

ენერგოეფექტურობის ცენტრი საქართველო

მომზადებულია „ენერგოეფექტურობის
ცენტრი საქართველოს“ მიერ

თბილისი, 0160, დ. გამრეკელის ქუჩა №19,
ოფისი №611, VI სართული
ტელ.: +99532 2242540, 2242541
ფაქსი: +99532 22425402
ელ. ფოსტა: eecgeo@eecgeo.org
ვებ-გვერდი: www.eecgeo.org

თბილისი ტყე



ბროშურა მომზადებულია პროექტის
„განახლებადი ენერგიების და
ენერგოეფექტურობის ახალი პროექტი“
ფარგლებში, რომელიც დაფინანსებულია
BP-სა და მისი პარტიორების მიერ

კონსულტანტი - საქართველოს
ტექნიკური უნივერსიტეტის
პროფესორი, ტექნიკურ მეცნიერებათა
დოქტორი ო.კილურაძე



პროექტი ხორციელდება კავშირ
„ენერგოეფექტურობის ცენტრი
საქართველოს“ მიერ



რევერსული ციკლის თბური ტუმბო არის
ერთადერთი მოწყობილობა, რომელიც საჭიროების
შემთხვევაში როგორც ათბობს, ასევე აგრილებს
სათავსოს. მას აგრეთვე აქვს ცხელი წყლის
მომზადების ფუნქცია.

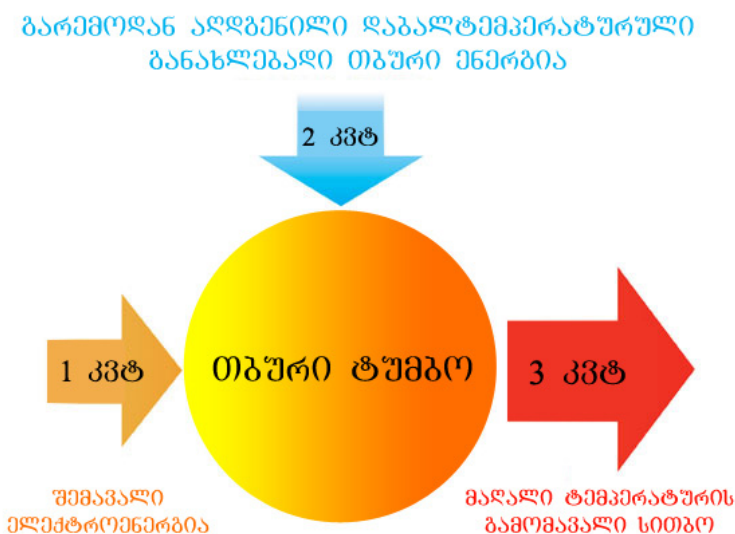
თბური ტუმბო

საერთაშორისო ენერგეტიკული სააგენტოს ინფორმაციით, შენობების სექტორმა 70%-ით უნდა შეამციროს ნახშირორჟანგის ემისიები 2010 წლის დონესთან შედარებით, რათა შეიზღუდოს გლობალური დათბობის ტემპი. ამ შემცირების მიღწევა რთულდება იმით, რომ საცხოვრებელი თუ კომერციული შენობების რაოდენობის ზრდასთან ერთად ენერგიაზე მოთხოვნა იზრდება. აღნიშნული სირთულის დაძლევა შესაძლებელია სუფთა დაბალემისიური ენერგოტექნოლოგიების დანერგვით, რაც, გარდა იმისა, რომ საშუალებას მოგვცემს, დაკმაყოფილდეს მოთხოვნა ენერგიაზე, ამავე დროს შეამცირებს გარემოზე მავნე ზემოქმედებას. ერთ-ერთ ასეთ ტექნოლოგიურ აგრეგატს წარმოადგენს თბური ტუმბო, რომელმაც გამოყენების ფართო სპექტრით (გათბობა, გაგრილება და კონდიცირება) შესაძლებელია მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანოს ნახშირორჟანგის გლობალური ემისიების შემცირებაში.

თბური ტუმბო - არის სამაცივრო ციკლით მომუშავე მოწყობილობა, რომელიც ახდენს გარემოში (გრუნტში, ჰაერში, წყალსატევებში და ა.შ.) არსებული დაბალი პოტენციალის სითბური ენერგიის გარდაქმნას მაღალი პოტენციალის სითბოდ, ამ უკანასკნელის შენობაში გადატუმბვის შემდეგ, შეიძლება გამოყენებული იქნას ჰაერის ან წყლის გასათბობად სასურველ ტემპერატურამდე; ამასთანავე შესაძლებლობას იძლევა შენობაში არსებულ ჭარბი სითბო გადაიტუმბოს გარემოში (ამ შემთხვევაში ადგილი აქვს შენობის ჰაერის გაგრილებას). ამრიგად თბური ტუმბო რევერსიული მანქანაა, რომელსაც შეუძლია როგორც გათბობის, ასევე გაგრილების რეჟიმშიც მუშაობა.

თბური ტუმბო სამაცივრო ციკლის განსახორციელებლად თავად მოიხმარს გარკვეული რაოდენობის ელექტროენერგიას, რომლის შესაბამისი სითბური ენერგიისა და გარემოდან (გრუნტი, ჰაერი,

წყალსატევები და ა.შ.) არინებული მნიშვნელოვნად მეტი თბური ენერგიების ჯამი მოიხმარება მოთხოვნილებისამებრ. ასე მაგალითად, თბური ტუმბოს შესასვლელზე 1 კვტ სიმძლავრის ელექტროენერგიის მიწოდებით მივიღებთ 3 კვტ სიმძლავრის თბურ ენერგიას (იხ. ნახაზი). აგრეგატის ეფექტურობას ახასიათებენ სითბოს გარდაქმნის კოეფიციენტი (COP), რომელიც წარმოადგენს მიღებული თბური ენერგიის ფარდობით მოხმარებული ელექტროენერგიის შესაბამის სითბურ ენერგიასთან. მოყვანილ შემთხვევაში $COP=3$.



ამჟამად თბური ტუმბოების წარმოება და გამოყენება უკვე საკმაოდ კარგად აპრობირებული ბიზნესია განვითარებულ ქვეყნებში.

მთავარი ფაქტები თბური ტუმბოების შესახებ

თბური ტუმბო მოიხმარს გარკვეული რაოდენობის ელექტროენერგიას, იყენებს გარემოში დაგროვებულ მზის ენერგიას და მაღალი ტემპერატურის ენერგიად ტრანსფორმაციის შემდეგ შესაძლებელია მისი გამოიყენება შენობის გასათბობად (გასაგრილებლად) ან ცხელი წყლის მისაღებად.

არსებობს თბური ტუმბოს ოთხი ტიპი:

ჰაერი/ჰაერის ტიპი - იღებს სითბურ ენერგიას გარემომცველი ატმოსფერული ჰაერიდან და გადასცემს შენობაში ჰაერს. ამ ტიპის თბური ტუმბო არ მუშაობს გარემოს დაბალ ტემპერატურებზე და არ აწარმოებს ცხელ წყალს. იგი განიხილება როგორც გათბობის სხვა სისტემების დამატება. რევერსიულ თბურ ტუმბოს შეუძლია მუშაობა გაგრილების რეჟიმშიც - შენობის ჰაერი გააგრილოს თბილი ჰაერის გარემოში გატანით.

ჰაერი/წყალი ტიპის - იღებს ენერგიას გარემომცველი ატმოსფერული ჰაერიდან და გადასცემს მას წყალზე მომუშავე გათბობის სისტემას. თანამედროვე თბური ტუმბოების ზოგიერთი მოდელი მუშაობს მაშინაც კი, როცა გარემოს ტემპერატურა მინუს 20°C-ია. ამ ტიპის თბური ტუმბოს გამყენება შესაძლებელია აგრეთვე ცხელ-წყალმომარაგებისათვის.

გეოთერმული ტიპის (გეოთერმული წყალი, სხვა წყალი/წყალი ტიპის - ენერგიას იღებს დედამიწის წიალიდან, წყალსატევიდან ან მდინარიდან.

გრუნტი/წყალი ტიპის - სითბოს იღებს გრუნტიდან (1,5 მეტრი სიღრმიდან, ან ღრმა ჭაბურღილიდან) და გადასცემს წყალს.

გამოყენებული ჰაერის (exhausted air) ტიპის (ეს ტიპი იგივეა, რაც ჰაერი/ჰაერის) - ხელმეორედ იყენებს ენერგიას (სითბოს), რომელიც ბინიდან გაედინება სავენტილაციო არხებიდან და აბრუნებს მას გათბობის სისტემაში. გამოყენებული ჰაერის თბური ტუმბო შეიძლება გამოყენებულ იქნას ენერგოგადასახადების შესამცირებლად, მაგრამ ვერ იქნება სითბოსა და ცხელი წყლის ძირითადი მიმწოდებელი.

ბელი. ამ შემთხვევაში უფრო მიზანშეწონილია (იაფია) ჰაერის ჩვეულებრივი რეკუპერაციული სისტემის გამოყენება.

თბური ტუმბოები იყენებენ დაახლოებით 1 წილ ელექტროენერგიას გარემოში დაგროვილი 2-3 წილი მზის ენერგიის გამოსათავისუფლებლად.

ყველა მაღალი ხარისხის თბური ტუმბო აღჭურვილია დამატებითი ელექტრული თბური ელემენტით, რომელიც უზრუნველყოფს სანიტარულ-ჰიგიენურ უსაფრთხოების მოთხოვნებს: ელექტრული თბური ელემენტი საჭიროების შემთხვევაში თბური ტუმბოდან გამომავალ წყალს აცხელებს სანიტარულ-ჰიგიენური მოთხოვნების შესაბამის მინიმალურ ტემპერატურამდე, რათა არ დაუშვას ლეგიონელას ბაქტერიების ფორმირება.

მუშაობის ხანგრძლივობა

თბური ტუმბოს ექსპლუატაციის ხანგრძლივობა იცვლება სხვადასხვა ტიპისა და მწარმოებლის მიხედვით, თუმცა ზოგადად, ავტორიტეტული მწარმოებლის მიერ დამზადებული ჰაერი/წყლისა და სითხე/წყლის ტიპის თბური ტუმბო დაახლოებით 20-30 წელს მუშაობს.

თბური ტუმბოს მთავარი უპირატესობაა ქარხნული მზადყოფნის მაღალი მაჩვენებელი, რის გამოც მარტივია მისი მონტაჟი, ხოლო ექსპლუატაცია პრაქტიკულად არ თხოულობს მნიშვნელოვან ჩარევას. კვალიფიციურად დამონტაჟების შემთხვევაში თქვენ შეგიძლიათ თითქმის დაივიწყოთ მისი არსებობა. იგი იმუშავებს ყოველდღიურად, მთელი წლის განმავლობაში და გახდის თქვენს ბინას კომფორტულს.

განახლებადი ენერგია

ევროკავშირის კლასიფიკაციის მიხედვით თბური ტუმბოს გამოყენება ითვლება განახლებადი ენერგიის გამოყენებად, რადგან თბური ტუმბოს საშუალებით აღდგენილი მზის ენერგია 3-4 ჯერ მაინც აჭარბებს ელექტროენერგიას, რომელიც საჭიროა მისი მუშაობისთვის.

ისტორია

თბური ტუმბოების კონცეფცია შემუშავდა ჯერ კიდევ 1852 წელს გამოჩენილი ბრიტანელი ფიზიკოსის და ინჟინრის უილიამ ტომსონის (ლორდ კელვინის) მიერ, შემდგომში კი სრულყოფილ და დეტალიზებული იქნა ავსტრიელი ინჟინრის პეტერ რიტერ ფონ რიტინგერის მიერ. რიტინგერი ითვლება თბური ტუმბოს გამომგონებლად, სწორედ მან დააპროექტა და დაამონტაჟა პირველი თბური ტუმბო 1855 წელს.

თუმცა პრაქტიკული გამოყენება თბურმა ტუმბომ ჰპოვა გაცილებით გვიან, მე-20 საუკუნის 40-იან წლებში, როდესაც ენთუზიასტი გამომგონებელი რობერტ ვებერი ატარებდა ექსპერიმენტებს საყინულე კამერაზე. ერთხელ ვებერი შემთხვევით შეეხო კამერიდან გამომავალ ცხელ მილს და მიხვდა, რომ სითბო უსარგებლოდ იკარგებოდა გარემოში. გამომგონებელმა გადაწყვიტა მოეთავსებინა მილი წყლის გასაცხელებელ ბოილერში. შედეგად ვებერმა უზრუნველყო ოჯახი იმ რაოდენობის ცხელი წყლით, რასაც ისინი ფიზიკურადაც კი ვერ ხარჯავდნენ, ამასთან სითბოს ნაწილი გაცხელებული წყლიდან ხვდებოდა ჰაერში. ამან უზიბგა აზრისკენ, რომ სითბოს ერთი წყაროდან შეიძლება ერთდროულად წყლისა და ჰაერის გათბობა, ამიტომ ვებერმა სრულყო თავისი გამოგონება - ცხელი წყალი გაატარა სპირალში, და მცირე ზომის ვენტილატორის საშუალებით სითბო გავრცელდა მთელ სახლში (შექმნა ეფექტური გათბობის სისტემა).

შემდგომში სწორედ ვებერს მოუვიდა იდეა მიწიდან სითბოს „ამოტუმბვისა“, სადაც წლის განმავლობაში გარკვეულ სიღრმეზე ტემპერატურა პრაქტიკულად მუდმივია. მან მოათავსა გრუნტში სპილენძის მილები, რომლებშიც დუდილის დაბალი ტემპერატურის მქონე სითხე - ფრეონი ცირკულირებდა, დუღდებოდა, ორთქლად იქცეოდა და „აგროვებდა“ სითბოს მიწიდან. ორთქლი სითბოს

გადასცემდა ოთახის ჰაერს ათბობდა (თვითონ კონდენსირდებოდა და ბრუნდებოდა საცირკულაციო სპილენძის მილებში). შემთბარი ჰაერი მოძრაობდა ვენტილატორის დახმარებით და ვრცელდებოდა მთელს სახლში. მომდევნო წელს ვებერმა გაყიდა თავისი ძველი აგურის ღუმელი, როგორც უკვე არასაჭირო ნივთი.

1940-იან წლებში თბური ტუმბო ცნობილი იყო თავისი მაღალი ეფექტურობის გამო, მაგრამ მასზე რეალური მოთხოვნილება გაჩნდა 1970-იან წლებში - არაბული ნავთობის ემბარგოს პერიოდში, როდესაც, ენერგომატარებლებზე მაღალი ფასის გამო, გაჩნდა დიდი ინტერესი ენერგოდაზოგვის კუთხით.

მუშაობის პრინციპი

თბური ტუმბო წარმოადგენს აირკომპრესიულ სამაცივრო დანადგარს, რომელიც შედგება შემდეგი ძირითადი კომპონენტებისაგან:

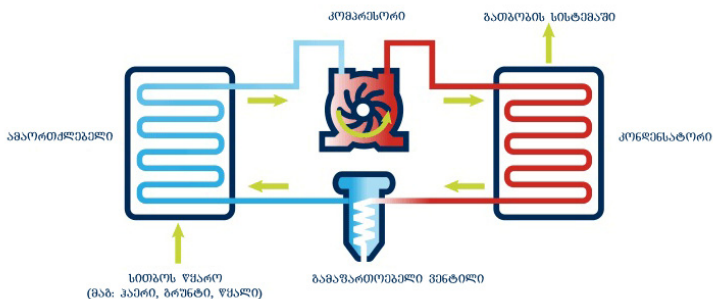
- კომპრესორი;
- კონდენსატორი (თბომცვლელი);
- გამაფართოებელი ვენტილი;
- ამორთქლებელი(თბომცვლელი).

თერმოდინამიკის მეორე კანონის თანახმად, სითბო თავისთავად მეტად ცხელი სხეულიდან თვითდინებით გადადის ნაკლებად ცხელ სხეულზე. იმისთვის, რომ მოხდეს პირიქით, ე.ი. ნაკლებად ცხელი სხეულიდან სითბო გადავიდეს შედარებით უფრო მეტად ცხელ სხეულზე, აუცილებელია დაიხარჯოს გარკვეული ენერგია (ე.ი. შესრულდეს მუშაობა). თბური ტუმბო (ისევე, როგორც ნებისმიერი მაცივარმანქანა) წარმოადგენს სწორედ ისეთ სისტემას, რომელსაც შეუძლია სითბო ნაკლებად ცხელი სხეულიდან (გარედან მუშაობის დახარჯვით) გადაიტანოს მეტად ცხელ სხეულზე.

თბური ტუმბოებო მუშაობს ადიაბატური პრინციპით, რაც გულისხმობს, რომ გაზი შეკუმშვისას ცხელდება, ხოლო გაფართოებისას კი ცივდება.

1. ნარევი, რომელიც არ იყინება (მაგ. წყალი გაზავებული სპირტით ან გლიკოლით) წრედში ცირკულირებისას შთანთქავს გარემოს (ჰაერის, წყლის ან გრუნტის) თბურ ენერგიას;
 2. თბომცვლელში შემთბარი ნარევი ხვდება თბოაგენტს¹, რომელიც ცირკულირებს გამაცივებელ კონტურში. თბოაგენტი ცხელდება და გადადის გაზისებრ მდგომარეობაში;
 3. თბოაგენტის წნევა კომპრესორში იზრდება, რაც აგრეთვე ზრდის მის ტემპერატურას;
 4. აორთქლებისას თბოაგენტი გამოყოფს სითბოს, რომელიც მიეწოდება გათბობის სისტემას;
 5. გაგრილებული თბოაგენტი აგრძელებს ცირკულირებას და გაფართოვებულ სარქველში წნევის და ტემპერატურის დაწევის შედეგად გადადის თხევად მდგომარეობაში (კონდენსირდება).
- გამაცივებელი აგენტის და ნარევის შეერთებისას პროცესი ხელმეორედ იწყება.

¹ თბოაგენტი, ან მაცივარაგენტი - ნივთიერება ან ნარევი, რომელიც გამოიყენება თბურ ტუმბოებში და სამაცივრო ციკლებში. ამ ციკლის სხვადასხვა ფაზაში თბოაგენტი გადადის თხევადი მდგომარეობიდან გაზობრივში და პირიქით, რა დროსაც იგი შთანთქავს ან გამოყოფს სითბოს. თბოაგენტებად იყენებენ ამიაკს, სპირტის წყალხსნარს, გლიკოლს, პროპანს. ფრეონს აღარ იყენებენ გარემოსდაცვითი მოსაზრებების გამო (ოზონის შრის დაზიანება).

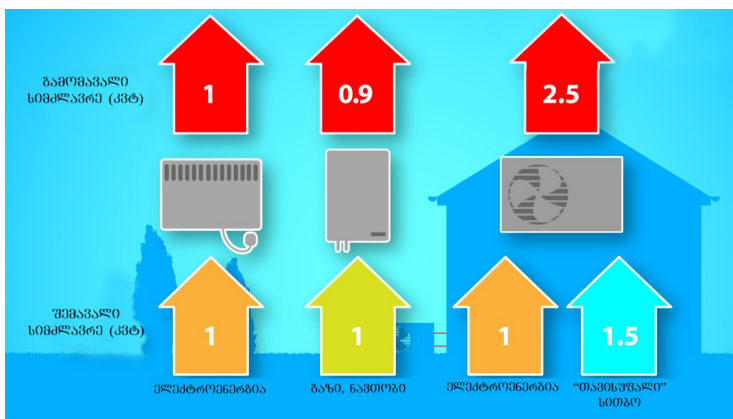


ამ ფაზური გადასვლის მექანიზმით (აორთქლება-კონდენსაციით) ხდება სითბოს წართმევა გარემოსგან და მისი გადაცემა შენობის შიგნით. შეიძლება ითქვას, რომ კომპრესორი მუშაობს არა იმდენად სითბოს გამომუშავებაზე, არამედ უფრო მეტად სითბოს გადატანაზე.

ეფექტურობა

მუშაობის პროცესში სითბოს ცირკულაციისათვის გამოიყენება კომპრესორი, რომელიც მოიხმარს ელექტროენერგიას. გამომუშავებული თბური ენერგიისა და მოხმარებული ელექტროენერგიის შეფარდებას ეწოდება ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი (ან სითბოს გარდაქმნის კოეფიციენტი, ინგლისურად COP - coefficient of performance).

ეს სიდიდე გვიჩვენებს, თუ რა სამუშაო უნდა შეასრულოს თბურმა ტუმბომ გარკვეული რაოდენობის სითბოს „გადასატუმბად“. ეს მაჩვენებელი დამოკიდებულია მრავალ სხვადასხვა ფაქტორზე (თბური ტუმბოს ტიპზე, თბური ენერგიის წყაროს შერჩევაზე, შენობის თბოიზოლაციის პარამეტრებზე, გარემოს ტემპერატურაზე და ა.შ.) და შეიძლება იცვლებოდეს საკმაოდ ფართო დიაპაზონში, 2-დან 5-მდე.



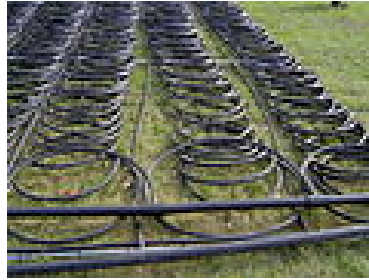
ზემოთ მოყვანილ სურათზე შედარებულია სითბოს მიღების სამი სხვადასხვა ტექნოლოგიის (გათბობა ელექტროენერგიით, გათბობა ორგანული სათბობით, გათბობა ელექტრო და „თავისუფალი“ სითბოს გამოყენებით - თბური ტუმბო) გარდაქმნის კოეფიციენტები. როგორც ხედავთ, თბური ტუმბოს ტექნოლოგიის გამოყენებით გარდაქმნის კოეფიციენტი მნიშვნელოვნად მაღალია სხვა სისტემებთან შედარებით და ტოლია 2.5. „თავისუფალ“ სითბოში იგულისხმება გარემოდან გამონთავისუფლებული თბური ენერგია.

თუ კომპრესორი ხარჯავს 1 კვტ ელექტროენერგიას, ხოლო ამ დროს კი კონდენსატორზე ვიღებთ 4 კვტ სითბოს, ამ შემთხვევაში $COP = 4/1 = 4$.

თბური ტუმბოს ტიპები

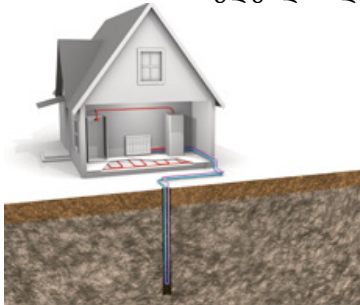
სითბოს ართმევის წყაროს მიხედვით თბური ტუმბოები იყოფიან:

- 1) **გეოთერმული** - გეოთერმული წყლის (იყენებს დედამიწის, მიწისზედა ან მიწისქვეშა გრუნტის წყლების სითბოს) და გრუნტის (იყენებს გრუნტის სითბოს).



ა) ჩაკეტილი ტიპის

- ჰორიზონტალური კოლექტორი განლაგდება რგოლებად ან კლაკნილად ჰორიზონტალურ თხრილებში, გრუნტის გაყინვის სიღრმის ქვემოთ (ჩვეულებრივ, 1,2 მეტრიდან და მეტად). ეს მეთოდი ეკონომიკურად ყველაზე ეფექტურია საცხოვრებელი ობიექტებისთვის (თუმცა მოითხოვს ამართოქლებლის და შესაბამისად მიწის დიდ ფართობს).



- ვერტიკალური კოლექტორი განლაგდება ვერტიკალურად ჭაბურღილში. ეს მეთოდი გამოყენება იმ შემთხვევაში, როცა მიწის ნაკვეთის ფართობი არ იძლევა ჰორიზონტალური განლაგების საშუალებას.
- წყლის კოლექტორი განლაგდება რგოლებად ან კლაკნილად წყალსატევში (ტბაში, მდინარეში, ტბორში), წყლის გაყინვის სიღრმის ქვემოთ. ეს ყველაზე იაფი ვარიანტია, თუ სრულდება მოთხოვნები წყლის მინიმალური სიღრმისა და მოცულობის კუთხით.
- სითბოს უშუალო მიმოცვლით (DX - ინგლ. *direct exchange* – „პირდაპირი მიმოცვლა“)

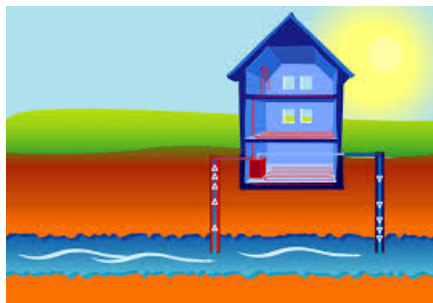
მაცივარაგენტი თბურ ტუმბოს კომპრესორის საშუალებით მიეწოდება სპილენძის მილებით, რომლებიც განლაგებულია:

- ვერტიკალურად 30 მ სიგრძის და 80 მმ დიამეტრის ჭაბურღილებში
- დახრილი კუთხით 15 მ სიგრძის და 80 მმ დიამეტრის ჭაბურღილებში
- ჰორიზონტალურად გრუნტში გაყინვის სიღრმის ქვემოთ

მაცივარაგენტის ცირკულაცია თბური ტუმბოს კომპრესორის საშუალებით და თბოცვლა პირდაპირ სპილენძის მილის კედლებიდან უზრუნველყოფს გეოთერმული გათბობის სისტემის მაღალ ეფექტურობას და საიმედოობას. აღნიშნული ტექნოლოგიის გამოყენება აგრეთვე საშუალებას იძლევა შევამციროთ ჭაბურღილის ბურღვის საერთო სიგრძე, რაც ამცირებს სისტემის ღირებულებას.

ბ) ღია ტიპის

ასეთი სისტემა თბოცვლის სითხედ იყენებს წყალს, რომელიც ცირკულირებს უშუალოდ გეოთერმული თბური ტუმბოს სისტემის გავლით ღია ციკლის ფარგლებში, ანუ წყალი სისტემაში გავლის შემდეგ ბრუნდება მიწაში. ამ ვარიანტის პრაქტიკული რეალიზაცია შესაძლებელია მხოლოდ საკმარისი რაოდენობის შედარებით სუფთა წყლის არსებობის შემთხვევაში.



2) ჰაერის (სითბოს ართმევის წყაროა ჰაერი)

ასეთ ტიპს მიეკუთვნება ჩვენში ფართოდ გავრცელებული გაყოფილი სისტემის კონდიციონერები.



3) იყენებენ **წარმოებულ (მეორად) სითბოს** (მაგალითად, ცენტრალური გათბობის მილსადენის სითბოს). ეს ვარიანტი წარმოადგენს ყველაზე მიზანშეწონილს იმ სამრეწველო ობიექტებისათვის, სადაც არის ნარჩენი (პარაზიტული) სითბოს წყაროები, რომლებიც საჭიროებენ უტილიზაციას.

სამრეწველო მოდელების ტიპები

შემავალ და გამომავალ კონტურებში თბომატარებლის ტიპის მიხედვით თბური ტუმბოები იყოფა რვა ტიპად: „გრუნტი - წყალი“, „წყალი - წყალი“, „ჰაერი - წყალი“, „გრუნტი - ჰაერი“, „წყალი - ჰაერი“, „ჰაერი - ჰაერი“, „ფრეონი - წყალი“, „ფრეონი - ჰაერი“. თბური ტუმბოები შეიძლება იყენებდნენ შენობიდან გამომავალი ჰაერის ნაკადის სითბოს, რომ შეათბონ ჰაერის შემავალი ნაკადი (ამ პროცესს რეკუპერაცია ეწოდება).

რეკუპერატორი (ლათ. *recuperator* — უკან მიმღები, დამბრუნებელი) — ზედაპირული ტიპის თბომცვლელი, გამომავალი გაზების სითბოს გამოყენებისათვის, სადაც სითბოს მიმოცვლა თბომატარებლებს შორის ხდება მუდმივად, მათი გამყოფი კედლის გავლით. (სითბურმა ეფექტმა შეიძლება მიაღწიოს 80%-ს)

უპირატესობა და ნაკლი

თბური ტუმბოს უპირატესობებს პირველ რიგში უნდა მივაკუთვნოთ ეკონომიურობა: გათბობის სისტემაში 1 კვტ.სთ თბური ენერგიის მისაწოდებლად დანადგარი დახარჯავს სულ რაღაც 0,2-0,35 კვტ.სთ ელექტროენერგიას. თბური ენერგიის გარდაქმნა ელექტრო ენერგიად დიდ თბოელექტროსადგურებში ხდება 50%-მდე მ.ქ.კ-ით, თბური ტუმბოების გამოყენებისას ეფექტურობა იზრდება - ტრიგენერაციის (ელექტროენერგიის, სითბოს და სიცივის წარმოება) გამო. მარტივდება მოთხოვნები შენობის ვენტილაციის სისტემების მიმართ და მაღლდება სახანძრო უსაფრთხოების დონე. ყველა სისტემა მუშაობს ჩაკეტილი კონტურების გამოყენებით და პრაქტიკულად არ საჭიროებს საექსპლუატაციო ხარჯებს, მოწყობილობის მუშაობისთვის საჭირო ელექტროენერგიის ღირებულების გარდა.

თბური ტუმბოების კიდევ ერთი უპირატესობაა - შესაძლებლობა, გადავრთოთ ზამთრის გათბობის რეჟიმი ზაფხულის კონდიციონერების რეჟიმზე: უბრალოდ რადიატორების ნაცვლად გარე კოლექტორს უერთდება ფან-კოილები ან სისტემა „ცივი ჭერი“.

ავტომატური მართვა უზრუნველყოფს თბური ტუმბოს მუშაობის საიმედოობას. ექსპლუატაციის პროცესში სისტემა არ საჭიროებს სპეციალურ მომსახურებას, შესაძლო მანიპულაციები აღწერილია შესაბამის ინსტრუქციაში და არ მოითხოვს მომსახურების რაიმე განსაკუთრებულ უნარ-ჩვევებს.

სისტემის მნიშვნელოვანი თავისებურებაა მისი ინდივიდუალურობა თითოეული მომხმარებლისათვის, ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში ოპტიმალურად შეირჩევა დაბალპოტენციური ენერგიის სტაბილური წყარო, გარდაქმნის კოეფიციენტი, უკუგების ვადა და სხვა.

თბური ტუმბო კომპაქტურია (საკმარისად მძლავრი თბური ტუმბოს მოდული არ აღემატება ჩვეულებრივ მაცივარს) და მუშაობისას პრაქტიკულად უხმაუროა.

2012 წლისათვის იაპონიაში მუშაობდა 3,5 მილიონზე მეტი თბური ტუმბოს დანადგარი, შვედეთში დაახლოებით 500,000 სახლი თბება სხვადასხვა ტიპის თბური ტუმბოებით.

გეოთერმული თბური ტუმბოს ნაკლად უნდა ჩაითვალოს მოწყობილობების მაღალი ღირებულება, გარე მიწისქვეშა ან წყალქვეშა თბოცვლის კონტურების მონტაჟის სირთულე და სიძვირე.

ჰაერი/ ჰაერი და ჰაერი/წყალი თბური ტუმბოების ნაკლია შედარებით დაბალი გარდაქმნის კოეფიციენტი, რაც დაკავშირებულია მაცივარაგენტის დუღილის დაბალ ტემპერატურასთან გარე „სა-ჰაერო“ ამორთქლებელში.

ზოგადად თბური ტუმბოების ნაკლია წყლის გათბობისას შედარებით დაბალი ტემპერატურა, არაუმეტეს 50-60 გრადუსისა, ამასთან, რაც უფრო მაღალია გამთბარი წყლის ტემპერატურა, მით ნაკლებია თბური ტუმბოს ეფექტურობა და საიმედოობა (სისტემაში მაცივარაგენტის გაზრდილი -მაღალი წნევის გამო).

პერსპექტივები

თბური ტუმბოს მონტაჟისათვის საჭიროა მაღალი პირველადი ხარჯების გაწევა: ტუმბოსა და სისტემის მონტაჟის ღირებულება შეადგენს 300-1200 დოლარს საჭირო სიმძლავრის 1 კვტ-ზე. თბური ტუმბოს უკუგების ვადა შეადგენს 4-9 წელს, კაპიტალურ რემონტამდე მუშაობის ვადა კი 15-20 წელია.

არსებობს ალტერნატიული შეხედულებაც თბური ტუმბოების გამოყენების ეკონომიურობასა და მიზანშეწონილობაზე. თუ თბური ტუმბოს მონტაჟი ხორციელდება კრედიტით აღებული თანხით, თბური ტუმბოს გამოყენებით მიღებული ეკონომია შეიძლება ნაკლები იყოს კრედიტის გამოყენების ღირებულებაზე. ამიტომ კერძო სექტორში თბური ტუმბოების მასიურ გამოყენებას შეიძლება ველოდოთ, თუ თბური ტუმბოების მოწყობილობების ღირებულება შესადარი იქნება გაზის ქსელთან მიერთებისა და გაზით გათბობის მონტაჟის ხარჯებთან.

კიდევ უფრო პერსპექტიულია სისტემა, სადაც გათბობის ერთიან სისტემაში კომბინირებულია გეოთერმული წყარო და თბური ტუმბო. ამასთან გეოთერმული წყარო შეიძლება იყოს როგორც ბუნებრივი (ზედაპირზე გამომავალი გეოთერმული წყალი), ასევე ხელოვნური წარმოშობის (ჭაბურღილი, ცივი წყლის ღრმა ფენებში ჩატუმბვით და გამთბარი წყლის მიღებით მიწის ზედაპირზე).

თბური ტუმბოს სხვა შესაძლო გამოყენება შეიძლება იყოს მისი კომბინირება ცენტრალური გათბობის არსებულ სისტემასთან. ამ შემთხვევაში მომხმარებელს შეიძლება მიეწოდოს შედარებით გრილი წყალი, რომლის სითბო თბური ტუმბოს მიერ გარდაიქმნება სითბოდ იმ პოტენციალით, რაც საკმარისი იქნება გათბობისათვის. მაგრამ ამასთან, თბომატარებლის ნაკლები ტემპერატურის გამო, დანაკარგები მომხმარებელამდე გზაზე იქნება გაცილებით შემცირებული (თბომატარებელსა და გარემოს შორის ტემპერატურათა სხვაობის შემცირების პროპორციულად). ასევე შემცირდება ცენტრალური გათბობის მიღების ცვეთა, რადგან ცივი წყალი ხასიათდება ნაკლები კოროზიული აქტივობით, ვიდრე ცხელი წყალი.

მაღალეფექტურ შედეგს იძლევა ჰიბრიდული სისტემები - თბური ტუმბოს შეთანწყობა იატაკის გათბობის სისტემასთან, ასევე მზის ცხელი წყლის კოლექტორთან. ორივე შემთხვევაში ტექნოლოგიური პროცესი ხორციელდება თბური ტუმბოს გამოსასვლელზე ოპტიმალური ტემპერატურის პირობებში - შედარებით დაბალი ტემპერატურის ცხელი წყლის გენერაცია.

თბური ტუმბოს გამოყენების სტანდარტული ობიექტები

- საცურაო აუზები
- აგარაკები, კოტეჯები
- ბინები
- სასტუმროები, რესტორნები
- საოფისე-სავაჭრო ცენტრები
- საწარმოო ნაგებობები
- აკვაპარკები
- სკოლები, საბავშვო ბაღები

პრაქტიკული მაგალითები

1. ცენტრალური გათბობის სისტემა ნორვეგიის ქალაქ დრამენში, ოსლოდან დასავლეთით 65 კმ-ის მანძილზე.

თბური ტუმბო დამონტაჟდა 2011 წელს კომპანია Star Refrigeration-ის მიერ ქალაქის ცენტრალურ ნაწილში. სისტემის ჯამური სიმძლავრე შეადგენს 14 მეგავატს. იგი უზრუნველყოფს ქალაქის ცხელი წყლის მოთხოვნილების 85%-ს. დანარჩენი 15% გამოიმუშავდება თბოაგრეგატებით, რომლებიც მუშაობენ ბიომასაზე და ბუნებრივ აირზე. ცენტრალური გათბობის სისტემა კონტროლდება ქალაქის მუნიციპალიტეტის მიერ, რომელიც მოითხოვს, რომ ყველა 1000 კვ.მ და მეტი ფართობის ახალი შენობა მიერთებული იყოს ცენტრალური გათბობის სისტემასთან.



თბური ტუმბო იყენებს ბუნებრივ მაცივარაგენტს - ამიაკის გაზს, რომელსაც აქვს გლობალური დათბობის ნულოვანი პოტენციალი და არ არის სათბურის გაზი. სითბოს წყარო არის ზღვის წყალი ახლომდებარე ფიორდიდან, რომელსაც 18 მ-ის სიღრმეზე აქვს 8-9°C ტემპერატურა და ცივდება დაბალი წნევის თხევადი მაცივარაგენტით. ორთქლის შეკუმშვით გამაცივებელი ციკლის გამოყენებით ცენტრალური წყალსადენი სისტემის წყალი თბება 65°C-დან 90°C-

მდე და გამოიყენება გათბობისა და ცხელი წყლის სისტემებში. სისტემის ეფექტურობის კოეფიციენტი (COP) შეადგენს 3.0, რაც ნიშნავს, რომ 1 ერთეული ელექტროენერგია ზღვის წყლის 2 ერთეულ სითბოსთან კომბინაციაში იძლევა 3 ერთეულ სითბოს ცენტრალური გათბობის წრედში. ჰიდროენერგიიდან მიღებული დაბალფასიანი ელექტროენერგიის შემთხვევაში ეს ბევრად იაფია, ვიდრე გაზზე ან ელექტროენერგიაზე მომუშავე ბოილერის გამოყენება.

2. სლოვენის პატარა საკურორტო ქალაქი ლენდავა მდებარეობს გეოთერმულ ჭაბურღილზე, რომელიც 1500 მ სიღრმიდან ამა-რაგებს ქალაქის ცენტრალური გათბობის ქსელს. 70°C-იანი წყალი გამოიყენება სკოლების, სპორტული ცენტრების, მაღაზიების, კომერციული და საცხოვრებელი შენობების გასათბობად. თუმცა გამოყენებული წყალი ჯერ კიდევ თბილია - დაახლოებით 50°C ტემპერატურის, რაც საკმაოდ გრილია ხელმეორედ გამოსაყენებლად და ზედმეტად თბილია ჭაბურღილში ჩასატუმზად (ან გარემოში დასაღვრელად).

პრობლემის გადაწყვეტა შესთავაზა ახლომდებარე ქალაქ მარიბორის უნივერსიტეტის პროფესორმა დარკო გორიჩანეცმა - მან ურჩია შეექმნათ მაღალი ტემპერატურის თბური ტუმბო, რომელიც შეათბობდა გეოთერმულ 40°-იან წყალს 80°C-მდე, რის შემდეგაც იგი ხელმეორედ გამოდგებოდა შენობების გასათბობად.

ტექნიკური გადაწყვეტილების მნიშვნელოვანი დეტალია მაცივარ-აგენტად ამიაკის არჩევა. იგი არ არის ფეთქებადი, როგორც იზობუტანი, არ აზიანებს ოზონის შრეს, როგორც ფრეონი, და აქვს მაქსიმალური გაციების უნარი კილოგრამ ნივთიერებაზე, რაც ამცირებს დანადგარის ღირებულებას, რადგან ტუმბოს შეუძლია გამოიყენოს უფრო მცირე მოცულობის კომპრესორი. სერბიულმა კომპანია Klima-მ და მისმა შვილობილმა კომპანია ბელგიურმა Mayekawa-მ დააპროექტეს კომპრესორი, რომელმაც აჩვენა ძალიან კარგი შედეგი: ყოველ მოხმარებულ 1 კვტ.სთ ენერგიაზე ტუმბო

აწარმოებდა 6.4 კვტ.სთ სითბოს. პროექტმა მსოფლიო კლასის შედეგი აჩვენა.



მიუხედავად მაღალი ღირებულებისა, თბური ტუმბოს აქვს ინვესტიციების საკმაოდ კარგი უკუგება - 4 წელი, რადგან თბური ტუმბოს მუშაობის (გათბობის და გაგრილების რეჟიმებში) ხანგრძლივობა მაღალია და შეადგენს 1565 საათს წელიწადში.

პროექტის დასრულების შემდგომ პერიოდში, Klima-მ და Mayekawa-მ უკვე დააპროექტეს მსგავსი სისტემები საფრანგეთში და ნორვეგიაში. როგორც ჩანს, ახალი ბაზარი უფრო და უფრო იხსნება.

ფინელი მეცნიერების პროგნოზით, 2020 წლისთვის მათ ქვეყანაში, რომლის

მოსახლეობა 5 მლნ-ს შეადგენს, იმუშავენ 1 მლნ თბური ტუმბო, რომელთა წლიური გამომუშავება იქნება 8-10 ტვტ.სთ.

3. ზღვისპირა კურორტ ციხისძირში მდებარე სასტუმრო კომპლექსი „კასტელი მორე“ რამოდენიმე წლის წინ აშენდა. მის ორ კორპუსს, წინასწარი გათვლებით, ყველანაირი საჭიროებისათვის დასჭირდებოდა 1 მგვტ-მდე ჯამური სითბური ენერგია. კომპანია „ჯეოვატმა“ 2011 წელს დააპროექტა და სასტუმროს კორპუსებში დაამონტაჟა თბური ტუმბოები მაქსიმალური ჯამური სიმძლავრით 250 კვტ. თბური ტუმბოები ენერგიას იღებენ სანაპირო ზოლის სიღრმიდან. როგორც ხედავთ, ამ შემთხვევაში $COP = 4.0$, რაც საკმაოდ მაღალი მაჩვენებელია,



მოგვიანებებით აშენებულ მე-3 კორპუსს ასევე მიეწოდება ენერგია მე-2 კორპუსის თბური ტუმბოებიდან, გარდა ამისა დამატებით დამონტაჟებულია „ჰაერი-წყალი“ ტიპის 4 თბური ტუმბო, თითოეული 18 კვტ სიმძლავრით.



ზაფხულობით თბური ტუმბოებიდან გამოყოფილი სითბო გამოიყენება წყლის გასაცხელებლად, რაც სრულიად აკმაყოფილებს სასტუმროს მოთხოვნილებას ცხელ წყალზე.

წყაროები:

https://en.wikipedia.org/wiki/Heat_pump

https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%BE%D1%81

<http://www.robur.com/technology/heat-pumps-comparison/page-1.html>

<http://energy.gov/energysaver/articles/heat-pump-systems>

<http://garcae.org.ge/%E1%83%97%E1%83%91%E1%83%A3%E1%83%A0%E1%83%98->

[%E1%83%A2%E1%83%A3%E1%83%9B%E1%83%91%E1%83%9D%E1%83%94%E1%83%91%E1%83%98/](http://garcae.org.ge/%E1%83%A2%E1%83%A3%E1%83%9B%E1%83%91%E1%83%9D%E1%83%94%E1%83%91%E1%83%98/) - რ/კ „საქართველოს სამაცივრო და კრიოგენული ტექნიკისა და ჰაერის კონდიციონერების ინჟინერთა ასოციაცია“

<http://hitech-villa.ge/efficiencie-energy/>

მ. გრძელიშვილი, ო. გიორგობიანი, „არატრადიციული განახლებადი ენერგიით გათბობა“, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, 2012.

http://en.wikipedia.org/wiki/Drammen_Heat_Pump

<http://www.bbc.com/news/business-31506073>

http://www.eurekanetwork.org/showsuccessstory?p_r_p_564233524_articleId=362473&p_r_p_564233524_groupId=10137

http://www.robur.com/technology/technical_dossiers/heat_pumps_comparison_basic_principles