საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია

ქართული ენციკლოპედიის ი. აბაშიძის სახელობის მთავარი სამეცნიერო რედაქცია

თბოენერგეტიკა

თბოელექტროცენტრალი მოსკოვში (რუსეთი)

თბოენერგეტიკა, ენერგეტიკის დარგი, რომლის ამოცანაა თბური ენერგიის გარდაქმნა მექანიკურ ან ელექტრულ ენერგიად.

თბოელექტროსადგური (გარდაბანი)

მექან. ენერგია მიიღება თბომექანიკურ დანადგარებში (თმდ), ელექტრული ენერგია კი – მექან. ენერგიის შემდგომი გარდაქმნისას ელექტრული გენერატორების დახმარებით ან ისეთი დანადგარებით, რ-ებიც თბურ ენერგიას უშუალოდ გარდაქმნის ელექტრულ ენერგიად (მაგნიტოჰიდროდინამიკური გენერატორები, თერმოელექტრული გენერატორები, ენერგიის თერმოემისიური გარდამქმნელები).

სხვადასხვა სახის ენერგიის თბურ და მექან. ენერგიად გარდაქმნის კანონებს, ამ გარდაქმნებში მონაწილე ნივთიერებების თვისებებს, სხვადასხვა ტიპის სითბური დანადგარების, მანქანების, აპარატებისა და მოწყობილობების კონსტრუქციებს, მათი მუშაობის, გაანგარიშების, დაპროექტების, დამონტაჟების, გამართვისა და ექსპლუატაციის პრინციპებს, ასევე სხვადასხვა სახის ტექნოლოგიურ პროცესებში თბური ენერგიის გამოყენების საკითხებს შეისწავლის **თბოტექნიკა**.

თ-ის დანადგარების კლასიფიკაციას საფუძვლად უდევს ენერგორესურსების სახე. თ ბ ო ე ლ ე ქ ტ რ ო სადგური (თეს) თ-ის დანადგარების ყველაზე გავრცელებული ტიპია, რ-იც იყენებს ორგ. სათბობის (ქვანახშირის, ნედლი ნავთობის, ბუნებრივი აირის, ბიოსაწვავის) წვის შედეგად გამოყოფილ თბურ ენერგიას. თესებში გამომუშავდება მსოფლიოში წარ-მოებული ელექტროენერგიის 80 %-მდე. ისინი აიგება ორთქლტურბინული და აირტურბინული დანადგარებით. ო რ თ ქ ლ ტ უ რ ბ ი ნ უ ლ ი ე ლ ე ქ ტ რ ო ს ა დ გ უ რ ი - ძირითადად შედგება ქვაბ-აგრეგატისა და ორთქლის ტურბინისაგან. დიდ ქალაქებში უმეტესად აგებენ კოგენერაციულ ელექტროსადგურებს – თბოელექტროცენტრალებს (თეცებს), ხოლო იმ რეგიონებში, სადაც სათბობი იაფია – კონდენსაციურ ელექტროსადგურებს. კოგენერაციული ელექტროსადგური ელექტრულ ენერგიასთან ერთად გამოიმუშავებს და მომხმარებელს აწვდის თბურ ენერგიასაც. ა ი რ ტ უ რ ბ ი ნ უ ლ ი ელექტროსადგური აირტურბინული ძრავაა. ასეთ ელექტროსადგურებს იყენებენ მაგისტრალური აირსადენების ენერგომომარაგებისათვის და პიკის საათებში დატვირთვის დასაფარავად, აგრეთვე – როგორც აირტურბინულ ბლოკთეცებს. ძალზე პერსპექტიულია მთელ მსოფლიოში უკვე ფართოდ გავრცელებული ელექტროსადგურები კომბინირებულ ორთქლაირული დანადგარებით. მათ ახასიათებს მაღალი ეკონომიურობა და კარგი ეკოლ. პარამეტრები. სათბობის მიერ გამოყოფილი სითბოს გამოყენების კოეფიციენტი ასეთ სადგურებში ძალზე მაღალია და შეადგენს 85–90 %, ხოლო გამომუშავებულ ელექტროენერგიაზე პ ი რ ო ბ ი თ ი ს ა წ ვ ა ვ ი ს კუთრი ხარჯი მინიმალურია [~ 200 კგ /(მეგვტ•სთ); საუკეთესო თბოელექტროსადგურებისთვის იგივე მაჩვენებელი 1,5-ჯერ უარესია – ~ 300 კგ / (მეგვტ•სთ); გარდაბნის თეს-ზე – ~ 400 კგ /(მეგვტ•სთ)].

ატომური ელექტროსადგურები (აეს) XX ს. 50-იანი წლებიდან განვითარდა. პირველი ატომური ელექტროსადგური აიგო 1954 ქ. ობნინსკში (კალუგის ოლქი, სსრკ, სიმძლავრე 5 მეგვტ). ატომურ ელექტროსადგურებში ენერგეტ. რესურსს წარმოადგენს ე.წ. „ბირთვული სათბობი”. მძიმე ქიმ. ელემენტების – ურანის, პლუტონიუმის და სხვ. იზოტოპების ატომბირთვების დაყოფის მართვადი ჯაჭვური რეაქციის შედეგად გამოყოფილი დიდი ოდენობის სითბო ორთქლტურბინული დანადგარის საშუალებით ელექტროენერგიად გარდაიქმნება. აესები გამოიმუშავებს მსოფლიოში წარმოებული ელექტროენერგიის დაახლოებით 3 %. ამასთან, ზოგიერთ ქვეყანაში თ-ის საფუძველს სწორედ აესები წარმოადგენს (საფრანგეთი – 78%-ზე მეტი; ბელგია, სლოვაკეთი – 50 %-ზე მეტი, უკრაინა – 50 %მდე, სომხეთი, შვედეთი – 40 %-მდე და სხვ.). მსოფლიოში უმძლავრესი აეს კასივაძაკი-კარივა (იაპონია, 8212 მეგვტ) მოქმედებს 1997- იდან (დაზიანდა 2007 მიწისძვრის შედეგად, აღდგენილია 2010; 2011 უძლიერესი მიწისძვრის დროს არ დაზიანებულა). მიმდინარეობს 500 მეგვტ სიმძლავრის თ ე რ მ ო ბ ი რ თ ვ უ ლ ი რეაქტორის მშენებლობა (საერთაშ. პროექტი ITER, ბირთვული ენერგეტ. კვლ. ცენტრი „კადარაში” მარსელის სიახლოვეს, საფრანგეთი), რ-იც 2020 უნდა ამოქმედდეს. ასეთ დანადგარებზე ენერგიის გამოყოფა ხდება წყალბადის იზოტოპების (დეიტერიუმი, ტრიტიუმი) მართვადი თერმობირთვული სინთეზის შედეგად. ბირთვული თბოენერგეტიკული ციკლი, რ-იც მოიცავს „ბირთვული სათბობის” წარმოების ყველა

სტადიას, ასევე მის გადამუშავებას გამოყენების შემდეგ, შენახვასა და მაღალრადიოაქტიური ნარჩენების დასამარებას, საფრთხეს უქმნის ადამიანის ჯანმრთელობას ძირითადად მადნის მოპოვებისა და გამდიდრების სტადიაზე, აგრეთვე შესაძლო ავარიების შედეგად. აესების სამრეწვ. ექსპლუატაციის დაწყებიდან მოხდა რამდენიმე მსხვილი ავარია (თრიმაილ-აილენდი, პენსილვანია, აშშ, 1979; ჩერნობილი, უკრაინა, სსრკ, 1986; ფუკუსიმა, იაპონია, 2011), რ-ებმაც გარემოს რადიოაქტიური დაბინძურება გამოიწვია. არ არის გადაჭრილი ექსპლუატაციიდან გამოყვანილი აესების კონსერვაციის პრობლემები.

გეოთერმული ელექტრო ს ა დ გ უ რ ე ბ ი (გეოესი) იყენებს დედამიწის ღრმა ფენებში ბუნებრივად წარმოქმნილ თბურ ენერგიას – გეოთერმულ ენერგიას. 7–10 კმ და მეტ სიღრმეზე მშრალი, გახურებული კლდოვანი ქანების ტემპ-რა აჭარბებს 350 °C. ამ თბური ენერგიის (პ ე ტ რ ო ე ნ ე რ გ ი ი ს) მარაგი, შეფასებებით, ათ მილიონჯერ აჭარბებს დედამიწაზე ორგ. საწვავის ენერგიის სრულ მარაგს (პირობითი საწვავის $4 \cdot 10^{12}$ ტ). ტექტონიკურად აქტ. რეგიონებში გეოთერმული ენერგია ამოაქვს მიწისქვეშა თერმულ წყლებს და ორთქლს, რ-იც ამოდის ზედაპირზე ბუნებრივი ბზარებით, ზოგჯერ გეიზერების სახით (ჰიდროთერმული ენერგია). პეტროენერგიის ზედაპირზე ამოსატანად ბურღავენ ორ ღრმა ჭაბურღილს, ამათგან ერთში მაღალი წნევით ჩატუმბავენ წყალს, ხოლო მეორიდან ზედაპირზე ამოსული გადახურებული ორთქლის თბურ ენერგიას გარდაქმნიან ელექტროენერგიად ჩვეულებრივი ორთქლტურბინული ციკლის განხორციელების გზით. მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში, მ.შ. საქართველოში, ზედაპირზე ამოსული ცხელი წყლის ენერგია უშუალოდ გამოიყენება შენობა-ნაგებობების გასათბობად, სოფლის მეურნეობაში, სამკურნ. მიზნებით, წარმოებაში და სხვ. პირველი გეოესი სიმძლავრით 7,5 მეგვტ ააგეს იტალიაში 1916. ამჟამად გეოესები მოქმედებს მსოფლიოს 30-მდე ქვეყანაში (2012 სრულმა სიმძლავრემ მიაღწია 15 000 მეგვტ). მძლავრი გეოესები აგებულია ასევე აშშ-ში (კომპლექსი „გეიზერები” კალიფორნიაში, სიმძლავრე 1500 მეგვტ), ფილიპინებზე. ისლანდიაში ელექტროენერგიის 30 %-მდე გამომუშავებულია გეოესებზე. თერმული წყლების დიდი მარაგია ჩრდილოეთ კავკასიაში და ამიერკავკასიაში. ჰიდროთერმული ენერგიის ფართო გამოყენებას ზღუდავს შესაძლო ეკოლ. საფრთხეები: გრუნტის ლოკალური ჩაწოლა, სეისმური აქტივობის ლოკალური გაძლიერება, თერმულ წყლებში ტოქსიკური და რადიოაქტიური მინარევებისა და მარილების მაღალი შემცველობა. გეოესების მშენებლობისას პირველადი კაპიტალდაბანდებები აღემატება თესების მშენებლობის ღირებულებას.

მზის (ჰელიო) ელექტრო ს ა დ გ უ რ ე ბ ი იყენებს მზის გამოსხივების ენერგიას. ასეთ სადგურებზე მზის გამოსხივება სპეც. ამრეკლავების – ჰელიოსტატების – სისტემის საშუალებით კონცენტრირდება წყლიან რეზერვუარზე, რ-იც ამ გამოსხივების შთანთქმის შედეგად ცხელდება 700 °C-მდე. წარმოქმნილი ორთქლის თბურ ენერგიას იყენებენ ისევე, როგორც სხვა თეს-ებში. ჰელიოსტატი წარმოადგენს რამდენიმე m^2 ფართობის მქონე სარკეს. სპეც. მოწყობილობა მართავს სარკის ორიენტაციას სივრცეში ისე, რომ ცაზე მზის

ნებისმიერი მდებარეობისას ჰელიოსტატიდან არეკლილი გამოსხივება ეცემოდეს შთამნთქმელ რეზერვუარს. ჰელიოსტატების სამართავად იხარჯება ჰელიოესის მიერ გამომუშავებული ენერგიის მნიშვნელოვანი ნაწილი. მსოფლიოში უმძლავრესი ჰელიოესების სიმძლავრე 200 მეგვტ აჭარბებს. 2020-ისთვის ევროკავშირის ქვეყნებში იგეგმება 26 300 მეგვტ სიმძლავრის ჰელიოესების აგება. ჰელიოესების ფართო გამოყენების ეკოლ. შეზღუდვები დაკავშირებულია ამრეკლავებითა და გამოსხივების - კონცენტრატორებით მიწის დიდი ფართობების დაფარვის აუცილებლობასთან (პირდაპირი ეკოლ. შეზღუდვები), ასევე ამრეკლავების დასამზადებლად საჭირო მასალების მოპოვების ეტაპზე გარემოსათვის მიყენებულ ზიანთან (არაპირდაპირი ეკოლ. შეზღუდვები).

სადგურები მაგნიტოჰიდროდინამიკური გენერატორებით (მჰდგ) თბურ ენერგიას უშუალოდ ელექტროენერგიად გარდაქმნის. ასეთი სადგურების მუშაობის პრინციპი იმაში მდგომარეობს, რომ ე.წ. დაბალტემპერატურული პლაზმა (ცხელი იონიზებული აირი) დიდი სიჩქარით გადაკვეთს მაგნიტურ ველს და გენერატორში აღიგზნება მუდმივი ელექტრომამოძრავებელი ძალა (ემძ), რ-იც შემდეგ ცვლად ემძ-დ გარდაიქმნება. მჰდგ-ის მუშაობის ბოლო ეტაპზე, გაცივებული აირების სითბოს გამოყენების მიზნით, ჩვეულებრივ ორთქლ- ან აირტურბინულ დანადგარს იყენებენ. ასეთ სადგურების მქკ მაღალია (50 – 60 %), რის გამოც მათ დიდი პერსპექტივა აქვთ.

დიზელ - ელექტროსად გ უ რ ე ბ ი ს თმდ-ია დიზელის ძრავა, რ-იც აბრუნებს გენერატორს. ასეთი ელექტროსადგურები ელექტროენერგიით ამარაგებს ელექტროგადაცემის ხაზებიდან დაშორებულ რაიონებს.

საავტომობილო ტრანსპორტზე თმდ-ებად იყენებენ შიგაწვის ძრავას, წყლის ტრანსპორტზე – ორთქლ და აირტურბინულ დანადგარებს, ხოლო ავიაციაში – შიგაწვის ძრავას (საჰაერო ხრახნის საბრუნებლად), ტურბოხრახნულ ძრავას და რეაქტიულ ძრავას. სპეც. დანიშნულების მცირე ენერგეტიკულ დანადგარებში (მაგ., ელექტროენერგიის წყაროებში ავტონომიურ კოსმ. მოწყობილობებზე) იყენებენ სითბური ენერგიის უშუალოდ ელექტროენერგიად გარდამქმნელ თერმოელექტრულ და თერმოემისიურ გენერატორებს, მათ შორის – რადიოაქტიურ იზოტოპებზე მომუშავეს, რ-ებმაც მაღალი ღირებულებისა და დაბალი მქკ-ის (რამდენიმე პროცენტი) გამო ვერ პოვა ფართო გავრცელება.

თ-ის ყველა მიმართულებისათვის საერთო ეკოლ. შეზღუდვები დაკავშირებულია, პირველ რიგში, გარემოს სითბური დაბინძურების პრობლემასთან, რაც განპირობებულია თმდ-ებში მაცივრის გამოყენების აუცილებლობით. მეორე სერიოზული ეკოლ. საფრთხეა სათბურის აირების (CO_2 , წყლის ორთქლი H_2O და სხვ.) ატმოსფეროში ამოფრქვევა როგორც საწვავის წვის ეტაპზე, ასევე მაცივრისათვის ნარჩენი სითბოს გადაცემის ეტაპზე. მესამე საფრთხე – ტოქსიკური, მათ შორის რადიოაქტიური ნივთიერებების წარმოქმნა ან ზედაპირზე ამოტანა და ამ ნივთიერებების გაუვნებელყოფისა და უსაფრთხოდ დამარხვის

აუცილებლობა. მეოთხე საფრთხე – ავარიების შესაძლებლობა და გარემოსათვის ამის შედეგად მიყენებული ზიანის მასშტაბები.

ს ა ქ ა რ თ ვ ე ლ ო შ ი თ-ის საფუძველს თესები წარმოადგენს. თ-ის განვითარება იწყება XIX ს. დასასრულს. 1887 ქართ. დრამ. თეატრის გასანათებლად თბილისში პირველად დააყენეს თბური ძრავები ელექტროენერგიის გამოსამუშავებლად. ამ საქმის ინიციატორი და სულისჩამდგმელი იყო ი. ჭავჭავაძე. 1913 ბოლოსთვის საქართველოში მოქმედებდა რამდენიმე ათეული თბოძრავიანი ელექტროსადგური, რ-თა ჯამური სიმძლავრე შეადგენდა 9 მეგვტ, ხოლო წლიური გამომუშავება – თითქმის 216 მეგვტ·სთ. 1938 ჩაირთო ტყვარჩელის თესის პირველი აგრეგატები და თბილ. თესი. 1939 მწყობრში ჩადგა თბილ. თეცი, ხოლო 1946 – რუსთავის თეცი. 1963 ამოქმედდა თბილსრესის პირველი ბლოკი (150 მეგვტ, ამჟამად დემონტაჟებულია). 1972, მერვე ბლოკის გაშვების შემდეგ, თბილსრესის ჯამურმა სიმძლავრემ 1 250 მეგვტ მიაღწია. 1974 დამონტაჟდა თბური ტუმბო სამტრედიის ჩაის ფაბრიკაში (ვ. გომელაური, ო. ვეზირიშვილი). 2006 ექსპლუატაციაში შევიდა გარდაბნის აირტურბინული ეს (110 მეგვტ), რ-იც 2010 ბოლოს შეიძინა კომპანია „ჯი ფაუერმა”. დაგეგმილია ნახშირზე მომუშავე თესების აშენება გარდაბანში (ტყიბულის ქვანახშირზე, 160 მეგვტ) და ახალციხეში (ახალციხის მურა ნახშირზე, 200 მეგვტ-მდე).

ექსპერტთა შეფასებებით, საქართველოს ესაჭიროება 1 700 –2 000 მეგვტ თბური სიმძლავრე. საქართვ. ტერიტორიაზე მნიშვნელოვანი ოდენობით მოიპოვება ორგ. საწვავი (ქვანახშირი, ტორფი, ნავთობი, თანამდევი ბუნებრივი აირი), თერმული წყლები, კარგი პერსპექტივები აქვს მზის ენერგიისა და ბიომასის ენერგიის, კერძოდ, ბიოგაზის გამოყენებას. საქართველოში ცნობილია თერმული წყლების რამდენიმე ასეული გამოსავალი, რ-თა საპროგნოზო დებეტი, შეფასებებით, წლიურად პირობითი საწვავის 1,5 –2 მლნ. ტ ეკვივალენტურია. თერმული წყლების ენერგია გამოიყენებოდა კომუნ. მეურნეობაში (თბილისი, ზუგდიდი, საბერიო, რეჩხი, კინდღა), სასათბურე მეურნეობებში, ჩაის მრეწველობაში, სამკურნ. მიზნებით (თბილისი, სამტრედია, მენჯი, უჯარმა, ყვარელი) და სხვ. ამასთან, ჰიდროთერმული ენერგიის გამოყენება საქართველოში ხასიათდება დაბალი ეფექტურობით (30 –35 %) და გარემოსთვის მიყენებული ეკოლ. ზიანის მაღალი დონით (ქიმიურად აქტიური და მაღალი კონცენტრაციის მინარევების შემცველი თერმული წყლის მიწის ზედაპირზე დაღვრა იწვევს გარემოს თბურ და ქიმ. დაბინძურებას).

საქართველოში 250 დღე წელიწადში მზიანია, რაც მზის ენერგიის გამოყენების კარგ პირობას წარმოადგენს. 1980-იდან „საქჰელიოსპეცტექმონტაჟი” ახორციელებს მზის თბომომარაგების სისტემების დამზადების, მონტაჟისა და გამართვის სამუშაოებს. მუშავდება მზის ენერგიის აკუმულირების მეთოდები, კერძოდ, წყალბადის მიღების გზით, ასევე, თერმოელექტრული და თერმოემისიური გენერატორები. დამუშავებულია “მზის სოფლის” აშენების პროექტი (ასპინძა).

თ-ის თეორ. და პრაქტ. პრობლემებზე მუშაობა მიმდინარეობს სტუ-ში, სტუ-ის ფ. თავაძის მეტალურგიის ინ-ტში, გ. წულუკიძის სამთო ინ-ტში. თ-ის განვითარებაში დიდი წვლილი აქვთ შეტანილი ი. გვერდწითელს (სსრკ სახელმწ. პრემია, 1974, სხვებთან ერთად, ბირთვული ენერგეტიკა), ბ. ბუკიას, ლ. გვარჯალაძეს, ვ. გომელაურს, ვ. დევიძეს, ლ. კობახიძეს, ა. კოტიას, ა. ტერ-ხაჩატუროვს, უ. ცქვიტინიძეს, დ. ჩხეიძეს და სხვ. მზის ენერგეტიკის თანამედროვე პრობლემები მუშავდება ნ. კეკელიძის, ნ. მელაძის, რ. ჩიქოვანის ხელმძღვანელობით. ექსპლუატაციიდან გამოყვანილი ბირთვული რეაქტორების დაკონსერვების სქემას, რ-იც დამუშავდა და გამოყენებულ იქნა მცხეთის კვლევით ბირთვულ რეაქტორზე (შ. აბრამიძე, ნ. ქათამაძე), ატომური ენერგიის საერთაშ. სააგენტომ რეკომენდაცია გაუწია, როგორც სანიმუშოს.

ლიტ.: ა რ ა ბ ი ძ ე გ., ა ხ ა ლ ა ი ა გ., საქვაბე დანადგარები, თბ., 2000; ლ ო მ ი ნ ა ძ ე შ., ყ ი ფ შ ი ძ ე მ., ჩ ი ტ ა შ ვ ი ლ ი გ., ენერგეტიკული დანადგარები, თბ., 1987; მ უ ხ ი გ უ ლ ა შ ვ ი ლ ი გ., მ ა რ გ ვ ე ლ ა შ ვ ი ლ ი მ., კონკურენცია და მონოპოლია შიგა ენერგეტიკულ ბაზრებზე. მსოფლიო გამოცდილება საქართველოსთვის, თბ., 2012; ყ ი ფ შ ი ძ ე მ., ჯ ი შ კ ა რ ი ა ნ ი თ., ჯ ა ხ უ ტ ა შ ვ ი ლ ი თ., მზის ენერგიის რესურსები და მათი გამოყენების პერსპექტივები სხივური ენერგიის თბური გარდამქმნელების საშუალებით, თბ., 1998; ჩ ი ტ ა შ ვ ი ლ ი გ., გ ო ც ი რ ი ძ ე დ., აირტურბინული თეცების ენერგოეფექტურობის გამოკვლევა პროპორციული მეთოდით, «ენერგია», 2003; Р ы ж к и н В. Я., Тепловые электрические станции, М., 1987;diT, «energia», 2003; Р ы ж к и н В.Я., Тепловые электрические станции, М., 1987; Working Group Report on Transparency in EU Retail Energy Markets, 2012.

გ. არაბიძე

ი. ლომიძე