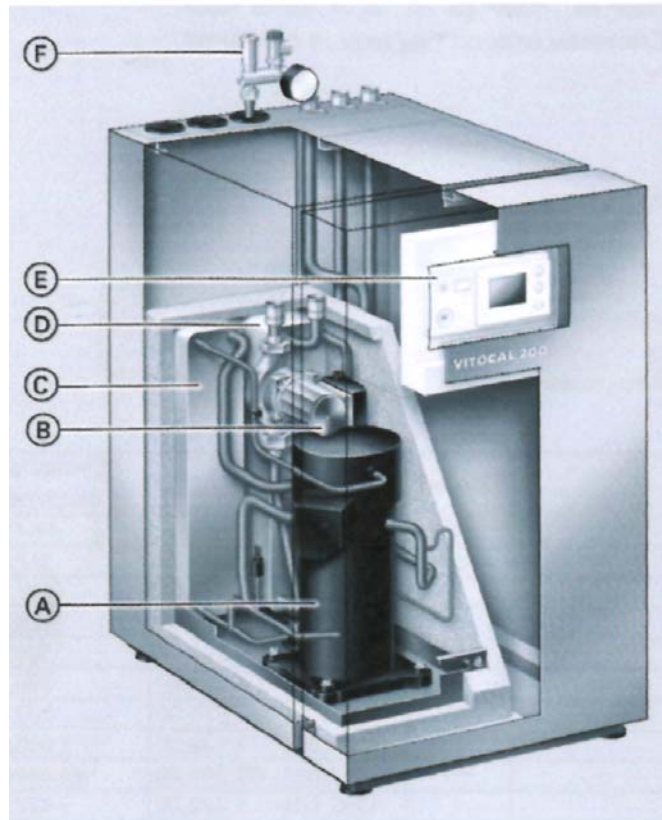


ნახ. 44. „მარილხსნარ-წყლის“ თბური ტუმბოს გათბობისა და ცხელწყალმომარაგების სისტემაში ჩართვის პრინციპული სქემა: ა - გეოთერმული ზონდი;

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 უგულებელვყყოთ. 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. 45. „მარილხსნარ-წყლის“ თბური ტუმბოს ტექნოლოგიურ-სქემატური ჭრილი. 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 გაჟონებმა 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_K არის სხვაობა მის Q_{WP} თბურ მწარმოებლობასა და P_{WP} ხმარებად სიმძლავრეს შორის.

$$Q_K = Q_{WP} - P_{WP}.$$

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 $q_E = 25$ ვტ/მ², 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.

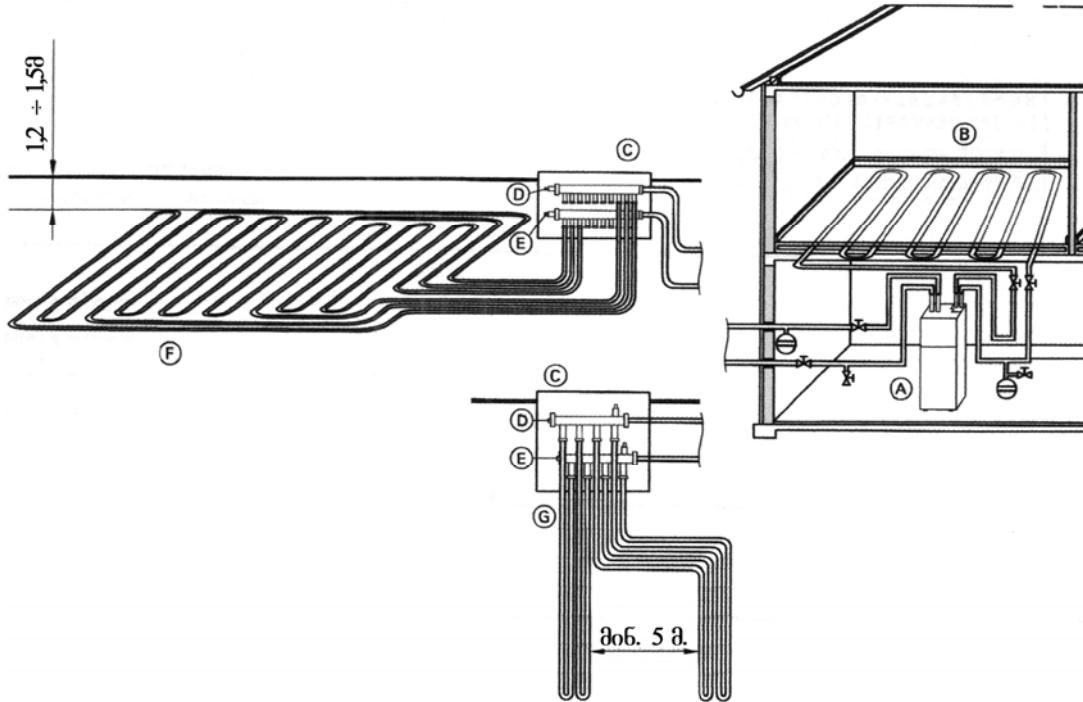
კოლექტორის მოსაწყობად საჭირო მილები ლაგდება 1,2-1,5 მ სიღრმეში რამდენიმე რიგად. ცალკეული რიგის სიგრძე 100 მ-ს არ უნდა აღემატებოდეს. წინააღმდეგ შემთხვევაში, საჭირო გახდება უფრო მძლავრი საცირკულაციო ტუმბოების გამოყენება, რაც ელექტროენერგიის ხარჯს გაზრდის.

46-ე ნახ-ზე 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. 46. „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

$$L = Q_K / q_E.$$

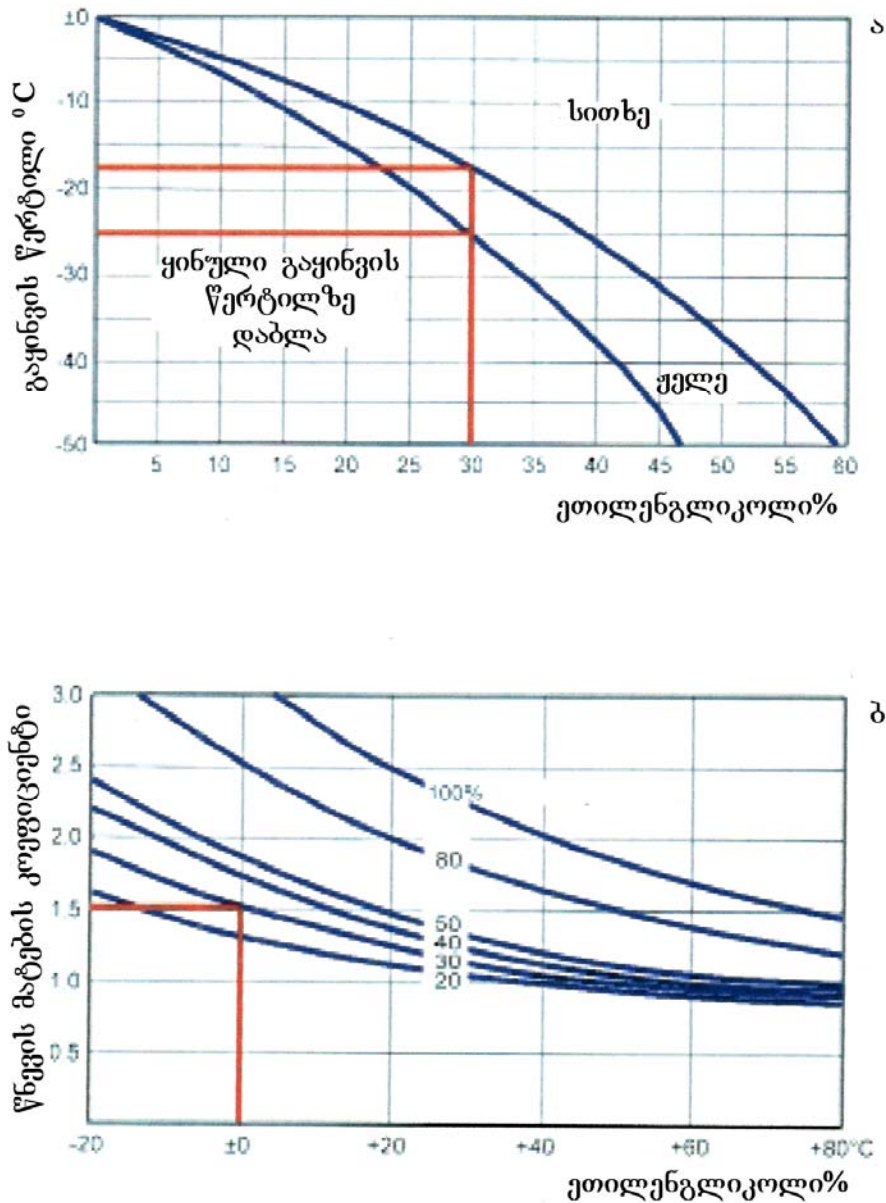
ორმაგი U-სებრი გრუნტის ზონდის კუთრი სითბოს შესაძლო მნიშვნელობები (VDI 4640, ფურც. 2)

გრუნტი	კუთრი თბური სიმძლავრე q_E , ვტ/მ ²
ზოგადი ნორმატიული მაჩვენებლები	
ცუდი გრუნტი [(მშრალი დაწვევის ქანი) ($\lambda < 1,5$ ვტ/მ ² K)]	20
ნორმალური მყარი ქვის ქანი და წყლით გაჯერებული დაწვევის ქანი ($\lambda < 1,5-3$ ვტ/მ ² K)	50
მყარი ქვის ქანი მაღალი თბოგამტარობით ($\lambda > 30$ ვტ/მ ² K)	70
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

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

გრუნტის კოლექტორების და ზონდების თბოშემცველები

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



ნახ. 47. მარილხსნარის (ეთილენგლიკოლის) გაყინვის ტემპერატურის (ა) და წნევის ზრდის (ბ) დამოკიდებულება მის კონცენტრაციაზე

ეთილენგლიკოლი სპეციალურად იქნა მიღებული, როგორც სითბო-სიცივის გადამტანი საშუალო არე (საშუალება). მისი გაყინვის ტემპერატურა დამოკიდებულია წყალში მის პოტენციურ შემცველობაზე. გაყინვის ტემპერატურის მრუდი (ნახ. 47) 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 წნევათა 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.

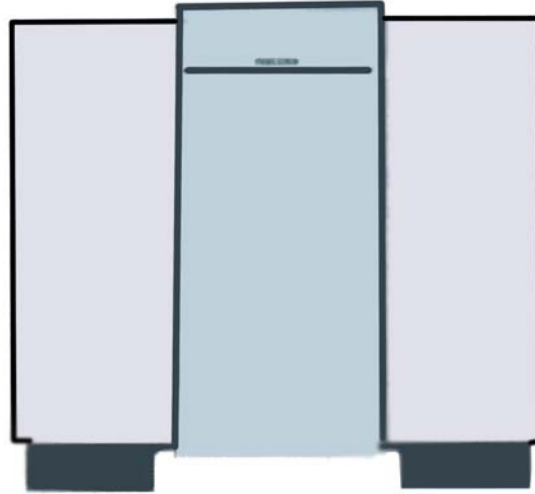
ცხრილი 3

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.

48-ე ნახ-ზე 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, როგორცაა მაღალი/დაბალი წნევის რელე. თბური ტუმბო შევსებულია R410A სამაცივრო აგენტით, რომელიც ჰიდროქლოროფთორ-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 თბომემცველს (წყალს), რომელიც გათბობის სისტემაში ცირკულაციის ხარჯზე სითბოს გადასცემს გასათბობ სათავსებს. გათბობის სისტემის თბომემცველი თბება $+15 \div +60^{\circ}\text{C}$ -მდე; შესაძლებელია 75°C -მდე გათბობაც.



ნახ. 48. „მარილხსნარ-წყლის“ თბური ტუმბოს საერთო ხედი

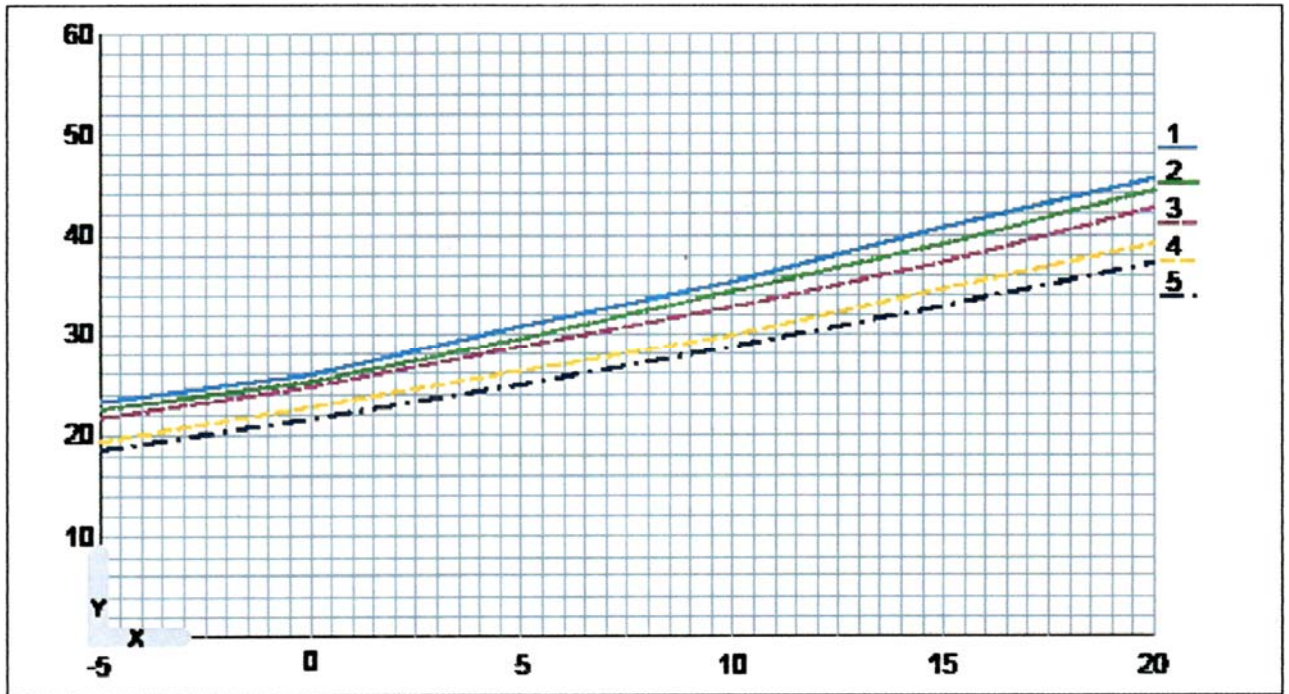
მე-4 ცხრილში ნაჩვენებია 27 კვტ ნომინალური თბური სიმძლავრის თბური ტუმბოს მუშა მახასიათებლები სითბოს წყაროს და მისაწოდებელი წყლის სხვადასხვა ტემპერატურების დროს.

ცხრილი 4

თბური წყაროს ტემპ., $^{\circ}\text{C}$	თბომწარმოებლობა, კვტ			ხმარებადი სიმძლავრე, კვტ			სიმძლავრის კოეფიციენტი		
	35 $^{\circ}\text{C}$	50 $^{\circ}\text{C}$	60 $^{\circ}\text{C}$	35 $^{\circ}\text{C}$	50 $^{\circ}\text{C}$	60 $^{\circ}\text{C}$	35 $^{\circ}\text{C}$	50 $^{\circ}\text{C}$	60 $^{\circ}\text{C}$
-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 ელექტროენერჯის რაოდენობა.

სხვადასხვა სითბური სიმძლავრის „მარილხსნარ-წყლის“ თბური ტუმბოს სიმძლავრის დიაგრამა ნაჩვენებია 49-ე ნახ-ზე. როგორც ეს დიაგრამა გვიჩვენებს, თბური ტუმბოების მუშაობა ეფექტურია -5°C -ს ზემოთ, მიუხედავად იმისა, რომ ეს თბური ტუმბოები ასევე წარმატებულად მუშაობს -20°C ტემპერატურამდე.



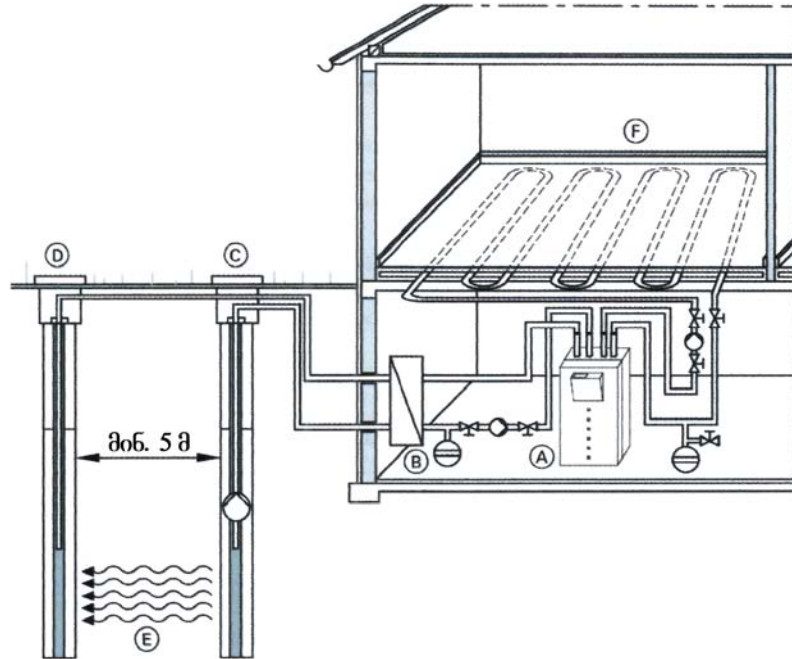
ნახ. 49. „მარილხსნარ-წყლის“ თბური ტუმბოს სიმძლავრის დიაგრამა. X - წყაროს ტემპერატურა; γ - თბომწარმოებლობა, კვტ.

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

„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 $7 \div 12^{\circ}\text{C}$ -ის ფარგლებში, რაც ქმნის თბური ტუმბოს მონოვალენტურ რეჟიმში მუშაობის შესაძლებლობას. „წყალ-წყლის“ თბური ტუმბო კონსტრუქციულად იგივეა (ნახ. 45), 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 50-ე ნახ-ზე. 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. 50. „წყალ-წყლის“ (გრუნტის წყლის) თბური ტუმბოს მიერ სითბოს გენერაციის პრინციპული სქემა. A - თბური ტუმბო; B - პირველადი კონტურის თბოგადაცემი; 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;

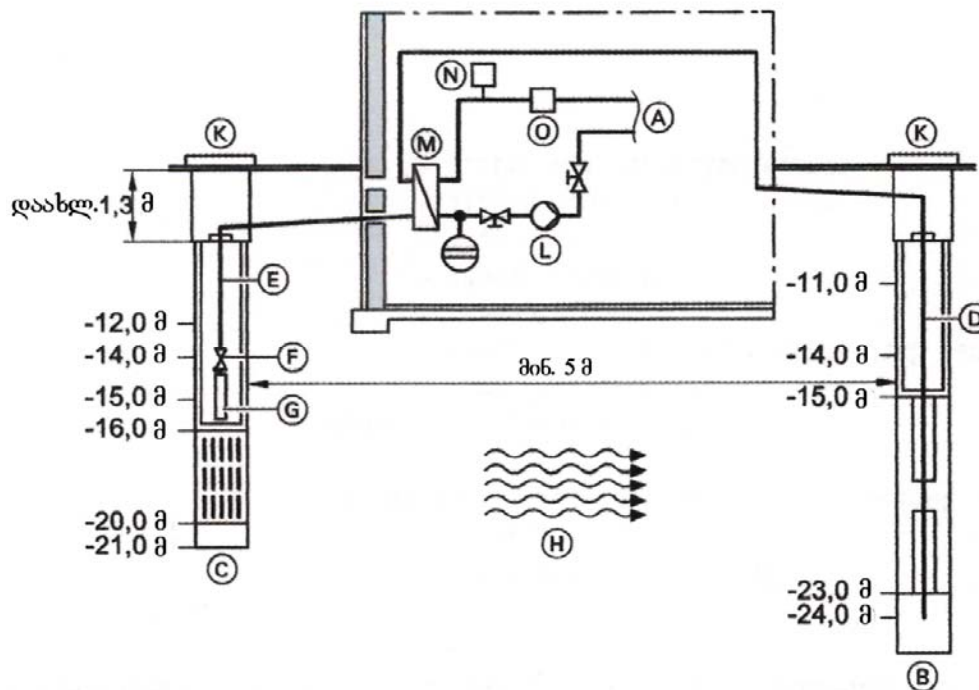
- რკინის და მაგნიუმის საერთო რაოდენობა იყოს $< 0,5$ მგ/ლ;

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. 51. „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 გამაცივებელი 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. 51). 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.

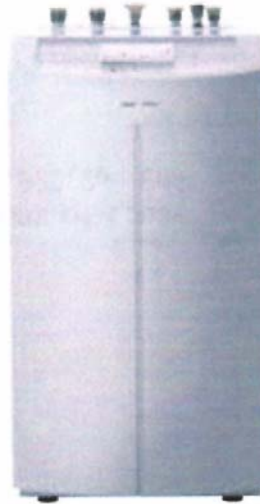
5 ÷ 10 კვტ თბური ტუმბოების გამოყენების დროს, გრუნტის წყლის რაოდენობა 1,5 ÷ 9 ტ/სთ-ია.

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.

52-ე ნახ-ზე 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 ქლოროფთორნახშირწყალბადებისა და ფთორნახშირწყალბადებისგან თავისუფალ აგენტს R410A;
- გამოსადეგია ექსპლუატაციის ბივალენტური რეჟიმებისათვის, როდესაც გათბობის უკუმბოგისტრალის ტემპერატურა +75 °C-ია.



ნახ. 52. „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 ამძრავის ენერგიასთან ერთად, გათბობის სისტემის მხარეს განლაგებულ თბოგადამცემში (კონდენსატორში) გადაეცემა გათბობის სისტემის თბოშემცველს (წყალს). ეს თბოშემცველი გათბობის სისტემის თბური დატვირთვის შესაბამისად თბება +15 ÷ +60°C-მდე და სითბოს აწვდის სათბობ ხელსაწყოებს. ამ თბური ტუმბოს მახასიათებლები მოყვანილია მე-5 ცხრილში.

ცხრილი 5

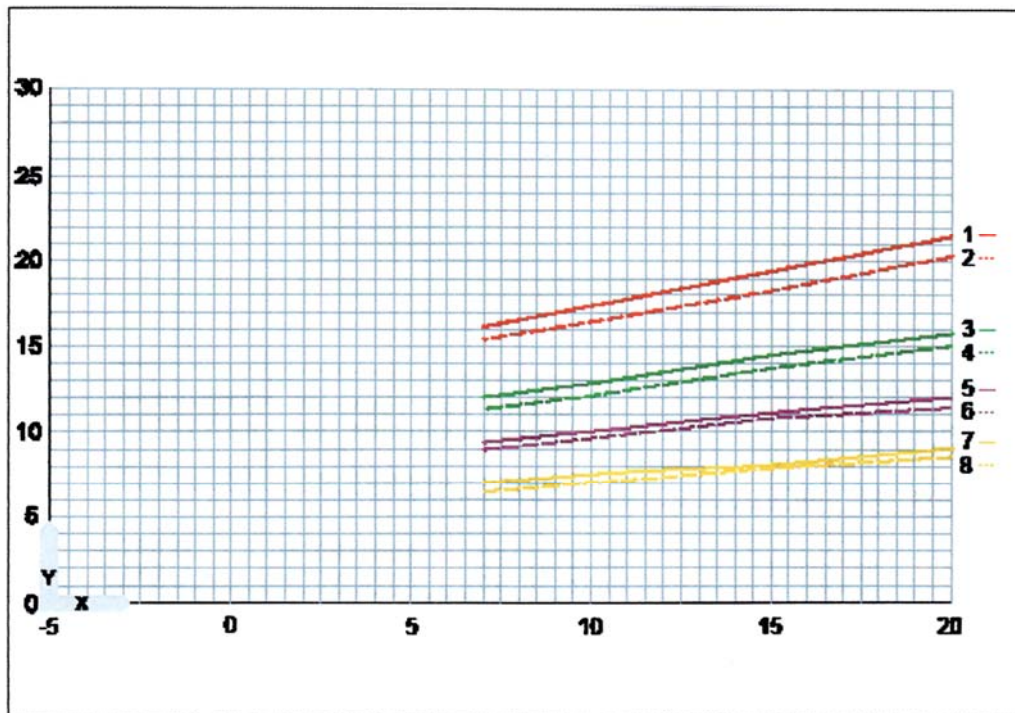
„წყალ-წყლის“ თბური ტუმბოების მახასიათებლები

თბური ტუმბოს მახასიათებლები	თბური ტუმბოს ნომინალური სიმძლავრე											
	7 კვტ			10 კვტ			13 კვტ			18 კვტ		
თბური წყაროს ტემპერ., °C	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10
მიწოდების ტემპერ., °C	+35	+50	+60	+35	+50	+60	+35	+50	+60	+35	+50	+60

თბომწარმ., კვტ	7,2	6,7	6,4	10	9,4	8,6	12,5	12,2	11,3	17,1	16,1	15,3
მოხმარებული ენერჯია	1,3	1,9	2,5	1,8	2,6	3,1	2,3	3,2	4,0	3,0	4,3	5,2
სიმძლავრის კოეფ., ε	5,4	3,6	2,6	5,6	3,7	2,8	5,5	3,8	2,8	5,6	3,8	2,9

როგორც ცხრილიდან ჩანს, რაც უფრო დაბალია გათბობის სისტემაში მოსაწოდებელი წყლის ტემპერატურა (+35°C), მით მეტია თბური ტუმბოს თბომწარმოებლობა და სიმძლავრის კოეფიციენტი, ნაკლებია მოხმარებული ელექტროენერჯია. 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 53-ე ნახ-ზე.



ნახ. 53. „წყალი-წყლის“ თბური ტუმბოს სიმძლავრის დიაგრამა. X - წყაროს ტემპერატურა, °C; γ - თბომწარმოებლობა, კვტ.

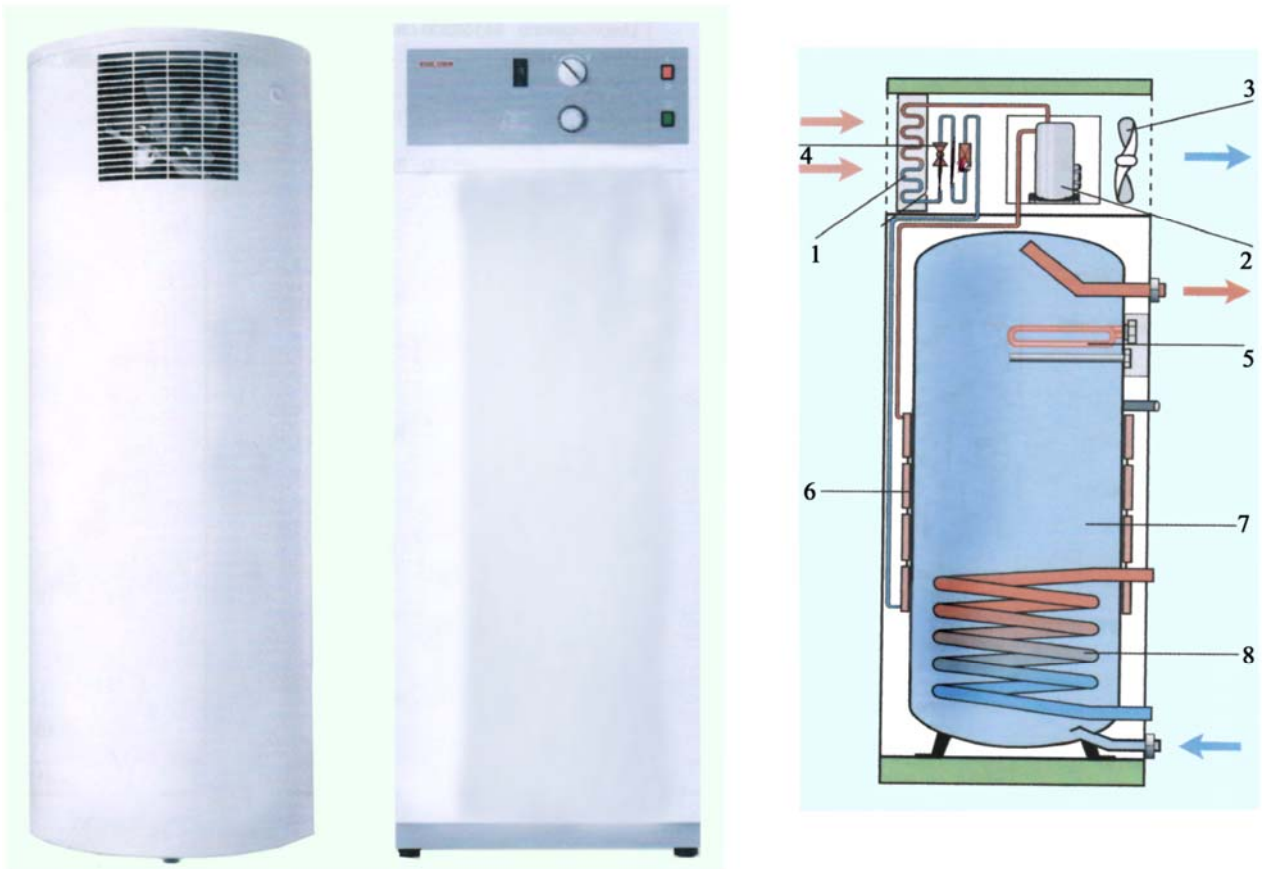
გათბობის სისტემაში მოსაწოდებელი წყლის ტემპერატურა:

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

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

ცხელი წყლის თბური ტუმბო

ცხელი წყლის ტუმბო არის მოწყობილება, რომლის დანიშნულებაც 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 54-ე ნახ-ზე. 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 ელექტროგამხურებელი 5.

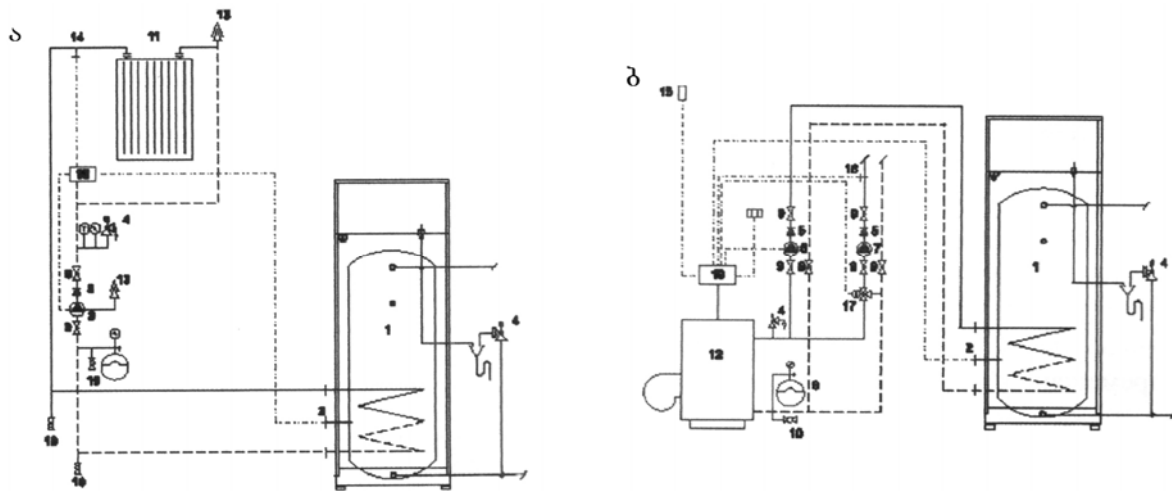


ნახ. 54. ცხელი წყლის თბური ტუმბოს საერთო ხედი (ა, ბ) და ფუნქციურ-ტექნოლოგიური სქემა (გ). 1 - ამორთქლებელი; 2 - კომპრესორი; 3 - კონდენსატორი; 4 - ვენტილატორი; 5 - საფართოებელი ვენტილი; 6 - ცხელი წყლის ბოილერი; 7 - თბოგადამცემი; 8 - ელექტროგამხურებელი; 9 - შემკრები; 10 - ცივი წყლის შესვლა; 11 - ცხელი წყლის გამოსვლა

კომპაქტური დანადგარი შეიცავს თბურ ტუმბოვან 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, ხელსაწყო ზემო ნაწილში მოთავსებულია შემწოვი და დამჭირხნი საჰაერო გისოსები, რომლებიც უზრუნველყოფს თბური ტუმბოს ჰაერით მომარაგებას საჰაერო არხების გარეშე. ხელსაწყო 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 ჰვ ქსელში ჩასართავად.

55-ე ნახ-ზე ნაჩვენებია თბური ტუმბოს ბივალენტურ რეჟიმში მუშაობის სქემები, სითბოს მეორეულ წყაროდ მზის კოლექტორის ან წყალსათბობი ქვაბის გამოყენების შემთხვევაში.



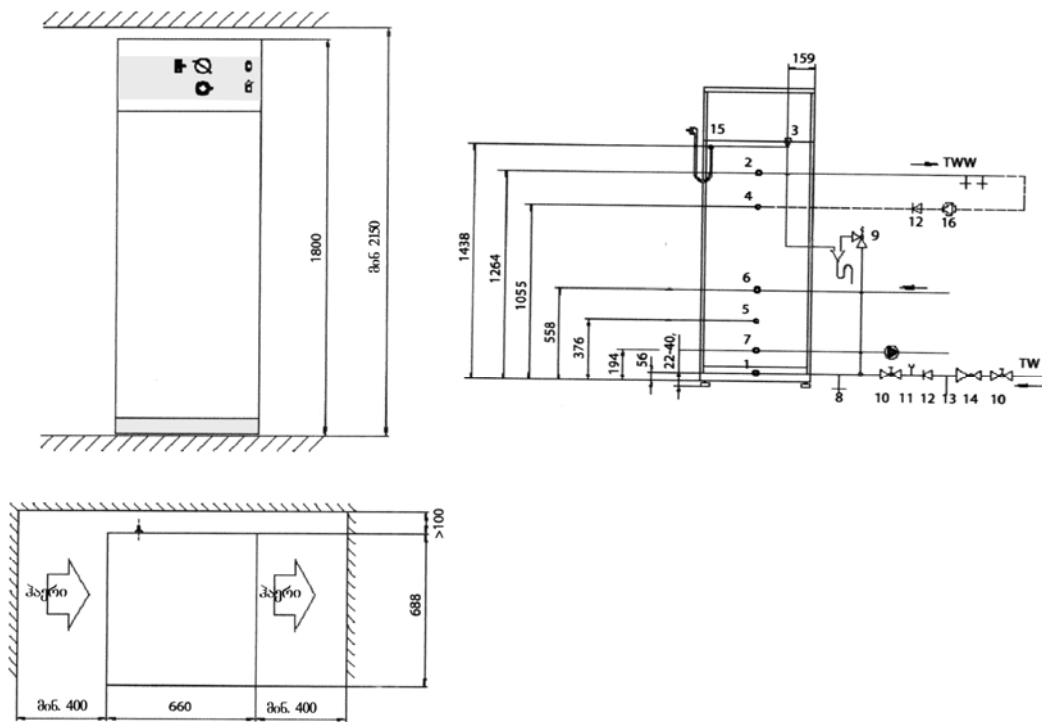
ნახ. 55. ცხელი წყლის თბური ტუმბოს ბივალენტურ რეჟიმში მუშაობის პრინციპული სქემები მზის კოლექტორითა (ა) და წყალსათბობი ქვაბით (ბ)

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

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

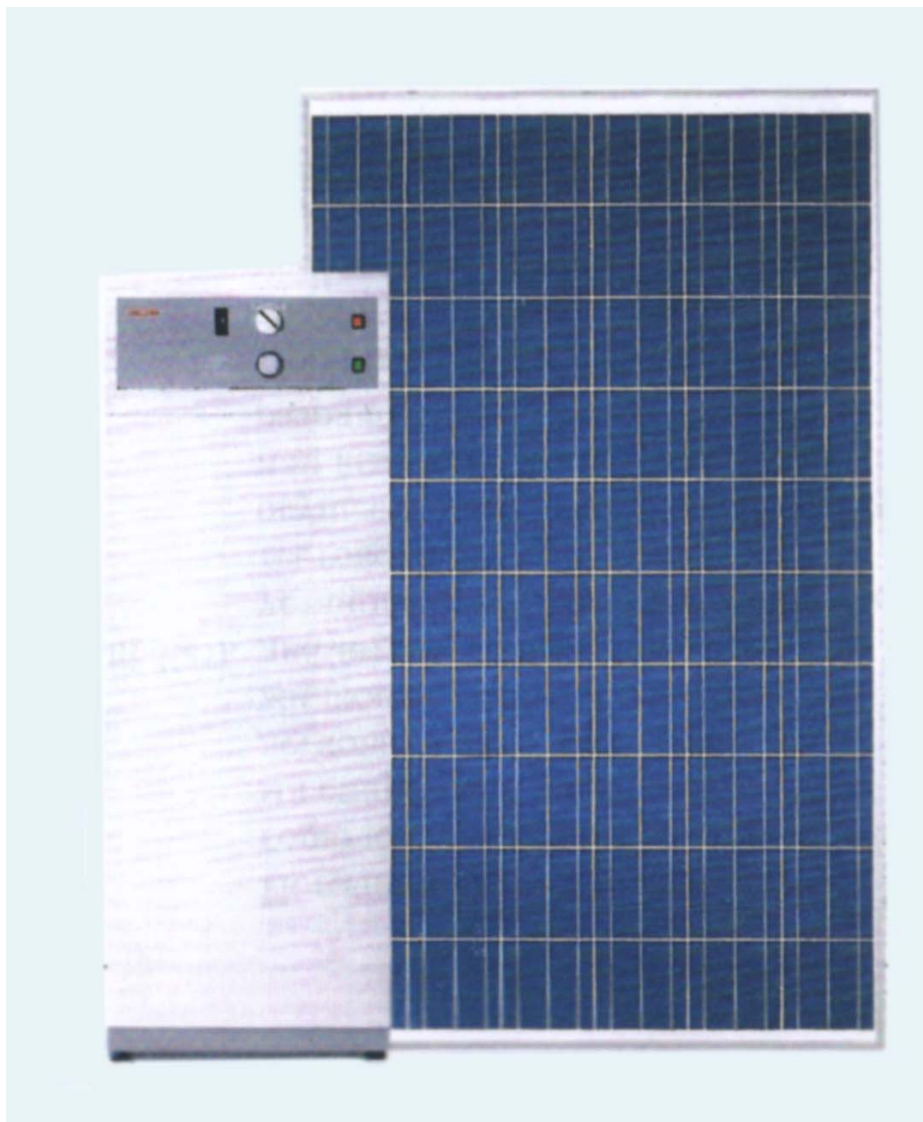
- სათავსი უნდა იყოს ხანძრის თვალსაზრისით უსაფრთხო;
- სათავსის ფართობი და მოცულობა უნდა ეთანადებოდეს თბური ტუმბოს ტექნიკურ მონაცემებს.

56-ე ნახ-ზე 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. 57). მზის ბატარეის მიერ გამოძეულებული 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. 56. ცხელი წყლის თბური ტუმბოს სამშენებლო კონსტრუქციებთან მიბმისა (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 უკუმბილი $\Phi 22$; 8 - ჩამდვრელი ონკანი; 9 - დამცავი სარქველი; 10 - გასასვლელი ონკანი; 11 - მანომეტრის მილყელი; 12 - უკუსარქველი; 13 - საკონტროლო სარქველი; 14 - წნევის დამწვევი სარქველი; 15 - ელექტროსადენების შემყვანი; 16 - საცირკულაციო ტუმბო

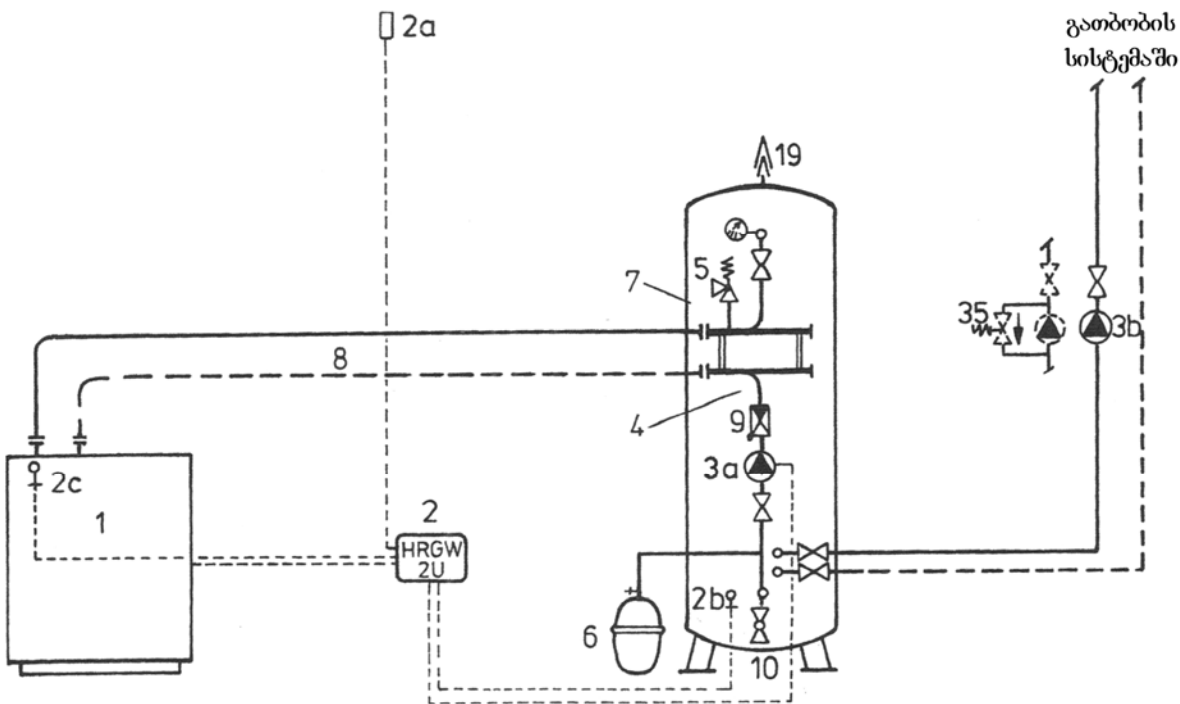
ნახაზებზე წარმოდგენილია გათბობის სისტემებში თბური ტუმბოს ჩართვის ყველაზე უფრო გავრცელებული პრინციპულ-ტექნოლოგიური სქემები.



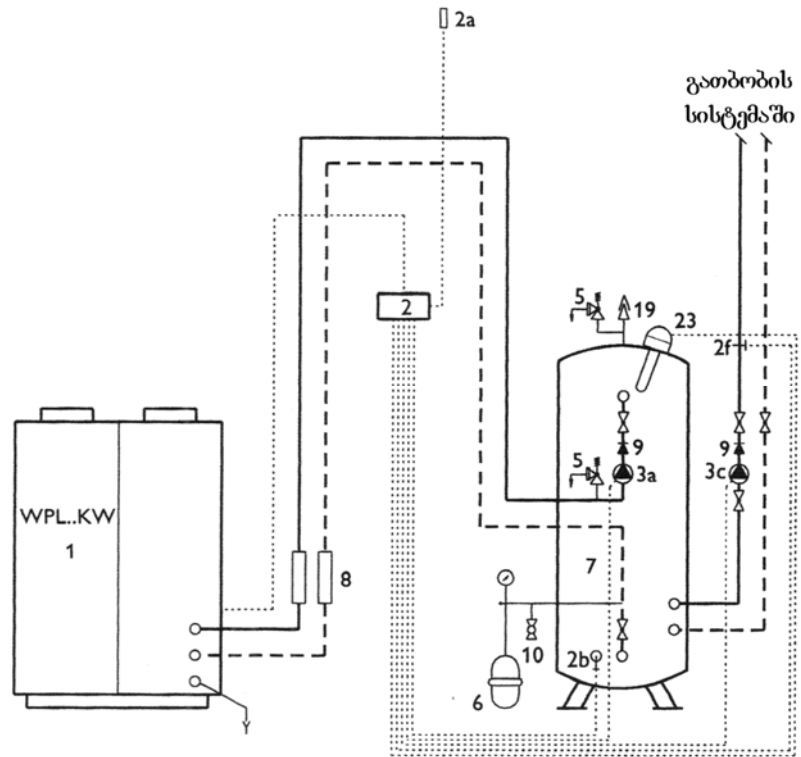
ნახ. 57. ცხელი წყლის თბური ტუმბოს და მზის ბატარეის კომბინაცია

თბური ტუმბოს გათბობის სისტემებში ჩართვის

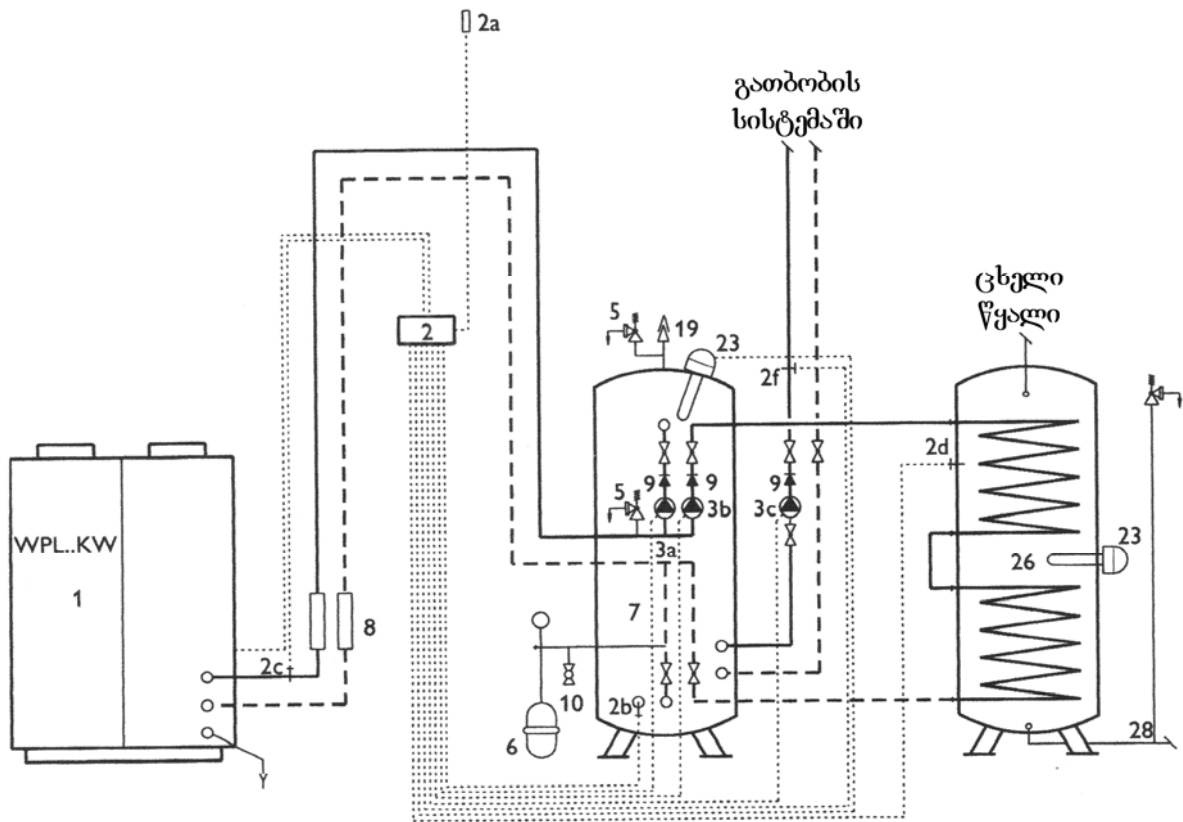
პრინციპულ-ტექნოლოგიური სქემები



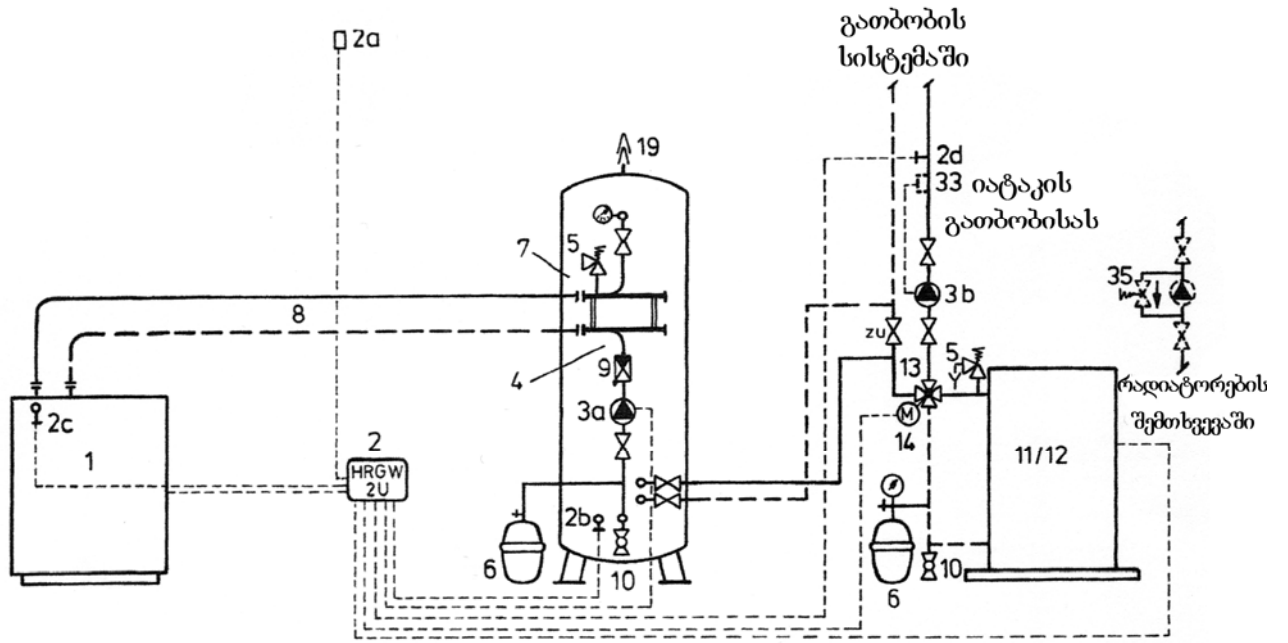
ნახ. 58. თბური ტუმბოს მუშაობის მონოვალენტური რეჟიმი, როდესაც გამოყენებულია ბუფერული დამგროვებელი (მოცულობა)



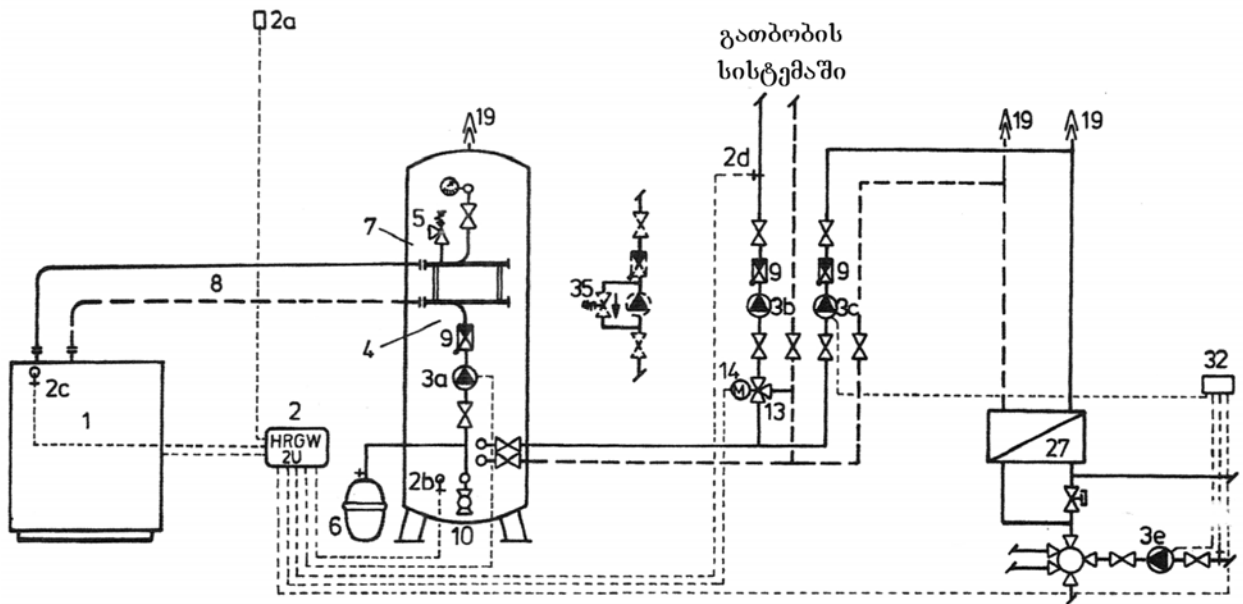
ნახ. 59. თბური ტუმბოს მუშაობის მონოენერგეტიკული რეჟიმი (სითბოს დამატებითი წყაროა ელექტროგამცხელებელი (23))



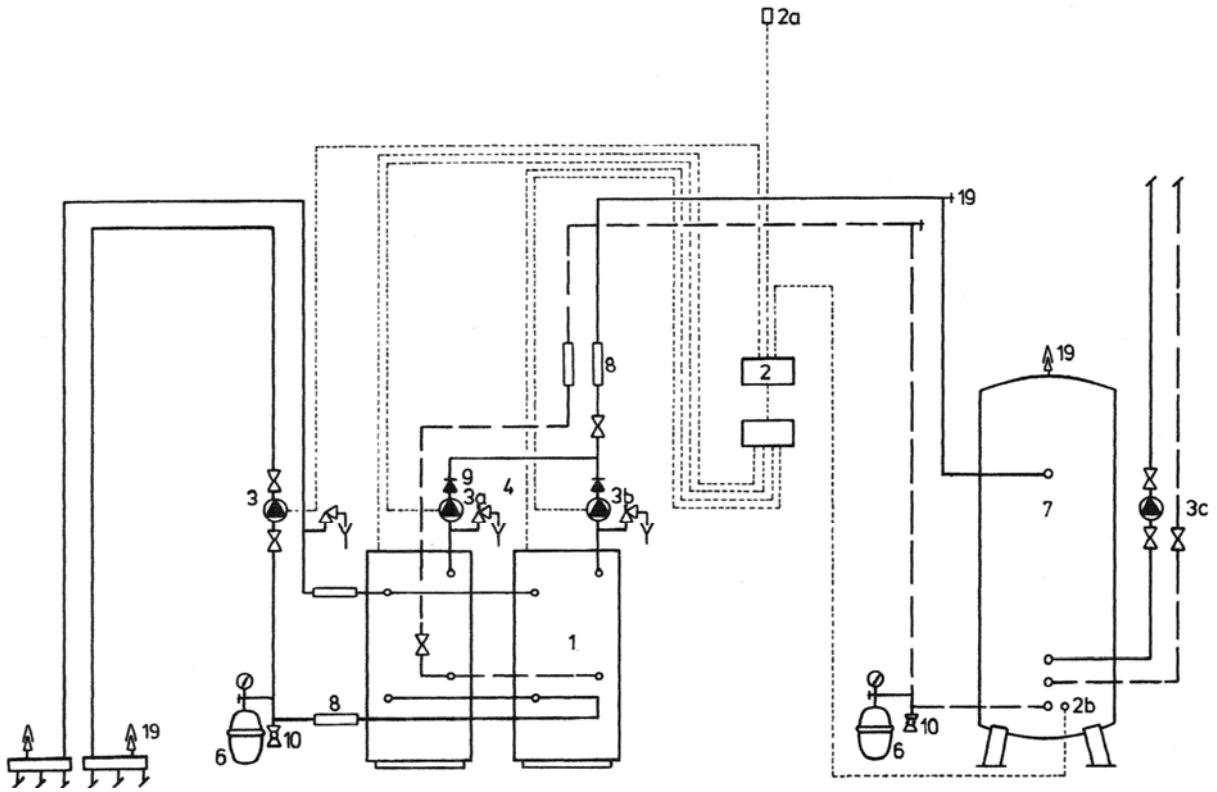
ნახ. 60. თბური ტუმბოს მუშაობის რეჟიმი ცხელი წყლის მომზადებით



ნახ. 61. თბური ტუმბოს მუშაობის ბივალენტური რეჟიმი (სითბოს დამატებითი წყაროა გაზის 11 ან თხევადი საწვავის 12 ქვაბი



ნახ. 62. თბური ტუმბოს მუშაობის რეჟიმი, საცურაო აუზის წყლის შეთბობით



ნახ. 63. 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 - შემაერთებელი შლანგი
- 9 - უკუსარქველი
- 10 - შემვსებ-დამცლელი ონკანი
- 11 - გაზის ქვაბი
- 12 - თხევადი სათბობის ქვაბი
- 13 - შემრევი ვენტილი
- 14 - შემრევი ვენტის 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

31 - დროსელვენტილი

32 - ჩამკეტი შიბერი

33 - ხაზოვანი მარეგულირებელი ვენტილი

34 - ტემპერატურის დიფერენციალური რეგულატორი

35 - ნაკადის მაკონტროლებელი

შინაარსი

წინასიტყვაობა.....	2
ენერგიის არატრადიციული განახლებადი წყეროები	4
მზე და მისი ენერგია	5
მზის გამოსხივების ინტენსიურობა. მზის მუდმივა	5
დედამიწაზე მოხვედრილი გამოსხივება	7
გათბობის ტექნიკაში გამოყენებული მზის დანადგარის ელემენტები	10
მზის კოლექტორის კონსტრუქციები	12
მზის კოლექტორის მქ კოეფიციენტი	16
სტაგნაციის ტემპერატურა და მზის კოლექტორის სიმძრავლე	18
მზის კოლექტორის მწარმოებლობა	19
მზის ენერგიით თბური დატვირთვების ჩანაცვლების წილი	20
მზის სისტემების კლასიფიკაცია	22
მზის სისტემების მუშაობის თავისუბურებები	22
კოლექტორის ტიპის შერჩევა	25
მოცულობითი წყალგამაცხელებელი	28
ბუნებრივი ცირკულაციის მზის სისტემები	32
მზის სისტემების დამატებითი ელემენტები და მათი შერჩევის თავისუბურებები	34
თბური ტუმბო და მისი მუშაობის პრინციპი	41
თბური ტუმბოს სიმძლავრის კოეფიციენტი	42
თბური ენერგიის წყაროები	42
თბური ტუმბოს მუშაობის რეჟიმი	45
თბური ტუმბოს შერჩევა და პარამეტრების განსაზღვრა	47
ჰაერ-წყლის თბური ტუმბოები	48
მარილხსნარ-წყლის თბური ტუმბოები	54
გრუნტის კოლექტორების და ზონდების თბომემცველები	60
წყალი-წყლის თბური ტუმბოები	63
ცხელი წყლის თბური ტუმბოები	69
თბური ტუმბოს გათბობის სისტემებში ჩართვის პრინციპულ-ტექნოლოგიური სქემები	72

რედაქტორი ი. სემიკინა

გადაეცა წარმოებას 21.12.2011. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 25.01.2012. ქალაქის ზომა 60X84 1/8. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 4,75. ტირაჟი 100 ეგზ.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, კოსტავას 77

