

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მ. ყიფშიძე, რ. არველაძე,
თ. ჯიშკარიანი, გ. არაბიძე

მყარი სათბობის წვის პროგრესული
ტექნოლოგიები და ენერგეტიკის
განვითარების პერსპექტივები საქართველოში



დამტკიცებულია სტუ-ს
სარედაქციო-საგამომცემლო
საბჭოს მიერ

თბილისი
2007

განხილულია საქართველოს სათბობო-ენერგეტიკული კომპლექსის კრიზისული მდგომარეობა და მყარი სათბობის გამოყენების გრძელვადიანი სტრატეგია. წარმოდგენილია ფართო ინფორმაცია საქართველოში ნახშირების დადგენილი წიაღისეული მარაგებისა და მათი პროგნოზული რესურსების შესახებ. ნაჩვენებია ნახშირების მოპოვების დინამიკა და მათი გამოყენების სფეროები. შესწავლილია ქვეყნის საბადოებში მოპოვებული ნახშირების ეკოლოგიურად და ეკონომიკურად გამართლებული გამოყენების პერსპექტივები. ჩატარებულია თბოელექტროსადგურების ენერგოეფექტურობის ამაღლების შესაძლებლობათა ანალიზი. გაანალიზებულია ტყიბულის ნახშირზე მომუშავე ეკოლოგიურად სუფთა თბოელექტროსადგურის გარემოსთან ურთიერთქმედების პრობლემები. გამოთქმულია აზრი, რომ საქართველოში ნახშირის მრეწველობის ღრმა კრიზისიდან გამოყვანისა და მისი შემდგომი აღორძინების საკითხი უშუალოდაა დაკავშირებული ჩვენი ქვეყნის ენერგეტიკაში ნახშირების წყის მრავალმიზნობრივი დანიშნულების სრულიად ახალი და არატრადიციული ტექნოლოგიების დანერგვასთან.

მონოგრაფია გამოსაცემად რეკომენდებულია საქართველოს ენერგეტიკის აკადემიის მიერ და განკუთვნილია მკითხველთა ფართო წრისათვის, პირველ რიგში, ენერგეტიკის დარგში დასაქმებული საინჟინრო პერსონალისათვის და მათთვის, ვინც დაინტერესებულია საქართველოში მყარი სათბობის მოპოვებისა და გამოყენების აღორძინებით, ენერგეტიკის კრიზისის დაძლევით და შემდგომი განვითარებით.

იბეჭდება საქართველოს საინჟინრო აკადემიის ნამდვილი წევრის, საქართველოს ენერგეტიკის აკადემიის ვიცე-პრეზიდენტის, საქართველოს სახელმწიფო პრემიის ლაურეატის, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორის, პროფესორ დემი ლაოშვილის საერთო რედაქციით

რეცენზენტები: თემურ გოჩიტაშვილი საქართველოს საინჟინრო აკადემიის ნამდვილი წევრი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი

თემურ მიქიაშვილი-საქართველოს ენერგეტიკის აკადემიის წევრი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, სერტიფიცირებული ენერგომენეჯერი

თანამედროვე რთულ ისტორიულ ეტაპზე საქართველოს ენერგეტიკას უმძიმესი პრობლემების გადაწყვეტა უხდება. ქვეყანაში მიმდინარეობს სამეურნეო მექანიზმის სრული სტრუქტურული რეორგანიზაცია. დამოუკიდებლობის დეკლარაციის შემდეგ ტრადიციული ეკონომიკური კავშირების გაწყვეტამ, ენერგორესურსებზე ფასების მეკუთრება ზრდამ, მყარი ვალუტის უქმარისობამ მძიმე 'სეგაელენა' მოახდინა საქართველოს ეკონომიკის ყველა სფეროზე, განსაკუთრებით კი ენერგეტიკაზე.

საქართველოს ეკონომიკური კრიზისის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ფაქტორი ეკონომიკის დარგებისა და სოციალურ სფეროში ენერგორესურსების გამოყენების ეფექტიანობის დაუშვებლად დაბალი დონეა.

საქართველოს ენერგეტიკაში დღეისათვის არსებული კრიზისული ვითარების გამოწვევებზე ისეთ ძირითად ფაქტორებთან ერთად, როგორიცაა ბაზისური სიმძლავრეების უქმარისობა და მოხმარებული ელექტროენერგიის საფასურის ამოუღებლობა, ენერგიის გენერაციის, განაწილებისა და მოხმარების სფეროებში ენერგოეფექტიანობის ამაღლებას უპირველესი სისიცოცხლო მნიშვნელობა აქვს.

ადგილობრივი სათბობ-ენერგეტიკული რესურსების მაღალეფექტური გამოყენება ნებისმიერი ქვეყნის ენერგოსაფრთხოების უზრუნველყოფის ერთ-ერთი ძირითადი წინაპირობაა. საქართველოში კი ტყიბული-შაორის საბადოს ქვანახშირის ის ერთადერთი ადგილობრივი ენერგიაშემცველი ნედლეულია, რომლის დაძიებული მარაგი საშუალებას იძლევა შეიქმნას დამოუკიდებელი ენერგეტიკული ბაზა, რომელიც დაეყრდნობა მყარი სათბობის წვის პროგრესული ტექნოლოგიების დანერგვას. აღნიშნული არა მარტო ელექტროენერგეტიკის განვითარების გრძელვადიანი კონცეფციების შემუშავებას და ნებისმიერი ხარისხის ნახშირის, როგორც საბაზისო სტრატეგიული სათბობის, განხილვის შესაძლებლობას უზრუნველყოფს, არამედ ნახშირის მრეწველობის რენტაბელურობისა და კონკურენტუნარიანობის გაზრდასთან ერთად დღევანდელი საქართველოს კრიზისულ მდგომარეობაში მყოფი ენერგეტიკის ბაზისური სიმძლავრეების მწვავე უქმარისობის დაძლევასაც.

გამოთქმულია მოსაზრება იმის შესახებ, რომ საქართველოში ნახშირის მრეწველობის ღრმა კრიზისიდან გამოყვანისა და მისი შემდგომი აღორძინების საკითხი უშუალოდ არის დაკავშირებული ჩვენს ქვეყნის ენერგეტიკაში ნახშირის წვის მრავალმხონობრივი დანიშნულების სრულიად ახალი და აბატრადიციული ტექნოლოგიების დანერგვასთან.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულის საფუძველზე დასაბუთებულია, რომ ქვეყანაში ნახშირზე მომუშავე თბოელექტროსადგურებში მეორეული პროდუქციის წარმოების ორგანიზაცია მნიშვნელოვნად გააუმჯობესებს ელექტროენერგიის გამომუშავების ეკონომიკურ მაჩვენებლებს, რადგან ნახშირის მინერალური კომპონენტებიდან თანაპროდუქტების მიღება, მნიშვნელოვანი ენერგეტიკული და მატერიალური დანახარჯების გარეშე და მათი შემდგომი რეალიზაცია, უზრუნველყოფს უნარჩუნო ენერგეტიკული კომპლექსის შექმნის შესაძლებლობას. ამ თვალსაზრისით, წიდის ნადნობში ნახშირების გაზიფიკაციის ტექნოლოგიას ანალოგი არ გააჩნია მსოფლიო პრაქტიკაში.

ნაშრომში გაანალიზებული და ჩამოყალიბებულია საქართველოს ენერგეტიკის სფეროში ეკონომიკურად და ეკოლოგიურად გამართლებული, მყარ სათბობზე მომუშავე თანამედროვე ენერგოეფექტური „სუფთა თბოელექტროსადგურების“ რეალიზების თეორიული და პრაქტიკული საფუძვლები, რაც დღესდღეობით მეტად აქტუალურია.

შემოთავაზებული ენერგოეფექტური ტექნოლოგიები, დასკვნები და რეკომენდაციები. უდავოდ, დააინტერესებს და გამოადგება ქვეყნის სათბობ-ენერგეტიკულ კომპლექსში დასაქმებულ ინჟინერ-ტექნიკურ და ენერგეტიკის ეკონომიკურ საკითხებზე მომუშავე პერსონალს. ასევე დაენმარება ყველა იმ პირს, რომლებიც დაინტერესებულია საქართველოს ნახშირების ეკონომიკურად და ეკოლოგიურად მიზანშეწონილი გამოყენებით, ენერგეტიკის კრიზისის დაძლევათ და მისი შემდგომი განვითარებით

საქართველოს ენერგეტიკის აკადემიის წევრი,
ეკონომიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი
დემურ ჩომახიძე

შ ე ს ა ე ა ლ ი

მოთხოვნები ელექტრულ და სითბურ ენერგიებზე დღითიდღე იზრდება. მათი დაკმაყოფილება დაკავშირებულია როგორც დიდ მატერიალურ, ფინანსურ და შრომით დანახარჯებთან, ასევე სათბო-ენერგეტიკული კომპლექსის დღევანდელ მდგომარეობასთან, წვის პროგრესული ტექნოლოგიების დანერგვასა და მეტად გამწვავებულ ეკოლოგიურ სიტუაციასთან.

ყოველივე ეს, რეალურ სოციალურ-ეკონომიკურ პირობებში, მოითხოვს ენერგეტიკის განვითარების ძველი სტრუქტურების უარყოფას ან სერიოზულ გადასინჯვას და ახალი გრძელვადიანი სტრატეგიული გეგმის შემუშავებას.

საქართველოს ენერგეტიკის განვითარების გრძელვადიან სტრატეგიულ გეგმაში ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი როლი უნდა მიეკუთვნოს ადგილობრივი სათბო-ენერგეტიკული რესურსების, მათ შორის, მყარი სათბობის რაკი შეიძლება ეფექტურ გამოყენებას, ელექტროენერგიის წარმოებაში ხარისხობრივი ცვლილებების შეტანასა და თბოელექტროსადგურების (თეს) ეკონომიურობის შემდგომ გაზრდას.

თესების პრევალირებული მდგომარეობა თანამედროვე მსოფლიო ენერგეტიკულ ბაზანსში (მსოფლიოში გამოქმუშავებული ელექტროენერგიის 62-65% თესებზე მოდის) აიხსნება იმით, რომ, სხვადასხვა საერთაშორისო ორგანიზაციების შეფასებით, ორგანული სათბობი, უახლოესი 40-50 წლის მანძილზე კელაინდებურად დარჩება სათბო-ენერგეტიკული ბაზანის ძირითად წყაროდ და მის საყრდენად. მსოფლიო ენერგეტიკული ბაზრისა და საერთაშორისო ენერგეტიკული სააგენტოს პროგნოზის თანახმად, ორგანული სათბობის წილი პირველადი ენერგეტიკული რესურსების საერთო წარმოებაში 2020 წლისათვის 70-84%-ს, ხოლო 2050 წლისათვის 59-73%-ს მიაღწევს.

თესების მდგრადი და დინამიკური განვითარება XX საუკუნის 70-80-იან წლებში განპირობებული იყო სათბობის ბაზანში აირისა და თხევადი სათბობის წილის მნიშვნელოვანი ზრდით. მყარი სათბობის წვის არსებული ტექნოლოგიები ამ დროისათვის ვერ აკმაყოფილებდა თანამედროვე ტექნიკურ-ეკონომიკურ და ეკოლოგიურ მოთხოვნილებებს.

თუ მხედველობაში მივიღებთ იმასაც, რომ მთელი გასული საუკუნის განმავლობაში მყარი სათბობის გამოყენება ხდებოდა ცალსახად, ანუ ის განიხილებოდა მხოლოდ და მხოლოდ როგორც ენერგეტიკული ნედლეული და ნაკლები ყურადღება ექცეოდა მისგან მეორეული რესურსების წარმოებას, მაშინ ადვილი გასაგებია, თუ რატომ შემცირდა ნახშირების კონკურენტუნარიანობა ელექტროენერგიის წარმოების სტრუქტურაში.

სათბო-ენერგეტიკულ ბაზანსში მყარი სათბობის წილისა და ხანგრძლივი დროით მისი კონკურენტუნარიანობის გაზრდის მიზნით უნდა განხორციელდეს მყარი სათბობის წვის მრავალმიზნობრივი დანიშნულების, სრულიად ახალი და არატრადიციული ტექნოლოგიების დამუშავება და დანერგვა. ყოველივე აღნიშნული საფუძვლად უნდა დაედოს მომავალში საქართველოში ბაზისური თბოელექტროსადგურების მშენებლობას და არსებული ენერგეტიკული კრიზისის დაძლევა.

დღეისათვის საქართველოში დაძვებული ორგანული წიაღისეული სათბობებიდან, სამრეწველო მიზნებისათვის, რეალურად მხოლოდ ტყიბული-შაორის საბადოს ქვანახშირები შეიძლება იყოს გამოყენებული. სამწუხაროდ, საქართველოს ნახშირის მრეწველობა ღრმა კრიზისულ მდგომარეობაშია. ქვეყნის სამთო-მოპოვებითი მრეწველობისა და, კერძოდ, ტყიბული-შაორის საბადოს ქვანახშირის მომპოვებელი შახტების მომავალი ბევრად არის დამოკიდებული მოპოვებული ქვანახშირის მუდმივი მომხმარებლის არსებობაზე, რამაც თავისთავად

უნდა უზრუნველყოს შახტების სტაბილური მუშაობა. პირველი რიგის ასეთ მომხმარებელად კი თანამედროვე ტექნოლოგიით აღჭურვილი თბოელექტროსადგური მიგეანნია.

თესებში მყარი სათბობის წყის პროგრესული ტექნოლოგიების დანერგვა უზრუნველყოფს არა მარტო ელექტროენერგეტიკის განვითარების გრძელვადიანი კონცეფციების შემუშავებას და ნებისმიერი ხარისხის ნახშირის, როგორც საბაზისო სტრატეგიული სათბობის, განხილვის შესაძლებლობას, არამედ ნახშირის მრეწველობის რენტაბელურობისა და კონკურენტუნარიანობის გაზრდასაც.

არსებული მდგომარეობის ანალიზის და პერსპექტივის განსაზღვრის მიზნით, ნაშრომში თანამიმდევრულად არის გაანალიზებული საქართველოს სათბობ-ენერგეტიკული სექტორის კრიზისული მდგომარეობა და მყარი სათბობის გამოყენების გრძელვადიანი სტრატეგია, მსოფლიო ენერგეტიკული ბალანსის და ნახშირზე მომუშავე თბოელექტროსადგურების დღევანდელი მდგომარეობა და მათი განვითარების პერსპექტივები, თბოელექტროსადგურების ენერგოეფექტურობის ამაღლების შესაძლებლობათა გზები, მყარი სათბობის გაზიფიკაცია თბოელექტროსადგურებში, ტყიბული-შაორის საბადოს ქვანახშირზე მომუშავე ეკოლოგიურად სუფთა თბოელექტროსადგურის ურთიერთქმედება გარემოსთან და საქართველოს საბადოებში მოპოვებული ნახშირების ეკოლოგიურად და ეკონომიკურად გამართლებული გამოყენების პერსპექტივები.

თავი პირველი

საქართველოს სატეროზ-მენარგეტიკის სექტორის კრიზისული მდგომარეობა და მხარი, სატეროზის გამომყენების ბრძანებადანი სტრატეგია

1.1. საქართველოს ენერგეტიკული კრიზისის გამომწვევე ძირითადი მიზეზების გამოკვლევა-ანალიზი და მათი დაძლევის გზები

ტოტალიტარული სახელმწიფოს დაშლის შემდეგ ყოფილი საბჭოთა კავშირის მომელ ტერიტორიაზე ენერგეტიკის განვითარება პრაქტიკულად ჩიხში მოექცა. კერძოდ, მკვეთრად შემცირდა ელექტროენერგიის წარმოება როგორც ატომურ, ასევე პიღრო- და თბოელექტროსადგურებზე. ამ და სხვა ობიექტური მიზეზების გამო ენერგეტიკა ღრმა კრიზისულ მდგომარეობაში აღმოჩნდა [12].

სერნობილის კატასტროფას თან მოჰყვა ატომური ენერგეტიკის განვითარების ადრე დაგეგმილი ტემპების მკვეთრი დაცემა. კერძოდ, შერგრდა კრასნოდარის, როსტოვის, ჩიგირინსკის, ყირიმის აეს-ების, მინსკის და ოდესის ათეს-ების მშენებლობა, შეწყდა PSMK ტიპის რეაქტორებიანი ენერგობლოკების აგება და ა.შ. საბაზრო ეკონომიკურ ურთიერთობებზე გადასულ დამოუკიდებელ სახელმწიფოთა ფინანსური სირთულეებიდან გამომდინარე კი, რიგი წლების განმავლობაში სარეაბილიტაციო-აღდგენითი სამუშაოების ჩატარებლობის შედეგად, მნიშვნელოვნად შემცირდა ელექტრო- და სითბური ენერგიების გენერაცია. აღნიშნულმა, თავის მხრივ, განაპირობა ენერგეტიკული კრიზისის წარმოქმნა დამოუკიდებელ სახელმწიფოთა სივრცეში [3;4].

ბუნებრივია, ენერგეტიკული კრიზისი საქართველოსაც შეეხო. საბჭოთა კავშირის არსებობის პერიოდში საქართველოს ენერგოსისტემა სომხეთისა და აზერბაიჯანის ენერგოსისტემებთან ერთად ამიერკავკასიის ერთიანი ენერგოსისტემის ნაწილს წარმოადგენდა. ამიერკავკასიის ენერგოსისტემა დაკავშირებული იყო რუსეთის სამხრეთი რეგიონის ენერგოსისტემასთან. ასეთი კავშირების არსებობა აადვილებდა ამიერკავკასიის რესპუბლიკებისა და რუსეთის სამხრეთი რეგიონების ენერგოურუნეველყოფის შესაძლებლობებს ელექტრული სიმბლავრების გამოწვეული მიმოცვლის ხარჯზე. ენერგოსისტემის მართვას ახორციელებდა უშუალოდ სახელმწიფო სოციალისტური დაგეგმვის პრინციპით. ეს ძირეულად განსხვავდებოდა მართვის საბაზრო პრინციპებისაგან და ითვალისწინებდა ენერგეტიკული საწარმოების მიმდინარე დანახარჯებისა და მათი განვითარებისათვის საჭირო კაპიტალდაბანდებების დაფარვას სახელმწიფო ბიუჯეტიდან. ამდენად, ენერგეტიკული სისტემა იყო დოტაციური და მისი მდგომარეობა არ იყო დამოკიდებული სისტემის შემადგენელი ობიექტების მუშაობის ეფექტიანობაზე [5].

საბჭოთა კავშირის დაშლის შემდეგ დაირღვა კავშირები ენერგოსისტემებს შორის, რის შედეგადაც ყოფილი რესპუბლიკები აღმოჩნდნენ არსებითად დამოკიდებული ელექტროენერგეტიკის საკუთარ შესაძლებლობებზე. საბაზრო ურთიერთობებზე გადასვლის პირველსავე ეტაპზე გამოჩნდა, რომ ენერგოსისტემის მუშაობისა და მართვის არსებული პრინციპები ვერ უზრუნველყოფდა დარგის ფუნქციონირებას. კერძოდ, გაძლიერდა კორუფცია, მოიშალა მართვა, გაიზარდა აუკადამბდელი მომხმარებლების რაოდენობა, პრაქტიკულად შეწყდა შემოსავლების ნაყადა, გაუარესდა მოწყობილობა-დანადგარების ტექნიკური მდგომარეობა, გაიფლანგა სარემონტო სამუშაოებისათვის გამოყოფილი თანხები და ა.შ. პრაქტიკულად დარგი აღმოჩნდა სრული პარალიზების საფრთხის წინაშე. აქვე უნდა აღინიშნოს ის ფაქტი, რომ ზემოთ ჩამოთვლილ კრიზისის გამომწვევე

ძირითად მიზეზებს შორის უმნიშვნელოვანესია ელექტროენერგიის გენერაციის მკეფთარი შემცირება და მოხმარებული ელექტროენერგიის საფასურის ტოტალური გადაუხდელობა.

დანადგარების ტექნიკური მდგომარეობის გაუარესებისა და მართვაში არსებული პრობლემების გამო ბოლო 14 წლის განმავლობაში პრაქტიკულად შეუძლებელი გახდა ელექტროსადგურების დადგმული სიმძლავრეების მიღწევა, რაც კარგად ჩანს 1.1 ცხრილში წარმოდგენილი ინფორმაციიდან.

(ცხრილი 1.1

თესებისა და მსხვილი პესების დადგმული და ამჟამად მზადყოფნაში მყოფი საექსპლუატაციო სიმძლავრეები (2004 წლის მდგომარეობით)

№	ჰიდროელექტროსადგურები		თბოელექტროსადგურები			
	დადგმული სიმძლავრე, მგვტ	მუშა სიმძლავრე, მგვტ	დადგმული სიმძლავრე, მგვტ	მუშა სიმძლავრე მგვტ		
1	ენერგესი	1300	800	სს „თბილსრესი“(გარდაბანი)	840	0
2	ვარდნილესი-I	220	110	შპს „მტკვარი ენერგეტიკა“	600	250
3	ვინეილესი	130	70	თბილთეცი (თბილისი)	18	0
4	ხრამესი-I	113	113	მეტალკარხ. თეცი (რუსთავი)	149	0
5	ლაჯანურესი	112	30	ტყვარცელსრესი (ტყვარცელი)	220	0
6	ხრამესი-II	110	35	საანტკარხნის თეცი (ქუთაისი)	15	0
7	მეურულაესი	80	50			
8	რიონესი	49	49			
9	ვარცხესესები	184	145			
10	გუმათესი-I	44	27			
11	გუმათესი-II	23	23			
12	შაორესი	38	27			
13	ვარდნილესი-II	40	0			
14	ვარდნილესი-III	40	0			
15	ვარდნილესი-IV	40	0			
16	ზაესი	37	37			

შენიშვნა: შპს „მტკვარი ენერგეტიკაში“ 2001 წლის 22 დეკემბერს მომხდარი ავარიის შემდეგ მისი საექსპლუატაციო სიმძლავრე 300 მგვტ-მდე შემცირდა, ამჟამად მზადყოფნაშია ~250 მგვტ;

- 2004 წლისათვის ჩატარდა სს „თბილისრესის“ №1 და №2 ენერგობლოკების დემონტაჟი

როგორც 1.1 ცხრილში წარმოდგენილი მასალიდან ჩანს, დღეისათვის მზადყოფნაში არსებული საექსპლუატაციო სიმძლავრეები მნიშვნელოვნად არის შემცირებული და -1750 მგვტ-ს შეადგენს, მაშინ როდესაც სისტემის ჯამური დადგმული სიმძლავრე 2004 წლის მდგომარეობით 4188 მგვტ-ია (საიდანაც პესების დადგმული სიმძლავრეა 2730 მგვტ, ხოლო თესების - 1458 მგვტ). ენერგოსისტემის ჯამური დადგმული სიმძლავრის მნიშვნელობა - 4188 მგვტ პირობითი სიდიდეა, რადგანაც ბოლო პერიოდში იგი საგრძნობლად შემცირდა, რაც განპირობებული იყო სხვადასხვა ფაქტორებით, კერძოდ:

- 1.1 ცხრილიდან ჩანს, რომ 2004 წლისათვის ქვეყნის ბაჰისური ელექტროსადგურებიდან ფუნქციონირებდა მხოლოდ შპს „მტკვარი ენერგეტიკა“ და ისიც არასრული დატვირთვით, რადგან ორი 300 მგვტ სიმძლავრის მქონე ენერგობლოკიდან მწყობრში იყო მხოლოდ ერთი.

- რაც შეეხება სს „თბილისრესის“ პირველი რიგის რვა ენერგობლოკს, ამორტიზაციის ვადის გასვლის შედეგად, 1990 წლის 1 იანვრიდან შეიცვალა მათი ნიშანდობა, რის შედეგადაც სს „თბილისრესის“ ჯამურმა სიმძლავრემ, 1250 მგვტ-ის ნაცვლად (საბოლოო 150 და ხუთი 160 მგვტ სიმძლავრის მქონე ენერგობლოკები), $[(3 \times 130) + (5 \times 142)] = 1100$ მგვტ შეადგინა. დღევანდელი მდგომარეობით კი სს „თბილისრესში“ სიძველისა და მწყობრიდან გამოსვლის გამო დემონტირებულია №1 და №2 ენერგობლოკები, რის შედეგადაც თესის სიმძლავრე 840 მგვტ-მდე შემცირდა [5].

- საომარი მოქმედებების შედეგად წყალში ჩაძირული და უმოქმედოა ვარდნილქსები – II, III და IV, ჯამური სიმძლავრით 120 მგვტ.

იმისათვის, რომ სრული წარმოდგენა შეგვექმნას საქართველოს ელექტროენერგიის გენერაციის ობიექტების მდგომარეობაზე, საჭიროა უპირველესად შევისწავლოთ და გავანალიზოთ ქვეყანაში არსებული ელექტროსადგურების ძირითადი მახასიათებლები, მათი ტიპები, ძირითადი პარამეტრები, ექსპლუატაციის თავისებურებები, აგრეგატების ტექნიკური მდგომარეობა და ა.შ. ელექტროენერგიის გენერაციის წყაროების დასახასიათებლად სწორედ ასეთი სტატისტიკური ინფორმაცია (2004 წლის მდგომარეობით) იქნა შეგროვებული ჩვენ მიერ, რომელიც მოცემულია ცხრილების სახით (დანართები 1-7).

1.1 ცხრილსა და დანართებში წარმოდგენილი მასალიდან ნათლად ჩანს, რომ 2004 წლისათვის დარღვეული იყო მზადყოფნაში არსებული ქვეყნის ედრო- და თბოელექტროსადგურების სიმძლავრეთა თანაფარდობა, რაც აისახა მათ მიერ ელექტროენერგიის გამოშვებებზეც.

ინფორმაციის თანახმად, საქართველოში არსებული როგორც გენერაციის ობიექტების, ისე გადაცემისა და განაწილების სისტემების ტექნიკური მდგომარეობა არ იძლევა ელექტროენერგიაზე ზაფხულის მოთხოვნილებების დაკმაყოფილების შესაძლებლობას, რისი დამადასტურებელიცაა ბოლო წლებში ელექტროენერგიის წარმოების მეკეთრი შემცირება (ცხრ.1.2).

(ცხრილი 1.2

საქართველოში ელექტროენერგიის გამოშვებების მაჩვენებლები
1989-2004 წლებში

№	წლები	ელექტროენერგიის წლიური გამოშვება, მლნ კვტ.სთ			ფარდობითი წლიური გამოშვება პესებში, %	ფარდობითი წლიური გამოშვება თესებში, %
		სულ	მათ შორის პესებში	მათ შორის თესებში		
1	2	3	4	5	6	7
1	1989	15824,5	8787	7037,5	55,5	44,5
2	1990	14239	7595	6645	53,34	46,66
3	1991	13377	7042	6335	52,64	47,36
4	1992	11517	6502	5015	56,46	43,54
5	1993	10150	7031	3119	69,28	30,72
6	1994	7043	4912	2131	69,75	30,25
7	1995	7082	6207	874	87,66	12,34
8	1996	7233	6041	1191	83,54	16,46
9	1997	7172	6044	1128	84,28	15,72
10	1998	8057	6359	1698	78,93	21,07
11	1999	8098	6464	1634	79,83	20,17
12	2000	7446	5906	1540	79,32	20,68
13	2001	6809	5439	1370	79,88	20,12
14	2002	7225	6712	513	92,9	7,1

1	2	3	4	5	6	7
15	2003	7132	6507	625	91,24	8,76
16	2004	6706	5893	813	87,88	12,12

12 ცხრილში მოცემული ინფორმაციიდან ჩანს, რომ საბჭოთა კავშირის დაშლის შემდეგ, ბოლო 16 წლის მანძილზე საქართველოს ელექტროენერგეტიკაში სერიოზული რაოდენობით და ხარისხობრივი ძვრები მოხდა. კერძოდ, 1989 წელს ქვეყანაში ჯამურად გამოშვებული 15824,5 მლნ კვტ.სთ ელექტროენერგია 2004 წლისათვის 6706 მლნ კვტ.სთ-მდე შემცირდა.

ცხრილში წარმოდგენილი ინფორმაციის ანალიზი ცხადად გვჩვენებს, რომ ქვეყნის თბოელექტროსადგურებში ელექტროენერგიის ფაქტობრივი გამოშვებების უფრო მეტად შემცირება, პირობითი ელექტროსადგურების გამოშვებასთან შედარებით, გამოწვეული იყო იმით, რომ უკვე 1990 წლისათვის თესების სასადგურო მქ კოეფიციენტი საგრძნობლად შემცირდა. კერძოდ, თბილისის სასადგურო მქ კოეფიციენტის საპროექტო მნიშვნელობა 0,388-დან 0,26-მდე შემცირდა, თბილისში – 0,332-დან 0,298-მდე, ხოლო ტყვარჩელის მქ – 0,311-დან 0,205-მდე (დანართი 4) [6,7].

საქართველოში ელექტროენერგიის გამოშვების შემცირების დროში ცვლილების ხასიათი წარმოდგენილია 1.1 ნახაზზე. ნახაზზე მოცემული 1989–2004 წლებში ქვეყანაში ელექტროენერგიის წლიური გამოშვების დინამიკიდან ნათლად ჩანს, რომ ენერგეტიკის დარგში 1989 წლიდან დაწყებული დაკეულების ძირითადი მიზეზია საქართველოს პირობითი ელექტროსადგურებში ელექტროენერგიის წლიური გამოშვების შემცირება [8].

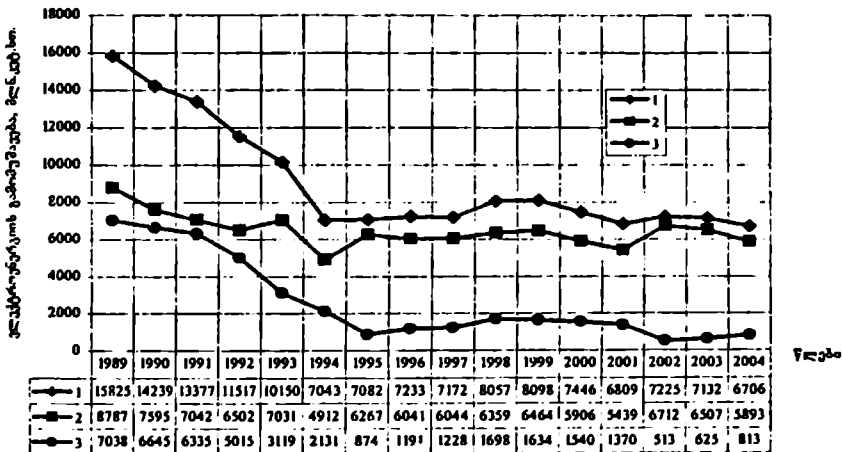
1.1 ნახაზზე წარმოდგენილი ფუნქციური დამოკიდებულება $\Delta_{\text{გა}} = f(r)$ ასევე გვჩვენებს, რომ ქვეყანაში გამოშვებული ელექტროენერგია 1989 წლიდან 1994 წლამდე მნიშვნელოვნად შემცირდა.

ძველია მხოლოდ აღნიშნულის მიხედვით ზამთრის პერიოდის ენერგომომარაგების ყოველწლიური პრობლემების მიზეზად პრობლემის მთავარი მიზეზი მაღალი ალბათობით არის ის, რომ წლიდან წლამდე შეკეთება მცირდება თესების წილი და დიდდება ქვეყნის წილი ბაზისური ელექტროენერგიის გამოშვებაში. ასეთ პირობებში შეუძლებელი ხდება მარეგულირებელი ქსელის სიმძლავრეების რეზერვირება ზამთრის პიკების დასაფარავად და საჭირო ხდება ძვირად ღირებული ელექტროენერგიის იმპორტირება მეზობელი ქვეყნებიდან. ეს კი უფრო არარაციონალური მართვის პრობლემაა, ვიდრე დანადგარების გაუარესებული ტექნიკური მდგომარეობა.

როგორც 1.2 ნახაზზე წარმოდგენილი, ქვეყნის ქსელისა და თესების ფარდობითი წლიური გამოშვების დინამიკიდან $(\Delta_{\text{გა}}/\Delta_{\text{წლ}}) \cdot 100\%$ (მრუდი-1) და $(\Delta_{\text{გა}}/\Delta_{\text{წლ}}) \cdot 100\%$ (მრუდი-2) ჩანს, 1989–1991 წლებში, როდესაც ქვეყნის ჯამური გამოშვება 15,8-დან 13,3 მლნ კვტ.სთ-მდე იცვლებოდა, ქსელისა და თესების წლიური გამოშვება დაახლოებით ერთმანეთის ტოლი იყო. აღნიშნულ პერიოდში ზამთრის პიკური დატვირთვის დაფარვა ბაზისური სიმძლავრით ადვილად ხორციელდებოდა. მაგრამ, მომდევნო პერიოდში ეს თანაფარდობა დაირღვა და 2004 წლის მდგომარეობით ქსელში გამოშვებულმა ელექტროენერგიამ მთლიანად გამოშვებული ელექტროენერგიის 87,88 % შეადგინა, ხოლო თესებში – 12,12%. ყოველივე აღნიშნული განაპირობებს სწორედ ერთ-ერთ იმ მიზეზს, რომლის შედეგადაც ვერ იფარება ზამთრის, ანუ პიკურ პერიოდში მოთხოვნილება ელექტროენერგიაზე.

ამრიგად, ცხადია, მდგომარეობის გამოსწორების მიზნით, უპირველესად ყურადღება უნდა მიექცეს ბაზისური სიმძლავრეების რეაბილიტაცია-განვითარებას,

რომლის საფუძველს უდავოდ თბოელექტროსადგურები წარმოადგენს. აქ უპირველესად მხედველობაში გვაქვს სს „თბილისრესი“ და თბილისეცი [9;10].



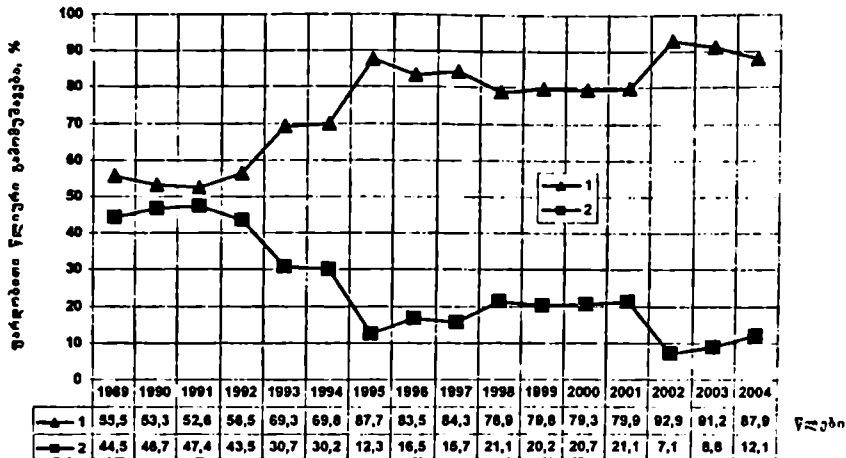
ნახ 1.1. საქართველოს ჰიდრო- და თბოელექტროსადგურებში ელექტროენერგიის წლიური გამომუშავების დინამიკა 1989 - 2004 წლებში:
1-ჰიდრო; 2-თბოელექტრო; 3-საერთო

აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ ელექტროენერგიის გენერაციის გაზრდასთან ერთად განსაკუთრებული ყურადღება უნდა დაეთმოს ქვეყანაში გათბობა-ციხელწყალმოძარაგების აღდგენა-განეითარებასაც, რადგანაც ეს უკანასკნელი მძიმე ტვირთად აწევა ისედაც კრიზისულ მდგომარეობაში მყოფ ელექტროენერგეტიკის სექტორს.

სადავოა საქართველოს ენერგეტიკის მარეგულირებელი ეროვნული კომისიის (სემექ) ანალიზის შედეგიც, რომლის თანახმადაც ადგილობრივი ელექტროგენერაციის ოპტიმალური ვარიანტია გენერაციის განაწილება პესებსა და თესებს შორის პროპორციით - 85%-15% [11]. სემექის არგუმენტაციით, თუ თესების წილი ყოველწლიურ გამომუშავებაში 15%-ზე მეტია, მაშინ ვერ იფარება ამ სადგურების საექსპლუატაციო დანახარჯები, ხოლო თუ იგი ნაკლებია 15%-ზე, მაშინ ვერ ხერხდება მარეგულირებელი პესების იმდენი სიმძლავრის დარეგულირება, რამდენიც იმპორტირებულ ელექტროენერგიასთან ერთად მოგვცემდა ელექტროენერგიაზე მოთხოვნილების დაკმაყოფილების შესაძლებლობას. გადაჭარბებულად ოპტიმიზური აღმოჩნდა ვარაუდი იმის შესახებაც, რომ ჰიდროგენერაციასთან ერთად მხოლოდ შპს „მტკვარი ენერგეტიკაში“ გამომუშავებული ელექტროენერგია შექმნიდა ქვეყნის სტაბილური ელექტროსიმარაგების გარანტიას.

გამომუშავების ნაკლებობით წარმოქმნილი ელექტროენერგიის დეფიციტი ყოველთვის იფარებოდა და ეხლაც იფარება მეზობელი ქვეყნებიდან იმპორტირებული ელექტროენერგიით. აღნიშნულის დამადასტურებელია 13 ნახაზზე წარმოდგენილი ინფორმაცია.

თუ ელექტროენერგიის დეფიციტი ყველაზე მძიმე 1994-1995 წლების შემდგომ პერიოდში, ანუ 1996-1998 წლებში შეადგერდა არა უმეტეს 100-200 მლნ კეტ.სთ-ს [12]. 2004 წლისათვის მან შეადგინა 769 მლნ კეტ.სთ. ცხადია, რომ იმპორტირებული ელექტროენერგიის რაოდენობის ზრდა, ქვეყანაში არსებული დეფიციტის დასაფარავად, თუ პარალელურად არ მიმდინარეობს საკუთარი გენერაციის ობიექტების განვითარება, საბოლოოდ მიგვიყვანს ისეთ დონემდე, რომ შეუძლებელი იქნება ქვეყნის ენერგეტიკული უსაფრთხოების უზრუნველყოფა.



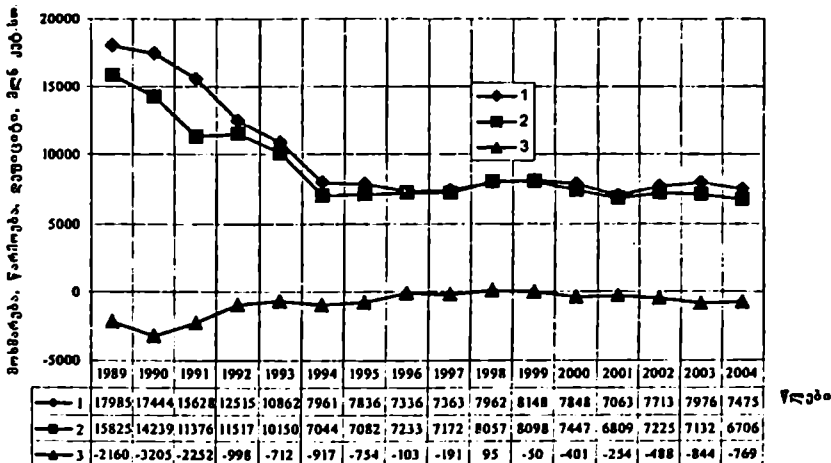
ნახ.1.2. შესვლის (1) და თესვების (2) ფარდობითი წლიური გამომშავების დინამიკა

დღეს საჭირო და აუცილებელია საკუთარი გენერაციის განვითარების ისეთი გეგმის შემუშავება, რომელშიც მაქსიმალურად იქნება გათვალისწინებული ეკოლოგიური და ეკონომიკური პრობლემები. ეკონომიკურ პრობლემებში იგულისხმება გენერაციის ობიექტების ისეთი ტექნოლოგიური სქემით განხორციელება, რომლის დროსაც ადგილზე გამოიშვება ელექტროენერგიის ერთეულის ღირებულება ნაკლები იქნება იმპორტირებული ღირებულებასზე.

ამავე დროს, მოთხოვნები ელექტრო- და სითბურ ენერგიებზე დღითიდღე მატულობს. მათი დაკმაყოფილება კი დაკავშირებულია დიდ მატერიალურ, ფინანსურ და შრომით დანახარჯებთან. დადგინდა, რომ შექმნილ სიტუაციაში ამ ამოცანის გადაჭრა შესაძლებელი იქნება, თუ ამა თუ იმ რეგიონში ყველაზე უფრო გავრცელებული პირველადი ენერგორესურსების (მათ შორის, დაბალი ხარისხის მყარი სათბობის) რაც შეიძლება ეფექტურ გამოყენებას შეეძლება [3]. ამ მიზნის მისაღწევად ორიენტაცია უმთავრესად კომბინირებული ციკლით მომუშავე თესებზე უნდა გაკეთდეს.

თესების, როგორც ბაზისური ელექტროსადგურების, პრეკალირებული მდგომარეობა როგორც მაშინდელი, ისე დღევანდელ მსოფლიო ენერგეტიკულ ბალანსში იმით აიხსნება, რომ ორგანული სათბობი, უახლოესი 40-50 წლის მანძილზე კელაინდება დაჩრდება სათბობ-ენერგეტიკული რესურსების ძირითად წყაროდ და მის საყრდენად. მაგრამ, აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ თესების მუშაობა

ყოველთვის იყო და არის დაკავშირებული ისეთ პრობლემებთან, როგორიცაა სათბობ-ენერგეტიკული ბალანსის რეალური მდგომარეობა და მეტად გამწვავებული ეკოლოგიური სიტუაცია [13].



1.3. ელექტროენერგიის მოხმარების, წარმოებისა და დეფიციტის დინამიკა 1989-2004 წლებში
1-მოხმარებული ელექტროენერგია; 2-წარმოებული ელექტროენერგია; 3-დეფიციტი

თესების მდგრადი და დინამიკური განვითარება გასული საუკუნის 70-80-იან წლებში გამოწვეული იყო სათბობის ბალანსში აირადი და თხევადი სათბობის წილის მნიშვნელოვანი ზრდით. ამავე მიზეზით ნაწილობრივ იყო გადაჭრილი გასრდილი ეკოლოგიური პრობლემებიც.

ნახშირების წვის ტექნოლოგიების მოდერნიზაციის მიზნით ჩატარებულმა ღონისძიებებმა ვერ უზრუნველყო წვის აირადი ნაწარმის სრულყოფილი გაწმენდა ე.წ. მფრინავი ნაცრისაგან და გოგირდისა და აზოტის ჯანგულებსაგან. თუ მხედველობაში მივიღებთ იმასაც, რომ გასულ საუკუნეში მყარი სათბობის გამოყენება ხდებოდა ცალსახად, ანუ ის განიხილებოდა მხოლოდ და მხოლოდ როგორც ენერგეტიკული ნედლეული და ნაკლები ყურადღება ექცეოდა მისგან მფრინავი რესურსების წარმოებას, მაშინ ადვილი გასაგებია, თუ რატომ შემცირდა ნახშირების კონკურენტუნარიანობა ელექტროენერგიის წარმოების სტრუქტურაში [14].

სათბობ-ენერგეტიკულ ბალანსში მყარი სათბობის წილისა და ხანგრძლივი დროით მისი კონკურენტუნარიანობის გაზრდის მიზნით უნდა განხორციელდეს მყარი სათბობის წვის მრავალმიზნობრივი დანიშნულების, სრულიად ახალი და არატრადიციული ტექნოლოგიების დამუშავება და დანერგვა. აი, სწორედ ამ გზით უნდა გადადგას ნაბიჯები და დაადგეს განვითარების ამ გზას საქართველოს ენერგეტიკა.

ახალი ტექნოლოგიების დანერგვა უზრუნველყოფს ენერგეტიკის რადიკალური რესტრუქტურისაციის შესაძლებლობას პრაქტიკულად ნებისმიერი, მათ შორის, უაღრესად დაბალი ხარისხის მყარი სათბობის მრავალმიზნობრივი გამოყენების საფუძველზე. ფაქტობრივად საქმე გვექნება სრულიად ახალი ტიპის

ენერგეტიკულ საწარმოსთან. სადაც სათბობის გადამუშავების ხარჯზე მიიღება არა მარტო ელექტროენერგია და სითბო, არამედ სამეურნეო დანიშნულების სხვა სასარგებლო პროდუქტებიც, რომლებსაც ფართო გამოყენება აქვს მშენებლობაში, მეტალურგიაში, სოფლის მეურნეობასა და სხვა დარგებში.

გარდა აღნიშნულისა, მყარი სათბობის წყის პროგრესული ტექნოლოგიების დანერგვა საშუალებას მოგვცემს უარი განვაყენოთ ნახშირის მტკირის დასამზადებლად და მიმწოდებელ დანადგარებზე, წყის აირადი ნაწარმის საწმენდ და წილისა და ნაცრის მოსაცილებელ სისტემებზე, საბაღოს ქანების, შლამის, წილისა და ნაცრის ნარჩენების დაგროვებაზე და საერთოდ ნახშირმამდიდრებელ ფაბრიკების მშენებლობაზე [15].

მყარი სათბობის წყის პროგრესული ტექნოლოგიების დანერგვა უზრუნველყოფს არა მარტო ელექტროენერგეტიკის განვითარების გრძელვადიანი კონცეფციების შემუშავებას და ნებისმიერი ხარისხის ნახშირის, როგორც საბაზისო სტრატეგიული სათბობის, განხილვის შესაძლებლობას, არამედ ნახშირის მრეწველობის რენტაბელურობისა და კონკურენტუნარიანობის გაზრდასაც [14]. ქვემოთ თანამიმდევრულად იქნება გაანალიზებული ადგილობრივი ნახშირების ათვისებისა და თესებში მის გამოყენებასთან დაკავშირებით წამოჭრილი აქტუალური პრობლემები.

ამრიგად, შეიძლება დავასკვნათ, რომ საქართველოში ელექტროენერგეტიკული კრიზისის გამომწვევი ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი მიზეზი—ბაზისური სიმძლავრეების ნაკლებობის დასაფარავად, უპირველესად საჭიროა სს „თბილსრესისა“ და თბილთეცის რეაბილიტაცია თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით. ამასთან ერთად, მყარი სათბობის წყის პროგრესული ტექნოლოგიების პრაქტიკული რეალიზაციის საფუძველზე, ბუნებრივ აირზე ფასების მნიშვნელოვანი ზრდისა და რუსეთიდან მისი მოწოდების არსატაბილურობის გათვალისწინებით, აუცილებლად სწრაფი ტემპით უნდა დამუშავდეს ადგილობრივი სათბობზე, კერძოდ, ტიბულში-შაორის საბაღოს ქვანახშირზე მომუშავე ეკოლოგიურად და ეკონომიკურად გამართლებული თბოელექტროსადგურის აგების თეორიული საფუძვლები, რაც შემდგომ უზრუნველყოფს მის რეალიზაციას.

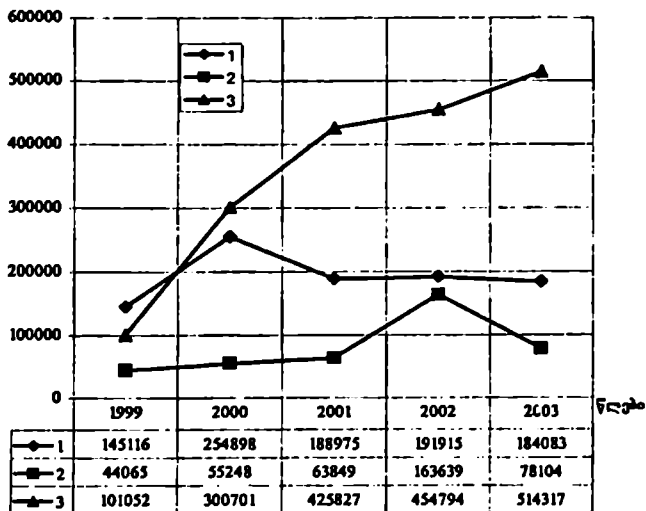
შეგროვებული სტატისტიკური ინფორმაციის საფუძველზე, გაანალიზდა საქართველოს ენერგეტიკის კრიზისის გამომწვევი მეორე ძირითადი კრიტერიუმი, კერძოდ, მოხმარებული ელექტროენერგიის საფასურის გადაუხდელობა. აღნიშნულთან დაკავშირებით, ასევე ღრმად შესწავლილი და გაანალიზებულია საქართველოს ელექტროენერგიის საბითუმო ბაზრის (სესბ-ის) ფუნქციონირების საკითხი 1999—2003 წლების პერიოდში.

ზემოაღნიშნული სტატისტიკური ინფორმაციის შესწავლით დადგინდა, რომ საანალიზო პერიოდში, ანუ 1999—2003 წლებში, წლის განმავლობაში მოხმარებულ ელექტროენერგიაზე დარიცხულ და სულ ამოღებულ თანხებს შორის სხვაობის არსებობას მუდმივი ხასიათი აქვს. ყოველივე ეს კარგად ჩანს 1.4 ნახაზზე წარმოდგენილი ინფორმაციიდან.

ამავე დროს, წლიურ ჭრილში, ყოველი საანგარიშო პერიოდის ბოლოს დარგისადმი დებიტორულ დავალიანებას ზრდადი ხასიათი აქვს. კერძოდ, როგორც 1.4 ნახაზიდან ჩანს, 1999 წლის ბოლოს დარგისადმი დებიტორულმა დავალიანებამ 101052 ათასი ლარი შეადგინა, 2000 წლის ბოლოს — 300701 ათასი ლარი, 2001 წლის ბოლოს — 425827 ათასი ლარი, 2002 წლის ბოლოს — 454794 ათასი ლარი, ხოლო 2003 წლის ბოლოს — 514317 ათასი ლარი. როგორც ამ მონაცემებიდან ჩანს, დარგისადმი ჯამურმა დებიტორულმა დავალიანებამ 0,5 მლრდ ლარს გადააჭარბა, რაც ესოდენ პრობლემურია კრიზისულ მდგომარეობაში მყოფი საქართველოსათვის.

1.4 ნახაზზე წარმოდგენილი ინფორმაციიდან ასევე კარგად ჩანს, რომ მთლიანად ამოღებული თანხის ყოველწლიური რაოდენობა თანდათან იზრდება. კერძოდ, თუ 1999 წელს ეს სიდიდე შეადგენდა 44065 ათას ლარს, მისმა მნიშვნელობამ 2000 წელს – 55248 ათასი ლარი, 2001 წელს – 63849 ათასი ლარი, 2002 წელს – 163639 ათასი ლარი, ხოლო 2003 წელს 78104 ათასი ლარი შეადგინა. ამრიგად, მოხმარებული ელექტროენერგიის საფასურის ამოღებას ზრდადი ხასიათი აქვს, მაგრამ იგი სრულიად არასაკმარისია დღევანდელი საქართველოს ენერგეტიკული სისტემისათვის, რადგანაც ჯერ კიდევ ძალიან დიდია ე.წ. „კომერციული დანაკარგები“, ანუ ელექტროენერგიის დატაცება და შესაბამისი არასწორი ეკონომიკური ქმედებები [22].

მოხმარებაზე დარიცხული თანხა, სულ ამოღებული თანხა და დავალიანება, ათ. ლარი



ნახ.1.4. მოხმარებულ ელექტროენერგიაზე სულ დარიცხული თანხა (1), მთლიანად ამოღებული თანხა (2) და დავალიანება (3) საანგარიშო პერიოდის ბოლოს [16–21]

ყოველივე ზემოაღნიშნული კარგად ჩანს 1.3 ცხრილში მოცემული მასალიდან. კერძოდ, ქვეყანაში წლების მიხედვით, სულ მოხმარებული ელექტროენერგიის საფასურის ამოღების პროცენტული რაოდენობა მართლაც არ არის დიდი და საანგარიშო პერიოდში ანუ 1999-2003 წლებში იცვლება 22-დან 42,5%-მდე. მხოლოდ ერთადერთ, 2002 წელს აჩვენა საერთო ამოღება საქართველოს ელექტროენერგიის საბითუმო ბაზარში – 85,26%, რაც ძირითადად განპირობებული იყო ჩათვლებით და არა ნაღდი თანხის ამოღებით.

მოხმარებული ელექტროენერგიის საფასურის ამოუღებლობა, დატაცებასთან ერთად, ძირითადად განპირობებულია მოხმარებული ელექტროენერგიის ინკასაციის გზით ამოღებით, აღრიცხვიანობის მოუწესრიგებლობით და, რაც მთავარია, სესხის მიერ მასზე დაკისრებული მოვალეობების შეუსრულებლობით. მაგალითად, სამუშაოში [6;10;23-24] აღნიშნულია, რომ საქართველოს ელექტროენერგიის საბითუმო ბაზარი ვერ ასრულებს მასზე დაკისრებულ ვერც ერთ ფუნქციას, მაშინ

როდესაც მისი ფუნქციონირების განმსაზღვრელი ერთ-ერთი ძირითადი დოკუმენტის - „საბაზრო წესების“ თანახმად მისი ფუნქციონირების ძირითადი პრინციპებია:

- დამოუკიდებლობა;
- ეკონომიკური მიზანშეწონილობა და სამართლიანობა;
- გარანტირებული და დროული ანგარიშსწორება;
- ბაზრის წვერთა თანასწორუფლებიანობა;
- გამჭვირვალობა.

(ცხრილი 1.3

ელექტროენერგიის წლიური გამოიმუშავება და მოხმარება საქართველოში
1999 - 2003 წლებში [6;11]

N	დასახელება	განზომილება	წ ლ ე ბ ი				
			1999	2000	2001	2002	2003
1	ელექტროენერგიის ფაქტობრივი წლიური გამოიმუშავება	მლნ კეტ.სთ	8098	7446	6809	7225	7132
2	ელექტროენერგიის წლიური მოხმარება	მლნ კეტ.სთ	8148	7848	7063	7713	7976
3	ქვეყანაში სულ მოხმარებული ელექტროენერგიის საფასურის აბოღება ენერგოკომპანიების მიერ	%	30,36	21,7	33,78	85,26	36,7

ის, რომ სესხი დღესაც ვერ ასრულებს მასზე დაკისრებულ მოვალეობას (ფუნქციებს), ამას მოწმობს ჟურნალისტთა ანტიკორუფციული საგამოძიებო ორგანიზაციისადმი სემეკის ხელმძღვანელობისა და სხვადასხვა ლიცენზიატების მიერ გაგზავნილი მოსასრებები.

აქვე უნდა აღინიშნოს ის ფაქტიც, რომ მოხმარებული ელექტროენერგიის საფასურის ამოღების 13 ცხრილში მოყვანილი პროცენტული რაოდენობები სრულად ვერ ასახავს რეალურად ამოღებული თანხების რაოდენობას, რადგანაც მთლიანად (სულ) ამოღებული თანხის შემადგენლობაში ნაღდ ფულთან ერთად შედის ჩათვლა და ბარტერი. ბოლო წლებში ეს უკანასკნელი შეწყდა.

ენერგოკომპანიებისა და პირდაპირი მომხმარებლების მიერ წლის განმავლობაში მოხმარებულ ელექტროენერგიაზე სულ დარიცხულიდან ამოღებული თანხა და მისი სტრუქტურა 1999-2003 წლებში წარმოდგენილია 1.4 ცხრილში

(ცხრილი 1.4

სულ ამოღებული თანხა და მისი სტრუქტურა 1999-2003 წლებში [10-13; 15]

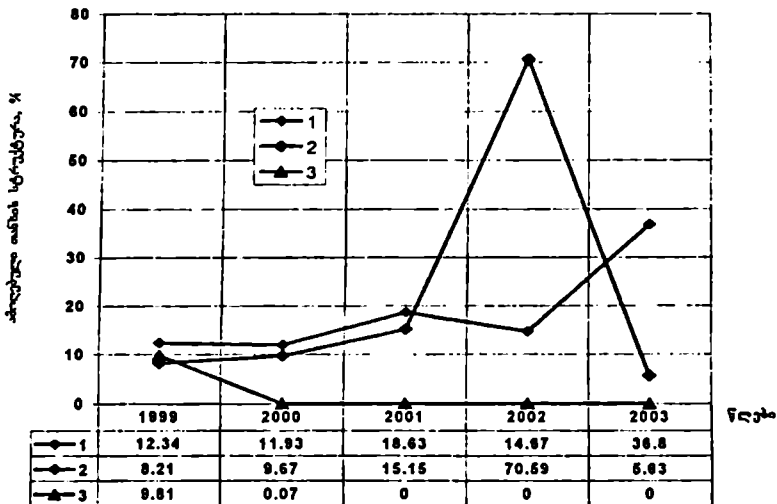
	სიდიდეთა დასახელება	განზომილება	წ ლ ე ბ ი				
			1999	2000	2001	2002	2003
1	ენერგოკომპანიებისა და პირდაპირი მომხმარებლების მიერ წლის განმავლობაში მოხმარებულ ელექტროენერგიაზე დარიცხული თანხებიდან სულ ამოღებული თანხები	ათასი ლარი	44065	55248	63849	163639	78104
2	ნაღდი ფული		17903	30432	35220	28162	67625
3	ჩათვლა		11928	24642	28629	135477	10479
4	ბარტერი		14234	174	0	0	0

როგორც 1.4 ცხრილიდან ჩანს, 1999 წლის 1 ივლისიდან წლის ბოლომდე, ანუ 31 დეკემბრის ჩათვლით, ენერგოკომპანიებზე და პირდაპირ მომხმარებლებზე

დარიცხული თანხიდან სულ ამოღებული 44065 ათასი ლარიდან მხოლოდ 17903 ათასი ლარი შეადგენდა ნაღდ თანხას, ანუ დარიცხული თანხის 12,34%-ს, ხოლო დანარჩენი ჩათვლის და ბარტერის სახით ამოღებული თანხა იყო. 2000 წელს ნაღდი თანხის სახით ამოღებულ იქნა 30432 ათასი ლარი, ანუ დარიცხული თანხის 11,93%; 2001 წელს – 35220 ათასი ლარი, ანუ დარიცხული თანხის 18,63%; 2002 წელს – 28162 ათასი ლარი, ანუ დარიცხული თანხის 14,67%, ხოლო 2003 წლისათვის ნაღდი თანხის სახით ამოღებული 67625 ათასი ლარი ყველაზე დიდი ამოღება იყო და სათანადოდ შეადგინა დარიცხულის 36,8%.

ამრიგად, როგორც წარმოდგენილი ინფორმაცია ცხადყოფს, აღრიცხვიანობის მოუწესრიგებლობის და, შესაბამისად, არამართებული და არასწორი ეკონომიკური ქმედებების გარემოს არსებობის შედეგად ჯერ კიდევ ძალიან დაბალია ნაღდი ფულის სახით ამოღებული თანხის რაოდენობა, რაც ართულებს დარგის ობიექტების რეაბილიტაციას-აღდგენას, ხელფასების გაცემას და ა.შ.

ენერგოკომპანიებისა და პირდაპირი მომხმარებლების მიერ წლის განმავლობაში მოხმარებულ ელექტროენერგიაზე დარიცხულიდან ამოღებული თანხის სტრუქტურა და პროცენტული რაოდენობა, რომელიც წარმოდგენილია 1.5 ნახაზზე, გვიჩვენებს, რომ საანგარიშო პერიოდში, ანუ 1999-2003 წლებში ნაღდი ფულის სახით ამოღებული თანხა არ არის დიდი და იგი დარიცხული თანხის მხოლოდ 12-36,8%-ია. აქვე უნდა აღინიშნოს ის სამწუხარო ფაქტი, რომ ჯერ კიდევ საკმარის მდაღლია ჩათვლების სახით ამოღებული თანხების პროცენტული რაოდენობა დარიცხული თანხიდან. 1.5 ნახაზზე მოცემული ინფორმაციიდან ასევე ნათლად ჩანს, რომ 2001-2003 წლებში ბარტერის სახით თანხის ამოღებას ადგილი არ აქონია.



ნახ.1.5. ქვეყანაში ენერგოკომპანიებისა და პირდაპირი მომხმარებლების მიერ წლის განმავლობაში მოხმარებულ ელექტროენერგიაზე დარიცხულიდან ამოღებული თანხის სტრუქტურა და პროცენტული რაოდენობა:
 1-ნაღდი ფულის სახით ამოღებული თანხა; 2-ჩათვლის სახით ამოღებული თანხა;
 3-ბარტერის სახით ამოღებული თანხა

ამრიგად, შეიძლება დავასკენაოთ, რომ ელექტროენერგეტიკული სექტორის ფინანსური კრიზისიდან გამოყვანის აუცილებელი წინაპირობაა მოხმარებული ელექტროენერგიის საფასურის ამოღების გაუმჯობესებასა და ამოუღებლობასთან დაკავშირებით წარმოქმნილი ეკონომიკური დანაშაულის აღმოფხვრის მეთოდებისა და ღონისძიებების შემუშავება. საფასურის ამოღების გაუმჯობესების ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს მეთოდს მანაწილებელი ენერგოკომპანიების გამსხვილება და მათი პრივატიზაცია და/ან მართვაში გადაცემა წარმოადგენს. ამასთან ერთად, საჭიროა გატარდეს შემდეგი ღონისძიებები:

- აღრიცხვიანობის მოწესრიგება და ინკასაციის გზით თანხის ამოღების გაუქმება;
- არგადამხდელების გამორთვები;
- გამორთვის გახანგრძლივება მანამ, სანამ არ დაიფარება დავალიანება;
- საფასურის დროულად გადაუხდელობის შემთხვევაში სათანადო საჯარიმო სანქციების გატარება;
- საქართველოს ელექტროენერგიის საბითუმო ბაზრის მიერ შესაბამისი რეაგირების განხორციელება, განსაკუთრებით იმ ენერგოკომპანიებისა, რომლებმაც პირდაპირი მოხმარებლების მიმართ, რომლებსაც ელექტროენერგეტიკული სექტორის წინაშე მნიშვნელოვანი დებიტორული დავალიანება აქვთ.

12. მყარი სათბობის გამოყენების გრძელვადიანი სტრატეგია

ნახშირების წყის პროგრესული ტექნოლოგიების დამუშავება და თესვის, მათი დანერგვა მოითხოვს ურთულესი მეცნიერული და ინჟინრული ამოცანების გადაწყვეტას, რომელთა მასშტაბურობაზე მეტყველებს თუნდაც ის ფაქტი, რომ მსოფლიო წაყვან ქვეყნებში უკვე შემუშავებულია სპეციალური სახელმწიფო სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრამები მყარ სათბობზე მომუშავე თესვის ეკოლოგიურად და ეკონომიკურად ეფექტური გამოყენების მიზნით.

ამ პროგრამებიდან თავისი მასშტაბურობით აღსანიშნავია ყოფილი სსრ კავშირის მეცნიერებისა და ტექნიკის სახელმწიფო კომიტეტის (ГКНТ) მიერ შემუშავებული სახელმწიფო სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრამა „ეკოლოგიურად სუფთა ენერგეტიკა“, რომელშიც ცალკე მიმართულებად იყო გამოყოფილი „ეკოლოგიურად სუფთა თბოელექტროსადგურები“ და აშშ-ის ენერგეტიკის სამინისტროს მიერ შემუშავებული პროგრამა „ნახშირების სუფთა ტექნოლოგია თესვისათვის“.

12.1. ГКНТ მიერ შემუშავებული სახელმწიფო სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრამა „ეკოლოგიურად სუფთა თბოელექტროსადგურები“

ГКНТ-ს მიერ შემუშავებული სახელმწიფო სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრამა „ეკოლოგიურად სუფთა თბოელექტროსადგურები“ საფუძვლად დაედო მომავალი თესვის დაპროექტებას და არსებულის რეკონსტრუქციას. ეს პროექტებია [25]:

- კანსკო-აჩინსკის მურა ნახშირზე მომუშავე ბერეზოვსკის სახელმწიფო რაიონული ელექტროსადგურის (სრესის) პროექტის ორი ეარიანტი. პირველი ეარიანტი ითვალისწინებს 800 მგვტ სიმძლავრის რეაორთქტორბინიანი ენერგობლოკით აღჭურვილ 6,4 მლნ კვტ სიმძლავრის თესს. გათვალისწინებულია ნახშირის მტერის სამსაფეხურიანი წვა, სათბობის წინასწარი შეთბობით და მტერის წინასწარი გახურებით. ნაცრისგან, გოგირდისა და ასოტის

ჟანგულებიდან წვის აირადი ნაწარმის გასაწმენდად გათვალისწინებულია ქსოვილის სახელოებიანი ფილტრის დაყენება.

მეორე ვარიანტი ითვალისწინებს 5 მლნ კეტ სიმძლავრის თესს, ორთქლარიანი დანადგარით (ПГУ-625ГФ) და ნახშირის გაზიფიკაციით წნევის ქვეშ. თითოეულ დანადგარზე გათვალისწინებულია ორ-ორი ГТЗ-200-1250 აირის ტურბინის, ქვაბ-უტილიზატორის და К-225-130 ორთქლის ტურბინის დაყენება.

- ეკიბასთუზის ქვანახშირზე მომუშავე ეკიბასთუზის სრესის პროექტის ორი ვარიანტი.

პირველი ვარიანტი ითვალისწინებს 500 მეგტ სიმძლავრის რვა ორთქლტურბინიანი ენერგობლოკით აღჭურვილ 4 მლნ კეტ სიმძლავრის თესს, სადაც გათვალისწინებულია П-57р ტანგენციურ საცეცხლიანი საქვაბე დანადგარი, სველკირქვიანი გოგირდსამწმენდი და კატალიზური აზოტსამწმენდი მოწყობილობები და მარცვლოვანი როტორული ფილტრები.

მეორე ვარიანტი 4 მლნ კეტ სიმძლავრის თესი, რვა 500 მეგტ-იანი ენერგობლოკით, რომლებიც აღჭურვილია აეროშადრევენული წინასაცეცხლიანი საქვაბე დანადგარებით. წინასაცეცხლეში ხორციელდება ნახშირის წინასწარი გაზიფიკაცია და სათბობის წვა ცირკულირებად მდულარე შრეში.

- კუზნეცის ქვანახშირზე მომუშავე პეტროესის თბოელექტროცენტრალის (თეცის) მეორე რიგის პროექტის ორი ვარიანტი.

პირველი ვარიანტი ითვალისწინებს 180 მეგტ სიმძლავრის ექვს ორთქლტურბინიან ენერგობლოკს, რომლებიც აღჭურვილია 670 ტ/სთ ორთქლმწარმოებლურობის საქვაბე დანადგარებით, რომლებშიც სათბობის წვა ცირკულირებად მდულარე შრეში მიმდინარეობს.

მეორე ვარიანტი, ეს არის თეცი 300 მეგტ სიმძლავრის ორი ორთქლარიანი ენერგოდანადგარით, რომლებიც აღჭურვილია მაღალწნევიანი 650 ტ/სთ მწარმოებლურობის ორთქლგენერატორებით, აირგენერატორებო და 115 მეგტ სიმძლავრის აირის ტურბინებით.

- როსტოვის სრესის პროექტი, რომელიც გაუარესებული ხარისხის დონეცის ანთრაციტის ღერძილზე მუშაობს.

პირველი ვარიანტი სათბობის წვა ცირკულირებად მდულარე შრეშია გათვალისწინებული. 300 მეგტ-იანი რვა ორთქლტურბინიანი დუბლ-ბლოკი აღჭურვილი იქნება 500 ტ/სთ მწარმოებლობის საქვაბე აგრეგატებით და ელექტროფილტრებით.

მეორე ვარიანტი ითვალისწინებს სათბობის დაწვას საქვაბე აგრეგატის წინასაცეცხლეში, რომლიდანაც წიდის ართმევა თხევად მდგომარეობაში ხდება.

ხარკოვის სრესის პროექტი, 200-300 მეგტ სიმძლავრის ორთქლტურბინიანი ენერგობლოკებით, რომლებიც აღჭურვილი იქნება ანთრაციტის ღერძილზე მომუშავე საქვაბე დანადგარებით. გათვალისწინებულია სათბობის წვა წიდის ნაღნოში.

როგოც აქ მოყვანილია მონაცემებიდან ჩანს, მყარ სათბობზე მომუშავე თესების განვითარების პერსპექტივები უშუალოდ არის დაკავშირებული სათბობის წვის ისეთ პროგრესულ ტექნოლოგიებთან, როგორიცაა მურა ნახშირის მტერის სამსაფეხურიანი წვა სათბობის წინასწარი შემოვლითა და მტერის წინასწარი გახურებით, წნევის ქვეშ ნახშირების გაზიფიკაცია, ნახშირების წვა საქვაბე დანადგარებში ტანგენციური საცეცხლეებითა და აეროშადრევენული

წინასაცეხლებით, ნახშირების წვა ცირკულირებად მდლარე შრეში, ნახშირების წვა წილის ნაღობში და ნახშირების წვა მაღალდაწვეიან საქებად დანადგარებში.

უნდა აღინიშნოს, რომ განხილული პროექტები სრულად აკმაყოფილებს არა მარტო ტექნიკურ-ეკონომიკურ, არამედ ეკოლოგიურ მოთხოვნებსაც. მაგალითად, გოგირდის ჯანგულების გამონაბოლქვი ყველა განხილული სათბობისათვის არ აღემატება 0,2-0,3 გ/მ³, აზოტის ჯანგულების გამონაბოლქვი - 0,15-0,2 გ/მ³, ნაცრის გამონაბოლქვი ეკიბასთუხის ქვანახშირისათვის - 0,1 გ/მ³, ხოლო სხვა სათბობებისათვის - 0,05 გ/მ³-ს. საინტერესოა ისიც, რომ აღნიშნული ტექნოლოგიები უზრუნველყოფს ნაცრის გამოყენებას არანაკლებ 80% მოცულობით და თხევადი ჩამონადენების 100% - იან გაწმენდას.

აქ მოყვანილი ეკოლოგიური მაჩვენებლები არათუ ჩამორჩება თესებისადმი წაყენებულ მოთხოვნებს განვითარებულ ინდუსტრიულ ქვეყნებში, არამედ გარკვეული მაჩვენებლებით კიდევაც აღემატება მათ. საინდუსტრიაციოდ 1,5 ცხრილში მოცემულია გამონაბოლქვის დასაშვები მნიშვნელობები გერმანიაში, იაპონიაში და აშშ-ებში.

ცხრილი 1.5

გამონაბოლქვის დასაშვები მნიშვნელობები გერმანიაში, იაპონიაში და აშშ-ებში [25]

დასაშვები გამონაბოლქვი, გ/მ ³	გერმანია	იაპონია	აშშ
ნაცარი	0,05	0,1	0,04
გოგირდის ჯანგული	0,4	0,55	0,3
აზოტის ჯანგული	0,2	0,4	1,2

1.2.2. აშშ-ის ენერგეტიკის სამინისტროს მიერ შემუშავებული პროგრამა „ნახშირების სუფთა ტექნოლოგია თესებისათვის“

აშშ-ის ენერგეტიკის სამინისტროს მიერ შემუშავებული პროგრამა „ნახშირების სუფთა ტექნოლოგია თესებისათვის“ ემყარება მყარი სათბობის გამოყენების სრულიად ახალ არატრადიციულ მეთოდებს, რომლებიც ოთხ ძირითად მიმართულებას ითვალისწინებენ, კერძოდ [26]:

- სათბობის წინასწარი გაწმენდა საცეცხლეში მოხვედრამდე;
- უშუალოდ სათბობის წვის პროცესების სრულყოფა;
- წვის აირადი ნაწარმის გაწმენდა;
- ნახშირების გადაშუშება (კონვერსია).

განახლებადი მყარი სათბობის წინასწარი გაწმენდის ფიზიკურ, ქიმიურ და ბიოლოგიურ მეთოდებს. გაწმენდის ფიზიკური მეთოდი მოითხოვს შახტებში მოპოვებული ნახშირის ჯერ დაფქვას და შემდეგ გარეცხვას, რის შედეგადაც ხდება სათბობის შემდგენი არასასურველი მინარევების მოშორება მათი სიმკვრივეების სხვაობის ხარჯზე. ფიზიკური გაწმენდის პერსპექტიული ტექნოლოგია, რომელიც ამერიკულ პროგრამაშია მოყვანილი, საშუალებას იძლევა, ნახშირებს მოვაშროთ პირიქული გოგირდის და სხვა არასასურველი მინარევების 90%.

გაწმენდის ქიმიურ მეთოდებს იყენებენ ნახშირებიდან ორგანული გოგირდისა და მინერალური მინარევების მოსაშორებლად. ერთ-ერთ ყველაზე პერსპექტიულ ქიმიურ მეთოდად ითვლება ნახშირების დამუშავება სოდის ნაღობში. კერძოდ, ნახშირებს ამუშავებენ ცხელი ქიმიური რეაგენტებით, რომელთა შორის ძირითადი ადგილი სოდას უჭირავს.

სრულიად ახალ, ბიოლოგიურ მეთოდს საფუძვლად უდევს ბუნებრივი ბაქტერიების აღმოჩენა, რომლებსაც შეუძლია ნახშირების გაუგოგირდოება. ამჟამად ტარდება ექსპერიმენტები ამ მიკრობების გამაუგოგირდოებელი თვისებების გასაუმჯობესებლად, განსაკუთრებით მათ მიერ ორგანული გოგირდის „შეკმის“

სიჩქარის გასაზრდელად. მიმდინარეობს აგრეთვე საკვლევი სამუშაოები ამ მიზნით სოკოების გამოსაყენებლად, რომლებსაც გარკვეული უპირატესობაც კი აქვს ბაქტერიებთან შედარებით.

გაწმენდის ქიმიური და ბიოლოგიური მეთოდები საშუალებას იძლევა ნახშირებიდან გამოყოფთ გოგირდის 90 და ნაცრის 99%.

მყარი სათბობის წყის პროცესების სრულყოფაზე მუშაობა აშშ-ში ჯერ კიდევ გასული საუკუნის 60-70-იან წლებში დაიწყო. ამის შედეგად შეიქმნა საცეცხლეები მდულარე შრით და წინასაცეცხლეები წილის თხევად მდგომარეობაში მოშორებით. მოგვიანებით შეიქმნა დანადგარები ბარბოტაჟული და ცირკულირებადი მდულარე შრით როგორც ატმოსფერულ, ასევე ჰაერ წნევაზე.

მდულარეშრიანი პირველი ორთქლის ქვაბი აშენდა ჯორჯტაუნის უნივერსიტეტის ბაზაზე ქ. ვაშინგტონში 1979 წელს (მისი სიმაღლე 10 მეტრია).

ახალი საცეცხლე ტექნოლოგიების მნიშვნელოვან ნაწილს საფუძვლად დაედო ციკლონური წინასაცეცხლეების კონცეფცია. მისი უპირატესობა ის არის, რომ ნაცრის მოშორება უშუალოდ წინასაცეცხლეში ხდება. ცდებით დადგინდა, რომ წინასაცეცხლეებში ნახშირის სამსაფეხურიანი წვით შესაძლებელია NO_x -ის რაოდენობის შემცირებაც 50-70%-ით, ხოლო კირქვის შეყვანით წინასაცეცხლეში შეგომლია SO_2 -ის გამონაბოლქვი 50-90%-ით. შევამციროთ, დიდი ყურადღება ექცეოდა აგრეთვე სპეციალური სანთურების გამოყენებას აზოტის ჟანგეულების შესამცირებლად.

წყის აირადი ნაწარმის გაწმენდის თანამედროვე ტექნოლოგიებიდან ყურადღებას იქცევდა ახალი პროგრამა, რომელიც აერთიანებდა SO_2 -საგან აირების გაწმენდის ყველა აუცილებელ საფეხურს (აბსორბციას, დაჟანგვას, ნეიტრალიზაციასა და კრისტალიზაციას) ერთდერთ ჯაგლურ-საბარბოტაჟო ტიპის ტურბულში, სადაც ხდება წყის აირადი ნაწარმის ბარბოტაჟი აბსორბენტის შრეში. ამ ტიპის პირველი სამრეწველო დანადგარი ამუშავდა ილინოისის უნივერსიტეტში ნახშირმტკრიან ქვაბზე.

წყის აირადი ნაწარმის გაწმენდის კიდევ ერთი ტექნოლოგია ითვალისწინებდა ახალი ქიმიური აბსორბენტის გამოყენებას. მაგალითად, სპილენძის ჟანგი SO_2 -თან რეაგირების შედეგად გადაიქცევა სპილენძის სულფატად. ეს უკანასკნელი კი ამიათან ერთად NO_x -ს აზოტად გადააქცევს.

მაღალ დონეზე იყო დამუშავებული აგრეთვე აზოტის ჟანგეულების სელექციურ-კატალიზური დაშლის სქემა.

წყის აირადი ნაწარმის გასაწმენდი კიდევ ერთი ტექნოლოგიაა ელექტრონთა კონის გამოყენება. წყის აირად ნაწარმში, რომელიც შემდეგ ელექტრონთა კონას გაივლის, შეჰყავთ წყალ-ამიაკის ნარევი. როდესაც ელექტრონები დაბომბავენ SO_2 -ისა და NO_x -ის მოლეკულებს, ეს უკანასკნელები დისოცირდება და ქმნის ამონიუმის სულფატებსა და ნიტრატებს, რომლებიც მშრალი ნაწილაკების სახით გამოეყოფა აირებს.

ნახშირების კონვერსიას, ამერიკული პროგრამის თანახმად, უპირველეს ყოვლისა, მიეკუთვნება მათი გაზიფიკაცია, როგორც ყველაზე უფრო სუფთა და ეფექტური პროცესი ელექტროენერგიის გამოსაშუშავებლად.

მოგვიანებით, ნახშირების გაზიფიკაციის ტექნოლოგიას დაემატა მიღებული სინთეზური აირის გოგირდისაგან გაწმენდის მეთოდიც. ერთ-ერთი ასეთი ტექნოლოგია, რომელიც ითვალისწინებს სინთეზური აირის ნაკადის გატარებას თეთრის ფერიტის ნაწილაკების შრეში და ამ უკანასკნელით აირის გოგირდოვანი მინარევების აბსორბირებას, საშუალებას იძლევა მივიღოთ სასაქონლე გოგირდი და თითქმის 100%-ით გავეწმინდოთ სინთეზური აირი გოგირდოვანი მინარევებისაგან.

ამერიკული პროგრამა ითვალისწინებს ნახშირების მიწისქვეშა გაზოფიკაციასაც. რომელიც განსაკუთრებით ეფექტურია ნახშირების იმ ქანებისათვის, რომელთა მოპოვება შეუძლებელი ან ძალზე გაძნელებულია რთული საბითუმო-გეოლოგიური პირობების გამო.

ნახშირებიდან ენერგიის მიღების პერსპექტიულ მეთოდად ითვლებოდა აგრეთვე კიბიური ენერგიის უშუალო გარდაქმნა ელექტრო- და სითბურ ენერგებად, რომელიც ელექტროკიბიური მოწყობილობის - სათბო-ელემენტების საშუალებით ხორციელდება. იმ დროისათვის უკვე არსებობდა სათბო-ელემენტი, რომელსაც საფუძვლად ედო ფოსფორმეაჟა და ნახშირის გაზოფიკაციის დროს მიღებული წყალბადი.

საბოლოოდ, როგორც ამერიკული, ასევე რუსული პროგრამების განხილვის საფუძველზე, შეგვიძლია გავაკეთოთ დასკვნა, რომ ელექტროენერგიის წარმოებაში ხარისხობრივი ცვლილებების განხორციელება და აყვების ეკონომიკურობის შემდგომი გაზრდა (ელსადგურების მშენებლობის გაიაფება, სათბობის ხვედრითი ხარჯის შემცირება და ეკოლოგიური მანქანების გაუმჯობესება) წარმოუდგენელია მათი ტექნოლოგიების რადიკალური ცვლილებების გარეშე. უპირველეს ყოვლისა, ეს არის ეკოლოგიურად სუფთა ორთქლადიანი ციკლების შექმნა ბუნებრივ აირზე, რაც საშუალებას მოუცემს 57-60%-მდე გაეზარდოს თესების მქონე ციკლი. გარკვეული პაუზის შემდეგ, რომელსაც სპეციალისტები "აირის პაუზას" უწოდებენ [26], უნდა განხორციელდეს მყარ სათბობზე მომუშავე თესების დანერგვა, რომელთაგან ყველაზე უფრო პერსპექტიულად და ტექნიკურად დასაბუთებულად ითვლება ორთქლადიანი დანადგარები ნახშირების შიგადაცვლილი გაზოფიკაციით.

ახალი ტექნოლოგიების დამუშავება და დანერგვა დაკავშირებული იყო აირის ტურბინების, საგაზოფიკაციო დანადგარებისა და სისტემების, გენერატორული აირების საწვინდი მოწყობილობების შექმნასა და სხვა ურთულესი ამოცანების გადაწყვეტასთან და, აქედან გამომდინარე, დიდ ფინანსურ ხარჯებთანაც. მართლაც, ГХНТ-ს პროგრამის თანახმად, ეკოლოგიურად სუფთა ენერგოდანადგარების მხოლოდ სათაო ნიმუშებისა და ნახშირის რეზერვების პირველი რიგების შექმნა მოითხოვდა დაფინანსებას 2,3 მლრდ მანეთის მოცულობით, საიდანაც სამეცნიერო-საკლდე და საცდელ-კონსტრუქტორულ სამუშაოებზე გათვალისწინებული იყო 750 მლნ მანეთი, ხოლო ყველა ეკოლოგიურად სუფთა თესის მშენებლობა ნახშირის შესაბამისი რეზერვებით შეფასებული იყო 20 მლრდ მანეთად (1991 წლის ფასებით).

ამ მხრივ კიდევ უფრო შორს წავიდნენ ამერიკელები, რადგან ნახშირების სუფთა ტექნოლოგიის პროგრამას უშუალოდ აშშ-ების კონგრესის ინიციატივით ჩაეყარა საფუძველი და ამ პროგრამამ თვით აშშ-ების პრეზიდენტის მხარდაჭერაც დაიმსახურა. კერძოდ, 1987 წლის მარტში პრეზიდენტმა რ.რეიგანმა გამოსცა დირექტივა, რომლის თანახმადაც ამ პროგრამის დაფინანსების ფედერალური წილი 2750 მლნ დოლარამდე გაიზარდა, ხოლო პრეზიდენტმა ჯ.ბუშმა 1989 წელს მოუწოდა კონგრესს ამ პროგრამით გათვალისწინებული ყველა ღონისძიების სრული დაფინანსებისაკენ.

ახალი ტექნოლოგიების დამუშავებისა და დანერგვის სირთულეზე მეტყველებს ის ფაქტიც, რომ მათი ფართომასშტაბიანი გამოყენება მხოლოდ 2015 წლისათვის იყო დაგეგმილი.

ზემოთ წარმოდგენილი ანალიზი გვიჩვენებს, რომ გენერაციის ბაზისური სიმძლავრეების გაზრდისა და კრისისული მდგომარეობის დაძლევის მიზნით მიზანშეწონილია საქართველოში აიგოს ეკოლოგიურად სუფთა, ეკონომიკურად გამართლებული და ადგილობრივ ნახშირებზე მომუშავე თბოელექტროსადგური, რომლის ფუნქციონირებაც დაფუძნებული იქნება მყარი სათბობის წყის თანამდროვე ტექნოლოგიებზე.

მსოფლიო ენერგეტიკული ბალანსის და ნახშირზე მომუშავე თბოელექტროსადგომების დღევანდელი მდგომარეობა და მათი განვითარების პერსპექტივები

ელექტროენერგეტიკული ინდუსტრია დღეისათვის მსოფლიო ეკონომიკის უმნიშვნელოვანესი შემადგენელი ნაწილია, სადაც თავმოყრილია კოლოსალური მატერიალური ფასეულობა, მეცნიერებისა და ტექნიკის მოწინავე მიღწევები და მილიონობით ადამიანის ტალანტი და შრომა.

1998 წლის 13-18 სექტემბერს ქ. პიუსტონში (აშშ) ჩატარდა მსოფლიო ენერგეტიკული საბჭოს (მსეს) მე-17 კონგრესი. კონგრესმა განიხილა და „საღებურად“ შეაფასა როგორც მსოფლიო ენერგეტიკული ბალანსისა და ენერგეტიკის სარესურსო უზრუნველყოფის მაშინდელი მდგომარეობა, ასევე მსოფლიო ენერგეტიკის განვითარების ტენდენციები და პერსპექტივები მომავალი 50 წლის მანძილზე [27-29].

2.1. მსოფლიო ენერგეტიკული ბალანსის დღევანდელი მდგომარეობა

კონგრესის მასალებისა და საერთაშორისო ენერგეტიკული სააგენტოს (სეს) სტატისტიკური მონაცემების თანახმად, პირველადი სათბო-ენერგეტიკური რესურსების ჯამურმა წარმოებამ მსოფლიოში 1996 წელს შეადგინა 13,7 მლრდ ტ.პ.ს., ხოლო ენერგოაღამტანების სრულმა მოხმარებამ – 9,7 მლრდ ტ.პ.ს., რაც ამას ნიშნავს, რომ პირველადი სათბო-ენერგეტიკული რესურსების სასარგებლოდ გამოყენების კოეფიციენტი 1996 წელს 70%-ის ტოლი იყო.

ინდუსტრიულად განვითარებულ მთელ რიგ ქვეყნებში, ნავთობის ეკონომიურად გამოყენების მიზნით გატარებული ღონისძიებების მიუხედავად, კვლავინდებურად გრძელდება მისი მოპოვებისა და მოხმარების ტემპები. 1997 წელს, 1996 წელთან შედარებით, ნავთობის მოპოვება გაიზარდა 2,4%-ით. ეს ძირითადად განაპირობა ტრანსპორტის განვითარებამ, განსაკუთრებით განვითარებულ ქვეყნებში [30,31].

დღეისათვის ნავთობის უმსხვილეს მწარმოებლად მსოფლიოში ითვლებიან საუდის არაბეთი, აშშ, რუსეთი, ირანი, ვენესუელა, მექსიკა, ჩინეთი და ნორვეგია, ხოლო ნავთობის უმსხვილეს მომხმარებლად – აშშ, იაპონია, რუსეთი, ჩინეთი და გერმანია (2.1 ცხრილი).

უკანასკნელ წლებში გაიზარდა ბუნებრივი აირის მოპოვებისა და მოხმარების ტემპებიც. 1996 წელს აირის მოპოვებამ მსოფლიოში შეადგინა 2888, ხოლო მოხმარებამ 2226 მლრდ მ³ (2,2 ცხრილი), აქედან 3/5-ზე მეტი მოხმარდა ელექტროენერგეტიკის წარმოებას [30]. გაიზარდა აგრეთვე ბუნებრივი აირით საერთაშორისო ვაჭრობის ტემპებიც. აირის უმსხვილეს ექსპორტიორად ბოლო წლებში ითვლება რუსეთის ფედერაცია. 1996 წელს რუსული აირის ექსპორტმა 196,5 მლრდ მ³ შეადგინა, აქედან – 73 მლრდ მ³ დსთ-ის ქვეყნებში. მსხვილ ექსპორტიორებს მიეკუთვნება აგრეთვე კანადა, რომელსაც გააქვს მოპოვებული აირის 49%, ნიდერლანდები (50), ალჟირი (63), ინდონეზია (48) და ნორვეგია (90%).

ქვანახშირის მოპოვების ტემპები უფრო დაბალია, ვიდრე ბუნებრივი აირისა, მაგრამ აღემატება ნავთობის მოპოვების ტემპებს. 1997 წელს მან შეადგინა 3,8 მლრდ ტონა, აქედან სამამუღლე მეტი მოპოვებულ იქნა ჩინეთში (1348 მლნ ტონა), შემდეგ მოდიან აშშ, სამხრეთ აფრიკის რესპუბლიკა, ავსტრალია და რუსეთი.

რაც შეეხება ელექტროენერგიას, მისი წარმოება მსოფლიოში 1991-1996 წლებში გაიზარდა თითქმის 13%-ით. განსაკუთრებით მაღალი ტემპები შეინიშნება

განვითარებად ქვეყნებში და, პირველ რიგში, ჩინეთში (59,4%-ით), აზიაში (37,5%-ით, ჩინეთის გარდა), ახლო აღმოსავლეთსა (46%-ით) და ლათინურ ამერიკაში (28,5%-ით). ინდუსტრიულად განვითარებულ – ეკონომიკური თანამშრომლობისა და განვითარების ორგანიზაციის (ეკთავო) წევრ ქვეყნებში ელექტროენერგიის წარმოება ამ პერიოდში 12,8%-ით გაიზარდა (23 ცხრილი). ამ ფონზე შეტად საეკოლოგიურად გამორჩეულებიან დსთ-ისა და ბალტიის ქვეყნები, სადაც ელექტროენერგიის წარმოება 25%-ით შემცირდა [30].

ცხრილი 2.1

ნავთობის მოპოვება, ექსპორტი, იმპორტი და მოხმარება
1997 წელს, მლნ ტ.

№	ქვეყანა	მოპოვება	ექსპორტი	იმპორტი	მოხმარება
1	2	3	4	5	6
1	საულის არაბეთი	439,0	327,0	—	53,2
2	აშშ	370,1	7,2	438,4	836,1
3	რუსეთი	303,4	125,6	მონაც. არ არსებობს	127,5
4	ირანი	181,8	124,7	—	61,7
5	ვენესუელა	169,0	95,6	—	19,0
6	მექსიკა	168,4	8,8	—	87,2
7	ჩინეთი	160,2	20,4	მონაც. არ არსებობს	172,6
8	ნორვეგია	155,5	142,9	1,4	10,3
9	დიდი ბრიტანეთი	128,2	77,6	41,5	83,3
10	არაბთა გაერთ. ემირატები	120,2	100,3	—	17,3
11	ქუვეითი	108,2	63,6	—	6,5
12	ნიგერია	103,9	85,0	—	9,2
13	იაპონია	0,7	—	231,6	270,0
14	გერმანია	2,8	7,0	100,5	140,3
15	სამხრეთ კორეა	—	—	119,6	113,5
16	იტალია	6,0	0,1	79,0	97,7
17	საფრანგეთი	2,1	—	87,6	94,0
18	ნიდერლანდები	2,9	0,6	60,7	38,6
19	ესპანეთი	0,4	—	55,7	61,6
20	სინგაპური	—	—	56,0	27,4
21	სხვა ქვეყნები	984,7	მონაც. არ არსებობს	465,7	მონაც. არ არსებობს
	სულ მსოფლიოში	3407,5	მონაც. არ არსებობს	1737,7	3315,8

ელექტროენერგიის ყველაზე მსხვილ მწარმოებლად ითვლებიან აშშ, ჩინეთი, იაპონია, რუსეთი, კანადა, გერმანია და საფრანგეთი. ამასთან, 1996 წელს მსოფლიოში გამოშუშებული ელექტროენერგიის 62% მოდიოდა თესზე, 19% – ქესზე, 17% – აესზე და თითქმის 1,5% – ენერგიის განახლებად წყაროებზე.

ელექტროენერგიის საავტოო მოცულობაში 1996 წელს შეადგინა 348 ათასი გვტ.სთ, რაც 25%-ით მეტია 1991 წლის მოცულობასთან შედარებით. ყველაზე მსხვილ ექსპორტიორებად 1996 წელს ითვლებოდნენ საფრანგეთი (68 ათასი გვტ.სთ), პარაგვაი (40 ათასი გვტ.სთ) და კანადა (36 ათასი გვტ.სთ).

მსეს-ის დაზუსტებული მონაცემებით 1997 წლის დასაწყისისათვის მსოფლიოს 32 ქვეყანაში მუშაობდა 439 ატომური ენერგობლოკი. მარტო 1996 წლის მანძილზე მსოფლიო ენერგოსისტემას შეემატა ხუთი ატომური ენერგობლოკი: ორი იაპონიაში და თითო აშშ-ში, საფრანგეთსა და რუმინეთში [29].

ქესების დადგენილი სიმძლავრე მსოფლიოში შეადგენს დაახლოებით 700 გვტ.-ს, ხოლო მათი გამოშუშება – 2,6 მლნ გვტ.სთ-ს წელიწადში. მსოფლიოს 63

ქვეყანაში მთლიანად გამომუშავებული ელექტროენერგიის 50%-ზე მეტი მოდის ქესებზე, ხოლო აფრიკის შეიდ ქვეყანაში, ბუთანსა და პარაგვაიში ელექტროენერგიის გამომუშავება მთლიანად ქესებში წარმოებს.

ცხრილი 2.2

ბუნებრივი აირის მოპოვება და მოხმარება მსოფლიოს რეგიონებისა და ქვეყნებში 1996 წელს, მლრდ მ³

№	რეგიონი, ქვეყანა	მოპოვება	მოხმარება
1.	ევროპა	980,9	907,3
2	ჩრდილოეთ ამერიკა	933,7	726,3
3	აზია	322,8	299,4
4	ახლო ღმოსაფლეთი	273,6	150,3
5.	აფრიკა	217,8	42,2
6	სამხრეთ ამერიკა	120,4	75,7
7	ოკეანეთი	38,9	24,6
სულ მსოფლიოში		2888,1	2226
მათ შორის:			
	□ აშშ	681,1	622,0
	□ რუსეთი	619,7	337,3
	□ კანადა	198,1	67,1
	□ დიდი ბრიტანეთი	98,3	86,9
	□ ნიდერლანდები	90,0	49,3
	□ გერმანია	25,9	104,0
	□ იტალია	19,6	56,0
	□ უკრაინა	18,4	89,6

უკანასკნელ წლებში ფართო განვითარება პოვა ეკოლოგიურად სუფთა, განახლებადი ენერგიის წყაროებზე მომუშავე ელექტროსადგურებმაც.

გეოთერმული ელექტროსადგურების (გეოთეს) დადგმულმა ჯამურმა სიმძლავრემ მსოფლიოში 1998 წლისათვის 8 გეტ-ს მიაღწია, ხოლო ელექტროენერგიის წლიურმა გამომუშავებამ ამ სადგურებზე 42 ათას გეტ.სთ-ს. გეოთესების მთლიანი დადგმული სიმძლავრის თითქმის 40% (2,8გეტ) თავმოყრილია აშშ-ებში, შემდეგ მოდიან ფინლანდია (1,4), მექსიკა (0,7), იტალია და იაპონია (0,5-0,5) და ინდონეზია (0,3 გეტ). გეოთერმული ენერგიის სითბური სიმძლავრე ამჟამად შეადგენს 10 გეტ-ს, ხოლო სითბური ენერგიის წლიური გამომუშავება 35 გეტ.სთ-ს.

უკანასკნელი 25 წლის განმავლობაში მსოფლიოში აიგო 13 გეტ ჯაპური სიმძლავრის ქარის ენერგოდანადგარი, ელექტროენერგიის წლიური გამომუშავებით 29 ათასი გეტ.სთ (1999 წ). ქარის დანადგარების ძირითადი სიმძლავრეები თავმოყრილია გერმანიაში (2,8), აშშ-ში (2,8), დანიაში (1,4), ინდოეთსა (-1,0) და ესპანეთში (0,88 გეტ).

მზის თერმოელექტრული დანადგარები, მსესის მონაცემებით, 1997 წლის დასაწყისისათვის ძირითადად გამოიყენებოდა აშშ-ებში. მათი დადგმული სიმძლავრე შეადგენდა 330 მეტ-ს. მზის ფოტოელექტრული დანადგარების ძირითადი სიმძლავრეები თავმოყრილია იაპონიაში (38 მეტ), ინდოეთში (28), გერმანიაში (17), ავსტრალიაში (13), სამხრეთ აფრიკასა (11) და მექსიკაში (10,3 მეტ).

ძალზე ფართო გავრცელება პოვა მსოფლიოში აგრეთვე მზის დანადგარებმა ცხელწყალმომარაგებისა და გათბობისათვის. ავსტრალიაში, მაგალითად, გამოიყენება 250 ათასი საყოფაცხოვრებო მზის წყალშემთბობი, ინდოეთში - 400 ათასი მზის წყალშემთბობი და 430 ათასი მზის ღუმელის საკეების მოსამზადებლად. ჩინეთში 400-ზე მეტი საწარმო ყოველწლიურად უშვებს 2 მლნ მ² ფართობის მზის პანელებს. ისრაელში გამოყენებული მზის სხვადასხვა დანადგარების საშუალებით ყოველწლიურად იზოგება 400 ათასი ტ.პ.ს. სამხრეთ

აფრიკის რესპუბლიკაში რეალიზებული პროგრამის თანახმად, მზის დანადგარებზე აღიჭურვება 16400 სკოლა. აშშ-ებში 1997 წელს შემუშავებული პროგრამის მიხედვით 2010 წლისათვის 1 მლნ მზის თერმული და ფოტოელექტრონული დანადგარი დაიდგმება საყოფაცხოვრებო და საცხოვრებელი შენობები სახურავებზე მათი გათბობისა და ცხელწყალმომარაგების მიზნით [30].

ცხრილი 2.3

ელექტროენერგიის წარმოების მატება მსოფლიოში
1991-1996 წწ. ათასი გეგტსი

№	რეგიონი	1996	1991	მატება, %
1	ჩინეთი	1080,0	677,6	59,4
2	ახლო აღმოსავლეთი	346,1	237,1	46
3	აზია	999,2	726,6	37,5
4	ლათინური ამერიკა	656,1	510,5	28,5
5	ესთაგოს წყერი წყნარი ოკეანის ქვეყნები	1451,5	1197,6	21,3
6	აფრიკა	389,2	332,2	17,2
7	ესთაგოს წყერი ჩრდილოეთ ამერიკის ქვეყნები	4411,0	3908,1	10,8
8	ესთაგოს წყერი ევროპის ქვეყნები	2915,5	2676	8,9
9	ევროპის ქვეყნები, რომლებიც არ შედიან ესთაგო-ში	210,3	207,6	1,3
10	დსთ და ჰალტიის ქვეყნები	1261,2	1681,1	-25
	სულ მსოფლიოში	13720,10	12153,8	12,9

2.2. მსოფლიო ენერგეტიკის სარესურსო ბაზის დღეგანდელი მდგომარეობა.

მსეს-ის კონგრესზე ჩამოყალიბდა ერთსულოვანი აზრი იმის შესახებ, რომ უახლოეს 40-50 წლის მანძილზე სათბობ-ენერგეტიკული ბალანსის ძირითადი საყრდენად და წყაროდ კელაე ორგანული სათბობი დარჩება.

ნახშირბების დადგენილი წიაღისეული მარაგი 1998 წლისათვის, მსეს-ის შეფასებით, შეადგენდა 984 მლრდ ტ-ს, აქედან, ქვანახშირის მარაგი—509, ხილი მურა ნახშირის მარაგი—475 მლრდ ტ-ს (ორგანული სათბობის დადგენილი წიაღისეული მარაგი, მსეს-ის და სხვა საერთაშორისო ორგანიზაციების განმარტებით, არის საუელდაგულოდ დაზუსტებული წიაღისეული სათბობის რაოდენობა, რომლის მოპოვების საშუალებას იძლევა დღეგანდელი ეკონომიკური პირობები და არსებული ტექნოლოგიური საშუალებები). დადგენილი მარაგის 2/3-ზე მეტი თავმოყრილია ექვს ქვეყანაში (აშშ, რუსეთი, ჩინეთი, ავსტრალია, ინდოეთი და გერმანია). საერთო ჯამში, 1995-1998 წლებში მოპოვებულ იქნა 24 მლრდ ტ ნახშირი.

ნავთობისა და აირის კონდენსატის დადგენილმა წიაღისეულმა მარაგმა 1998 წლის დასაწყისში 146 მლრდ ტ შეადგინა, რაც 4%-ით აღემატება მსეს-ის მიერ 1995 წელს შეფასებულ რაოდენობას და ეს მაშინ, როდესაც ამ სამი წლის მანძილზე მოპოვებულ იქნა დაახლოებით 10 მლრდ ტ ნავთობი. სხვა სიტყვებით, ნავთობის დადგენილი მარაგის ნახარდმა საშუალოდ შეადგინა 5 მლრდ წელიწადში, რაც მნიშვნელოვნად აღემატება მის საშუალო წლიურ მოპოვებას.

ნავთობის დადგენილი მარაგის 2/3-ზე მეტი კონცენტრირებულია ახლო აღმოსავლეთში, 8-8%-ჩრდილო და სამხრეთ ამერიკაში, 7-7%-ევროპასა და

აფრიკაში, 6%-აზიაში და 1%-ოკეანეთში. რუსეთის სათბობ-ენერგეტიკული სამინისტროს მონაცემებით, რუსეთში მოდის ნავთობის წიაღისეული მარაგის 13%.

ბუნებრივი აირის დადგენილმა წიაღისეულმა მარაგმა 1998 წელს შეადგინა 147 ტრლნ მ³, საიდანაც 48 ტრლნ მ³, ანუ თითქმის მესამედი, რუსეთის ფედერაციას ეკუთვნის. 1995-1998 წლებში ბუნებრივი აირის დადგენილი მარაგის ნახარჯმა შეადგინა 5 ტრლნ მ³ წელიწადში, ხოლო მოპოვებული აირის რაოდენობამ დროის იმავე მონაკვეთში - 8 ტრლნ მ³. აღსანიშნავია ისიც, რომ ბუნებრივი აირის სარესურსო რაოდენობა, რომელიც მოითხოვს დადგენილი წიაღისეული მარაგის კატეგორიაში გადაყენას, 300-დან 450-მდე ტრლნ მ³-ია.

ორგანული სათბობის (ნახშირები, ნავთობი და აირი) საერთო მარაგი, თანამედროვე შეფასებით, აღემატება 7 ტრლნ ტ.ა.ს., აქედან თითქმის 2 ტრლნ ტ.ა.ს მიეკუთვნება დადგენილ წიაღისეულ მარაგს.

უკანასკნელ დროს სამეცნიერო ლიტერატურაში დიდი ყურადღება ექცევა იმ ბუნებრივი აირის გამოყენების შესაძლებლობის ანალიზს, რომელსაც შეიცავს მარადი გაყინულობისა და კონტინენტური შეღწის ზონაში გაჩნდილი აირპიდრატის ბუდობები და რომლის მოცულობა 4-ჯერ აღემატება ორგანული სათბობის ზემოთ აღნიშნულ საერთო მარაგს.

ოაკრიჯის ეროვნული ლაბორატორიის (აშშ) გაანგარიშებით, მიუხედავად ენერგიის არატრადიციული წყაროებისა და ატომური ენერგეტიკის ფართომასშტაბიანი განვითარებისა, 2100 წლისათვის ნავთობისა და ბუნებრივი აირის რესურსები პრაქტიკულად მთლიანად უნდა ამოიწუროს და მათმა დეფიციტმა 130-დან 210-მდე მლრდ ტ.ა.ს. უნდა შეადგინოს. ამ დეფიციტის შევსება, ამერიკელების აზრით, შესაძლებელია ფიქლებისა და ბიტუმოვანი ქანების რესურსების ხარჯზე, რომელიც წიაღისეული მარაგი მსოფლიოში 800 მლრდ ტ.ა.ს აღწევს. ნახშირების დარჩენილმა წიაღისეულმა მარაგმა კი ამ პერიოდისათვის 5 ტრლნ ტ.ა.ს. უნდა შეადგინოს.

ურანის დადგენილი წიაღისეული მარაგი, რომელიც დღეისათვის 3,4 მლნ ტ-ს შეადგენს, მსეს-ის შეფასებით, თითქმის ასი წლის მანძილზე უზრუნველყოფს ატომური ენერგეტიკის განვითარებას. აქ არ არის გათვალისწინებული ურანის ლამაზებითი რესურსების მასშტაბები, რომელიც 12-13 მლნ ტ-ად არის შეფასებული. 1996 წ. მსოფლიოში მოპოვებულ იქნა 36 ათასი ტ ურანი.

სრული თეორიული პიდროენერგეტიკული პოტენციალი მსოფლიოში, 1998 წლის მონაცემების თანახმად, შეფასებულია 40 მლნ გეგტ.სთ-ად (დღეისათვის ათვისებულია ამ პოტენციალის მხოლოდ 46%). აქედან 18% მოდის იმ პოტენციალზე, რომლის ათვისება თანამედროვე პირობებში შესაძლებელია ტექნიკურად, ხოლო 28%-იმ პოტენციალზე, რომლის ათვისება ეკონომიკურადაა გაართულებული. სხვა სიტყვებით, ჯერ კიდევ აუთვისებელი ეკონომიკური პოტენციალის ბაზაზე შეიძლება აიგოს პიდროელექტროსადგურები სიმბალავით 1800 გეგტ და ელექტროენერგიის წლიური გამოშვავებით 6,4 მლნ გეგტ.სთ.

ეკონომიკური პოტენციალის ათვისების ყველაზე მაღალი დონე აღინიშნება ჩრდილო და ცენტრალურ ამერიკასა (61%) და ევროპაში (65%, რუსეთის გარეშე); 40%-ოკეანეთში; 20%-აზიაში; 19-19-რუსეთსა და სამხრეთ ამერიკაში და მხოლოდ 7-აფრიკაში. პიდროენერგიის უმსხვილესი მწარმოებლები არიან: კანადა, აშშ, ბრაზილია, ჩინეთი და რუსეთი.

ტორფის დადგენილი წიაღისეული მარაგის მიხედვით ლიდერობენ აშშ (13 მლრდ ტ) და რუსეთი (12 მლრდ ტ).

დღეისათვის ბიომასა განიხილება როგორც ენერგიის განახლებადი წყარო და ქიმიური მრეწველობის ნედლეული. მსეს-ის მონაცემებით, 1996 წელს ენერგეტიკული თვალსაზრისით გამოყენებულ იქნა 1,9 მლრდ მ³ (1,4 მლრდ ტ) შეშა და დაახლოებით 300 მლნ ტ მერქნის ნარჩენი, რაც, საერთო ჯამში, 800 მლნ ტ.ა.ს-ის ეკვივალენტურია. ამას უნდა დაემატოს ქალაქების ზაფხულის ნარჩენები,

მცენარეულობის, მეცხოველეობის და ხის დამამუშავებელი მრეწველობის ნარჩენები და საპეტყლოდ მოყვანილი სოფლის მეურნეობის კულტურები. ასეთი პლანტაციებია ბრაზილიაში, ინდოეთში, ეთიოპიასა და შვეიცარიაში.

ევროკავშირის ქვეყნებში ბიომასაზე მოდის მთლიანი ენერგეტიკული მოთხოვნილების 3% (65 მლნ ტ.ა.ს.). ცალკეულ ევროპულ ქვეყნებში ეს მაჩვენებელი აღწევს: 23%-ს-ფინეთში, 18%-ს-შვეიცარიაში და 12%-ს-ავსტრიაში.

მზის ენერგიის უზარმაზარ რესურსებზე მეტყველებს ის ფაქტი, რომ მზის რადიაციის შედეგად დედამიწის ზედაპირზე ყველა 3 ათასჯერ მეტი ენერგია, ვიდრე დღეისათვის არის გამოყენებული.

ქარის ენერგიის მნიშვნელოვან პოტენციალს ფლობენ აშშ (734 გეგტ), ჩინეთი (250-300 გეგტ), ინდოეთი (20 გეგტ) და კანადა (4,5 გეგტ) [31].

2.3. მსოფლიო ენერგეტიკის განვითარების პერსპექტივები უახლოეს მომავალში

მსეს-ის კონგრესზე დიდი ადგილი დაეთმო მსოფლიო ენერგეტიკის განვითარების პროგნოზულ შეფასებას [32;33;34]. სხვადასხვა საერთაშორისო ორგანიზაციების მიერ გაკეთებული პროგნოზული მანქანების შედარება მოყვანილია 2.4 ცხრილში.

ცხრილი 2.4
მსოფლიო ენერგეტიკული მეურნეობის განვითარების
პროგნოზული მანქანებები

№	მაჩვენებელი	2010 წ.		2020წ.	2020 წ.		2050 წ.	
		[35]		[36]	[31]		[31]	
		მინიმალური	მაქსიმალური	-	მინიმალური	მაქსიმალური	მინიმალური	მაქსიმალური
1	პირველადი სათბო-ენერგეტიკული რესურსების წარმოება, მლნ ტ.ა.ს.	15990	16870	18020	19450	22020	28310	35460
2	ორგანული სათბობის წილი, %	89,8	90,7	83,8	71,8	79,6	58,9	72,9
3	ელექტროენერგიის წარმოება, მლნ გეგტ.სთ	18,23	20,907	21,922	19,12	22,925	30,952	41,646
4	ატომურ ელსადგურების წილი ელენერგიის წარმოებაში, %	12,5	14,3	15,0	11,4	20,7	11,4	38,0

როგორც 2.4 ცხრილიდან ჩანს, ორგანული სათბობის წილმა პირველადი სათბო-ენერგეტიკული რესურსების წარმოებაში 2020 წლისათვის უნდა შეადგინოს 70-84%, ხოლო 2050 წლისათვის-59-73%. აშშ-ების ენერგეტიკის სამინისტროს თანამშრომლების აზრით, რომლებიც კონგრესზე გამოვიდნენ მოხსენებით „გზა ეკოლოგიურად სუფთა და მისაღები ენერგიისაკენ XXI საუკუნეში“, ორგანულ სათბობზე მომუშავე ელექტროსადგურების მკ. კოეფიციენტი მომავალ ასწლეულში 60-70%-ს მიაღწევს.

2.4 ცხრილში მოცემულ პროგნოზებს საფუძვლად დაედო შემდეგი მაჩვენებლები: პლანეტის მოსახლეობა 1995-2020 წლებში გაიზარდება საშუალოდ 1,21%-ით წელიწადში, აქედან 0,01%-ით-ცენტრალურ და აღმოსავლეთ ევროპაში და 2,41-2,47%-ით-აფრიკისა და ახლო აღმოსავლეთის ქვეყნებში.

საერთო პროდუქციის საშუალო წლიური ზრდის ტემპები ამ პერიოდში მიაღწევს 3,1%-ს, ამასთან, განვითარებული მრეწველობის ქვეყნებში-2,1%-ს, ქვეყნებში გარდაქმნადი ეკონომიკით-3,3%-ს, ჩინეთში-5,5%-ს, აფრიკის განვითარებად ქვეყნებში-2,5%-ს, აღმოსავლეთ აზიის განვითარებად ქვეყნებში-4,5%-ს.

ნავთობის ფასი 118 დოლ/ტ-დან ანუ 16,1 დოლ/ბარელიდან (1990 წ.) გაიზარდა 182 დოლ/ტ-მდე ანუ 25 დოლ/ბარელამდე (2015-2020 წწ.), ეტაგო-ს წევრ ქვეყნებში იმპორტირებული ენერგეტიკული ნახშირების ფასი 37,2 დოლ/ტ-დან (1997 წ.) გაიზარდა 46 დოლ/ტ-მდე (2015-2020 წწ.), ნავთობის ეკვივალენტზე დაყვანილი ბუნებრივი აირის ფასი ევროპაში 97,2 დოლ/ტ-დან (1997 წ.) გაიზარდა 150 დოლ/ტ-მდე (2015-2020 წწ.), ხოლო გათხევადებული აირის ფასი იაპონიაში—133,4 დოლ/ტ-დან 210 დოლ/ტ-მდე. ურანის ფასი დღეისათვის იცვლება 80–130 დოლ/კგ ფარგლებში.

ამ მონაცემების საფუძველზე გაკეთებული პროგნოზების თანახმად, მოთხოვნილება პირველად სათბო-ენერგეტიკულ რესურსებზე 2010 წლისათვის მიაღწევს 16,5 მლნ ტ.პ.-ს, ხოლო 2020 წლისათვის—19,7 მლნ ტ.პ.-ს. ამასთან, საერთო მოთხოვნილების 23-23% მოდის ეტაგო-ს წევრ ქვეყნებსა და ჩინეთზე, 10%—ქვეყნებზე გარდამავალი ეკონომიკით და 44% — განვითარებულ ქვეყნებზე.

მოთხოვნილება ნავთობსა და აირის კონდენსატზე, რომელიც 1996 წელს დაახლოებით 3340 მლნ ტ-ს შეადგენდა, 2010 წლისათვის გაიზარდა 4740 მლნ ტ-მდე, ხოლო 2020 წელს—5575 მლნ ტ-მდე. სავარაუდოა, რომ 2020 წელს თხევად სათბო-ენერგეტიკული მოთხოვნილების 40,5% ოპეკ-ის წევრ ქვეყნებში მოპოვებული ნავთობით დაკმაყოფილდება, მაშინ როდესაც ეს მაჩვენებელი 1996 წელს 23,9%-ის ტოლი იყო.

საერთაშორისო ენერგეტიკული სააგენტოს (სეს) პროგნოზების თანახმად, ბუნებრივი აირის მოპოვება 2010 წელს, 1995 წელთან შედარებით, 1,5-ჯერ გაიზარდება, ხოლო 2020 წლისათვის—1,9-ჯერ (2,5 ცხრილი). ბუნებრივი აირის მოპოვების საშუალო წლიური ნახარდი 1995-2020 წლებში 2,6% იქნება. მოპოვებული ბუნებრივი აირის რეალიზაციისათვის 1995 წელს მსოფლიოში არსებულ 1250 ათას კმ-იან მაგისტრალურ აირსადენს უნდა დამატოს 350 ათასი კმ 2010 წელს და კიდევ 190 ათასი კმ 2011-2015 წლებში. 2010 წელს ელექტროენერგიის გამომუშავებას მოხმარდება მსოფლიოში გამოყენებული ბუნებრივი აირის 38%, ხოლო 2020 წელს—43 %.

მოთხოვნილება ნახშირზე, სეს-ის პროგნოზების თანახმად, 2010 წელს მიაღწევს 4450, ხოლო 2020 წელს—5400 მლნ ტ.პ.-ს. ნახშირზე მომუშავე ელექტროსადგურების წილი 2010 წელს იქნება 63, ხოლო 2020 წელს—65%.

ელექტროენერგიის საერთო წარმოება მსოფლიოში 2020 წლისათვის ორჯერ გადააჭარბებს 1997 წლის წარმოებას. ელექტროენერგიის გამომუშავების საშუალო წლიური ნახარდი 1995-2020 წლებში 3% იქნება (2.6 ცხრილი).

სეს-ის პროგნოზული მონაცემები ძირითადად ემთხვევა სხვა საერთაშორისო ორგანიზაციების პროგნოზულ მაჩვენებლებს. გამომავლისა მხოლოდ ატომური ენერგეტიკა. იმ შეფასების თანახმად, რომელიც მოცემულია [31], ატომური ენერგეტიკის წილი პირველადი ენერგორესურსების მსოფლიო წარმოებაში არათუ შემცირდება, არამედ გაიზარდება კიდევ.

ცხრილი 2.5

ბუნებრივი აირის მოპოვება და იმპორტი 2010 და 2020 წლებში, მლნ ტ.პ.-ს.

მ ა ჩ ე ე ნ ბ ე ლ ი	2010 წ.	2020 წ.
აირის მოპოვება		
□ ეტაგო-ს წევრი ქვეყნები	1590	1530
□ მათ შორის ევროპის ქვეყნები	395	340
□ ქვეყნები გარდამავალი ეკონომიკით	1157	1596
□ დანარჩენი ქვეყნები	1169	1843
□ სულ	3916	4969
აირის იმპორტი-ნეტი		
□ ეტაგო-ს წევრი ქვეყნები	656	1091
□ მათ შორის ევროპის ქვეყნები	329	553
□ ქვეყნები გარდამავალი ეკონომიკით	-232	-402
□ დანარჩენი ქვეყნები	-163	-249

(ჯარილი 2.6)

**ელექტროენერგეტიკის განვითარების პერსპექტივები სეს-ის
პროგნოზების მიხედვით**

მ ა რ ე ე ნ ე ბ ლ ე ბ ი	2010 წ.	2020 წ.	საშუალო წლიური ნაზარდი 1995-2020 წლებში, %
მთლიანი წარმოება, მლრ გეტკსი მათ შორის:	20,852	27,326	3
□ მეარ სათბობზე	7,96	10,49	2,9
□ თხეაღ სათბობზე	1,663	1,941	1,6
□ აირზე	5,063	8,243	6
□ ბირთულ სათბობზე	2,568	2,317	-
□ პიღროენერგია	3,445	4,096	2
□ ენერგიის განახლებადი წყაროები	0,154	0,239	6,5
მთლიანი დადგმული სიმძლავრე, მლნკვტ მათ შორის:	4556	5915	2,6
□ მეარ სათბობზე	1362	1760	2,2
□ თხეაღ სათბობზე	527	604	1,6
□ აირზე	1309	2035	5,2
□ ბირთულ სათბობზე	375	334	-
□ პიღროენერგია	940	1109	1,8
□ ენერგიის განახლებადი წყაროები	43	73	7,2

2.4. ნახშირზე მომუშავე თბოელექტროსადგურების დღევანდელი მდგომარეობა და მათი განვითარების პერსპექტივები

2002 წლისათვის ნახშირზე მომუშავე თესებზე მოდიოდა მსოფლიოში გამომუშავებული ელექტროენერგიის 44%. ნახშირების წილი აშშ-ების ელექტროენერგიის წარმოებაში 2002 წელს შეადგენდა 57%-ს, ხოლო 2010 წლისათვის ეს სიდიდე 65%-მდე გაიზარდბა. ევროპაში კი ნახშირების წილი ელექტროენერგიის წარმოებაში 60% იყო [37].

ელექტროენერგიის წარმოებაში ხარისხობრივი ცვლილებების შეტანისა და თესების რენტაბელურობის გაზრდის მიზნით (ელექტროსადგურების სიმძლავრეების გაზრდა, მათი საექსპლუატაციო და სამანევრო მაქასიათებლების დახეწა, სათბობის კუთრი ხარჯის შემცირება და ეკოლოგიური მაწვენებლების გაუმჯობესება) მსოფლიოს წამყვან ქვეყნებში პერმანენტულად მიმდინარეობს თერმოდინამიკური ციკლების, თბური სქემების და თბოენერგეტიკული დანადგარებისა და მოწყობილობების სრულყოფა. ამასთან, პროგრესული ტექნოლოგიები ინერგება როგორც „სუფთა“ აირტურბინიან და კომბინირებულ ორთქლარიან დანადგარებში, ასევე ტრადიციულ ორთქლტურბინიან თესებში [38-39].

2.4.1. ორთქლტურბინიანი ენერგობლოკები ზეკრიტიკული პარამეტრებით

ბოლო 20 წლის მანძილზე ნახშირის მტერზე მომუშავე ტრადიციული ორთქლტურბინიანი თესების მქ კოეფიციენტი 35%-დან 48%-მდე გაიზარდა. ენერგობლოკების ეკონომიურობის ზრდა განხორციელდა ორი ძირითადი მიმართულებით: თბოენერგეტიკული დანადგარებისა და მოწყობილობების სრულყოფით (ტურბინის გამდინარე ნაწილის მქ კოეფიციენტის გაზრდა, ტურბოდანადგარის თბური სქემის ოპტიმიზაცია, ყველა სახის დანაქარვის შემცირება, ქებაების პიღრაელიკური და აეროდინამიკური წინააღობებისა და წარმაადი აირების ტემპერატურის შემცირება, დამხმარე მოწყობილობების მუშაობის ეფექტურობის გაზრდა, საკუთარ მოხმარებაზე სითბოსა და

პარამეტრების ხარჯების შემცირება) და ორთქლის პარამეტრების გაზრდით ექსპლუატაცივ ნიკელის შენადნობების გამოყენების საფუძველზე (2.7 ცხრილი). ამაღლოს მომავალში მქ კოეფიციენტის მნიშვნელობა 50%-ს მიაღწევს [40].

ცხრილი 2.7

ორთქლის პარამეტრების გავლენა ენერგობლოკის ეკონომიურობაზე მხურვალე მქ შენადნობების გამოყენების დროს

ლითონი	ტრადიციული ფოლადი X20CrMoV121	ფოლადი P91, A335 X10CrMo-VNb	ფოლადი P92, P122 9-11CrMo VCoNbB	აუსტენიტური ფოლადი	ნიკელის შენადნობები
პარამეტრი					
ორთქლის წნევა, მგპა	16,7	25,0	27,0	30,0	35,0
ორთქლის ტემპერატურა, °C	538	540	585	600	700
წარმოადგენს, °C	538	560	600	620	720
მქ კოეფიციენტი, %	42	43,5	44,5	45,3	47,7

ზეკრიტიკულ პარამეტრებზე მომუშავე 350-1100 მგპტ სიმძლავრის ცალკეული ციკლოები (2.8 ცხრილი) უკვე მოქმედებს ევროპასა და იაპონიაში. კერძოდ, იაპონიაში 1998 წლიდან ექსპლუატაციაშია ენერგობლოკი პარამეტრებით 29 მგპა, 538°C, რომლის მქ კოეფიციენტი 47%-ია. გერმანიაში, მურა ნახშირიანი შვარცესის, ბოქსბერგისა და ფრიმერსდორფის თესების, შესაბამისად 815, 915 და 1000 ც სიმძლავრის ენერგობლოკები, ასევე, ზეკრიტიკულ პარამეტრებზე მუშაობს. იაპონიაში 1989-90 წლებში მწყობრში ჩადგა Kawagoe-ის თესის პირველი რიგის ორი მქ-იანი ენერგობლოკი ორთქლის პარამეტრებით 31 მგპა, 566°C. ზეკრიტიკულ პარამეტრებზე მომუშავე ნახშირმტერიანი ენერგობლოკების მუშაობის უზრუნველყოფის პირობებისათვის სამაგალითოა aramachi-ის თესის 1000 მგპტ-იანი 2 ენერგობლოკი, ორთქლის პარამეტრებით 24,5 მგპა, 600°C. აღსანიშნავია, რომ ენერგობლოკების წილი იაპონიის ელექტროენერგეტიკის ბალანსში 1996 - 2006 წლებში გაიზარდა 20%-მდე გაიზარდა.

ცხრილი 2.8

ზეკრიტიკულ პარამეტრებზე მომუშავე 350-1100 მგპტ სიმძლავრის ცალკეული ენერგობლოკები

სახეებლები	დანია (მოქმედი)	გერმანია (მოქმედი)			იაპონია (მოქმედი)		პროგრ. "თერმი" (2015 წ.)
		შვარცესა	ბოქს-ბერგი	ფრიმერს-დორფი	Kawagoe	Haramachi	
წნევა, სიმძლავრე, მგპა	600	815	915	1000	700	1000	1000
ორთქლის წნევა, მგპა	29,0	26,8	25,5	24,5	31,0	24,5	37,5
ტემპერატურა, °C	580	547	547	580	566	600	700
წარმოადგენს, °C	580	565	585	600	566	600	720
მქ კოეფიციენტი, %	47	40	41,7	43	45	45,5	52-55

გერმანიაში თერმოინჟინერი ციკლებისა და ორთქლტურბინიანი ენერგობლოკების შემდგომი სრულყოფა. 2010 წლისათვის, ევროკავშირის გეგმით დაგეგმილი პროგრამა „თერმის“ თანახმად, ექსპლუატაციაში შევა ენერგობლოკი ორთქლის პარამეტრებით 37,5 მგპა, 700/720 °C, რომლის მქ კოეფიციენტი 52-55%-ს მიაღწევს [40].

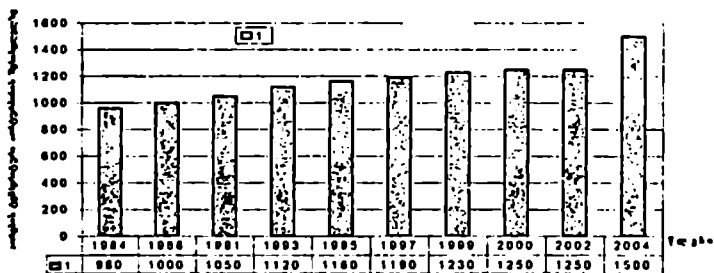
2.4.2. კომბინირებული ორთქლაირიანი თბოელექტროსადგურები შიგაციკლური გაზიფიკაციით

გერმანული ფირმის Siemens/KWU მიერ 1981 წელს ტაილანდში აგებული ბუნებრივი აირზე მოშუშავე პირველი კომბინირებული ორთქლაირიანი დანადგარის მქ კოეფიციენტი 42%-ის ტოლი იყო (რაც იმ დროისათვის დიდ მიღწევად ითვლებოდა). ამავე ფირმის მიერ ახალ ზელანდიაში აშკამად მშენებარე Tahsis-ს თვისის მქ კოეფიციენტის მნიშვნელობა 58%-ს მიაღწევს [41].

კომბინირებულ ორთქლაირიან დანადგარებში მქ კოეფიციენტის ასეთი მაღალი მნიშვნელობა მიღწევულია, უპირველეს ყოვლისა, აირის ტურბინების პარამეტრებისა და ეკონომიურობის თანამიმდევრული განვითარების საფუძველზე. მხურვალემტოცე ნიკელის და კობალტის შენადნობების ხარისხისა და სამსხმელო ტექნოლოგიების (ეპკუმური ჩამოსხმა) სრულყოფა, მონოკრისტალური ღრუტანიანი ნიჩბების დამზადების შესაძლებლობა და მათი გაგრილების უზრუნველყოფა საშუალებას იძლევა აირტურბინის შესასვლელზე აირების ტემპერატურა გაიზარდოს 850°C-დან 1500°C-მდე (ნახ. 2.1), რაც ციკლის მაღალუფქტურობას განაპირობებს. მალე ეს მაჩვენებელი 60%-ს მიაღწევს [42].

კომბინირებულ ორთქლაირიან ციკლებში მყარი სათბობის გამოყენების ყველაზე უფრო პერსპექტიულ და ტექნიკურად დასაბუთებულ კონცეფციებად ითვლება ორთქლაირიანი დანადგარები შიგაციკლური გაზიფიკაციით.

ზეგრიტიკული წნევის ორთქლალურ ენერგობლოკებთან შედარებით ორთქლაირიანი დანადგარები შიგაციკლური გაზიფიკაციით უზრუნველყოფს სათბობის კუთრი ხარჯის შემცირებას 10-15%-ით, მანენ გამონაბოლქვების შემცირებას 2-10-ჯერ, წყალსაცავების გაბინძურებისა და კუთრი კაპიტალური დაბანდების შემცირებას 2-ჯერ. გარდა ამისა, მყარი სათბობის გამოყენების ეს ტექნოლოგია საშუალებას იძლევა გავამარტიოთ ძირითადი სითბოგამომცემელი მოწყობილობები და საქებაე დანადგარები მათზე გოგირდოვანი აირების ზემოქმედების თავიდან აცილების გამო. ის მაქსიმალურად უწყობს ხელს დანადგარების ძირითადი ელემენტების უნიფიცირებას პრაქტიკულად ნებისმიერი საწყისი სათბობის მიმართ და 60-ჯერ ამცირებს გასაწმენდი აირების მოცულობას, ენაიდან გასუფთავებას საჭიროებს არა სათბობის წვის აირადი ნაწარმი, არამედ მხოლოდ გენერატორული აირი [43-47].



ნახ. 2.1. აირტურბინული ტექნოლოგიების განვითარების ტრაექტორია

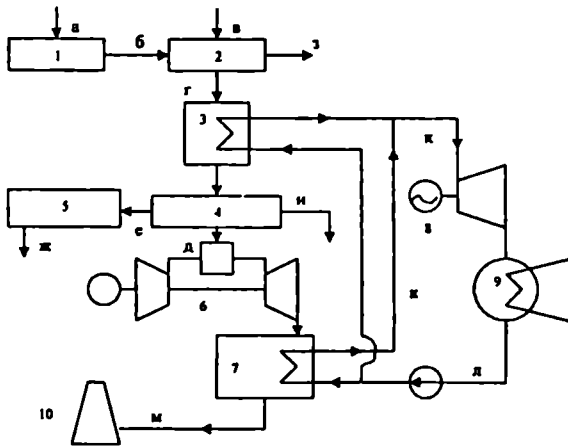
ორთქლაირიანი დანადგარის პრინციპული სქემა წნევის ქვეშ შიგაციკლური გაზიფიკაციით მოცემულია 2.2 ნახაზზე. ენერგეტიკული ბლოკი შედგება აირტურბინიანი დანადგარისაგან, ქება-უტილიზატორისა და ორთქლის

ტურბინისაგან. ორთქლი ტურბინისათვის გამომუშავდება საგაზიფიკაციო დანადგარსა და ქვაბ-უტილიზატორში.

საგაზიფიკაციო დანადგარში შედის სათბობის მოსამზადებელი სისტემა, რეაქტორი ნახშირის მტერის მისაწოდებელი და წილის ასართმევი კვანძებით, რადიაციული და კონვექციური აირსაციერები, გაზიფიკატორში მფრინავი ნაცრის დასაბრუნებელი სისტემა და მტერსაწმენდი და გოგირდსაწმენდი სისტემები.

გაზიფიკაციის პროცესში მნიშვნელოვნად მარტივდება მეორეული რესურსების მიღების პრობლემები: ნაცრისგან მიიღება გრანულირებული წილა, რომელიც სამშენებლო ინდუსტრიაში ბეტონის შემკვების როლს ასრულებს, ხოლო გოგირდწყალბადისგან-სასაქონლო გოგირდი.

გაზიფიკაციას ექვემდებარება პრაქტიკულად ნებისმიერი ხარისხის სათბობი. მაგალითად, რუსეთის ფედერაციაში მოქმედი საცდელ-სამრეწველო ორთქლიანი დანადგარი ПГУ-625 ГД გათვალისწინებულია ბერეხოვსკის მურა ნახშირისათვის, რომლის ტენიანობა 38%-ია, ნაცრიანობა-7,4%, გოგირდის შემცველობა-0,3%, ხოლო მუშა მასის დაწვის სითბო-14,3 მგჯ/კგ (შედარებისათვის, ტყიბულის ქვანახშირის ტენიანობა 13%-ია, ნაცრიანობა-27%, გოგირდის შემცველობა-1,3%, ხოლო მუშა მასის დაწვის სითბო-17,9 მგჯ/კგ). გაზიფიკაციას ექვემდებარება ნახშირის მტერი 10% ტენიანობით. ნახშირიდან საწვავი აირის გამოსაღიანობა 1,79 მ³/კგ-ია. მისი თბოუნარიანობა-9,05 მგჯ/მ³. 1 კგ ნახშირის გაზიფიკაციაზე იხარჯება 0,71 კგ ენგბადი. საწვავი აირის შედგენილობა: CO=55,4%; H₂=22,2%; CO₂=9,0%; H₂O=12,3%; N₂=1,0%; H₂S=0,175%; აირის სიმკვრივე $\rho=1,006$ კგ/მ³.



ნახ. 22. ორთქლიანი დანადგარის პრინციპული სქემა შიდაციკლური გაზიფიკაციით: 1-საგანბადე სადგური; 2-გაზიფიკატორი; 3-აირსაციერო; 4-აირების საწმენდი მოწყობილობა; 5-გოგირდის მისაღები დანადგარი; 6-აირტურბინიანი დანადგარი; 7-ქვაბ-უტილიზატორი; 8-ორთქლტურბინიანი დანადგარი; 9-კონდენსატორი; 10-საკვამლე მილი; ა-პაერი; ბ-განგბადი; ვ-ნახშირი; გ-აირი; დ-გაწმენდილი აირი; ე-სორბენტი; ზ-გოგირდი; ი-ნაცარი; კ-მტერი; ლ-ორთქლი; მ-წყალი; ნ-წარმავალი აირები.

ენერგობლოკის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები გარემო პაერის სხვადასხვა ტემპერატურის პირობებში მოცემულია 2.9 ცხრილში.

თესვისი ექსპლუატაცია ორთქლიანი დანადგარებითა და ნახშირის გაზიფიკაციით მიზანშეწონილია საბაზისო რეჟიმებში, მაგრამ მოწყობილობების ტექნოლოგიური ხარისხი და მათი ავტომატიზაციის გათვალისწინებული მოცულობა საშუალებას იძლევა გაეანერგოს სადგური ღამიანობით და გამოსასვლელ დღეებში. ხოლო ორთქლიანი დანადგარის სქემა ორი აირის ტურბინითა და ორი ქვაბ-უტილიზატორით უზრუნველყოფს ელექტრული დატვირთვის ფართო დიაპაზონში რეგულირებას დღე-ღამის განმავლობაში.

ენერგობლოკისათვის დამახასიათებელია აგრეთვე მაღალი ეკოლოგიური მაჩვენებლები:

- მტერის შემცველობა წარმატებულა ირად ნაწარმში 3 მგ/მ³-ზე ნაკლებია;
- აირტურბინული დანადგარის წვის კამერის კონსტრუქცია და აუცილებლობის შემთხვევაში მასში ორთქლის შეყვანის შესაძლებლობა უზრუნველყოფს წარმატებულ აირებში აზოტის ჟანგეულების 100 მგ/მ³-ზე ნაკლებ კონცენტრაციას;
- მიუხედავად იმისა, რომ წარმატებულ აირებში გოგირდის დიოქსიდი პრაქტიკულად არ არის, ის შეიძლება არსებობდეს კლასის დანადგარიდან გამოსვლ აირებში. ამ შემთხვევაშიც, წინასწარი, ექსპლანე კონსერვატორული შეფასებების თანახმად, მისი კონცენტრაცია 80 მგ/მ³-ზე ნაკლები იქნება;
- ნახშირბადის დიოქსიდის გამონაბოლქვი შემცირებულია 10-15%-ით;
- ორთქლიან ბლოკთან შედარებით მაცივებული წყლის ხარჯი შემცირებულია 1,5-ჯერ;
- საგაზიფიკაციო დანადგარის ტექნოლოგიური სირთულის მიუხედავად, არაერთმან მანე თხევად ჩამონადენს მისგან ადგილი არა აქვს.

ცხრილი 2.9

ორთქლიანი დანადგარის ПГУ-625 ГД ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები

№	სიდიდეების დასახელება	გარემო ჰაერის ტემპერატურა, °C			
		+30	+5	-15	-24
1	ნედლი სათბობის ხარჯი, გ/სთ	2*178,3	2*202,9	2*222,2	2*232,0
2	აირტურბინული დანადგარის სიმძლავრე ბრტო, მგეტ	2*151,9	2*184,0	2*212,6	2*226,4
3	ტურბოდეტანდერის სიმძლავრე, მგეტ	2*9,9	2*11,9	2*13,0	2*13,7
4	ორთქლის ტურბინის სიმძლავრე, მგეტ	327,7	339,1	348,1	353,1
5	საკუთარი მოხმარების სიმძლავრე, მგეტ	33,2	26,6	40,2	41,5
მათ შორის:	□ საკუთრივ ორთქლიანი დანადგარი	14,9	16,2	17,2	17,8
	□ სათბობის მომზადება	4,0	4,5	4,9	5,2
	□ ჯანგბადის წარმოება	13,1	14,8	16,3	17,0
	6 ბლოკის სიმძლავრე (ნეტო), მგეტ	618,1	694,3	759,1	791,8
7	ორთქლიანი დანადგარის მქ კოეფიცი. %	45,9	45,6	45,2	45,2

დასასრულ, კიდევ ერთხელ უნდა აღინიშნოს, რომ წინასწარი მონაცემების თანახმად, ორთქლიანი დანადგარის ღირებულება 10-15%-ით ნაკლები იქნება მტერ- გოგირდ- და აზოტსაწმენდი მოწყობილობებით აღჭურვილ ორთქლიან ბლოკთან შედარებით.

ნახშირის გაზიფიკაციის ბაზაზე შექმნილი პირველი ენერგობლოკი ექსპლუატაციაში შევიდა 1973 წელს Kellerman-ის თესზე გერმანიაში. აშშ-ებში პირველი ასეთი ენერგობლოკი მწყობრში ჩადგა 1984 წელს Cool Water-ის თესზე. მისი სიმძლავრე 120 მგეტ-ს შეადგენდა. აშშ-ებსა და ევროპის ქვეყნებში უკვე

მოქმედი სადემონსტრაციო ორთქლიანი დანადგარების ტექნიკური მაჩვენებლები მოცემულია 2.10 ცხრილში.

ცხრილი 2.10

აშშ-ებსა და ევროპის ქვეყნებში მოქმედი სადემონსტრაციო ორთქლიანი დანადგარების ტექნიკური მაჩვენებლები

მაჩვენებლები	ქვეყანა, თბოელექტროსადგური			
	პოლანდია ბუგენში	ესპანეთი სორტოლანო	აშშ პოლკო	აშშ ეაბაში
1	2	3	4	5
ნომინალური სიმძლავრე, მგვტ	253	305	250	261
აირტურბინიანი დანადგარის სიმძლავრე, მგვტ	156	190	192	192
ორთქლის ტურბინის სიმძლავრე, მგვტ	128	147	121	105
ელექტროენერგიის ხარჯი საკუთარ მოხმარებაზე, მგვტ	31	32	63	35,5
დანადგარის მქ კოეფიციენტი(ნეტო), %	43,2	44,5	41,5	37,8
გაზოფიკაციის ტექნოლოგია	შელი	პრენილო	ტექსასო	დინეჯი
დანადგარების მომწოდებელი ფირმა	სიმენსი		ჯენერალ ელექტრიკ	
გაშვების წელი	1994	1998	1996	1995
ნამუშევარი 1999 წლის ბოლოსათვის, ათასი სთ	20	3	15,5	14
გაზოფიკაციის მწარმოებლობა, ტ/სთ	79	108	84	97
გაზოფიკაციის ტემპერატურა, °C	1500-1600	1500	1370-1480	1370-1430
პროექტის ღირებულება, მლნ დოლარი	-	711	506	438
კუთრი დანახაჯები, დოლარი/მგვტ	-	2115	2000	1590

მიუხედავად გარკვეული ენერგო- და კაპიტალდანიახარჯებისა, რაც ნახშირების გაზოფიკაციასთან არის დაკავშირებული (საგაზოფიკაციო დანადგარები და სისტემები, გენერატორული აირის საწმენდი მოწყობილობები, პარგამაყოფი დანადგარები ჟანგბადის წარმოებისათვის და სხვ.), ორთქლიანი დანადგარები შიგაბრუნებული გაზოფიკაციით ხასიათდება მაღალი ეკონომიურობით-უახლოეს მომავალში მათი მქ კოეფიციენტი 50-53%-ს მიაღწევს.

2.4.3. კომბინირებული ორთქლიანი თბოელექტროსადგურები წნევის ქვეშ ცირკულირებადი მდულარე შრით

სათბო-ენერგეტიკულ ბალანსში დაბალხარისხიანი ნახშირების გამოყენება და თანამედროვე საქეპებ დანადგარების ეკოლოგიური მაჩვენებლების გაუმჯობესება მოითხოვს მყარი სათბობის დაწვის ისეთი ტექნოლოგიის ათვისებას, რომლის დროსაც გოგირისა და აზოტის ჟანგბულების ზეზე გამოწვევას შემცირება წვის პროცესშივე იქნება უზრუნველყოფილი [48;49]. დღეისათვის ამ მიმართულებით ყველაზე მეტად გამოიყენება მყარი სათბობის წვის ტექნოლოგია ცირკულირებად მდულარე შრეში (ცშშ).

როგორც მსოფლიო გამოცდილებამ გვიჩვენა, აღნიშნული ტექნოლოგიის საფუძველზე შექმნილმა ქეპებმა შეიძლება ეფექტურად იმუშაოს დაწვის თქალსაწისით ისეთ ექსტრემალურად მძიმე სათბობზე, როგორიცაა უხენაცროვანი დაბალრეაქციული ანთრაციტის ღერძილი ($W^a=11\%$; $A^a=46,6\%$; $S^a=1,29\%$ $V^a=5\%$; $Q^a_{\text{გ}}=15,6$ მგვტ/კგ), უაღრესად დაბალი ხარისხის მოსკოქქედა მურა ნახშირი ($W^a=32\%$; $A^a=45,0\%$; $S^a=4,2\%$; $V^a=48\%$; $Q^a_{\text{გ}}=8,67$ მგვტ/კგ), უხენაცროვანი ეკიბასთუზის ქვანახშირები ($W^a=5\%$; $A^a=48,0\%$; $S^a=0,6\%$; $V^a=25\%$; $Q^a_{\text{გ}}=14,61$ მგვტ/კგ) და სხვ. [48].

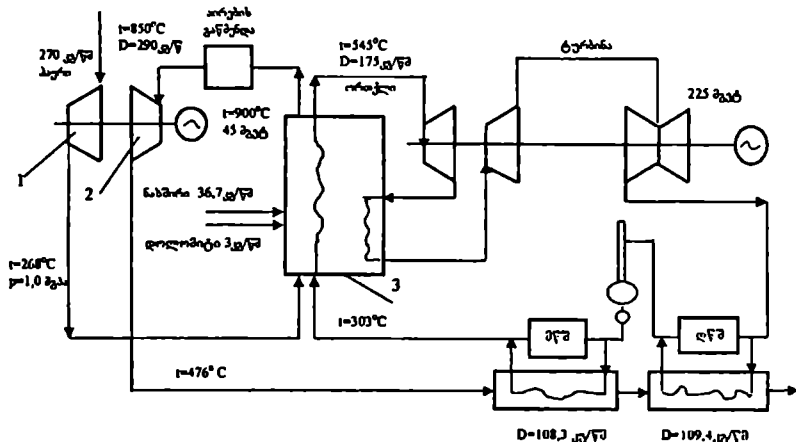
დღეისათვის შესწავლილია აგრეთვე თბოელექტროსადგურების ტექნიკური ხელახალი აღჭურვის შესაძლებლობები ცირკულირებადი მდულარე შრის ტექნოლოგიის გამოყენებით. ამ მხრივ მეტად საინტერესოა აღნიშნული

ტექნოლოგიის შეთავსება ორთქლიანი ციკლთან, რომელიც მთელი რიგი უპირატესობებით ხასიათდება:

- უხვეგოვროვანი დაბალრეაქციული და დაბალხარისხიანი სათბობის ეკონომიურად დაწვის შესაძლებლობა მასუთით ან აირით მათი წინასწარი ანთების გარეშე;
- მკაცრი ეკოლოგიური ნორმების დაცვა გოგირდის ჟანგულების გამოწვევების შემცირების გზით საცეცხლეში დოლომიტის ან კირქვის მიწოდების დროს და აზოტის ჟანგულების გენერაციის შემცირება წვის პროცესის დაბალი ტემპერატურის შედეგად;
- შედარებით კომპაქტური ენერგობლოკის მაღალი ენერგოტევადობა, რომელიც მაღალი თერმული მქ კოეფიციენტითა და სათბობის გამოყენების ეკონომიურობით ხასიათდება;
- ქვაში ჭარბი წნევის გამო წვის პროცესის ეფექტურობის გაზრდა ატმოსფერულ მდულარე შრეში წვის ტექნოლოგიასთან შედარებით.
- მოწყობილობათა უმეტესი ნაწილის ბლოკურ-კომპლექტური მიწოდებისა და ენერგობლოკის ცალკეული მოდულების სახით მშენებლობის შესაძლებლობა, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს მშენებლობის ხანგრძლივობასა და ღირებულებას ნახშირით მომუშავე ტრადიციულ თესებთან შედარებით.

ამაგამდ სხვადასხვა ქვეყნებში მოქმედებს 70...135 მგეტ სიმძლავრის ხუთი სამრეწველო ენერგობლოკი. 1999 წელს იაპონიაში ექსპლუატაციაში შევიდა ენერგობლოკი, რომლის სიმძლავრეა 350 მგეტ, ხოლო საანგარიშო მქ კოეფიციენტი მნიშვნელობა 45%-ს უახლოვდება.

2.3 ნახაზზე მოცემულია 270 მგეტ სიმძლავრის ორთქლიანი დანადგარის სქემა წნევის ქვეშ ცირკულირებად მდულარე შრეში მყარი სათბობის დაწვის ტექნოლოგიის გამოყენებით.



ნახ. 2.3. 270 მგეტ სიმძლავრის ორთქლიანი დანადგარი წნევის ქვეშ ცირკულირებად მდულარე შრიანი ქვაბით: 1-კომბესორი; 2-აირის ტურბინა; 3-ქვაბი

სათბობი, ანთრაციტის ლერლილი ნაცრიანობით 36%, თბოუნარიანობით 17 მგეტ/კგ და ფრაქციული შედგენილობით 1-4 მმ, სათბობის მომზადების სისტემიდან

მიეწოდება ქვაბს ცირკულირებადი მდუღარე შრით და იწვის 900°C პირობებში. წნევა ცირკულირებად მდუღარე შრეში 0,8-1,2 მგპა-ია. სათბობთან ერთად ქვაბს მიეწოდება აგრეთვე მისართი (დოლომიტი ან კირქვა) და წვისათვის საჭირო პაერი – აირის ტურბინის კომპრესორიდან.

წვის აირადი ნაწარმი ტემპერატურით 900°C ქვაბიდან გადადის აირების საწმენდი სისტემის მესამე საფეხურში, სადაც საბოლოოდ იწმინდება და 850°C ტემპერატურით მიეწოდება აირის ტურბინას. აქედან წვის აირადი ნაწარმი 470-480°C ტემპერატურით მიემართება ჯერ მაღალი და შემდეგ დაბალი წნევის აირწყლიან შემთბობებში, სადაც საბოლოოდ გრილდება 120-130°C-მდე. აღსანიშნავია, რომ მაღალი და დაბალი წნევის აირწყლიანი შემთბობები მუშაობს, შესაბამისად, მაღალი და დაბალი წნევის რეგენერაციული შემთბობების პარალელურად.

აირის ტურბინის შემდეგ წვის აირადი ნაწარმის სითბოს უტილიზაციის ასეთი თავისებურება საშუალებას გვაძლევს მნიშვნელოვნად გაეზარდოს საკვები წყლის ტემპერატურა (305°C-მდე) მის გასაანაგრებელ სიდიდესთან შედარებით, რაც უშუალოდ არის დაეკუთრებული სათბობის ხარჯის შემცირებასთან.

ΠΥ-270 ორთქლარიანი დანადგარის ძირითადი ტექნიკური მაჩასიათებლების (2.11 ცხრილი) ანალიზის საფუძველზე შეგვიძლია დავასკენათ, რომ ამ დანადგარის დანერგვა საშუალებას მოგვცემს დაეზოგოს არანაკლებ 56,2 გ.პ./კვტ*სთ, ანუ 16% სათბობი ჩვეულებრივ ორთქლტურბინიან ბლოკთან შედარებით, რომელიც აღჭურვილია იმავე სიმძლავრის ნახშირმტერიანი ქვაბითა და გოგირდ- და აზოტსაწმენდი მოწყობილობებით. მკაცრად არის დაცული აგრეთვე ენერგობლოკის ეკოლოგიური მანევენებლებიც.

ცხრილი 2.11

ΠΥ-270 ორთქლარიანი დანადგარის ძირითადი ტექნიკური მაჩასიათებლები

№	მაჩვენებლები	სიდიდე
1	2	3
1	სათბობის ხარჯი, კვ/წმ	36,7
2	დოლომიტის ხარჯი, კვ/წმ	3,0
3	წვის ტემპერატურა, °C	900
4	ორთქლის წნევა ქვაბის გამოსასვლელზე, მგპა	1,37
5	ორთქლის ხარჯი, კვ/წმ	175
6	შუალედური ორთქლის წნევა, მგპა	2,57
7	შუალედური ორთქლის ტემპერატურა, °C	545
8	აირების წნევა ქვაბში, მგპა	1,0
9	გარემო პაერის ტემპერატურა, °C	15
10	ქვაბის აირების ხარჯი, კვ/წმ	290
11	ელექტრული სიმძლავრე (ნეტო), მგვტ	270
12	ორთქლის ტურბინის სიმძლავრე, მგვტ	225
13	აირის ტურბინის სიმძლავრე, მგვტ	45
14	მქ კოეფიციენტი (ნეტო), %	42,6
15	ნახშირის შედგენილობა:	
	ტენიანობა, %	11,0
	ნაცრანობა, %	36,0
	გოგირდის შემცველობა, %	1,4
	აზოტის შემცველობა, %	0,9
	უღებლესი დანვის სითბო, მგვ/კვ	17,26
16	მაჩვენებელი გამოანბოლქვი:	
	გოგირდის ჟანგეულები, მგ/მმ	<200
	აზოტის ჟანგეულები, მგ/მმ	<200
	მტვერი, მგ/მმ	<10

მყარი სათბობის წვის ტექნოლოგია წნევის ქვეშ ცირკულირებად მდულარე შრეში საშუალებას იძლევა უშუალოდ საცეცხლე კამერის მოცულობაში მინიმუმამდე დავიყვანოთ როგორც აზოტის კანგეულების რაოდენობა სათბობის დაბალტემპერატურიანი წვის ორგანიზაციის გზით, ასევე გოგირდის ჯანგაულების რაოდენობაც – საცეცხლეში კალციუმის შემცველი რეაგენტების შეყვანით და სათბობთან მათი უშუალო შერევათ. გარდა ამისა, ქვაბები ცირკულირებადი მდულარე შრით ნაღებმტკნობიარე სათბობის ხარისხის მიმართ და აქ შეიძლება დაიწვას პრაქტიკულად ნებისმიერი, მათ შორის, ყველაზე დაბალი ხარისხის ნახშირი. ცირკულირებადი მდულარეშრიანი ორთქლირიანი დანადგარების მქოვეფციენტის მნიშვნელობა 42-46%-ს აღწევს.

ნახშირზე მომუშავე თესების განვითარების ძირითადი ტენდენციებისა და თანამედროვე ენერგობლოკების ექსპლუატაციის მსოფლიო გამოცდილების ცოდნა და მისი მხედველობაში მიღება უდავოდ შეუწყობს ხელს საქართველოში ადგილობრივი ნახშირების გამოყენების სწორი სტრატეგიული კონცეფციის შემუშავებას.

2.5. თბოელექტროსადგურების ტექნიკურად ხელახალი აღჭურვის კონცეფცია და სათბობ-ელემენტები (Fuel Cells)

ჯერ კიდევ 20-25 წლის წინ ამერიკელი სპეციალისტების ყურადღება მიიქცია იმ ფაქტმა, რომ 90-იანი წლების ბოლოსათვის აშშ-ებში ნახშირზე მომუშავე თბოელექტროსადგურების ნახევარზე მეტი 30 წლის ასაკს მიაღწევდა და ეს მაჩვენებელი 2005 წელს 64,6%-მდე, ხოლო 2010 წლისათვის 84%-მდე გაიზარდოდა. ამავე დროს მოთხოვნები ელექტროენერგიაზე ყოველწლიურად იზრდებოდა და შესაბამისად მოთხოვდა დამატებითი სიმძლავრეების გაზრდასაც. მაგრამ, ახალი თესების მშენებლობის ვადის ხანგრძლივობის გამო დამატებითი სიმძლავრეების ექსპლუატაციაში შეყვანის ტემპები მნიშვნელოვნად ჩამორჩებოდა ენერგიაზე გაზრდილი მოთხოვნილების ტემპებს [50].

ყოველივე ამის გამო, აქცენტი გადატანილ იქნა არსებული თესების ტექნიკურად ხელახალი აღჭურვის კონცეფციაზე. ამ კონცეფციის თანახმად, შესაძლებელია არსებულ დანადგარებს ახალი სიმძლავრეები დამატოს ცალკეული მოდულების სახით, რომელთა შეყვანა ექსპლუატაციაში საკმარისწრაფად ხდება. მაგალითად, არსებულ ორთქლტურბინიან დანადგარს შეიძლება მოდულის სახით დამატოს ბუნებრივ აირზე მომუშავე აირტურბინული დანადგარი. შედეგად მიიღება ბუნებრივ აირზე მომუშავე კომბინირებული ორთქლირიანი დანადგარი, რომელიც თავისი მაღალი ეკონომიურობით გამოირჩევა. შესაძლებელია აგრეთვე თავდაპირველად დაიდგას აირტურბინული დანადგარი, შემდეგ მას დამატოს ორთქლტურბინიანი ციკლი და ბოლოს ნახშირების გაზიფიკაციის სისტემა. ეს უკვე ორთქლირიანი დანადგარია მყარი სათბობის შიდაციკლური გაზიფიკაციით. შესაძლებელია სხვა ვარიანტებიც [51].

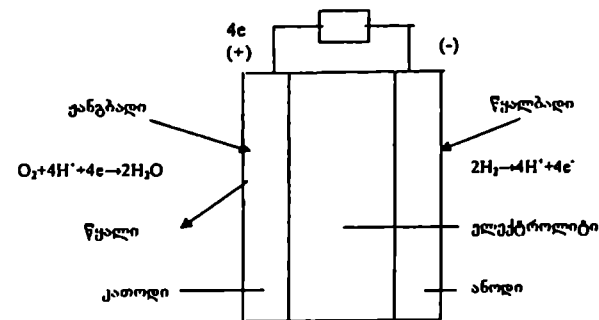
მყარი სათბობის წვის თანამედროვე ტექნოლოგიები საშუალებას იძლევა მოდულებად გამოიყენონ ქვაბები კლასიკური მდულარე და ცირკულირებადი მდულარე შრეებით, ქვაბები წნევის ქვეშ ცირკულირებადი მდულარე შრით, სათბობ-ელემენტები (Fuel Cell) და სხვ.

აღნიშნული კონცეფციის თანახმად, ხელახალი აღჭურვის ძირითადი მიზანია არა მხოლოდ ცალკეული ენერგეტიკული დანადგარებისა და მოწყობილობების სარესურსო ვადის გახანგრძლივება, არამედ თესების რენტაბელურობის გაზრდა მათი სიმძლავრეების გაზრდის, მქოვეფციენტის მნიშვნელობის გადიდებისა და საექსპლუატაციო და სამანევრო მახასიათებლების დახვეწის გზით. მაგალითად, Bergen-ის თესში (აშშ) 285 მეგეტ სიმძლავრის ბლოკზე ჩატარებული ხელახალი

აღჭურვის დროს თხევად სათბობზე მომუშავე ოთხი ორთქლის ქვაბი შეიცვალა ოთხი V84.2 სერიის აირის ტურბინით შესაბამის ქვაბ-უტილიზატორებთან ერთად. თითოეული ტურბინის სიმძლავრე 103 მგვტ-ს შეადგენდა. ხელახალი აღჭურვის შედეგად ენერგობლოკის სიმძლავრე 650 მგვტ-მდე (2-ჯერ უფრო მეტად) გაიზარდა, ხოლო მისი მქ კოეფიციენტის მნიშვნელობა - თითქმის 17%-ით [41].

1996 წელს გერმანულ ფირმაში Siemens/KW სპეციალური სერვისული ქვეგანყოფილება ცი შეიქმნა, რომელიც მხოლოდ თესვების ტექნიკურად ხელახალი აღჭურვის პროგრამების პრაქტიკული რეალიზებით არის დაკავებული.

ამ ბოლო დროს ინდუსტრიულად განვითარებულ ქვეყნებში დიდ ყურადღებას აქცევენ სათბობ-ელემენტების წარმოებას და მის გამოყენებას კოგენერაციულ სისტემებში და დიდი სიმძლავრის თესვებში. სათბობ-ელემენტი წარმოადგენს ელექტროქიმიურ მოწყობილობას, რომელშიც ქიმიური ენერგია უშუალოდ გარდაიქმნება ელექტრო- და სითბურ ენერგიებად. მისი მოქმედების პრინციპი ნაჩვენებია 2.4 ნახაზზე.



ნახ. 2.4. სათბობის ელემენტის მოქმედების პრინციპი

სათბობ-ელემენტი შედგება ელექტროლიტში მოთავსებული ორი ელექტროდისაგან (ანოდისა და კათოდისაგან). სათბობი, წყალბადის სახით, მიეწოდება ანოდს, ხოლო ჟანგბადი - კათოდს. კატალიზატორის მეშვეობით სტაბილიზებული წყალბადის ატომი იხლინება პროტონებად და ელექტრონებად, რომლებიც კათოდისაკენ სხეადასხვა გზებით მიემართება: პროტონები გაივლის ელექტროლიტს, ხოლო ელექტრონები, მიემართება რა სადენით კათოდისაკენ, წარმოქმნის ელექტრონების ნაკადს. კათოდთან მისული ელექტრონები უერთდება წყალბადისა და ატმოსფერული ჰაერის ჟანგბადის ატომებს, რის შედეგადაც მიიღება წყლის მოლეკულები.

სათბობ-ელემენტებში სათბობად შეიძლება გამოიყენებულ იქნეს ბუნებრივი და სინთეზური აირი, მეთანოლი, ეთილის სპირტი და სხვა წყალბადის შემცველი ნივთიერებები, მათ შორის ბენზინი ან დიზელის სათბობიც კი. ამ შემთხვევაში მათგან ტექნიკური წყალბადის მისაღებად სათბობ-ელემენტის სქემაში გათვალისწინებულია სპეციალური გარდამქმნელი, რომელსაც რეფორმერი (reformer) ეწოდება.

ცნობილია სათბობ-ელემენტების სხვადასხვა ტიპები (2.12 ცხრილი), როგორიცაა ტუტინი (Alkaline Fuel Cell, AFC), მემბრანული, პროტონების მიმოცვლით (Proton Exchange Membrane Fuel Cell PEMFC) და ფოსფორმეფიანი (Phosphoric Acid Fuel Cell, PAFC). მათი საშუაო ტემპერატურები იცვლება 60-დან 220°C-მდე. არსებობს აგრეთვე მაღალტემპერატურული სათბობ-ელემენტებიც -

გალხობილკარბონატული (Molten Carbonate Fuel Cell, MCFC), სამუშაო ტემპერატურით 650°C და მყარფანგეულისანი (Solid Oxide Fuel Cell), სამუშაო ტემპერატურით 1000°C. სათბობ-ელემენტების მიერ ელექტროენერგიის გამოშვება ხასიათდება მაღალი ეფექტურობით. აქვე უნდა აღინიშნოს მუშაობის ხანგრძლივობა და მცირე დანახარჯები მომსახურებაზე, ვინაიდან სათბობის ელემენტებს არ აქვს მბრუნავი ნაწილები [52].

ცხრილი 2.12

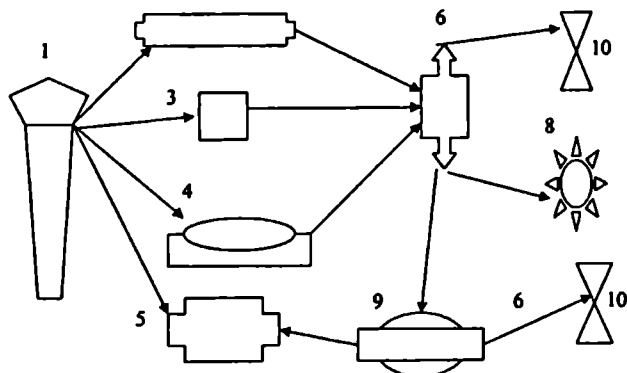
სხვადასხვა ტიპის სათბობ-ელემენტების მახასიათებლები

ტიპი	ელექტროლიტი	მუხტის მატარებელი	სამუშაო ტემპერატურა, °C	სათბობი	გამოყენების სფერო სიმძლავრე, კვტ	ელექტროეფექტურობა, %
ტუტანი AFC	KOH	OH ⁻	150-200	სუფთა H ₂	კოსმოსურ ხომალდებზე 0,3-5,0 კვტ	~ 70
მემბრანული PEMFC	მყარი პოლიმერი	H ⁺	~ 80	სუფთა H ₂	ავტომობილებზე, 50-250 კვტ	~ 35
ფოსფორ-მჟავიანი PAFC	ფოსფორ-მჟავა	H ⁺	150-200	H ₂ , ტოლერანტ 1,5%-მდე CO-ის მიმართ	საცხოვრ. და ადმინისტრ. შენობები, თე(კი) (200 კვტ)	~ 40
გალხობილკარბონატული MCFC	ლითიუმის, ნატრიუმის ან კალიუმის კარბონატი	CO ₃ ²⁻	~ 650	H ₂ , CO, CH ₄ , ზეა ნახშირწყალბადები (ტოლერანტ. CO-ის მიმართ)	თე(კი) და დამოუკიდებელი ენერგობლოკი 0,2 - 2,0 მგვტ	~ 60
მყარფანგეულისანი SOFC	მყარი ფანგეულის ელექტროლიტი (იტროუმი, ცირკონიუმი)	O ²⁻	~ 1000	H ₂ , CO, CH ₄ სხვა ნახშირწყალბადები (ტოლერანტ. CO-ის მიმართ)	თე(კი) და დამოუკიდებელი ენერგობლოკი 0,2 - 1,0 მგვტ	~ 60

სათბობ-ელემენტების მწარმოებელმა გერმანულმა კომპანიამ HOTMODULE სერიული წარმოებისათვის დაამუშავა სათბობ-ელემენტების ცალკეული ბლოკები, რომლებიც უკვე გასული წლიდან მუშაობენ ესპანეთის, გერმანიის, იაპონიისა და აშშ-ებს საწარმოო, საწვლუკომუნიაციო, ჯანდაცვისა და საყოფაცხოვრებო სექტორში, როგორც ენერგომომარაგების სარეზერვო წყაროები. უკვე შექმნილია მაღალტემპერატურული სათბობ-ელემენტების (როგორც გალხობილკარბონატული, ისევე მყარფანგეულისანი) პერსპექტიული ნიმუშები, რომლებსაც შეუძლია იმუშაოს როგორც კომენერაციულ სისტემებში, ისე მსხვილმასშტაბიან ელექტრომაგენერირებელ სადგურებში. უკვე მოქმედი დანადგარის სიმძლავრე 100 კვტ-ის ტოლია, ხოლო მშენებარე დანადგარისა—1000 კვტ-ს მიაღწევს. თითოეული ეს დანადგარი ცალკეული ბლოკებისაგან შედგება. ბლოკების მიერ გარემოში გატეხილი გოგირდისა და აზოტის ფანგეულები იმდენად მცირეა, რომ შეუძლებელია მათი რეგისტრაციაც კი, ხოლო ნახშირორჟანგის ემისია გაცილებით ნაკლებია, ვიდრე ტრადიციული თესების შემთხვევაში. ბლოკებს შეუძლია იმუშაოს როგორც ბუნებრივ აირზე, მეთანოლსა და ბიოგაზზე, ისე საკანალიზაციო ჩანაღებებისა და საწარმოო ნარჩენების დამუშავების შედეგად მიღებულ ხელოვნურ აირზე.

აშშ-ების ენერგეტიკის სამინისტროს მიერ შემუშავებული სტრატეგიული გეგმის თანახმად თესების ტექნიკურად ხელახალი აღჭურვა უზრუნველყოფს ენერგეტიკის რადიკალური რესტრუქტურისაციის შესაძლებლობას. ფაქტობრივად

საქმე გეუქნება სრულიად ახალი ტიპის ენერგეტიკულ საწარმოსთან, რომელიც სხვადასხვა სიმძლავრისა და დანიშნულების ცალკეული მოდულებისგან იქნება შედგენილი და სადაც ორგანული სათბობის გადამუშავების ხარჯზე მიიღება არა მარტო ელექტროენერგია და სითბო, არამედ სხვა პროდუქტებიც, რომლებსაც ფართო გამოყენება ექნება მშენებლობაში, მეტალურგიაში, სოფლის მეურნეობასა და სხვა დარგებში. მოდულებისაგან შედგენილი ენერგეტიკული საწარმოს სქემა მოცემულია 2.5 ნახაზზე.



ნახ. 2.5. მოდულებისაგან შედგენილი ენერგეტიკული საწარმო:

- 1-საგაზოფიკაციო დანადგარი; 2-აირტუბინული დანადგარი; 3-სათბობ-ელემენტები;
- 4-კომბინირებული დანადგარი სათბობ-ელემენტით და აირტუბინული დანადგარით;
- 5-სათბობის წვის მეორეული პროდუქტები; 6-ელექტროენერგია;
- 7-სითბო; 8-სითბოს მომხმარებელი; 9-ირთქლის უტილიზაციის ციკლი;
- 10-ელექტროგადამცემი ხაზი

როგორც 2.5 ნახაზიდან ჩანს, ამ საწარმოებში გამოყენებულ იმ ახალ ტექნოლოგიებს შორის, როგორიცაა ნახშირების გაზიფიკაციისა და მაღალტემპერატურიანი აირების საწმენდი სისტემები, ახალი თაობის აირტუბინული დანადგარები და სხვა, ერთ-ერთი ძირითადი ადგილი უჭირავს სხვადასხვა ტიპის სათბობ-ელემენტებსაც. მათი ჩართვა კომბინირებულ ციკლებში საშუალებას იძლევა ენერგეტიკული დანადგარის მქოვეფიციენტის მნიშვნელობა 90%-მდე გაიზარდოს [40].

მყარი სათბობის მინერალური ნაწილის უტილიზაცია და ნახშირბადის კომალიმური გამოყენების პერსპექტივები

გასული საუკუნის 70-80-იან წლებიდან მეკეთრად შემცირდა ნახშირების კონკრეტულწარმოება ელექტროენერგიის წარმოების სტრუქტურაში, რაც ძირითადად გამოწვეული იყო მსოფლიო ენერგეტიკულ ბალანსში აირისა და თხევადი სათბობის წილის მნიშვნელოვანი ზრდით. მყარი სათბობის წვის არსებული ტექნოლოგიები იმ დროისათვის ეერ ამაყოფილებდა თანამედროვე ტექნიკურ-ეკონომიკურ და ეკოლოგიურ მოთხოვნილებებს-ნებისერი მათგანის გამოყენებას თან სდევდა ე.წ. მფრინავი ნაცრის, მიკროელემენტების, აგროეე ნახშირბადის, გოგირდისა და აზოტის ეანგეულების გამოტყორცნა გარემოში. ამავე დროს მყარი სათბობი გამოიყენებოდა ცალსახად და ნაკლები ყურადღება ექცეოდა მისი მინერალური ნაწილის უტილიზაციას და მეორეული პროდუქციის წარმოებას, ხოლო მყარი სათბობის დაწვის ეფექტურობა მხოლოდ თეისი ენერგეტიკული მქ კოეფიციენტით განისაზღვრებოდა [14-15;53].

დღეისათვის, როდესაც მსოფლიო მასშტაბით მეკეთრად შეიცვალა დამოკიდებულება ორგანული სათბობის მიმართ და, პირეელ რიგში, ნახშირი განიხილება როგორც ბუნების უნიკალური პროდუქტი, რომლიდანაც შესაძლებელია გაკეთდეს ყველაფერი ის, რაც ადამიანისათვის არის საჭირო, აუცილებელია სამამულო ენერგეტიკაში დანერგოს მყარი სათბობის წვის ეკოლოგიურად სუფთა მრავალმზნობრივი დანიშნულების, სრულიად ახალი და არატრადიციული მალაფექტური ტექნოლოგიები, რომლებშიც სრულად იქნება აღმოუჩენილი ზემოთ აღნიშნული პრობლემები.

ახალი ტექნოლოგიების დანერგვა უზრუნეელოფს ენერგეტიკის რადიკალურ რესტრუქტურიზაციის შესაძლებლობას ნებისმიერი ხარისხის ნახშირით მრავალმზნობრივი გამოყენების საფუძეელზე, ხოლო მეორეული პროდუქციის წარმოების ორგანიზაცია მნიშვნელოვნად გააუმჯობესებს ელექტროენერგიის გამომუშავების ეკონომიკურ მაჩვენებლებს, რადგანაც ნახშირის მინერალური კომპონენტებიდან თანაპროდუქტების მიღების შესაძლებლობა მცირე ენერგეტიკული და მატერიალური დანახარჯებით და მათი შემდგომი რეალიზაცია, უზრუნეელოფს უნარწეო ენერგეტიკული კომპლექსის შექმნის შესაძლებლობას.

3.1. მყარი სათბობის მინერალური ნაწილის უტილიზაცია

ნახშირი ის პირეელადი ნედლეულია, რომელიც, გარდა ორგანული ნაწილისა, შეიცავს მრავალკომპონენტეან მინერალურ შემდგენსაც და ამიტომ ამ ბოლო დროს მყარი სათბობის წვასთან დაკეშირებულ სხვა პრობლემებთან ერთად დღის წესრიგში დადგა მათი მინერალური ნაწილის უტილიზაციის საკითხიც.

ნახშირების მინერალურ შემდგენს მიეკუთნება კარბონატები (CaCO_3 , MgCO_3 , FeCO_3), სულფატები (CaSO_4 , MgSO_4), სულფიდები (FeS_2), სილიკატები (SiO_2), ლითონების ქეეანგი, ფოსფატები, ქლორიდები, ტუტე ლითონების მარილები და სხე.

სხედასხვა საბადოს ენერგეტიკული ნახშირების მინერალური შემდგენის (ნაწილის) სამომხმარებლო მახასიათებლები საკმაოდ კარგად არის შესწავილილი, ეკრად, ნაცრისა და წიდის გამოყენება შეიძლება სხედასხვა მარკის ცეენტრის (როგორც აქტური მინერალური დანამატი), ბეტონის და რკინაბეტონის წარმოებაში, გზების მშენებლობაში და სხე.

წილის კრისტალიზაციის დროს წარმოქმნილი მაღალი სიმკაცის მინაკრისტალური მასალის საფუძველზე შესაძლებელია სამრეწველო მასშტაბით ეაწარმოთ მაღალხარისხოვანი წიდასიტალები, წილის ღორღი, წილის სიმბული, წილის ბაბბა, კერამიკული ფილები, აგური და სხვა სამშენებლო მასალები, აგრეთვე კულტურულ-საყოფაცხოვრებო დანიშნულების ქაშანური ნაკეთობები. წიდანაცრისაგან მიღებული წილის ღორღი, გარდა მაღალი სიმტკიცისა, ხასიათდება სიმკერძოვით, ტენზულწევალობით, ყინვამდგომლობით და ფორიანობის არარსებობით. გრანულებად დამუშავებული წილის ღორღი გამოირჩევა დეკორატიული სამუშაოებისათვის აუცილებელი ორიგინალური შავი ფერითა და ელვარებით. სამშენებლო სამუშაოების გარდა, იგი წარმატებით გამოიყენება რკინიგზის ეაკის მისაყრელად და პარაპეტების (მოაჯირების), ლავგარდნების (კარნიზების) და ტროტუარების გასაკეთებლად [54].

წილისაგან მიღებული მეორეული პროდუქციის მრავალფეროვანი სახეობებიდან ყურადღებას იმსახურებს მინაკრისტალური მასალა-წიდასიტალი, რომელიც მაღალი ქიმიური და ცვეთამდგომლობით გამოირჩევა. წიდასიტალის ეს თვისებები განაპირობებს მის ფართო გამოყენებას მშენებლობაში, კერძოდ, სხედასხვა დანიშნულების შენობა-ნაგებობების იატაკისა და კედლების (როგორც გარე, ისე შიგა) მოსაპირკეთებლად. წიდასიტალისაგან დამზადებული მოსაპირკეთებელი ფილების გამოყენება ისეთი საყოველთაოდ გავრცელებული საშენი მასალის ნაცვლად, როგორიცაა გრანიტის, მარმარილოსა და ქვის სხმულისაგან დამზადებული გახეხილი ფილები, აგრეთვე თლილი გრანიტის და გაპირალებული მარმარილოს ფილები და მჭავაგამძლე აგური, დიდ ეკონომიკურ ეფექტთან არის დაკავშირებული [55].

წიდანაცარი შეიცავს ალუმინს, კაქს, კალციუმს და რკინის ნაერთებს იმ რაოდენობით, რომელსაც პრაქტიკული დანიშნულება აქვს, გარდა ამისა 50-ზე მეტ იშვიათ ელემენტს და ფერად ლითონს.

არის მცდელობა (რის საშუალებასაც იძლევა თანამედროვე ტექნიკის განვითარება) წიდანაცარიდან ამოღებულ იქნეს შემდეგი ელემენტები: Gr, Ga, Al, Si, Mg, Tn, Fe, V, Mo, Ti, Be, As [56].

მიუხედავად იმისა, რომ ნახშირის კომპლექსური გამოყენებისა და წიდანაცრის მეორეული გადამამუშავების ეკონომიკური და ეკოლოგიური მიზანშეწონილობა ეჭვს არ იწვევს, არსებული ენერგეტიკული ქვაბების კონსტრუქციები ვერ უზრუნველყოფს წიდანაცრის, როგორც მეორეული პროდუქტის საწარმოო ნედლეულის, ისეთ ხარისხს, რომელიც საკმარისი იქნება ამ პროდუქტების ფართომასშტაბიანი წარმოებისათვის.

დღეისათვის მიზანშეწონილია, რომ თანამედროვე ორთქლის ქვაბი განიხილებოდეს არა მარტო როგორც ორთქლის გენერატორი, არამედ როგორც თესების ნარჩენების გადამამუშავებელი კომპლექსის შემადგენი სტრუქტურული ელემენტი, ხოლო ენერგეტიკული ქვაბის ეფექტურობა ფასდებოდეს მის მიერ გამოიმუშავებული როგორც ძირითადი, ისე მეორეული პროდუქტის ხარისხით.

აქედან გამომდინარე, მხოლოდ ნახშირების წვის მრავალმიზნობრივი დანიშნულების არატრადიციული ტექნოლოგიების დანერგვა იძლევა საშუალებას თესებში გამოვიყენოთ არა მარტო ელექტრო- და სითბური ენერგიები, არამედ ლაზერული, საქმიანობისთვის საჭირო სხვა ისეთი მნიშვნელოვანი პროდუქტებიც, რომლებსაც ფართო გამოყენება ექნება მშენებლობაში, მეტალურგიაში, სოფლის მეურნეობასა და სხვა დარგებში.

ყოველივე აღნიშნულიდან ცხადია, რომ მყარი სათბობის წვის პროგრესული ტექნოლოგიების დანერგვა საშუალებას მოგვცემს უარი ვთქვათ წვის აირადი ნაწარმის საწმენდ და წილისა და ნაცრის მოსაცილებელ სისტემებზე, საბადოს ქანების, შლამის, წილისა და ნაცრის ნარჩენების დაკრთვებაზე და, საერთოდ, ნახშირმამდიდრებელი ფაბრიკების მშენებლობაზე.

წიდანაცრის, როგორც მეორეული პროდუქტის საწარმოო საწყისი ნედლეულის, ხარისხი, გარდა ნახშირების დაწვის ტექნოლოგიებისა, დამოკიდებულია მის ასორტიმენტზე და მის ფიზიკურ-ქიმიურ, თბოტექნიკურ და რადიოლოგიურ მახასიათებლებზე.

წიდანაცრის ასორტიმენტი განისაზღვრება წიდაში გადასული ნაცრის წილით, რომელიც რიცხობრივად წიდაში გადასული ნაცრისა და სათბობის შემდგენი ნაცრის მასათა ფარდობის ტოლია. სასურველია, ამ ფარდობის მნიშვნელობა ერთს უახლოვებოდეს.

წიდანაცრის ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებელი დამოკიდებულია სათბობის მინერალური მინარევების საწყის შედგენილობაზე, სათბობთან ერთად მიწოდებული ტექნოლოგიური დანაბრების (ფლუიზი) კონცენტრაციაზე და წილის მაქსიმალური პომოგენიზაციის ხარისხზე. რადგან მინერალური მინარევების შედგენილობაში ძირითადად სილიკატები (SiO_2) ჭარბობს, ამიტომ ფლუისის როლში ჩვეულებრივ CaO -ს შემცველი ნივთიერებები (დოლომიტი და კირქვა) გამოიყენება. მათი კონცენტრაციების ფარდობა ($\text{CaO}/(\text{SiO}_2)$) იცვლება 0,7-დან 1,3-მდე.

წიდანაცრის ძირითად თბოტექნიკურ თვისებას წარმოადგენს მისი დნობის ტემპერატურა და ენთალპია. დნობის ტემპერატურის მიხედვით ნაცარს ყოფენ სამ ჯგუფად: ადგილდნობადი ნაცარი (1350°C -ზე ნაკლები), საშუალო დნობის ტემპერატურის მქონე ნაცარი (1350°C - 1450°C) და ძნელდნობადი ნაცარი (1450°C -ზე მეტი). წილის ტემპერატურის მუდმივი მნიშვნელობის შენარჩუნება საცეცხლე მოწყობილობის ექსპლუატაციის ნებისმიერი რეჟიმის პირობებში მისი საიმედო მუშაობის ერთ-ერთი ძირითადი პირობაა. წიდანაცრის რადიოლოგიური პარამეტრები განისაზღვრება მასში რადიოაქტიური ელემენტების კონცენტრაციით და მისი რადიოაქტიური გამოსხივების ინტენსიურობით (მძიმე რადიოაქტიური ელემენტების შემცველი ნახშირების ორგანული მასის დაწვის დროს წიდანაცარში ამ ელემენტების მნიშვნელოვანმა კონცენტრაციამ შესაძლებელია რადიოაქტიური გამოსხივების გაზრდა გამოიწვიოს).

ნახშირების კომპლექსური გამოყენების სრულიად ახალი და არატრადიციული ტექნოლოგიების შესწავლა და შერჩევა სამამულო ენერგეტიკული სისტემისათვის უზრუნველყოფს არა მარტო ელექტროენერგეტიკის განვითარების გრძელვადიანი კონცეფციის [ემუშაებისა და ადგილობრივი დაბალი ხარისხის ნახშირის, როგორც საბაზისო სათბობის, განხილვის შესაძლებლობას, არამედ ნახშირის მრეწველობის რენტაბელურობისა და კონკურენტუნარიანობის გაზრდასაც. საწყის ეტაპზე სასურველია ჩატარდეს ადგილობრივი ნახშირების დეტალური ტექნიკური ანალიზი მათი ფიზიკურ-ქიმიური, თბოტექნიკური და რადიოლოგიური მახასიათებლების დაზუსტებისა და მისგან მეორეული პროდუქტის შესაძლო ასორტიმენტის დადგენის მიზნით.

3.2. ნახშირების კომპლექსური გამოყენების პერსპექტივები

მყარი სათბობის დაწვის ყველაზე უფრო პერსპექტიულ და ტექნიკურად დასაბუთებულ მიმართულებებად დღეისათვის ითვლება ნახშირების შიგაცეცხლური გაზოფიკაცია, ნახშირების დაწვა ცირკულირებად მძლავრე შრეში და ნახშირების გაზოფიკაცია წილის ნაღვბში. კომბინირებულ ორთქლიანი თესებში ნახშირების გაზოფიკაციის ყველა გაერცელებული მეთოდი ითვალისწინებს მყარი სათბობის კომპლექსურ გამოყენებას და მეორეული პროდუქტების წარმოებას.

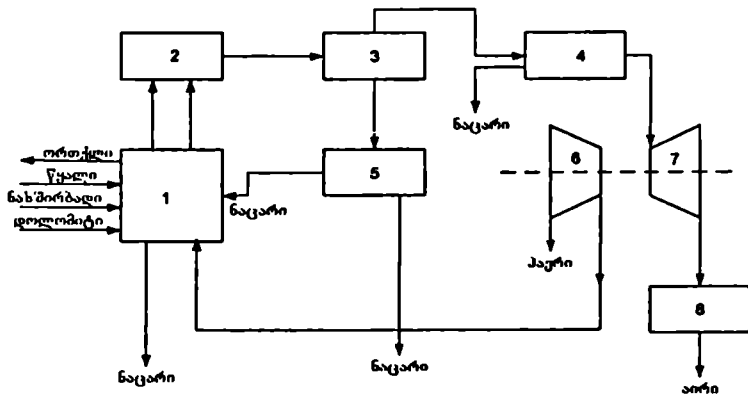
ნახშირის მტვრის შიგაცეცხლური გაზოფიკაციის დროს საწყევი აირი, თხევად წიდასთან ერთად, აირგენერატორის რეაქტორის ქვედა ნაწილში განლაგებული კრიკას გავლით მიეწოდება რადიაციულ აირსაცხივარს, სადაც ხდება წილის

გრანულაცია. გამტერეიანებული საწვავი აირი გაივლის ციკლონს, სადაც ის უხეში ნაწილაკებისაგან თავისუფლდება და გადადის ფილტრებში, სადაც იფილტრება წერილმანი ნაწილაკებისაგან. ციკლონებსა და წმინდა ფილტრებში შეკავებული მყურინავი ნაცარი კელავ აირგენერატორს უბრუნდება და თხევად წიდას უერთდება. ამრიგად, განხილულ შემთხვევაში აირგენერატორიდან ნაცარი მთლიანად გრანულირებული წიდის სახით გამოდის.

წიდის ქიმიურმა ანალიზმა გვიჩვენა მისი სრული უვნებლობა და წყალში სუსტი ხსნალობა. გრანულირებული წიდა წიდის მოსაცილებელი სისტემის გავლით გადადის გამაუწყლოებელ დანადგარში, რის შემდეგაც ხარისხდება ფრაქციების მიხედვით და მიეწოდება მომხმარებელს. მისი გამოყენების მთავარი სფერო საგზაო მშენებლობა და სამშენებლო ინდუსტრიაა, სადაც ის ბეტონის შემესების როლს ასრულებს.

მტერისაგან 10 მგ/მ კონცენტრაციამდე გაწმენდილი გენერატორის აირი ჯერ გადადის აირ-აირიან, ხოლო შემდეგ - წელიან კონტაქტურ თოვადამცემ აპარატში. აქ ის ცივდება 400°C -მდე და მიემართება გაუგოგირდოების სისტემაში, სადაც თავისუფლდება გოგირდწყალბადისაგან. გაუგოგირდოების სისტემაში მიღებული გოგირდწყალბადი გადადის კლაუსის დანადგარში, სადაც გადამუშავდება სასაქონლო გოგირდად. მაშასადამე, საგაზიფიკაციო დანადგარის ტექნოლოგიური სქემა მნიშვნელოვნად ამარტივებს მეორეული რესურსების მიღების პრობლემებს. ნაცრისაგან მიიღება გრანულირებული წიდა, რომელიც სამშენებლო ინდუსტრიაში ბეტონის შემესების როლს ასრულებს, ხოლო გოგირდწყალბადისაგან - სასაქონლო გოგირდი [47].

საინტერესოაა გადაწყვეტილი ნაცრის უტილიზაციის საკითხი ცირკულირებად მდულარე შრეში ნახშირების დაწვის დროს. აღნიშნული ტექნოლოგიური პროცესის პრინციპული სქემა მოცემულია 3.1 ნახაზზე.



ნახ. 3.1 ნაცრის უტილიზაციის სქემა:

1-ქება წვეის ქვეშ ცირკულირებადი მდულარე შრით; 2-ქებასშვავა ციკლონი;
3-ციკლონი; 4-აირების საწმენდი სისტემის მესამე საფეხური; 5-ნაცრის
მანაწილებელი; 6-კომპრესორი; 7-აირის ტურბინა; 8-კონვექციური აირსაცივარი

როგორც ნახაზზე წარმოდგენილი სქემიდან ჩანს, ოთქქლის ქებაში 1 წარმოქმნილი წვის აირადი ნაწარმი უხეში მყარი ნაწილაკებისაგან საედაპირველად იწმინდება ქებასშვავა ციკლონში 2, აქედან წვის აირადი ნაწარმი გადადის ციკლონში 3, რომელიც აირების საწმენდი სისტემის მეორე საფეხურია. ამის შემდეგ წვის აირადი ნაწარმი გაივლის აირების საწმენდი სისტემის მესამე

საფეხურს, სადაც საბოლოოდ იქმნებოდა წერილობითი მყარი ნაწილაკებისაგან და მიეწოდება აირის ტურბინას 6. ციკლონში შეკავებული ნაცარი გადაიღწიება ნაცრის მანაწილეველში 5. საიდანაც ნაცრის წინასწარ განსასლერული რაოდენობა კვლავ უბრუნდება ქებას, ხოლო ჭარბი ნაცარი ტოვებს დანადგარს.

ნაცრის საწმენდი სისტემის პირველ და მეორე საფეხურზე ართმეული ნაცარი არის ფხვიერი ნარევი სულფატებთან, რომელიც მიღებულია სორბენტისა და SO_2 -ის რეაგირების შედეგად. ნაცრის ქიმიური შედგენილობის ანალიზმა გეჩვენა, რომ მისი გამოყენება შეიძლება სილიკატური აგურის, აირბეტონისა და აირსილიკატის წარმოებისათვის. ამ ნაცრის გამოყენება შეიძლება აგრეთვე 200-400 მარკის მკეროვი სილიკატური ბეტონისაგან დამზადებული ნაქეთობების წარმოების დროსაც და საავტომობილო გზების მშენებლობაში საყრდენების გასამაგრებლად რაციონალურად არის გადაწყვეტილი სხვადასხვა ხარისხის (მათ შორის, ყველაზე დაბალი) ნახშირის მრავალმისნობრივი გამოყენების საკითხი წილის ნაღობში მყარი სათბობის გაზიფიკაციის დროს [48].

32.1. ნახშირების გაზიფიკაცია წილის ნაღობში

დღეისათვის მყარი სათბობის დაწვის ეკოლოგიურად სუფთა, უნარჩუნო, მაღალეკონომიკური და მრავალმისნობრივი დანიშნულების ერთ-ერთ ყველაზე უფრო პერსპექტიული ტექნოლოგიების რიცხვს მიეკუთვნება ნახშირების გაზიფიკაციის პროცესი წილის ნაღობში. ის უზრუნველყოფს არა მარტო დაბალხარისხიანი ნახშირების სრულ ტექნოლოგიურ გამდიდრებას და წიდანაცრის ნარჩენების ფართომასშტაბიან გამოყენებას მეურნეობის სხვადასხვა დარგებში, არამედ როგორც სასათბურე და კვამლის აირების გამონაბოლქვების, ასევე გოგორდისა და აზოტის ჟანგულების შემცირებასაც დასაშვებ ფარგლებში.

წილის ნაღობში ნახშირების გაზიფიკაციის ტექნოლოგია ხორციელდება მეტალურგიული საბარბოტაჟო ღუმლისა და ენერგეტიკული ორთქლის ქებას ერთ რეჟიმში მუშაობის დროს. თუ გავითვალისწინებთ, რომ მეტალურგიულ საწარმოებში არსებობს მყარი სათბობის გაზიფიკაციის დიდი გამოცდილება, ენერგეტიკაში საბარბოტაჟო ღუმლის გამოყენების მცდელობა არ უნდა იყოს შემთხვეითი. საკმარისია გავიხსენოთ, რომ ბრამფიდის ღუმელში თუჯის წარმოების დროს კოქსის თბოუნარიანობის თითქმის 50% გარდაიქმნება ბრამფიდის აირის ქიმიურ ენერგიად, რომელიც, როგორც აირადი სათბობი, გამოიყენება სხვადასხვა ტექნოლოგიური მიზნებისათვის, მათ შორის, მეტალურგიული კომბინატების თეცებში. ბრამფიდის აირის თბოუნარიანობა დაახლოებით 4,5 მეჯ/მ³-ს შეადგენს. ნახშირების ნაწილობრივი გაზიფიკაცია კოქსის პროცესშიც ხორციელდება. კოქსის აირის თბოუნარიანობა 18 მეჯ/მ³-ს აღწევს. ნახშირბადის ჟანგულების დიდი რაოდენობა წარმოიქმნება ფოლადნაღობ წარმოებაში [57;58].

წილის ნაღობში ნახშირების გაზიფიკაციის ტექნოლოგიას საფუძვლად დაედო მოსკოვის ფოლადისა და შენადნობების ინსტიტუტში შემუშავებული თუჯის წარმოების პრინციპულად ახალი მეთოდი, რომელიც რკინის მადნის აღმდგენ პროცესში კოქსის ნაცვლად რიგითი არაკომქსადი ენერგეტიკული ნახშირის გამოყენების საშუალებას იძლევა.

წილის ნაღობში ნახშირების გაზიფიკაციის მეთოდის აპრობირება ჯერ კიდევ 1985 წლიდან დაიწყო ნოვოლიბეცკის მეტალურგიულ კომბინატში, სადაც განხორციელდა სხვადასხვა რეაქტივის უნარისა და გრანულომეტრიული შედგენილობის ნახშირების გამოკვლევის ფართო კომპლექსი. შესწავლილ იქნა წერილისპერსიული მტერის, აზოტისა და გოგორდის ჟანგულების წარმოქმნის მექანიზმები, მიღებული წილისა და ლითონის თვისებები, წილის აბასანის პიდრდინამიკა, წილის ნაღობში ნახშირის ნაწილაკების განწილების სპექტრი,

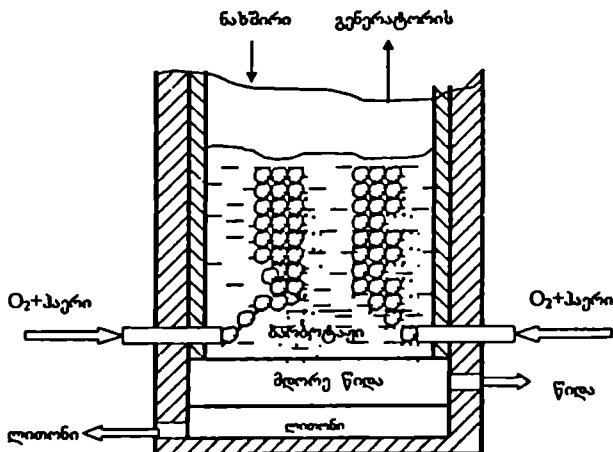
წვის პროცესის მიმდინარეობა ქვინების განლაგების არეში, შემუშავებულ იქნა მიმდინარე პროცესების მართვის და კონტროლის პრინციპები.

დადგინდა, რომ წილის ნაღობში შესაძლებელია სხვადასხვა ხარისხის ნახშირის სრული გაზიფიკაცია. უკმარწვა არ შეიმჩნევა ისეთი სათბობების გაზიფიკაციის დროსაც კი, როგორიცაა დაბალრეაქციული ანთრაციტის ღერძილი და კოქსის ანაცერი. ამასთან, ნახშირები არ მოითხოვს წინასწარ დაფქვას ან შემორობას აირგენერატორში მოხვედრამდე.

დადგენილია ისიც, რომ ტექნოლოგიური პარამეტრების შესაბამისად შესაძლებელია შეიქმნას გაზიფიკაციის პროცესის წარმართვის ნებისმიერი პირობები. ეერძოდ, შესაძლებელია როგორც ნახშირების სრული წვის პროცესის განხორციელება უშუალოდ წილის ნაღობში (CO_2 -სა და H_2O -ს წარმოქმნამდე), ასევე გენერატორის გაზის მიღება, რომელიც ძირითადად CO -სა და H_2 -ს შეიცავს.

წილის ნაღობში ნახშირების გაზიფიკაციის ტექნოლოგიური სქემის ძირითადი სტრუქტურული ელემენტია კამერა-აირგენერატორი, რომელიც გენერატორის გაზის მიღებასთან ერთად უზრუნველყოფს ნახშირების მინერალური შემდგენილსაგან მეორეული პროდუქციის წარმოებასაც. გაზიფიკაციის პროცესი ხორციელდება კამერა-აირგენერატორის ერთ მთლიან მოცულობაში, რომელიც ფუნქციურად სამ ზონად არის დაყოფილი - ქვინებსკედა ზონა, ინტენსიური შერევის ზონა და ზონა წილის ნაღობის ზედაპირზე (3.2 ნახაზი).

ინტენსიური შერევის ზონაში კამერა-აირგენერატორის გვერდით კედლებზე განლაგებული ქვინების საშუალებით მიეწოდება ჟანგბადით გამდიდრებული ჰაერი, რასაც თან სდევს ქვინების ზემოთ განთავსებული წილის ნაღობის ბარბოტაჟი (ხუფხუფი). წილის ნაღობის ტემპერატურა წილის აბაზანაში $1500-1600^\circ\text{C}$ -ს აღწევს. ქვინებსკედა ზონაში წილის ნაღობი ამ დროს მშვიდ (მდოერე) მდგომარეობაში იმყოფება.



ნახ. 3.2 წილის ნაღობში ნახშირების გაზიფიკაციის პროცესის სქემა

კამერა-აირგენერატორის ზემოდან განაწვევებლივ მიეწოდება ნახშირი და ტექნოლოგიური დანამატი-ფილუსი. ხუფხუფა წილის ნაღობში მოხვედრისა და

მასთან მაღალი ინტენსიურობით შერევის დროს ხდება ნახშირის ნაწილაკების სწრაფი გახურება და მათგან აქროლადებისა და ტენის გამოყოფა. ნახშირის დაკოქსილი ნაწილაკები კი ივანგება ქმინიდან შემოვრილი ჟანგბადის საშუალებით. გაზიფიკაციის შედეგად მიღებული საწვავი აირი გადადის ქებაში, სადაც ხორციელდება მისი კმაწვის პროცესი ატმოსფერული ჟანგბადის მეშვეობით. წიდის მოძრაობის სინქარე ამ ზონაში საკმაოდ მაღალია და 1 მ/წმ-ს უახლოვდება. ამიტომ კამერის კედლები ან უბანზე წყლით საცივებელი ელემენტებისაგან- მაცივებელი კესონებისაგან კეთდება.

ნახშირის ნაწილაკების ეანგვის პროცესის პარალელურად მიმდინარეობს ნაცარში არსებული რკინის ეანგეულების აღდგენა ღლითონის წარმოქმნით, რომელიც თავისი შედგენილობით ბრძმელის თუჯის შედგენილობას უახლოვდება. ღლითონის წვეთებში კონცენტრირებულია აგრეთვე ვანადიუმი, ქრომი, ნიკელი, სპილენძი და კობალტი. შედეგად მიიღება მრავალღითონიანი პროდუქტი, რომელიც მაღალი სიმკერვის გამო გროვდება კამერა-აირგენერატორის ფსკერზე. საიდანაც სიფონ-საღებქრის მეშვეობით პერიოდულად იღვრება ჩამომსხმელი მანქანის ბოყეში, სადაც ცივდება და ბრიკეტების სახით მიემართება მზა პროდუქციის საწყობში [55].

ქმინებზექვედა ზონაში ნახშირის ნაწილაკები თავისი დაბალი სიმკერვის გამო პრაქტიკულად ვერ ხვდება და, შესაბამისად, მათი მექანიკური დანაკარგების შესაძლებლობა კამერიდან წიდის გამოღინების დროს გამოირიცხება. ამიტომ, სწორედ ეს ზონა უზრუნველყოფს ნახშირის ნაწილაკების სრულ გასოფიკაციას. წიდისა და ღლითონის მოძრაობის სინქარე აქ უმნიშვნელოა, რაც საშუალებას იძლევა კამერის ქვედი და კედლები შესრულდეს მხოლოდ ცვეხლგამძლე მასალისაგან.

წიდის შედგენილობაში შემავალი სილიციუმის, ალუმინის, მაგნიუმის, ნატრიუმისა და კალიუმის ეანგეულები მაღალი პომოგენურობით ხასიათდება. წიდის წარმოქმნასთან ერთად ხდება მისი უწყვეტი ან პერიოდული გამოტანა ქმინებზექვედა ზონიდან, საიდანაც ის მიეწოდება ტექნოლოგიურ ხაზს მისგან მეორეული სასაქონლო პროდუქციის საწარმოებლად.

რაც შეეხება ზონას წიდის ნადნობის ზედაპირზე, ის ფაქტობრივად ორთქლის ქებაის ქვედა ნაწილია, მაგრამ ფუნქციურად მინც კამერა აირგენერატორს მიეკუთვნება. ეს ზონა შეესებოლია წიდის წვეთების მნიშვნელოვანი რაოდენობით, რომლებიც კამერის კედლებზე ქმნის წიდის უწყვეტ აფსკს. ამ ზონაში კამერის კედლებზე განლაგებულია დამატებითი ქმინები, რომელთა დანიშნულებაა წიდის ტემპერატურის შენარუნება და რეგულირება. კამერა-აირგენერატორის კედლები ამ ზონაშიც მაცივებელი კესონებისაგან არის შესრულებული.

ნახშირისა და ფლუსის ჩატვირთვის მომენტში წიდის ნადნობის ზედაპირიდან გენერატორის აირით ხდება მათი წერილდისპერსიული ნაწილაკების წატაცება ორთქლის ქებაის წვის კამერაში. ამას ემატება წატაცებული წიდის ნადნობის წვეთები და წიდის ნადნობში აღდგენილი ადვილაქროლადი ღლითონების აქროლადები ორთქლის სახით. მიღებული მტვერირული ფაზა გენერატორის აირის წვის პროცესში ივანგება და წერილდისპერსიული მტერის სახით გროვდება აირსაწმენდ მოწყობილობაში (ელემენტროფილტრებში). წატაცებული მტვერირული ფაზა კამერა-გაზიფიკატორში ჩატვირთული საერთო მასის 1,5-2%-ია. წერილდისპერსიულ მტვერში კონცენტრირებული ელემენტების As, Ge, Ga, Se, Rb, Sb, Cs, Re კონცენტრაციის ხარისხი განაპირობებს ნახშირებიდან დამატებითი ძვირფასი სასაქონლო პროდუქტების (მაგალითად, გერმანიუმის) მიღების შესაძლებლობას. სხვადასხვა ელემენტების პროცენტიული განაწილება მეორეულ პროდუქტებში მოცემულია 3.1 ცხრილში.

სხედასხვა ელემენტების პროცენტული განაწილება
მეორეულ პროდუქტებში [53]

პროდუქტი	კლემენტები, %											
	Fe	V	Cr	Ni	Cu	Co	K+Na	Zn	Cd	Hg	Pb	Sn
ლითონი	98	88	83	98	98	98	-	0,1	-	-	-	-
წილა	1,5	10	16	1	1	1	30	0,1	-	-	0,01	-
მტკნარი	1,5	2	1	1	1	1	70	99,8	100	100	99,9	100

აზოტის ჟანგულები უშუალოდ წილის ნაღობის სედაპირზე არ შეინიშნება, ხოლო მათი შემცველობა წვის აირად ნაწარმში გენერატორის აირის კმაწვის შემდეგ 50...90 მგ/მ³-ს არ აღემატება. ეს იმით აიხსნება, რომ ნახშირის წვა ამ პირობებში ფაქტობრივად საფუხუროვნად ხორციელდება: ნახშირის გასიფიკაცია წილის ნაღობში (CO-ს წარმოქმნამდე), ნაწილობრივი წვა წილის ნაღობის სედაპირზე და სრული წვა ქებაში. ეს უკანასკნელი უნდა განხორციელდეს დაბალტემპერატურაზე წვის ორგანიზაციის გზით (700...800°C-იან გარემოში). რაც შეეხება გოგირდის ჟანგულებს, მათი რაოდენობა მინიმუმამდეა დაყვანილი გასიფიკატორში კალციუმის შემცველი რეაგენტების შეყვანისა და სათბობთან მათი უშუალო შერევის გზით.

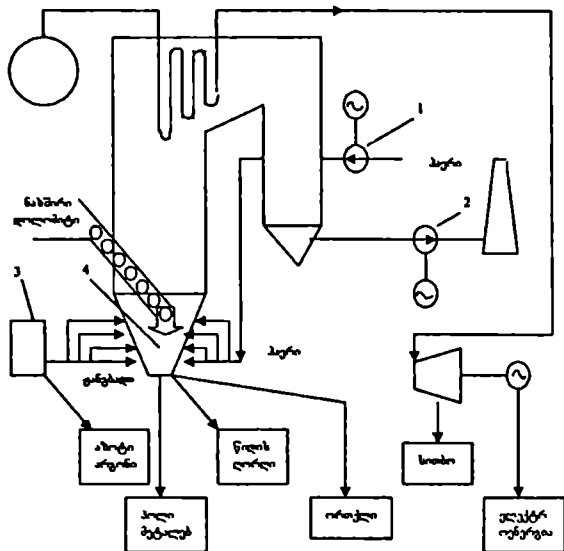
წილის ნაღობში ნახშირების გასიფიკაციის ტექნოლოგიის პრაქტიკული რეალიზება მოხდა ექსპერიმენტულ თესში (ყოფილი ნესეგეტი სრესი, ქ. Красный Сулин, როსტოვის ოლქი, რუსეთი) მოქმედ 165 მგეტ სიმძლავრის საცდელ-საწარმოო დანადგარზე (ნახ. 33), რომელიც ერთი საათის განმავლობაში გამოიმუშავებს 220 ტონა ორთქლს, 2 ტონა მაღალხარისხოვან წილის ღორღს, 12 ტონა გრანულირებულ წილას და 1,5 ტონა ლითონკონცენტრატის [15,59].

პროექტი განხორციელდა სახელმწიფო სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრამის – „ეკოლოგიურად სუფთა ენერგეტიკა“ ფარგლებში PAO «ЕЭС России»-ის შეკვეთით. საცდელ-სამრეწველო დანადგარის შექმნაში მონაწილეობა მიიღეს ОАО «Институт Станстроения», НПО АЛТОН (ქ. მოსკოვი), МГИСС (მოსკოვის ფოლადისა და შენადნობების სახელმწიფო ინსტიტუტი), ОАО «Ростовсталеагрегатор», ОАО «Красный котельник» და სხვებმა. პროექტი შემუშავდა როსტოვის ენერგეტიკის ეკოლოგიური პრობლემების სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტში. იგივე ინსტიტუტი ახორციელებს საერთო ხელმძღვანელობას პროექტის მიმდინარეობაზე.

საცდელ-სამრეწველო დანადგარის ზოგიერთი ტექნოლოგიური პარამეტრი მოცემულია 32 ცხრილში. ინტენსიური შერევის ზონის პირიზონტალური კვეთი ამ დანადგარში 21 მ²-ია. გვერდით კედლებზე განლაგებული ქშიზონის საერთო რაოდენობა-18. მათი საიჩედო მუშაობის შესაძლებლობა განაპირობებს გამდიდრებულ ქაქრში ჟანგბადის შემცველობის 21%-დან 99,5%-მდე ცვლილების პირობებში კამერა-აირგენერატორის მწარმოებლურობის ფართო დიაპაზონში ვარიაციების საშუალებას იძლევა. ჟანგბადის შემცველობის მიხედვით იცვლება აგრეთვე გენერატორის აირის თბოუნარიანობაც (კალორიულობაც).

საცდელ-სამრეწველო დანადგარის კონსტრუქცია ითვალისწინებს კამერა-აირგენერატორისა და ორთქლის ქებაბის აეტონომიურ რეჟიმში მუშაობის შესაძლებლობას, რაც იმას ნიშნავს, რომ კამერა-აირგენერატორის არაგვეგმიური სარემონტო სამუშაოების ჩატარების დროს ორთქლის ქებაბს შეუძლია დამოუკიდებლად იმუშაოს ბუნებრივ აირზე. მეორე მხრივ, შესაძლებელი ხდება, კამერა-აირგენერატორი ორთქლის ქებაბის გარეშე წაიროს ორთქლარიანი დანადგარის სქემაში გენერატორის აირის აირტურბინაში დაწვის მიზნით. არსებობს მოსაზრება, რომ კამერა-გასიფიკატორის დამოუკიდებელ რეჟიმში მუშაობის დროს ნახშირისაგან მიღებული გენერატორის აირი მილსადენების

საშუალებით მიეწოდოს ქიმიური მრეწველობის ობიექტებს, სადაც შესაძლებელია აირისაგან თხევადი სათბობისა და შიგაწვის ძრავებისათვის საჭირო 'ზეთების' მიღება [60].



ნახ. 33. ექსპერიმენტულ თესში მოქმედი 165 მგეტ სიმძლავრის საცდელ-სამრეწველო ენერგობლოკის სქემა: 1-შემხვერი ვენტილატორი; 2-კემალსაწოვი; 3-საენგბადე სადგური; 4-კამერა-აირგენერატორი

ნახშირზე მომუშავე თესებში მეორეული პროდუქციის წარმოების ორგანიზაცია მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს ელექტროენერგიის გამოყენების ეკონომიკურ მაჩვენებლებს, რადგან ნახშირის მინერალური კომპონენტებიდან თანაპროდუქტების მიღების შესაძლებლობა მნიშვნელოვანი ენერგეტიკული და მატერიალური დანახარჯების გარეშე და მათი შემდგომი რეალიზაცია უზრუნველყოფს უნარჩუნო ენერგეტიკული კომპლექსის შექმნის შესაძლებლობას. ამ თვალსაზრისით, წილის ნაღობში ნახშირების გაზიფიკაციის ტექნოლოგიას არ აქვს ანალოგი მსოფლიო პრაქტიკაში.

ცხრილი 3.2

ექსპერიმენტულ თესში მოქმედი 165 მგეტ სიმძლავრის საცდელ-სამრეწველო ენერგობლოკის ზოგიერთი ტექნოლოგიური პარამეტრი

მაჩვენებლები	სიდიდე
1. სათბობი	ანთრაციტის ღერძილი
2. სათბობის ხარჯი, ტ/სთ	27
2. კოქსის ხარჯი, ტ/სთ	6.3
3. ენგბადის ხარჯი, მ/სთ	14000
4. აირის მოცულობა ქვების შესასვლელზე, მ³/სთ	39060
5. აირების ტემპერატურა ქვების შესასვლელზე, °C	1450

1	2	3
6.	აირების ქიმიური შედგენილობა, %:	
	□ ნახშირბადი CO	76,9
	□ წყალბადი H ₂	14,0
	□ ნახშირორჟანგი CO ₂	4,2
	□ აზოტი N ₂	2,6
	□ წყლის ორთქლი H ₂ O	2,3
7.	მეორეული პროდუქტები, ტ/სთ:	
	□ ლითონი	1,5
	□ გრანულირებული წილა	12,0
8.	წილისა და ლითონის ტემპერატურა, °C	1400...1450
9.	NO _x -ის შემცველობა აირებში, მგ/მ ³	50...70
10.	საერთო თბოგამოყოფა, გჯ/სთ	534,6
11.	სითბოს დანაკარგები წილის და ლითონის ფიზიკური სითბოთი, კამერა-გაზიფიკატორის გაგრილებით, გჯ/სთ (%-ში საერთო თბოგამოყოფიდან)	23 (4,3)

3.3. ნახშირების კომპლექსური გამოყენების ტექნიკურ-ეკონომიკური საფუძვლები

ნახშირზე მომუშავე თესებში მეორეული პროდუქციის წარმოების ორგანიზაციამ შეიძლება მნიშვნელოვნად გააუმჯობესოს ელექტროენერგიის გამოიშვების ეკონომიკური მაჩვენებლები. მაგალითად, თხევად წიდაში გაზიფიკაციის დროს 1 ტონა ანთრაციტის ღერლილისაგან დაახლოებით 35 კგ თუჯი და 350 კგ გრანულირებული წილა მიიღება. ერთი ტონა თუჯის ღირებულება 120, ხოლო ერთი ტონა გრანულირებული წილის ღირებულება 3 ამერიკულ დოლარია. მაშასადამე, როგორც 3.4 ნახაზზე მოცემული გრაფიკიდან ჩანს, ერთი ტონა ანთრაციტის ღერლილის თხევად წიდაში გაზიფიკაციის დროს მიიღება 5,25 ამერიკული დოლარის ღირებულების მეორეული პროდუქტები, რაც მისი ღირებულების დაახლოებით 30%-ს შეადგენს (დღეისათვის ერთი ტონა ნახშირის ღირებულება რუსეთის ფედერაციაში 15-20 დოლარის ტოლია).



ნახაზი 3.4. ერთი ტონა ანთრაციტის ღერლილისა და მისგან მიღებული მეორეული პროდუქციის ღირებულება

წილისაგან უფრო ძვირად ღირებული პროდუქტის დამზადების დროს (მაგალითად, თბოსაბზოლაციო მასალის) ნახშირის ღირებულების წილი, რომელიც მეორეული პროდუქციის ღირებულებით იფარება, კიდევ უფრო იზრდება.

თხევად წიდაში გაზიფიკაციის დროს ფლუსის რილში ფოლადსადნობი წილის გამოყენების ან რკინის მადნის უმნიშვნელო რაოდენობით დამატების შემთხვევაში ერთი ტონა ანთრაციტის ღერლილისაგან 200 კგ თუჯის მიღება დიდ

სიძნელეს არ წარმოადგენს. ამ შემთხვევაში მეორეული პროდუქტის ღირებულება მთლიანად დაფარავს ნახშირის საწყის ფასს. თხევად წიდაში ფლუისის კონცენტრაციის ცვლილებით შესაძლებელია მეორეული პროდუქტის ასორტიმენტის გაზრდა და სხვადასხვა სახის სამშენებლო და თბოსაიზოლაციო მასალის მიღება. მათი რეალიზაციის შედეგად მიღებულმა შემოსავალმა შეიძლება უნარჩუნო ენერგეტიკული კომპლექსის საერთო შემოსავლის რამდენიმე ათეული პროცენტი შეადგინოს [58].

ნახშირზე მომუშავე თესებში მეორეული პროდუქტის წარმოებას საფუძვლად უდევს ტექნიკურ-ეკონომიკური გაანგარიშებები, სადაც გათვალისწინებული უნდა იყოს დადგენილი ტარიფი ელექტროენერგიაზე [54]:

$$T = f(\sum 3\pi + 3_{\text{სთ}} + 3_{\text{სს}}) \quad (3.1)$$

სადაც $\sum 3\pi$, $3_{\text{სთ}}$ და $3_{\text{სს}}$ შესაბამისად, წლიური დანახარჯებია ელექტროენერგიის წარმოებაზე, სათბობით მომარაგებაზე და სხვ.; j -ინდექსი, რომელიც ითვალისწინებს წლიური დანახარჯების შემდგენებს (ხელფასი, ამორტიზაცია, საკუთარი მოხმარება, რემონტი, ზედნადები ხარჯები და სხვ.).

ნახშირების კომპლექსური გამოყენების ეკონომიკური ეფექტურობა შეიძლება წარმოადგინოთ შემდეგი თანაფარდობით:

$$B \cdot [c_{\text{კ}} Q_{\text{კ}} \eta_{\text{კ}} + 0,036 A^{\circ} \sum (c_{\text{სთ}}^{\text{სთ}} \cdot G_{\text{სთ}}^{\text{სთ}} \cdot \eta_{\text{სთ}}^{\text{სთ}})] \geq 3\pi + \sum 3_{\text{სთ}} + 3_{\text{სს}} + 3_{\text{სს}}, \quad (3.2)$$

სადაც $c_{\text{კ}}, c_{\text{სთ}}$ შესაბამისად, ელექტროენერგიისა და i -ური სასაქონლო პროდუქტის (წიდასიტალები, წილის ღორღი და სხვა) გასაყიდი ფასია, ლარი/კვტსთ და ლარი/ტ; B -სათბობის ხარჯი ელექტროენერგიის წარმოებაზე, კვ/სთ; $Q_{\text{კ}}$ -სათბობის წეის სითბო კვ/კვ; $\eta_{\text{კ}}$ და $\eta_{\text{სთ}}$ -შესაბამისად, ენერგოდანადგარისა და i -ური სასაქონლო პროდუქტის დასამზადებელი დანადგარის მქ კოეფიციენტი; A° -ენერგოდანადგარის მუშაობის ხანგრძლივობა წელიწადში, სთ; A° -სათბობის ნაცრიანობა, %; $G_{\text{სთ}}$ -ცალკეული სასაქონლო პროდუქტის (წიდასიტალები, წილის ღორღი, აგური და სხვ.) წილი მეორეული პროდუქტის ასორტიმენტში; $3_{\text{სთ}}$ -წლიური ხარჯები i -ური სასაქონლო პროდუქტის დაზადებაზე, ლარი/წლ.

ფორმულაში (3.2) იგულისხმება, რომ სათბობი წარმოადგენს როგორც ელექტროენერგიის, ასევე მეორეული სასაქონლო პროდუქტის საწარმოებელ ნედლეულს, ამიტომ აღნიშნულ თანაფარდობაში დანახარჯები სათბობით მომარაგებაზე მხოლოდ ერთხელ უნდა გაეითვალისწინოთ. იმ შემთხვევაში, თუ თესი მხოლოდ ელექტროენერგიას გამოიმუშავენ, შესაძლებელია ფორმულა (3.2)-ის გამარტივება.

როგორც (3.2) თანაფარდობიდან ჩანს, თესებში მეორეული პროდუქტის წარმოების ორგანიზაცია ეკონომიკურად გაამართლებს იმ შემთხვევაში, თუ დაცული იქნება პირობა

$$0,036 A^{\circ} \cdot \sum (c_{\text{სთ}}^{\text{სთ}} G_{\text{სთ}}^{\text{სთ}} \eta_{\text{სთ}}^{\text{სთ}}) \geq 3_{\text{სთ}}. \quad (3.3)$$

ამავე დროს დიდი მნიშვნელობა აქვს მეორეული პროდუქტის სამომხმარებლო ღირებულებას, რადგანაც სწორედ სხვაობა მათ გასაყიდი ფასსა და თვითღირებულებას შორის განაპირობებს დამატებით მოგებას თესებისათვის ნახშირების კომპლექსური გამოყენების დროს.

თესვის მყარი ნარჩენების გამოყენების სარგებლიანობის შესაფასებლად აუცილებელია ელექტროენერგიისა და მეორეული სასაქონლო პროდუქციის თეოტიღრბეულების ზოგირითი საკონტროლო მნიშვნელობის საფუძვლად მიღება. ტექნიკურ-ეკონომიკური გაანგარიშებების დროს ასეთ სიდიდეებად შეიძლება მიეინიოთ ელექტროენერგიისა და მეორეული პროდუქციის საბითუმო ფასები ტრადიციული მეთოდით მათი წარმოების დროს.

ფორმულა (3.2)-ის მიხედვით შეიძლება განისაზღვროს, ნახშირების ნაცრიანობის რომელი მნიშვნელობის დროს არის ეკონომიკურად მიზანშეწონილი მათი მინერალური ბალასტის უტილიზაცია. დადგენილია, რომ რეალურ პირობებში მეორეული პროდუქციის წარმოებისათვის თესის მყარი ნარჩენების უტილიზაცია ეკონომიკურად მიზანშეწონილია მაშინაც კი, როდესაც $A^* = 10-15\%$ და რაც მეტია სათბობის ნაცრიანობა და სასაქონლო პროდუქციის ღირებულება, მით უფრო მეტ ეკონომიურ სარგებელს მიიღებს თესი ნახშირების კომპლექსური გამოყენებით [54].

3.4. ნახშირების გრანულაცია და დაბრიკეტება

ნახშირების გრანულაცია (დამარცვლა) და დაბრიკეტება მყარი სათბობის გადამუშავების სხვა მეთოდების მსგავსად (როგორიცაა გაზიფიკაცია, კოქსა და პიდრიება) მკვეთრად აუმჯობესებს ნახშირების ტექნოლოგიურ მაინვენბლებს და მნიშვნელოვნად აფართოებს მათი გამოყენების (ენერგეტიკულ, სამრეწველო თუ საყოფაცხოვრებო) არეალს.

დაბალრეაქციული და წერილდისპერსიული ნახშირების გამოყენება შეუძლებელია მათი აგლომერაციისა (შეცხოების) და მიღებული აგლომერატების სიმტკიცის და თერმომედეგობის გაზრდის გარეშე (დაბალხარისხიანი ნახშირები ვერ უძლებს ხანგრძლივ ტრანსპორტირებას და პაერის ზემოქმედებას, ამიტომ დატვირთვა-გადმოტვირთვის დროს მიიღება უამრავი წერილდისპერსიული ნახშირი და მათი ხარისხი კიდევ უფრო უარესდება) [61,62].

მყარი სათბობის აგლომერაციის ტექნოლოგიის ყველაზე უფრო ეფექტურ და გაერცელებულ მეთოდებს ნახშირების გრანულაცია და დაბრიკეტება მიეკუთვნება.

მყარი სათბობის წინასწარ მომზადებას დამარცვლისა და დაბრიკეტების მეთოდებით ნახშირების გაზიფიკაციის ზოგიერთი ტექნოლოგიაც მოითხოვს, მათ შორის, ნახშირების გაზიფიკაცია ჭურიან აირგენერატორებში.

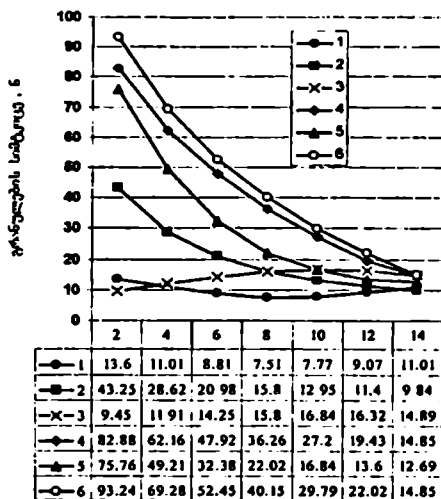
3.4.1. ნახშირების გრანულაცია

გრანულაციის პროცესი იწყება შემკერული მისართით შეზაეებული ნახშირის მტერის ან წერილმანის მოგუნდვით სპეციალური მბრუნავი სფერული თეფშის ზედაპირზე. თეფშის ბრუნვის სიჩქარით და დახრის კუთხით განისაზღვრება მიღებული გრანულების (კოშტების) ზომები. დამზადებული ნეღლი გრანულები, რომელთა დიამეტრი 15...25 მმ-ს არ აღემატება, გადააქვთ საშრობ კარადაში მათი სიმტკიცისა და თერმომედეგობის გაზრდის მიზნით. ყოველი კონკრეტული საბაღოს და მარკის ნახშირისათვის აუცილებელია შრობის სათანადო რეჟიმის შერჩევა. აუცილებელია აგრეთვე შუალედური გამოცდების ჩატარება გრანულების სიმტკიცესა და თერმომედეგობაზე როგორც შრობის პროცესის მიმდინარეობის დროს, ისე მისი დამთავრების შემდგომ.

გრანულების სიმტკიცე განისაზღვრება ორ ბრტყელ ზედაპირს შორის ჩაჭვდილი სფერული გრანულას გაჭვლეტის $F_{\text{კ}}$ ძალით, რომლის მნიშვნელობა ექსპერიმენტული მონაცემების თანახმად (НПО ЦКТИ) ყოველთვის უნდა აღემატებოდეს 30 ნიუტონს ($F_{\text{კ}} > 30\text{N}$). ექსპერიმენტულად დადგენილია ისიც, რომ შემკერული მისართის გარეშე დამზადებული გრანულების სიმტკიცე $F_{\text{კ}} = 4-6$ ნს

არ აღემატება და მისი მნიშვნელობა შრობის პროცესში არ იცვლება. აქედან გამომდინარე, გაკეთებულია დასკვნა, რომ გრანულების დამზადების დროს გადაჭრეული მნიშვნელობა სწორედ შემკერელი მისართის შერჩევასა და შრობის სათანადო რეჟიმის დადგენას ენიჭება.

ანთრაციტის ღერძილის მტერისაგან სხვადასხვა შემკერელ მისართზე დამზადებული გრანულების სიმტკიცის ცვლილება მათი ტენიანობის მიხედვით მოცემულია 3.5 ნახაზზე.



გრანულების ტენიანობა, %

ნახ. 3.5. გრანულების სიმტკიცის ცვლილების დამოკიდებულება ტენიანობაზე შრობის პროცესში ($d_{gr}=15$ მმ);

1-10%-იანი კირი, 423K; 2-10%-იანი კირი, 333K; 3-3%-იანი სსბ, 423 K;
4-3%-იანი სსბ, ორტადიური შრობა 333 K-ის დროს (პირველი სტადია) და 40 -ის
დროს (მეორე სტადია); 5-1.2%-იანი ბეტონიტი, 333 K;
6-1.5%-იანი სსბ და 5%-იანი კირი, 333 K

როგორც 3.5 ნახაზიდან და თანდართული ცხრილიდან ჩანს, გრანულების სიმტკიცე $F_{gr}=30..40$ ნ-ს აღწევს მაშინ, როდესაც შემკერელ მისართად კირია გამოყენებული და შრობის პროცესი 333K ტემპერატურის დროს მიმდინარეობს (მრუდი 2). მიუხედავად იმისა, რომ დაცულია ზემოთ აღნიშნული პირობა ($F_{gr}>30$), კირის ხარჯი ამ შემთხვევაში ძალზე მაღალია (10% სათბობის საწყისი რაოდენობიდან) და გრანულების დამზადების ეს ტექნოლოგია ეკონომიკურად არ არის გამართლებული. სმაგიეროდ, კუზნეცკისა და კანსკო-აჩინსკის საბადოების ნახშირებისაგან დამზადებული გრანულების სიმტკიცე კირის მცირე დანაბრის (3%-მდე) შემთხვევაშიც კი $F_{gr}=100$ ნ-ს აღწევს, რაც იმას ნიშნავს, რომ სხვადასხვა საბადოს წიაღისეული ნახშირების გრანულაცია სრულიად ინდივიდუალური შემკერელი მისართისა და შრობის რეჟიმის შერჩევას მოითხოვს.

შემკერელ მისართად ზედაპირულაქტიური ნივთიერებების გამოყენება მნიშვნელოვნად ცვლის ანთრაციტის ღერძილისაგან დამზადებული გრანულების სიმტკიცის მაჩვენებლებს. ზედაპირულაქტიურ ნივთიერებებს მიეკუთვნება სულფიდ-

სპირტული ბუყი (სსბ), რომელიც ცელულოზა-ქაღალდის წარმოების ნარჩენია. ეს არის ბუყი ყავისფერი სითხე შემდეგი მონაცემებით: $W=48,7\%$; $A=13,2\%$; $V=65\%$; $S=6,7\%$; $C=57,8\%$; $H=5,9\%$; $U=18800$ კჯ/კგ.

ჩატარებული ცდების შედეგებით დადგინდა, რომ სსბ-ს 3%-იანი მისართი ნედლი გრანულების სიმტკიცეს ზრდის $F_{gr}=15-17$ ნ-მდე. $T=333-353$ K ტემპერატურის პირობებში მიმდინარე შრობის პროცესში გრანულების სიმტკიცე $F_{gr}=70$ -მდე იზრდება, ხოლო ინტენსიური შრობის პირობებში ($T>373$ K), პირიქით, მცირდება, გრანულების ზედაპირზე ჩნდება ბზარები და მათი სიმჭიდვე იზრდება. გრანულების შრობის პროცესების დაქარაზების მიზნით შეირჩა ორტადიური რეჟიმი: პირველ ეტაპზე ხორციელდება $T=333$ K-იანი რეჟიმი, რომლის დროსაც გრანულების ტენიანობა 13%-დან 7%-მდე ეცემა, ხოლო მეორე ეტაპზე - რეჟიმი $T=403$ K ტემპერატურის პირობებში. გრანულების სიმტკიცე ამ შემთხვევაში საკმაოდ მაღალია და $F_{gr}=70-80$ ნ-ს აღწევს (3,5 ნახაზი, მრუდი 4).

მსგავსი შედეგები მიიღება შემკერელ მისართად ბეტონიტის (კოლოიდური თიხა, რომელსაც სამსხმელო წარმოებაში იყენებენ) გამოყენების შემთხვევაშიც, რომლის ხარჯი 2-ჯერ ნაკლებია სსბ-ს ხარჯთან შედარებით. მაგრამ, გრანულების დამზადების პროცესი ამ ნივთიერების გამოყენებით მოითხოვს დოზირების მაღალ სიზუსტეს: 1,8%-ზე მეტი ბეტონიტის დამატების დროს შრობის პროცესში ხდება გრანულების შეცხოვა, ხოლო თუ ბეტონიტის რაოდენობა 1,2%-ზე ნაკლებია, გრანულების სიმტკიცე არასაკმარისია.

უკეთეს შედეგებს იძლევა სხვადასხვა შემკერელი მისართის კომბინირებული გამოყენება. მშრალი გრანულების ყველაზე მაღალი სიმტკიცე მიიღება 1,5%-იანი სსბ-სა და 5%-იანი კირის კომბინირებული შემკერელის გამოყენების დროს (3,5 ნახაზი, მრუდი 6). ანალოგიურ შედეგს იძლევა კირის შემკერელზე იმავე რაოდენობის ბეტონიტის დამატება.

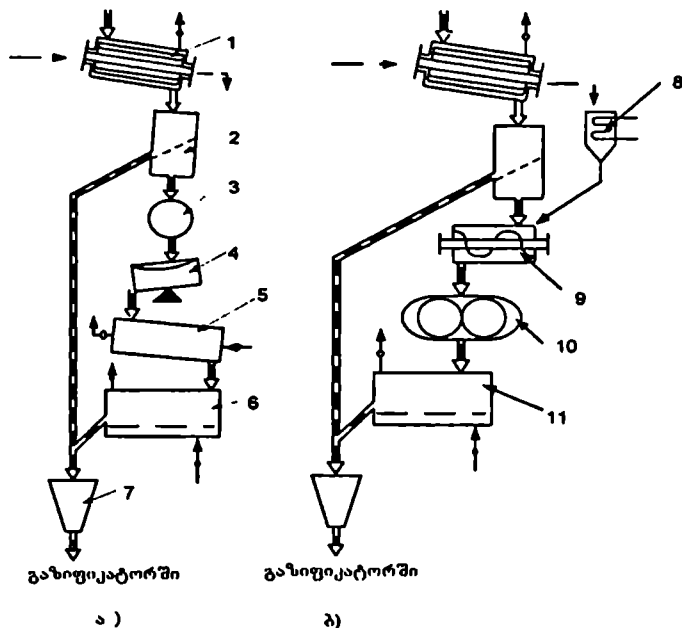
შემკერელი მისართის შერჩევისა და შრობის სათანადო რეჟიმის შერჩევის გარდა საჭიროა გრანულების თერმული ლაბორატორიული გამოცდა $T=123$ K ტემპერატურის პირობებში. ბეტონიტზე და ზემოთ აღნიშნულ კომბინირებულ შემკერელზე დამზადებული გრანულები ყველაზე მაღალი თერმომდეგობით ხასიათდება: მათი დაშლა არ ხდება არა მარტო შეთბობისა და აქროლადების გამოხლების სტადიაში, არამედ კოქსის წვის პროცესშიც კი.

ქურიან აირგვერათორებში წერილდისპერსიული ნახშირების გაზიფიკაცია მოითხოვს სათბობის წინასწარ მომზადებას გრანულაციის მეთოდით. სათბობის მომზადების სქემა, რომელიც ითვალისწინებს დამზადებული გრანულების ორტადიურ შემშრობას, მოცემულია 3,6 ნახაზზე. პირველი სტადია, რომლის დროსაც $T=330-350$ K ტემპერატურის პირობებში გრანულების ტენიანობა 13%-დან 7%-მდე ეცემა, ხორციელდება გვირაბისებრ საშრობში, ხოლო გრანულების ინტენსიური შრომა - $T=333$ K-იანი რეჟიმი - მდულარეშრიან საშრობში.

სათბობის მომზადების სქემის გამარტივების მიზნით შესაძლებელია გრანულების შემშრობა ერთ მდულარეშრიან საშრობში ორი ნაკვეთურით, სადაც ხორციელდება შრობის ორივე სტადია.

სათბობის მომზადების სისტემაში მიწოდებული ანთრაციტის ღერძილის 30...40% შედგება ნატეხებისაგან, რომელთა ზომა 5 მმ-ს აღემატება. დანარჩენი 60...70% წერილდისპერსიული მასაა, რომელიც გრანულაციას მოითხოვს. გრანულების დასამზადებლად გამოყენებულია ყველაზე ეფექტური კომბინირებული შემკერელი-1,5%-იანი სსბ-სა და 5%-იანი კირის ბშული. აღსანიშნავია, რომ კირი ამ შემთხვევაში როგორც ფულსის, ისე სათბობის შემდგენი გოგირდის შთამონქმელის ფუნქციასაც ასრულებს. ექსპერიმენტებით მიღებული მონაცემების ანალიზის საფუძველზე, რომლებიც, გარდა კომბინირებულ შემკერელზე დამზადებული გრანულებისა, ნატეხი ანთრაციტისათვის და ბეტონიტზე დამზადებული გრანულებისათვისაც იქნა ჩატარებული, დადგენილია, რომ სამივე

შემთხვევაში გაზიფიკაციის პროცესი ნორმალურად მიმდინარეობს და მიღებული გენერატორული აირის ხარისხი დამაკმაყოფილებელია. ამასთან, ბეტონიტზე დამზადებული გრანულების გაზიფიკაციის მაჩვენებლები შესაძენად ჩამორჩება ნატეხი ანთრაციტის გაზიფიკაციის მაჩვენებლებს: CO_2 -ის შემცველობა გენერატორულ აირში მეტია (6,4%-გრანულებისათვის და 1,7%-ნატეხი ანთრაციტისათვის), ხილო გენერატორული აირის თბონარიანობა - ნაკლები (3788 კჯ/მ³ გრანულებისათვის და 4312 კჯ/მ³-ნატეხი ანთრაციტისათვის).



ნახ. 3.6. მყარი სათბობის მომზადების სქემა ქურიანი აირგენერატორებისათვის:

- 1 - საშრობი; 2 - ეობრაციული საცერი ($d=5$ მმ); 3 - არავენტილირებადი წისქვილი;
- 4 - გრანულატორი; 5 - გეობრაციული საშრობი; 6 - მდუღარე შრიანი საშრობი;
- 7 - ნატეხი სათბობის ბუხერი; 8 - ფისის შემთბობი; 9 - ნიშბიანი შემრევი;
- 10 - ეალეტიანი პრესი; 11 - ბრიკეტების თერმული დამუშავება

რაც შეეხება სსხ-სა და კირის ბმულზე დამზადებულ გრანულებს, მათი გაზიფიკაციის მაჩვენებლები პრაქტიკულად არაფრით არ ჩამორჩება ნატეხი ანთრაციტის გაზიფიკაციის მაჩვენებლებს, რაც მათი პრაქტიკული გამოყენების შესაძლებლობას ადასტურებს.

3.4.2. ნახშირების ღაბრიკეტება

ნახშირების ღაბრიკეტების მეთოდი მყარი სათბობის გრანულაციის მეთოდის ალტერნატივაა. შემკერულ მისართად აქ ხშირად გამოიყენება კოქსიფიკური წარმოების ფისი (CYB-3). ფისის მიღება გენერატორული აირის შედგენილობიდანაც არის შესაძლებელი. ამიტომ ფისის მიღების პროცესი ქურიან აირგენერატორებში

ნახშირების შიგააციკლური გაზიფიკაციის ტექნოლოგიის ერთ-ერთი შემადგენელი ნაწილია. ფისი მიიღება მურა და ქვანახშირების შერაღი გამოხდის დროს. მკლევ ნახშირებისა და ანთრაციტის გაზიფიკაციის შემთხვევაში ფისების არსებობა გენერატორულ აირში არ შეინიშნება. შემკერელ მისართად შესაძლებელია M100 მარკის მაზუთის, აგრეთვე აირგენერატორული ფისის და ამ მარკის მაზუთის ნარევის გამოყენებაც.

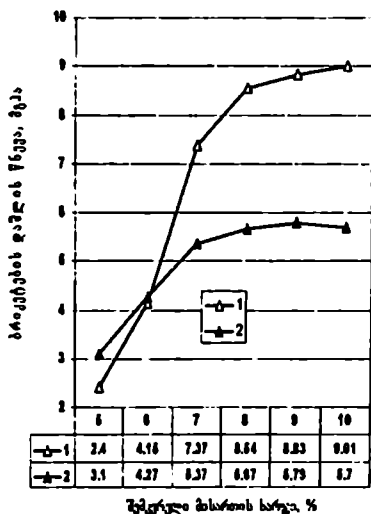
კასში მზადდება ნახშირისა და შემკერელი მისართის გახურებით 345...365K-მდე და მათი ერთმანეთთან შერევით ერგვაროვანი მასის მიღებაზე. დაბრიკეტებისათვის გამოიყენება საბრიკეტო პრესი НП-100, სასომ სისტემასთან СН-2-100-თან ერთად. დაპრესილი ცილინდრული ბრიკეტები, რომელთა დიამეტრი 24 მმ და სიმაღლე 23-25 მმ-ია, გადააქეთ საშრობ კარადაში თერმული დამუშავების მიზნით. ტემპერატურა საშრობ კარადაში 475K -დან 635K -მდე იცვლება. თერმული დამუშავების შემდეგ აუცილებელია გარემო პაერის ტემპერატურამდე გაგრილებული ბრიკეტების გამოცდა სიმტკიცეზე, რომელიც განისაზღვრება მათი დაპრესვის გზით ცილინდრის ბრტყელი ფუძეების მიმართულებით. უტკუარი შედეგების მისაღებად ჩატარებული ცდების ყველა სერიაში სიმტკიცეზე უნდა გამოიყადოს არანაკლებ ხუთი ბრიკეტისა. სიმტკიცის მახასიათებლად მიღებულია წვეყის ის მნიშვნელობა, რომლის სემოქმედების დროსაც ცილინდრული ბრიკეტი იშლება.

შემკერელი მისართის შერჩევა და ბრიკეტების სიმტკიცეზე მათი გავლენის შესწავლა უნდა მიმდინარეობდეს შემდეგი პირობების დაცვით: კასში უნდა შეიცადეს შემკერელი მისართების ერთსა და იმავე რაოდენობა (8%), დაპრესვის წნევა უნდა უტოლდებოდეს 20 მგ.ა-ს, თერმული დამუშავების ტემპერატურა უნდა იცვლებოდეს 475...535K ტემპერატურათა ფარგლებში, ხოლო მისი ხანგრძლივობა არ უნდა იყოს 60 წთ-ზე ნაკლები. წერილობისპერსიული ანთრაციტის დერდილისაგან სხვადასხვა შემკერელ მისართზე დამზადებული ბრიკეტების სიმტკიცეზე ჩატარებული ექსპერიმენტების საფუძველზე დადგენილია, რომ აპრობირებული შემკერელებიდან ბრიკეტების ყველაზე მაღალ ხარისხს უზრუნველყოფს აირგენერატორული ფისი - ბრიკეტების დაშლის წნევა ამ შემთხვევაში $P_{\text{დაშ}}=8,4$ მგ.ა. კოქსქიმიური წარმოების ფისის (CY5-3) გამოყენების დროს $P_{\text{დაშ}}=5,6$ მგა; მაზუთის გამოყენების დროს $P_{\text{დაშ}}=3,5$ მგა; აირგენერატორული ფისისა და მაზუთის ნარევის გამოყენების დროს $P_{\text{დაშ}}=4,9$ მგა.

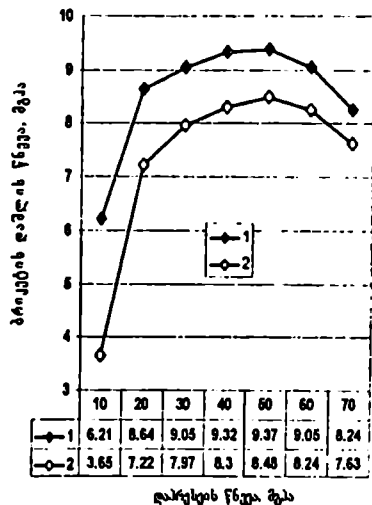
ბრიკეტის სიმტკიცეზე შემკერელი მისართის q ხარჯის გავლენის შესწავლის დროს დადგინდა, რომ საუკეთესო შედეგს აქაც აირგენერატორული ფისი იძლევა (ნახ.3.7). შემკერელი მისართის ოპტიმალური ხარჯი ამ შემთხვევაში 8...9%-ია ტოლია.

ბრიკეტების ხარისხზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს აგრეთვე დაპრესვის $P_{\text{დაპ}}$ წნევა, რომლის მიხედვით საბრიკეტო მოწყობილობის ტიპის შერჩევაც ხდება. $P_{\text{დაპ}}$ დაპრესვის წნევაზე ბრიკეტების $P_{\text{დაშ}}$ სიმტკიცის დამოკიდებულების ექსპერიმენტული მონაცემები აირგენერატორული ფისის სხვადასხვა ხარჯების დროს (7% და 9%) მოცემულია 3.8 ნახაზზე. ბრიკეტების თერმული დამუშავება ამ ექსპერიმენტების დროს ხორციელდებოდა 473K ტემპერატურის ფარგლებში 60 წთ-ის განმავლობაში. როგორც ნახაზზე მოცემული გრაფიკიდან ჩანს, ბრიკეტების სიმტკიცე იზრდება დაპრესვის წნევის 40 მგა-მდე გადიდებასთან ერთად. წვეყის შემდგომი ზრდა იწვევს ნახშირის შედარებით მსხვილი ნაწილაკების დაშლას, რაც არღუევს ბრიკეტების სტრუქტურას და ამცირებს მათ სიმტკიცეს. გარდა ამისა, ექსპერიმენტების შედეგების საფუძველზე დადგენილია, რომ ცდების დროს გამოყენებული შემკერელი ფისის ხარისხი უზრუნველყოფს სტანდარტული ვალცებიანი პრესის (20 მგა წნევით) გამოყენების შესაძლებლობას ბრიკეტების მოსამზადებლად. დიდი მნიშვნელობა აქვს აგრეთვე ბრიკეტების თერმული

დამუშავების სათანადო რეჟიმის დადგენას ყოველი კონკრეტული შემკერელი მისართისათვის. რეჟიმის დარღვევას ტემპერატურის აწევით თან სდევს შემკერელი მისართის გამოწვა და ბრიკეტების სიმტკიცის მნიშვნელოვანი შემცირება.



ნახ. 3.7. ბრიკეტების დაშლის $P_{\text{და}}$ წნევის დამოკიდებულება შემკერელი მისართის q ხარჯზე:
1-აირგენერატორული ფისი;
2-კოქსიმიზური წარმოების ფისი (CVE-3)



ნახ. 3.8. ბრიკეტის სიმტკიცის დამოკიდებულება დაბრუნის წნევაზე
აირგენერატორული ფისის ხარჯი:
1-9%; 2-7%

ექსპერიმენტებით დადგინდა, რომ ბრიკეტების საცდელი პარტიის გაზიფიკაციის რეჟიმი გამოირჩევა მაღალი სტაბილურობით და მნიშვნელოვნად აღემატება ნატეხი ანთრაციტის გაზიფიკაციის მაჩვენებლებს. ამან განაპირობა ორთქლიანი დანადგარის შიგატიკლოური გაზიფიკაციის სისტემაში ნახშირების დაბრიკეტების მეთოდის ინტეგრირების შესაძლებლობა სტანდარტული დანადგარების გამოყენებით (ნახ.3.6ბ).

მყარი სათბობის გაზიფიკაცია თბოელექტროსადგურებში

ნახშირების გაზიფიკაციის პროცესი, როგორც მყარი ენერგეტიკული სათბობის ტექნოლოგიური და ეკოლოგიური მაჩვენებლების რადიკალური გაუმჯობესების საშუალება, სულ უფრო და უფრო მეტ დაინტერესებას იწვევს ენერგეტიკოსებში.

ნახშირების გაზიფიკაცია თესებში საშუალებას იძლევა არა მარტო მკვეთრად შევამციროთ ატმოსფეროში მანვან გამონახილქეების რაოდენობა, არამედ უფრო ეფექტურად გამოვიყენოთ კომბინირებული ორთქლადირიანი ენერგოლოკები, რომლებიც თავისი მაღალი ეკონომიურობით გამოირჩევა ტრადიციულ ორთქლქალურ დანადგარებთან შედარებით [63].

გაზიფიკაცია, ანუ მყარი სათბობის ორგანული ნაწილის საწვეე აირებად გარდაქმნის ურთულესი ქიმიური პროცესი მიმდინარეობს სპეციალურ დანადგარებში – აირგენერატორებში. ამიტომ, გაზიფიკაციის შედეგად მიღებულ საწვეე აირებს გენერატორულ აირებს, ხოლო აქ მიმდინარე პროცესებს აირგენერატორულ პროცესებს უწოდებენ [64].

აირგენერატორული პროცესების სირთულე განპირობებულია მათი კომპლექსური დამოკიდებულებით როგორც საწვისი ნედლეულის მახასიათებლებზე, გაზიფიკაციის რეჟიმებსა და აირგენერატორების კონსტრუქციებზე, ისე იმ პირობების არარსებობაზე, რომლებიც აუცილებელია აირგენერატორებში მიმდინარე ქიმიური რეაქციების წონასწორული მდგომარეობის მისაღწევად, რაც, თავის მხრივ, გაზიფიკაციის შედეგად მიღებული საწვეეი აირების რაოდენობის, შედგენილობისა და სხვა მაჩვენებლების გაანგარიშებას უდევს საფუძვლედ.

ამ პროცესების სირთულეზე მეტყველებს ისიც, რომ მათი თეორიული გაანგარიშებებით მიღებული შედეგები მხოლოდ მცირე მასშტაბით ასახავს აირგენერატორებში მიმდინარე რეალურ პროცესებს და ამ შედეგების გამოყენება მხოლოდ ახლად შესასწავლი აირგენერატორული პროცესების საორიენტაციო (საალბათო) მიმართულების განსაზღვრის საშუალებას იძლევა [65].

აქედან გამომდინარე, ექვლა კონკრეტული მყარი სათბობის, როგორც გენერატორული აირების საწარმოო საწვისი ნედლეულის, შეფასების დროს აუცილებელია მათი ფიზიკურ-ქიმიური, თბოტექნიკური, რადიოლოგიური და სხვა მახასიათებლების დადგენა და მათი გაზიფიკაციის დროს მიმდინარე აირგენერატორული პროცესების დეტალური შესწავლა.

4.1. ქიმიური პროცესების თერმოდინამიკა

პროცესებს, რომელთა შედეგად წარმოქმნილი ახალი ნივთიერებები თავისი ფიზიკური და ქიმიური თვისებებით სრულიად განსხვავდება საწვისი ნივთიერებებისაგან, ქიმიური პროცესები ანუ ქიმიური რეაქციები უწოდება [66].

მყარი სათბობის გაზიფიკაციის, ისევე როგორც მისი წვის, პროცესები უშუალოდა დაკავშირებული იმ ქიმიურ რეაქციებთან, რომლებიც მიმდინარეობს სათბობის შემდგენ ელემენტებსა და დამანავებს შორის. ამავე დროს, წვა სათბობისა და დამანავის ურთიერთქმედების რთული ფიზიკურ-ქიმიური პროცესია, რომელიც მიმდინარეობს მაღალი ტემპერატურის პირობებში სითბოს ღიდი რაოდენობის გამოყოფით და სინათლის გამოსხივებით, ხოლო გაზიფიკაცია გულისხმობს ისეთ რთულ ფიზიკურ-ქიმიურ პროცესს, რომლის დროსაც სათბობის

კოქსური ნარჩენის ნახშირბადი თავისუფალი ან ბმული ეანგბადის საშუალებით საწვავ არტებად გადაიქცევა.

ამრიგად, სათბობის წვისა და გაზიფიკაციის პროცესებს შორის არსებობს გარკვეული განსხვავება, რომელსაც სათბობის წვის დროს გამოყოფილი სითბოს მიმართულება განაპირობებს. კერძოდ, თუ წვის პროცესის დროს სითბოს დანაკარგებს არ აქვს ადგილი, მაშინ სათბობის წვის სითბო ნაწილდება წვის აირადი ნაწარმის ფიზიკურ და ქიმიურ სითბოდ, ე.ი.

$$Q_{\text{სთ}} = Q_{\text{ფიზ}} + Q_{\text{ქიმი}} \quad \text{ან} \quad \frac{Q_{\text{ფიზ}}}{Q_{\text{სთ}}} + \frac{Q_{\text{ქიმი}}}{Q_{\text{სთ}}} = 1, \quad (4.1)$$

სადაც $Q_{\text{სთ}}$ არის სათბობის წვის სითბო; $Q_{\text{ფიზ}}/Q_{\text{სთ}} = \varphi$ - სითბოს გამოყოფის სისრულის ხარისხი; $Q_{\text{ქიმი}}/Q_{\text{სთ}} = \eta_{\text{აირ}}$ - აირის გაზიფიკაციის მქოვეფიციენტი.

მიღებული აღნიშვნების გათვალისწინებით ფორმულა (4.1) ასე წაიწერება:

$$\varphi + \eta_{\text{აირ}} = 1. \quad (4.2)$$

წვის პროცესის განხორციელებისას სათბობის წვის სითბო მაქსიმალურად გარდაიქმნება წვის აირადი ნაწარმის ფიზიკურ სითბოდ, ე.ი. $Q_{\text{სთ}} = Q_{\text{ფიზ}}$, ხოლო $Q_{\text{ქიმი}} = 0$, $\varphi = 1$ და $\eta_{\text{აირ}} = 0$.

სათბობის გაზიფიკაციის დროს ცდილობენ, რომ სათბობის წვის სითბო მაქსიმალურად გარდაიქმნას წვის აირადი ნაწარმის ქიმიურ სითბოდ, ე.ი. $Q_{\text{სთ}} = Q_{\text{ქიმი}}$, ხოლო $Q_{\text{ფიზ}} = 0$, $\varphi = 0$ და $\eta_{\text{აირ}} = 1$.

ყველა ქიმიური რეაქცია შეიძლება წარიმართოს ან სითბოს გამოყოფით (ეგზოთერმული რეაქციები) ან სითბოს შთანთქმით (ენდოთერმული რეაქციები). ეგზოთერმულ რეაქციებს მიეკუთვნება სათბობის წვის პროცესის ყველა რეაქცია, რომლებიც დაკავშირებულია უშუალოდ სათბობისა და ეანგბადის ურთიერთქმედებასთან. ენდოთერმული რეაქციების მაგალითს კი წარმოადგენს ის ქიმიური რეაქციები, რომლებიც მიმდინარეობს აირგენერატორის აღდგენის ზონაში. სითბური ეფექტები, რომლებიც თან ახლავს ქიმიურ რეაქციებს, თერმოქიმიის შესწავლის საგანია და თერმოქიმიური განტოლებებით გამოისახება.

4.1.1. ქიმიური რეაქციების სითბური ეფექტი

ქიმიურ რეაქციებში მონაწილე ურთიერთმოქმედი ნივთიერებებისათვის, თერმოდინამიკის პირველი კანონის თანახმად, მართებულია შემდეგი თანაფარდობა:

$$Q = \Delta U + A, \quad (4.3)$$

სადაც Q არის ქიმიური რეაქციის დროს გამოყოფილი ან შთანთქმული სითბო, ანუ რეაქციის სითბური ეფექტი; $\Delta U = U_2 - U_1$ - სისტემის შიგა ენერგიის ცვლილება; A - გაფართოების ან კუმშვის მუშაობა.

ქიმიური რეაქცია შეიძლება წარიმართოს როგორც მუდმივი მოცულობის, ისე მუდმივი წნევის დროს. ორივე შემთხვევაში ტემპერატურა რეაქციაზე და რეაქციის შემდეგ მუდმივი რჩება. შესაბამისად, განასხვავებენ იზოქორულ-იზოთერმულ და იზობარულ-იზოთერმულ ქიმიურ რეაქციებს.

მუდმივი მოცულობის დროს ქიმიური რეაქციის მიმდინარეობის შემთხვევაში $V = \text{const}$, ანუ $dV = 0$, ამიტომ გაფართოების ან კუმშვის მუშაობა მოცემულ შემთხვევაში ტოლია

$$A = \int_1^2 P \cdot dV = 0. \quad (4.4)$$

ამ უკანასკნელის გათვალისწინებით, თანაფარდობა (4.3) მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$Q = U_2 - U_1. \quad (4.5)$$

თერმოდინამიკისგან განსხვავებით, თერმოქიმიური რეაქციების დროს სისტემის მიერ გამოყოფილი სითბო ითვლება დადებითად, ხოლო სითბო, რომელიც მიეწოდება სისტემას, უარყოფითად. აღნიშნულის გათვალისწინებით, თანაფარდობა (4.5) მიიღებს სახეს

$$\overline{Q}_v = U_1 - U_2, \quad (4.6)$$

სადაც $\overline{Q}_v$ იზოქორული თერმოქიმიური რეაქციის სითბური ეფექტია, რომელიც სისტემის შიგა ენერგიის დანაკლისის ტოლია.

მუდმივი წნევის $p = \text{const}$ პირობებში გაფართოების ან კუმშვის მუშაობა განისაზღვრება გამოსახულებით

$$A = p \cdot (V_2 - V_1), \quad (4.7)$$

ხოლო (4.3)-ის შესაბამისად, რეაქციის სითბური ეფექტი შეიძლება გამოვსახოთ შემდეგი განტოლებით:

$$Q = U_1 - U_2 + p \cdot (V_2 - V_1). \quad (4.8)$$

თერმოქიმიური რეაქციების დროს სისტემის მიერ გამოყოფილი ან მისთვის მიწოდებული სითბური ენერგიის ნიშნის გათვალისწინებით განტოლება (4.8) მიიღებს სახეს

$$\overline{Q}_p = U_1 - U_2 - p \cdot (V_2 - V_1) = (U_1 + pV_1) - (U_2 + pV_2). \quad (4.9)$$

რადგან $U_1 + p \cdot V_1 = I_1$, ხოლო $U_2 + p \cdot V_2 = I_2$, ამიტომ განტოლება (4.9) ასე ჩაიწერება:

$$\overline{Q}_p = I_1 - I_2. \quad (4.10)$$

სადაც $\overline{Q}_p$ იზობარული თერმოქიმიური რეაქციის სითბური ეფექტია, რომელიც სისტემის ენთალპიის დანაკლისის ტოლია.

ქიმიური რეაქციის მიმდინარეობის დროს მორეაგირე ნივთიერებების მოლეკულების რიცხვი შეიძლება არ შეიცვალოს ($\Delta n = n_2 - n_1 = 0$), შეიძლება გაიზარდოს ($\Delta n = n_2 - n_1 > 0$) ან შეიძლება შემცირდეს ($\Delta n = n_2 - n_1 < 0$). აქ, n_1 და n_2 შესაბამისად, რეაგენტების მოლეკულების რიცხვია რეაქციამდე და რეაქციის შემდეგ; Δn —მოლეკულების რიცხვის ცვლილება [64].

თანაფარდობა $\overline{Q}_p$ და $\overline{Q}_v$ სითბურ ეფექტებს შორის სწორედ ამ მოლეკულების რიცხვის ცვლილებების მიხედვით განისაზღვრება:

$$\overline{Q}_v = \overline{Q}_p + \Delta n \cdot RT. \quad (4.11)$$

როდესაც ქიმიური რეაქცია მიმდინარეობს რეაგენტების მოლეკულის რიცხვის შეუცვლელად ($\Delta n = 0$), ანუ მუდმივი მოცულობის დროს, მაშინ იზობარული და იზოქორული რეაქციების სითბური ეფექტი რიცხობრივად ერთმანეთს უტოლდება $Q_p = Q_v$. რეაქციებში, სადაც მოლეკულის რიცხვი მცირდება ($\Delta n < 0$), $Q_p < Q_v$, ხოლო რეაქციებში, სადაც მოლეკულის რიცხვი იზრდება ($\Delta n > 0$), $Q_p > Q_v$.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ თუ ქიმიურ რეაქციებში მონაწილეობს მყარი ან თხევადი ნივთიერებები, (4.11) ფორმულაში Δn -ის განსაზღვრის დროს მხედველობაში მიიღება მხოლოდ რეაქციის აირადი კომპონენტების მოლეკულის რიცხვების ცვლილება.

ჰესის კანონის არსიდან, რომლის თანახმადაც ქიმიური რეაქციის სითბური ეფექტი დამოკიდებულია მხოლოდ ნივთიერებათა საწყის და საბოლოო მდგომარეობაზე და არ არის დამოკიდებული პროცესის შუალედურ სტადიებზე, გამოდინარეობს ორი მნიშვნელოვანი დებულება, რომლებიც საშუალებას იძლევა გაეიანგარიშოთ ქიმიური რეაქციების სითბური ეფექტი მაშინაც კი, როდესაც მათი უშუალო გაზომვა პრაქტიკულად გაძნელებულია ან საერთოდ განუხორციელებელია. ეს დებულებებია:

- ქიმიური რეაქციის სითბური ეფექტი ტოლია რეაქციის საბოლოო პროდუქტების წარმოქმნის სითბოების ჯამს გამოკლებული საწყისი ნივთიერებების წარმოქმნის სითბოების ჯამი (ნივთიერების წარმოქმნის სითბო ეწოდება სითბოს იმ რაოდენობას, რომელიც გამოიყოფა მარტო: ნივთიერებებიდან ერთი მოლი მოცემული ნივთიერების წარმოქმნის დროს. მაგალითად, „წყლის წარმოქმნის სითბო ტოლია 285,8 კჯ/მოლი“ ნიშნავს, რომ 18 გ წყლის წარმოქმნის დროს 2 გ წყალბადისა და 16 გ ჟანგბადისაგან, გამოიყოფა 285,8 კჯ სითბო)

$$Q = Q_{\text{არს.პ.}} - Q_{\text{არს.ს.}}; \quad (4.12)$$

- ქიმიური რეაქციის სითბური ეფექტი ტოლია საწყისი ნივთიერებების წვის სითბოების ჯამს გამოკლებული რეაქციის საბოლოო პროდუქტების წვის სითბოების ჯამი

$$Q = Q_{\text{წვ.საწყ.}} - Q_{\text{წვ.საბ.}}. \quad (4.13)$$

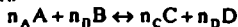
(4.11) და (4.12) ფორმულებში Q რეაქციის სითბური ეფექტია; $Q_{\text{არს.სა-რეაქციის საბოლოო პროდუქტების სითბოების ჯამი}}$; $Q_{\text{არს.საწყ-საწყისი ნივთიერებების წარმოქმნის სითბოების ჯამი}}$; $Q_{\text{წვ.საწყ-საწყისი ნივთიერებების წვის სითბოების ჯამი}}$; $Q_{\text{წვ.საბ-რეაქციის საბოლოო პროდუქტების წვის სითბოების ჯამი}}$.

ქიმიური რეაქციის სითბური ეფექტი იცვლება ტემპერატურის ცვლილებასთან ერთად. დამოკიდებულება სითბურ ეფექტსა და ტემპერატურას შორის შემდეგი განტოლებით განისაზღვრება:

$$Q = Q_0 + \alpha \cdot T + \beta \cdot T^2 + \gamma \cdot T^3. \quad (4.14)$$

სადაც Q რეაქციის სითბური ეფექტია $T(K)$ ტემპერატურის დროს; Q_0 - რეაქციის სითბური ეფექტი აბსოლუტური ნულის დროს; α, β, γ - კოეფიციენტები, რომლებიც განისაზღვრება ქიმიური რეაქციებისა და რეაგენტების ნამდვილი მოლური სითბოტევადობების განტოლებების საფუძველზე [67-68].

ქიმიური რეაქციის განტოლებისა



და ნამდვილი სითბოტევადობის ტემპერატურაზე დამოკიდებულების განტოლებისათვის

$$\mu C = a + bT + dT^2.$$

სადაც a, b და γ კოეფიციენტები შესაბამისად ტოლია:

$$a = \sum(na_i) - \sum(na_j) = n_A a_A + n_B a_B - n_C a_C - n_D a_D; \quad (4.15)$$

$$b = \sum(nb_i) - \sum(nb_j)/2 = n_A b_A + n_B b_B - n_C b_C - n_D b_D; \quad (4.16)$$

$$\gamma = \sum(nd_i) - \sum(nd_j)/3 = n_A d_A + n_B d_B - n_C d_C - n_D d_D/3, \quad (4.17)$$

სიდიდეები n_A, n_B, n_C და n_D შესაბამისად, A, B, C და D ნივთიერებების მოლეკის რიცხვია; a, b და c შესაბამისი ინდექსებით – თითოეული რეაგენტის ნამდვილი სითბოტევადობის განტოლების კოეფიციენტები.

(4.13) ფორმულით შეიძლება განისაზღვროს ქიმიური რეაქციის სითბური ეფექტი ნებისმიერი ტემპერატურის დროს, თუ ცნობილია სითბური ეფექტის მნიშვნელობა რომელიმე გარკვეული ტემპერატურის დროს და ყველა მორეაგირე ნივთიერების სითბოტევადობის დამოკიდებულება ამ ტემპერატურაზე.

ქიმიური რეაქციის სითბური ეფექტის ცვლილება ტემპერატურის ცვლილების შესაბამისად შეიძლება განისაზღვროს სითბოტევადობების ცხრილების საშუალებითაც. ამ შემთხვევაში სარგებლობენ ფორმულით

$$Q_2 - Q_1 = \sum[n_i(\mu \cdot c)_i^2] \cdot t_2 - \sum[n_j(\mu \cdot c)_j^2] \cdot t_1, \quad (4.18)$$

სადაც Q_1 რეაქციის სითბური ეფექტია $t_1(^{\circ}C)$ ტემპერატურის დროს; Q_2 – რეაქციის სითბური ეფექტი $t_2(^{\circ}C)$ ტემპერატურის დროს; $n_i(\mu \cdot c)_i^2$ – თითოეული საწყისი ნივთიერების მოლეკის რიცხვის ნამრავლის ჯამი მის საშუალო მოლურ სითბოტევადობაზე $t_1(^{\circ}C)$ -მდე ტემპერატურათა ფარგლებში; $n_j(\mu \cdot c)_j^2$ – თითოეული საბოლოო ნივთიერების მოლეკის რიცხვის ნამრავლის ჯამი მის საშუალო მოლურ სითბოტევადობაზე $t_2(^{\circ}C)$ -მდე ტემპერატურათა ფარგლებში.

4.12. ქიმიური რეაქციების სინქარე და რეაქციის წონასწორობის კონსტანტა

ნახშირების გაზიფიკაციის დროს გადამწვევტი მნიშვნელობა აქვს ქიმიური რეაქციების სინქარეებისა და რეაქციის წონასწორობის კონსტანტას ცოდნას. სწორედ წონასწორობის კონსტანტას მნიშვნელობა უდევს საფუძვლად გაზიფიკაციის შედეგად მიღებული აირების რაოდენობის, შედგენილობის და სხვა მაჩვენებლების გაანგარიშებას [69].

ურთიერთმოქმედი მასების კანონის თანახმად, მუდმივი ტემპერატურის პირობებში ქიმიური რეაქციის სინქარე პოზიტიური გარემოსათვის პირდაპირპროპორციულია ურთიერთმოქმედი ნივთიერებების კონცენტრაციის ნამრავლისა.

თუ ქიმიური რეაქციისათვის

A, B, C და D ნივთიერებების საწყისი კონცენტრაციებს შესაბამისად აღვნიშნავთ C_A, C_B, C_C და C_D -თი, მაშინ პირდაპირი რეაქციისათვის, რომელიც მარცხნიდან მარჯვნივ მიმდინარეობს, რეაქციის სიჩქარე

$$w_1 = dC_1/dt = k_1 C_A C_B, \quad (4.20)$$

ხოლო შებრუნებული რეაქციისათვის, რომელიც, პირიქით, მარჯვნიდან მარცხნივ მიმდინარეობს

$$w_2 = dC_2/dt = k_2 C_C C_D. \quad (4.21)$$

(4.20) და (4.21) ტოლობებში dC_1/dt და dC_2/dt ურთიერთმოქმედი ნივთიერებების კონცენტრაციის ცვლილებებია დროში; k_1 და k_2 - ქიმიური რეაქციის სიჩქარეთა კონსტანტები.

ნივთიერების კონცენტრაცია სხვადასხვანაირად შეიძლება გამოისახოს. უმეტეს შემთხვევაში მას საზღვრევენ მოლეკულის რიცხვით მოცულობის ერთეულში

$$C = n/V \text{ კმოლ/მ}^3, \quad (4.22)$$

სადაც n ნივთიერების კილომოლების რიცხვია; V - ნივთიერების მოცულობა, მ³. მუდმივი ტემპერატურის პირობებში ცალკეული ნივთიერების კონცენტრაცია პირდაპირპროპორციულია მათი პარციალური წნევებისა:

$$C_i = p_i/RT, \quad (4.23)$$

სადაც p_i ცალკეული ნივთიერების პარციალური წნევაა აირის ნარევეში; R - აირის მუდმივა; T - რეაქციის ტემპერატურა, K .
რეაქციისათვის



სადაც a, b, c და d მორეაგირე ნივთიერებების მოლეკულის რიცხვია. პირდაპირი და შებრუნებული ქიმიური რეაქციების სიჩქარეები გამოისახება განტოლებებით:

$$w_1 = k_1 C_A^a C_B^b, \quad (4.25)$$

$$w_2 = k_2 C_C^c C_D^d. \quad (4.26)$$

ქიმიური რეაქციის მიმდინარეობის დროს საწყისი ნივთიერებების კონცენტრაცია მცირდება, შესაბამისად, განუწყვეტლივ მცირდება პირდაპირი რეაქციის სიჩქარეც. იმაედროულად იზრდება წყის რეაქციის საბოლოო პროდუქტების კონცენტრაცია და, შესაბამისად, განუწყვეტლივ იზრდება შებრუნებული რეაქციის სიჩქარე. გარკვეულ მომენტში პირდაპირი და შებრუნებული რეაქციები ერთნაირი სიჩქარით ხორციელდება, ანუ მყარდება ქიმიური წონასწორობა.

$$k_1 C_A^* C_B^* = k_2 C_C^* C_D^* \quad (4.27)$$

სიდიდეს

$$K_c = k_2/k_1 = C_A^* C_B^* / C_C^* C_D^* \quad (4.28)$$

სადაც C_A^*, C_B^*, C_C^* და C_D^* ნივთიერებების კონცენტრაციებია წონასწორობის მომენტში, ქიმიური რეაქციის წონასწორობის კონსტანტა ეწოდება. მაშასადამე, ქიმიური რეაქციის წონასწორობის კონსტანტა საზღვრავს მორეაგირე ნივთიერებების კონცენტრაციების თანაფარდობას რეაქციის წონასწორობის მომენტში ამა თუ იმ ტემპერატურის დროს.

ქიმიური რეაქციის წონასწორობის კონსტანტა შეიძლება გამოისახოს პარციალური წნევების საშუალებითაც

$$K_p = P_A^* P_B^* / P_C^* P_D^* \quad (4.29)$$

აქ P_A, P_B, P_C და P_D მორეაგირე ნივთიერებების პარციალური წნევებია წონასწორობის მომენტში.

K_c და K_p სიდიდეები ერთმანეთს უკავშირდება დამოკიდებულებით

$$K_c = K_p (RT)^{\Delta n} \quad (4.30)$$

სადაც $\Delta n = c + d - a - b$ - მოლელების რიცხვის ცვლილებაა ქიმიურ რეაქციაში.

ქიმიური რეაქციის წონასწორობი მდგომარეობის უშუალო განსაზღვრა აირების შედგენილობის არსებული მონაცემების მიხედვით თითქმის შეუძლებელია. ამიტომ წონასწორობის კონსტანტას განსაზღვრისათვის შეიძლება გამოყენებულ იქნეს დინამიკური, სტატიკური და თერმოდინამიკური მეთოდები. დინამიკური მეთოდი არ იძლევა იმის საშუალებას, რომ დადგინდეს, მიაღწია თუ არა ქიმიურმა რეაქციამ წონასწორობულ მდგომარეობას. სტატიკური მეთოდიც მთელი რიგი ნაკლოვანებებით ხასიათდება.

წონასწორობის კანსტანტას თერმოდინამიკური მეთოდით განსაზღვრისას ითვალისწინებენ, რომ ქიმიური რეაქციის მამოძრავებელი ძალის საზომია მისი მაქსიმალური მუშაობა, რომელიც განისაზღვრება განტოლებებით

$$L = RT [\ln C_A^* C_B^* / C_C^* C_D^* - \ln K_c] \quad (4.31)$$

$$L = RT [\ln P_A^* P_B^* / P_C^* P_D^* - \ln K_p] \quad (4.32)$$

აქ P_A, P_B, P_C და P_D მორეაგირე ნივთიერებების პარციალური წნევებია. ამ განტოლებების საშუალებით შესაძლებელია განისაზღვროს ქიმიური რეაქციის მიმართულება: თუ $L > 0$, რეაქცია პირდაპირია; როდესაც $L < 0$, რეაქცია შებრუნებულია, ხოლო როდესაც $L = 0$, სისტემა ქიმიურ წონასწორობაში იმყოფება.

წონასწორობის კონსტანტას ცვლილება ტემპერატურის ცვლილების მიხედვით განისაზღვრება ფორმულით

$$\lg k_2/k_1 = (Q/4,574) \left[(T_2 - T_1)/(T_1 T_2) \right] \quad (4.33)$$

ეს ფორმულა საშუალებას გვაძლევს განვსაზღვროთ წონასწორობის კონსტანტა k , ნებისმიერი T_2 ტემპერატურის დროს, თუ ცნობილია ქიმიური რეაქციის სითბური ეფექტი და წონასწორობის კონსტანტა k_1 რომელიმე T_1 ტემპერატურის დროს.

მყარი სათბობის გაზიფიკაციის პროცესში მიმდინარე ძირითადი ქიმიური რეაქციების სითბური ეფექტისა და წონასწორობის კონსტანტას რიცხვითი მნიშვნელობები განისაზღვრება განტოლებებით, რომელებიც წარმოდგენილია, შესაბამისად, 4.1 და 4.2 ცხრილებში, ხოლო გაანგარიშების შედეგები (400-1500) $^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურათა ფარგლებში - 4.3-4.13 ცხრილებში.

ცხრილი 4.1

მყარი სათბობის გაზიფიკაციის პროცესში მიმდინარე ძირითადი ქიმიური რეაქციების სითბური ეფექტის საანგარიშო განტოლებები

№	ქიმიური რეაქცია და მისი სითბური ეფექტი 20 $^{\circ}\text{C}$ -ის დროს	სითბური ეფექტის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე $Q = Q_0 + \alpha \cdot T + \beta \cdot T^2 + \gamma \cdot T^3$, კჯ
1	2	3
1	$\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 409,8 \text{ კჯ}$	$(97853 - 0,469T + 0,000879T^2 + 0,62 \cdot 10^{-6}T^3) \times 4,1868 \cdot 10^{-3}$
2	$2\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO} + 248,9 \text{ კჯ}$	$(60320 - 4,298T + 0,003594T^2 + 1,25 \cdot 10^{-6}T^3) \times 4,1868 \cdot 10^{-3}$
3	$\text{C} + \text{CO}_2 \leftrightarrow 2\text{CO} - 160,9 \text{ კჯ}$	$(-37533 - 3,829T + 0,002715T^2 + 0,63 \cdot 10^{-6}T^3) \times 4,1868 \cdot 10^{-3}$
4	$\text{C} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CO} + \text{H}_2 - 117,9 \text{ კჯ}$	$(-26853 - 5,269T + 0,002719T^2 + 0,546 \cdot 10^{-6}T^3) \times 4,1868 \cdot 10^{-3}$
5	$\text{C} + 2\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2 - 75,0 \text{ კჯ}$	$(-16172 - 6,709T + 0,002723T^2 + 0,462 \cdot 10^{-6}T^3) \times 4,1868 \cdot 10^{-3}$
6	$\text{C} + 2\text{H}_2 \leftrightarrow \text{CH}_4 + 77,9 \text{ კჯ}$	$(15713 + 11,351T - 0,00673T^2 + 2,182 \cdot 10^{-6}T^3) \times 4,1868 \cdot 10^{-3}$
7	$\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2 + \text{CO}_2 + 42,9 \text{ კჯ}$	$(10681 - 1,44T - 0,000004T^2 + 0,084 \cdot 10^{-6}T^3) \times 4,1868 \cdot 10^{-3}$
8	$2\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + 570,7 \text{ კჯ}$	$(135386 + 3,36T - 0,001836T^2 - 0,01 \cdot 10^{-6}T^3) \times 4,1868 \cdot 10^{-3}$
9	$\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2 - 195,9 \text{ კჯ}$	$(-42566 + 6,27T + 0,009457T^2 - 1,636 \cdot 10^{-6}T^3) \times 4,1868 \cdot 10^{-3}$
10	$\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 4\text{H}_2 - 152,9 \text{ კჯ}$	$(-31885 - 18,060T + 0,0094553T^2 - 1,72 \cdot 10^{-6}T^3) \times 4,1868 \cdot 10^{-3}$
11	$\text{CH}_4 + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{CO} + 2\text{H}_2 - 238,8 \text{ კჯ}$	$(-53246 - 15,18T + 0,008445T^2 - 1,552 \cdot 10^{-6}T^3) \times 4,1818 \cdot 10^{-3}$

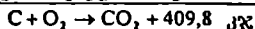
მყარი სათბობის გაზიფიკაციის პროცესში მიმდინარე ძირითადი ქიმიური რეაქციების წონასწორობის კონსტანტას საანგარიშო განტოლებები

№	ქიმიური რეაქცია და მისი სითბური ეფექტი 20° C -ის დროს	წონასწორობის კონსტანტა	წონასწორობის კონსტანტას დამოკიდებულება ტემპერატურაზე $\lg K_p = \Delta T / T + \mu \lg T + \phi T + \pi T^2$
1	2 $C + O_2 \rightarrow CO_2 + 409,8, \text{კჯ}$	3 $K_p = \frac{P_{O_2}}{P_{CO_2}}$	4 $\lg K_p = \frac{20582,8}{T} - 0,302 \lg T + 0,000143T - 0,01961 \cdot 10^{-4} T^2 + 0,62$
2	$2C + O_2 \rightarrow 2CO + 248,9, \text{კჯ}$	$K_p = \frac{P_{O_2}}{P_{CO}^2}$	$\lg K_p = \frac{11635,1}{T} + 2,1656 \lg T - 0,0009394T - 0,1064 \cdot 10^{-4} T^2 - 3,394$
3	$C + CO_2 \leftrightarrow 2CO - 160,9, \text{კჯ}$	$K_p = \frac{P_{CO}^2}{P_{CO_2}}$	$\begin{cases} \lg K_p = -\frac{8947,7}{T} + 2,4673 \lg T - \\ -0,0010824T + 0,116 \cdot 10^{-4} T^2 + 2,77 ; \\ \lg K_p = \frac{8200}{T} + 1,75 \lg T - 0,006T + 3,8 \end{cases}$
4	$C + H_2O \leftrightarrow CO + H_2 - 117,9, \text{კჯ}$	$K_p = \frac{P_{CO} P_{H_2}}{P_{H_2O}}$	$\lg K_p = -\frac{6740,5}{T} + 1,556 \lg T - 1,092 \cdot 10^{-4} T - 0,028 \cdot 10^{-6} T^2 - 2,55$
5	$C + 2H_2O \leftrightarrow CO_2 + 2H_2 - 75,0, \text{კჯ}$	$K_p = \frac{P_{CO_2} P_{H_2}^2}{P_{H_2O}^2}$	$\lg K_p = -\frac{4533,3}{T} + 0,6446 \lg T + 0,000864T - 0,1814 \cdot 10^{-6} T^2 + 2,336$
6	$C + 2H_2 \leftrightarrow CH_4 + 77,9, \text{კჯ}$	$K_p = \frac{P_{H_2}^2}{P_{CH_4}}$	$\lg K_p = -\frac{3140}{T} + 5,58 \lg T - 0,00177T - 13,1 \cdot 10^{-6} T^2 - 11,3$
7	$CO + H_2O \leftrightarrow H_2 + CO_2 + 42,9, \text{კჯ}$	$K_p = \frac{P_{CO} P_{H_2O}}{P_{H_2} P_{CO_2}}$	$\begin{cases} \lg K_p = -\frac{2203,24}{T} + 5,1588 \cdot 10^{-3} \lg T - \\ -2,5426 \cdot 10^{-7} T^2 + 7,461 \cdot 10^{-11} T^3 + 2,3 \\ \lg K_p = -\frac{2050}{T} + 1,5904 \lg T - \\ -1,817 \cdot 10^{-3} T + 5,65 \cdot 10^{-7} T^3 - \\ -8,24 \cdot 10^{-11} T^5 - 1,531 \end{cases}$
8	$2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2 + 570,7, \text{კჯ}$	$K_p = \frac{P_{CO}^2 P_{O_2}}{P_{CO_2}^2}$	$\lg K_p = -\frac{29530,5}{T} + 2,769 \lg T - 0,001226T + 0,135 \cdot 10^{-6} T^2 + 2,150$
9	$CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2 - 195,9, \text{კჯ}$	$K_p = \frac{P_{CO} P_{H_2}^3}{P_{CH_4} P_{H_2O}}$	$\lg K_p = -\frac{9874}{T} + 7,14 \lg T - 0,00188T + 0,094 \cdot 10^{-6} T^2 - 8,64$

1	2	3	4
10	$\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 4\text{H}_2 - 152,9, \text{კჯ}$	$K_p = \frac{P_{\text{CO}_2} P_{\text{H}_2}^4}{P_{\text{CH}_4} P_{\text{H}_2\text{O}}^2}$	$\lg K_p = -\frac{7674}{T} + 6,23 \lg T - 0,000906T - 0,0596 \cdot 10^{-4} T^2 - 8,79$
11	$\text{CH}_4 + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{CO} + 2\text{H}_2 - 238,8, \text{კჯ}$	$K_p = \frac{P_{\text{CO}}^2 P_{\text{H}_2}^2}{P_{\text{CH}_4} P_{\text{CO}_2}}$	$\lg K_p = -\frac{11087}{T} + 3,1127 \lg T - 0,0028524T + 13,216 \cdot 10^{-4} T^2 - 8,528$

ცხრილი 4.3

სითბური ეფექტისა და წონასწორობის კონსტანტას მნიშვნელობები
ქიმიური რეაქციისათვის $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$



№	ტემპერატურა		სითბური ეფექტი	$K_p = \frac{P_{\text{O}_2}}{P_{\text{CO}_2}}$	
	$t, ^\circ\text{C}$	T, K	$Q, \text{კჯ}$	$\lg K_p$	K_p
1	400	673	411,1	30,4	$2,00 \times 10^{30}$
2	500	773	411,9	26,5	$2,98 \times 10^{26}$
3	600	873	412,8	23,4	$2,62 \times 10^{23}$
4	700	973	413,9	21,0	$9,82 \times 10^{20}$
5	800	1073	415,3	19,0	$1,04 \times 10^{19}$
6	900	1173	417,0	17,4	$2,40 \times 10^{17}$
7	1000	1273	418,8	16,0	$1,00 \times 10^{16}$
8	1100	1373	421,0	14,8	$6,65 \times 10^{14}$
9	1200	1473	423,4	13,8	$6,38 \times 10^{13}$
10	1300	1573	426,1	12,9	$8,24 \times 10^{12}$
11	1400	1673	429,2	12,1	$1,36 \times 10^{12}$
12	1500	1773	432,6	11,4	$2,75 \times 10^{11}$

ცხრილი 4.4

სითბური ეფექტისა და წონასწორობის კონსტანტას მნიშვნელობები
ქიმიური რეაქციისათვის $2\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}$



№	ტემპერატურა		სითბური ეფექტი	$K_p = \frac{P_{\text{O}_2}}{P_{\text{CO}}^2}$	
	$t, ^\circ\text{C}$	T, K	$Q, \text{კჯ}$	$\lg K_p$	K_p
1	2	3	4	5	6
1	400	673	249,0	20,6	$4,00 \times 10^{20}$
2	500	773	250,2	18,6	$3,75 \times 10^{18}$
3	600	873	252,0	17,0	$1,10 \times 10^{17}$
4	700	973	254,3	15,8	$7,03 \times 10^{15}$
5	800	1073	257,2	14,9	$7,89 \times 10^{14}$
6	900	1173	260,8	14,1	$1,34 \times 10^{14}$
7	1000	1273	265,0	13,5	$3,10 \times 10^{13}$
8	1100	1373	270,0	13,0	$9,19 \times 10^{12}$
9	1200	1473	275,6	12,5	$3,29 \times 10^{12}$
10	1300	1573	282,1	12,1	$1,38 \times 10^{12}$
11	1400	1673	289,3	11,8	$6,52 \times 10^{11}$
12	1500	1773	297,3	11,5	$3,42 \times 10^{11}$

ცხრილი 4.5

სითბური ეფექტისა და წონასწორობის კონსტანტას მნიშვნელობები
ქიმიური რეაქციისათვის $C + CO_2 \leftrightarrow 2CO$

$C + CO_2 \leftrightarrow 2CO - 160,9 \text{ კჯ}$					
№	ტემპერატურა		სითბური ეფექტი	$K_p = \frac{P_{CO}^2}{P_{CO_2}}$	
	$t, ^\circ C$	T, K		$\lg K_p$	K_p
1	400	673	-162,1	-4,2	$5,98 \times 10^{-06}$
2	500	773	-161,6	-2,4	$3,58 \times 10^{-05}$
3	600	873	-160,8	-1,1	$8,33 \times 10^{-05}$
4	700	973	-159,7	0,0	$1,01 \times 10^{-04}$
5	800	1073	-158,1	0,9	$7,60 \times 10^{-05}$
6	900	1173	-156,2	1,6	$4,03 \times 10^{-05}$
7	1000	1273	-153,8	2,2	$1,63 \times 10^{-05}$
8	1100	1373	-151,0	2,7	$5,34 \times 10^{-06}$
9	1200	1473	-147,8	3,2	$1,48 \times 10^{-06}$
10	1300	1573	-144,1	3,6	$3,58 \times 10^{-07}$
11	1400	1673	-139,9	3,9	$7,74 \times 10^{-08}$
12	1500	1773	-135,2	4,2	$1,53 \times 10^{-08}$

ცხრილი 4.6

სითბური ეფექტისა და წონასწორობის კონსტანტას მნიშვნელობები
ქიმიური რეაქციისათვის $C + H_2O \leftrightarrow CO + H_2$

$C + H_2O \leftrightarrow CO + H_2 - 117,9 \text{ კჯ}$					
№	ტემპერატურა		სითბური ეფექტი	$K_p = \frac{P_{CO} P_{H_2}}{P_{H_2O}}$	
	$t, ^\circ C$	T, K		$\lg K_p$	K_p
1	400	673	-121,5	-8,3	$5,61 \times 10^{-09}$
2	500	773	-121,7	-6,9	$1,33 \times 10^{-07}$
3	600	873	-121,6	-5,8	$1,54 \times 10^{-06}$
4	700	973	-121,1	-5,0	$1,10 \times 10^{-05}$
5	800	1073	-120,3	-4,3	$5,43 \times 10^{-05}$
6	900	1173	-119,0	-3,7	$2,06 \times 10^{-04}$
7	1000	1273	-117,4	-3,2	$6,34 \times 10^{-04}$
8	1100	1373	-115,4	-2,8	$1,66 \times 10^{-03}$
9	1200	1473	-113,0	-2,4	$3,82 \times 10^{-03}$
10	1300	1573	-110,1	-2,1	$7,91 \times 10^{-03}$
11	1400	1673	-106,8	-1,8	$1,50 \times 10^{-02}$
12	1500	1773	-103,1	-1,6	$2,64 \times 10^{-02}$

ცხრილი 4.7

სითბური ეფექტისა და წონასწორობის კონსტანტას მნიშვნელობები
ქიმიური რეაქციისათვის $C + 2H_2O \leftrightarrow CO_2 + 2H_2$

$C + 2H_2O \leftrightarrow CO_2 + 2H_2 - 75,0 \text{ კჯ}$					
№	ტემპერატურა		სითბური ეფექტი	$K_p = \frac{P_{CO_2} P_{H_2}^2}{P_{H_2O}^2}$	
	$t, ^\circ C$	T, K		$\lg K_p$	K_p
	2	3	4	5	6
1	400	673	-80,9	-2,1	0,01
2	500	773	-81,8	-1,1	0,08

1	2	3	4	5	6
3	600	873	-82.3	-0.3	0.45
4	700	973	-82.5	0.3	1.87
5	800	1073	-82.4	0.8	6.07
6	900	1173	-81.9	1.2	16.35
7	1000	1273	-81.1	1.6	38.21
8	1100	1373	-79.8	1.9	79.64
9	1200	1473	-78.2	2.2	151.26
10	1300	1573	-76.2	2.4	266.01
11	1400	1673	-73.8	2.6	438.46
12	1500	1773	-70.9	2.8	683.76

ცხრილი 4.8

სითბური ეფექტისა და წონასწორობის კონსტანტას მნიშვნელობები
ქიმიური რეაქციისათვის $C + 2H_2 \leftrightarrow CH_4$

$C + 2H_2 \leftrightarrow CH_4 + 77.9$ კჯ

№	ტემპერატურა		სითბური ეფექტი	$K_p = \frac{P_{H_2}^2}{P_{CH_4}}$	
	$t, ^\circ C$	T, K	$Q, \text{კჯ}$	$\lg K_p$	K_p
1	400	673	87.9	-7.3	4.90×10^{-8}
2	500	773	90.0	-8.4	3.61×10^{-9}
3	600	873	91.9	-10.0	9.66×10^{-11}
4	700	973	93.8	-12.0	1.05×10^{-12}
5	800	1073	95.7	-14.3	5.04×10^{-15}
6	900	1173	97.6	-17.0	1.12×10^{-17}
7	1000	1273	99.5	-19.9	1.19×10^{-20}
8	1100	1373	101.6	-23.2	6.25×10^{-24}
9	1200	1473	103.9	-26.8	1.65×10^{-27}
10	1300	1573	106.5	-30.7	2.21×10^{-31}
11	1400	1673	109.3	-34.8	1.52×10^{-36}
12	1500	1773	112.5	-39.3	5.47×10^{-40}

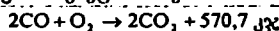
ცხრილი 4.9

სითბური ეფექტისა და წონასწორობის კონსტანტას მნიშვნელობები
ქიმიური რეაქციისათვის $CO + H_2O \leftrightarrow H_2 + CO_2$

$CO + H_2O \leftrightarrow H_2 + CO_2 + 42.9$ კჯ

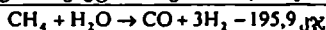
№	ტემპერატურა		სითბური ეფექტი	$K_p = \frac{P_{CO} P_{H_2O}}{P_{H_2} P_{CO_2}}$	
	$t, ^\circ C$	T, K	$Q, \text{კჯ}$	$\lg K_p$	K_p
1	400	673	40.8	-1.1	0.09
2	500	773	40.2	-0.7	0.21
3	600	873	39.7	-0.4	0.43
4	700	973	39.2	-0.1	0.73
5	800	1073	38.7	0.0	1.11
6	900	1173	38.2	0.2	1.56
7	1000	1273	37.8	0.5	2.05
8	1100	1373	37.3	0.4	0.4
9	1200	1473	37.0	0.5	0.5
10	1300	1573	36.6	0.6	0.6
11	1400	1673	36.3	0.6	0.6
12	1500	1773	36.0	0.7	0.7

სითბური ეფექტისა და წონასწორობის კონსტანტას მნიშვნელობები

ქიმიური რეაქციისათვის $2\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2$ 

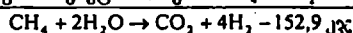
№	ტემპერატურა		სითბური ეფექტი	$K_p = \frac{P_{\text{CO}_2}^2 P_{\text{O}_2}}{P_{\text{CO}}^2}$	
	$t, ^\circ\text{C}$	T, K	$Q, \text{კჯ}$	$\lg K_p$	K_p
1	400	673	573.3	-34.7	2.18×10^{-25}
2	500	773	573.6	-28.9	1.20×10^{-20}
3	600	873	573.7	-24.5	3.16×10^{-15}
4	700	973	573.7	-21.0	1.02×10^{-11}
5	800	1073	573.5	-18.1	7.25×10^{-9}
6	900	1173	573.2	-15.8	1.66×10^{-6}
7	1000	1273	572.7	-13.8	1.61×10^{-4}
8	1100	1373	572.1	-12.1	7.97×10^{-3}
9	1200	1473	571.3	-10.6	2.30×10^{-1}
10	1300	1573	570.4	-9.4	4.30×10^1
11	1400	1673	569.3	-8.2	5.64×10^2
12	1500	1773	568.0	-7.3	5.50×10^3

სითბური ეფექტისა და წონასწორობის კონსტანტას მნიშვნელობები

ქიმიური რეაქციისათვის $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$ 

№	ტემპერატურა		სითბური ეფექტი	$K_p = \frac{P_{\text{CO}} P_{\text{H}_2}^3}{P_{\text{CH}_4} P_{\text{H}_2\text{O}}}$	
	$t, ^\circ\text{C}$	T, K	$Q, \text{კჯ}$	$\lg K_p$	K_p
1	400	673	215.0	-4.3	4.55×10^{-3}
2	500	773	223.5	-2.2	6.47×10^{-2}
3	600	873	232.7	-0.5	3.01×10^{-1}
4	700	973	242.8	0.8	6.41×10^0
5	800	1073	253.7	1.9	7.71×10^1
6	900	1173	265.4	2.8	6.04×10^2
7	1000	1273	277.8	3.5	3.40×10^3
8	1100	1373	291.1	4.2	1.47×10^4
9	1200	1473	305.1	4.7	5.16×10^4
10	1300	1573	320.0	5.2	1.52×10^5
11	1400	1673	335.6	5.6	3.91×10^5
12	1500	1773	352.0	5.9	8.89×10^5

სითბური ეფექტისა და წონასწორობის კონსტანტას მნიშვნელობები

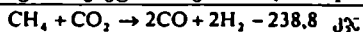
ქიმიური რეაქციისათვის $\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 4\text{H}_2$ 

№	ტემპერატურა		სითბური ეფექტი	$K_p = \frac{P_{\text{CO}_2} P_{\text{H}_2}^4}{P_{\text{CH}_4} P_{\text{H}_2\text{O}}^2}$	
	$t, ^\circ\text{C}$	T, K	$Q, \text{კჯ}$	$\lg K_p$	K_p
1	2	3	4	5	6
1	400	673	-168.8	-3.2	6.15×10^{-4}

1	2	3	4	5	6
2	500	773	-171.7	-1.5	3.47×10^{-10}
3	600	873	-174.3	-0.1	8.05×10^{-01}
4	700	973	-176.4	1.0	1.00×10^{-01}
5	800	1073	-178.1	1.9	7.91×10^{-01}
6	900	1173	-179.5	2.6	4.41×10^{-02}
7	1000	1273	-180.6	3.3	1.88×10^{-03}
8	1100	1373	-181.5	3.8	6.49×10^{-03}
9	1200	1473	-182.1	4.3	1.88×10^{-04}
10	1300	1573	-182.7	4.7	4.73×10^{-04}
11	1400	1673	-183.1	5.0	1.05×10^{-05}
12	1500	1773	-183.4	5.3	2.13×10^{-05}

ცხრილი 4.13

სითბური ეფექტისა და წონასწორობის კონსტანტას მნიშვნელობები
ქიმიური რეაქციისათვის $\text{CH}_4 + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{CO} + 2\text{H}_2$



№	ტემპერატურა		სითბური ეფექტი	$K_p = \frac{P_{\text{CO}}^2 P_{\text{H}_2}^2}{P_{\text{CH}_4} P_{\text{CO}_2}}$	
	$t, ^\circ\text{C}$	T, K	$Q, \text{კჯ}$	$\lg K_p$	K_p
1	400	673	-251.9	-12.1	7.36×10^{-13}
2	500	773	-254.1	-8.2	6.48×10^{-09}
3	600	873	-256.0	-4.5	3.23×10^{-05}
4	700	973	-257.5	-0.9	1.30×10^{-01}
5	800	1073	-258.6	2.7	5.35×10^{-04}
6	900	1173	-259.5	6.4	2.58×10^{-06}
7	1000	1273	-260.1	10.2	1.63×10^{-10}
8	1100	1373	-260.6	14.2	1.45×10^{-14}
9	1200	1473	-260.8	18.3	1.91×10^{-18}
10	1300	1573	-260.9	22.6	3.87×10^{-22}
11	1400	1673	-260.9	27.1	1.25×10^{-27}
12	1500	1773	-260.9	31.8	6.59×10^{-31}

4.2. აირგენერატორში მიმდინარე მყარი სათბობის გაზიფიკაციის პროცესის სქემები

გენერატორული აირები მიეკუთვნება მყარი სათბობის უნარჩინო გაზიფიკაციით მიღებულ ხელოვნურ აირებს. იგი მიიღება აირგენერატორში, რომელიც წარმოადგენს აპარატს, სადაც მიმდინარეობს სათბობის თერმული გადამუშავება აირად სათბობად პაერის, თაეისუფალი ან ბმული ჟანგბადის (წყლის ორთქლის სახით) თანაარსებობის დროს. ნებისმიერი საცეცხლისაგან განსხვავებით, მყარი სათბობის წვა აირგენერატორში მიმდინარეობს სათბობის დიდ შრეში, თანაც წვისათვის საჭირო პაერის რაოდენობის ნაკლებობის პირობებში (დაახლოებით 33% წვისათვის საჭირო პაერის თეორიული რაოდენობიდან). აირგენერატორში წარმოქმნილი აირები შეიცავს როგორც სათბობის სრული წვის და მათი აღდგენის პროდუქტებს, ასევე არასრული წვისა და პიროგენული დაშლის პროდუქტებს, როგორცაა მხუთავი აირი - CO , წყალბადი - H_2 , მეთანი - CH_4 და ნახშირბადი - C . გენერატორულ აირებში ასევე გადადის პაერის ჟანგბადი.

აირგენერატორის პიროგენული დაშლის 'ზონაში' ნახშირების ნახევრად კოქსის შედეგად მიღებული აირები ხასიათდება მაღალი დაწვის სითბოთი

(ცხრილი 4.14). გაზიფიკაციის ზოგიერთ ტექნოლოგიურ სქემაში ფისები განიცდის დაშლას, რომლის შედეგად მათ შედგენილობაში შემავალი ორგანული ნივთიერებების ნაწილი გადადის გენერატორულ აირში. აღნიშნულის შედეგად აქროლადების გაელენა გენერატორული აირის ფორმირებასა და შედგენილობაზე გარკვეულ წილად იზრდება.

(ცხრილი 4.14

ზოგიერთი მყარი სათბობის ნახევრად კოქსის შედეგად მიღებული აირების შედგენილობა და წვის სითბო [66]

№	სათბობის საბადო	აირების შედგენილობა, %						წვის სითბო, კჯ/კგ (კალკუ)	
		CO ₁ + H ₂ S	C _m H _n	CO	H ₂	CH ₄	N ₂	უმაღლესი	უდაბლესი
1	ტყიბულის ნახშირი	14,9	6,7	7,3	6,7	59,1	5,3	29517 (7050)	26272 (6275)
2	ჟურისკის ნახშირი	13,6	5,1	11,2	10,0	46,5	13,6	24911 (5950)	22106 (5280)
3	მოსკოვის აუზის ნახშირი	50,0	3,5	7,8	9,0	28,0	1,7	15554 (3715)	14047 (3355)

იმისდა მიხედვით, თუ რა სახით ხდება ჟანგბადის შებერვა აირგენერატორში, მიიღება სხვადასხვა შედგენილობის გენერატორული აირები, კერძოდ:

- მხოლოდ პაერის შებერვისას მიიღება *სასაერო აირი*, რომლის წვის სითბო იცვლება 3800-დან 4500 კჯ/მ³-მდე;
- ჟანგბადით გაზდიდრებული პაერის შებერვისას იღებენ *ორთქლჯანგბადიან აირს* (იგი შეიცავს შედარებით მცირე რაოდენობით აზოტს, ვიდრე სასაერო აირი), რომლის წვის სითბო შეიძლება გაიზარდოს 5000–8800 კჯ/მ³-მდე;
- აირგენერატორის მუშაობისას პაერზე წყლის ორთქლის მცირე რაოდენობის შებერვით მიიღება *შერეული აირი*, რომლის წვის სითბო შეადგენს 5000–6700 კჯ/მ³;
- აირგენერატორის სათბობის გაავარვარებულ ფენაში წყლის ორთქლის მიწოდებისას მიიღება *წყლადიანი აირი*, რომლის წვის სითბო იცვლება 10000-დან 13400 კჯ/მ³-მდე.

გაზიფიკაციისათვის გამოყენებული მყარი სათბობის სახეობის მიხედვით არსებობს აირგენერატორები, რომლებიც მუშაობს:

- მგლე ნახშირებზე (T), რომლებიც ხასიათდება აქროლადების მცირე რაოდენობის გამოყოფით (თვით კოქსი, ანთრაციტი, მგლე ნახშირები);
- ბიტომინოზურ სათბობებზე, რომლებიც ხასიათდება აქროლადების დიდი რაოდენობის გამოყოფით (აირადი და მურა ნახშირები);
- მერქანზე, ტორფზე, მინერალური სათბობის ნარჩენებზე და ა. შ.

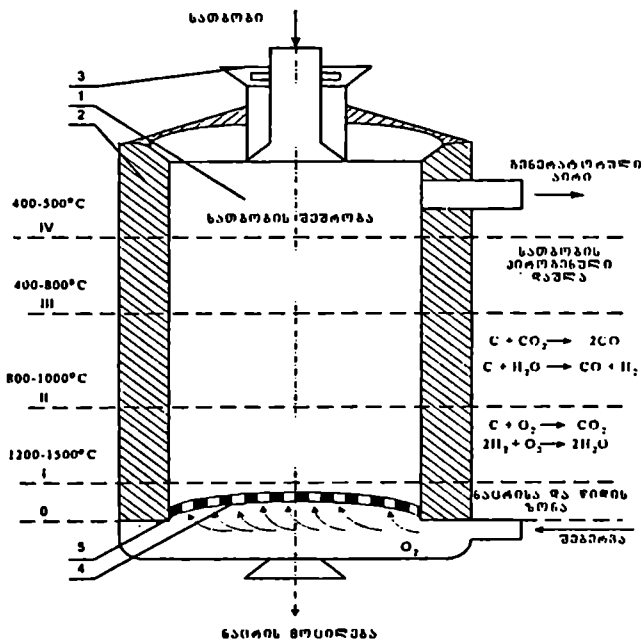
ერთმანეთისგან განასხვავებენ აირგენერატორებს წილის თხევად და მყარ მდგომარეობაში ართმევით. ბიტომინოზური სათბობის გაზიფიკაცია ჩვეულებრივად მიმდინარეობს წყლადი მბრუნავი ქვედის მქონე აირგენერატორებში, ხოლო მერქნისა და ტორფის – დიდი მოცულობის მქონე აირგენერატორებში, რადგანაც ასეთი სახის გადასამუშავებელ სათბობს მცირე სიმკერძე ახასიათებს. წვრილნაჭროვანი მყარი სათბობები კი გადაამუშავდება მაღალი წნევის აირგენერატორებში შეწონილ ან მღვლარე შრეში.

დანაშნულების მიხედვით აირგენერატორებს ყოფენ სტაციონარულ და სატრანსპორტოებად, სათბობის მიყვანისა და გენერატორული აირის არინების

ადგილის მიხედვით – აირგენერატორებად გაზიფიკაციის პროცესის პირდაპირი, შებრუნებული და პორიზონტალური სქემით. განეხილოთ ისინი ცალ-ცალკე.

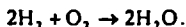
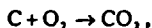
4.21. გაზიფიკაციის პროცესის პირდაპირი სქემა

სტაციონარული დიდი აირგენერატორების უმეტესობა მუშაობს პირდაპირი სქემით (ნახ.4.1). ასეთი აირგენერატორები წარმოადგენს ევროკავალურ შახტს 1, რკინის შიგა ზედაპირ ამოცხდულია ცეცხლამძლე აპურით 2. სათბობის მიწოდება შახტში ხდება ზევიდან ჩამყრელით 3, ხოლო შებერეა - ქვეყიდან ცხურას ღეროების 4 გავლით. თვით სათბობის შრე ევრდნობა ცეცხლოიკებიან ცხურას 5 [70-74].



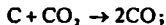
**ნახ.4.1. გაზიფიკაციის პროცესის პირდაპირი სქემა
(პირდაპირი გაზიფიკაცია)**

პირდაპირი სქემით გაზიფიკაციის დროს ქვევიდან შებერილი პაერი პირველად გაივლის ნაცრისა და წიდის ზონას (0), სადაც ხდება მისი მცირედ შეთბობა, ხოლო შემდეგ გადადის გააერვარებული სათბობის ზონაში I, რომელსაც დაჟანგვის, ანუ წვის ზონა ეწოდება. აქ შებერილი ჟანგბადი შედის რეაქციაში სათბობის საწვავ ელემენტებთან, რის შედეგადაც მიიღება წვის სრული პროდუქტები CO_2 და H_2O :



წვის ორივე რეაქტივის დროს ადგილი აქვს მოლეკულის რიცხვის შემცირებას ($\Delta n = -1$), ანუ $\bar{Q}_p > \bar{Q}_r$.

სრული წვის პროდუქტები CO_2 და H_2O , გადადის რა აირგენერატორის ზედა ნაწილში, ე.წ. გაზიფიკაციის (აღდგენის) 'ზონა'ში II, შედის რეაქციაში გაფარავრებული სათბობის სათანადო საწვავ ელემენტებთან, რის შედეგადაც წარმოიქმნება CO და H_2 :



ამ რეაქციის დროს მოლეულის რიცხვის ნამატი $\Delta n = 2 - 2 = 0$, ამიტომ $Q_p = Q_v$.

ამის შემდეგ მაღალი ტემპერატურის მქონე ($800...1000^\circ\text{C}$) არასრული წვის პროდუქტები გადადის აირგენერატორის ზედა ნაწილში, ე.წ. სათბობის პირობებში დაშლის III 'ზონა'ში, სადაც ხდება აღდგენის ზონიდან მიღებული პროდუქტების (CO და H_2) გამდიდრება სათბობის დაშლის შედეგად მიღებული სსუადასხვა აირებით, ფისებით და წყლის ორთქლით. ამის შემდეგ სათბობის 'შეშრობის' IV 'ზონის' გავლით გენერატორული აირები ტოვებს აირგენერატორს.

პირდაპირი სქემით გაზიფიკაციის დროს აირგენერატორში სათბობის ზევიდან ქვევით მოძრაობისას პირველად ხდება მისი 'შეშრობა' სითბოს იმ რაოდენობის ხარჯზე, რომელიც გადაეცემა სათბობს აირგენერატორის ქვედა ნაწილიდან ამოშავალი წყლის ორთქლიდან და აირებიდან. სათბობის ქვევით დაშვებისას პირველად წარმოიქმნება ნახევრად კოქსი, ხოლო შემდეგ – კოქსი, რომლის წყაც მიმდინარეობს I 'ზონა'ში. წვის შედეგად მიღებული ნარჩენები წოდისა და ნაცრის სახით გამოიტანება აირგენერატორის ქვედა ნაწილიდან.

პრაქტიკულად პირდაპირი სქემით გაზიფიკაციის პროცესი ყოველთვის ვერ ხორციელდება სუფთა სახით, მაგალითად, იმ შემთხვევაში, როდესაც სათბობის მოშალეების პერიოდში, 'შეშრობისა' და პირობებში დაშლის 'ზონა'ში აღმოჩნდება არასაკმარისი, მაშინ აქროლადების გამოყოფა გრძელდება აღდგენისა და დაუნაგვის 'ზონა'ში, ე.ი. ადგილი აქვს ზონების წანაცვლებას. იმისათვის, რომ სრულად გადავიდეს სათბობიდან გამოყოფილი აქროლადები გენერატორულ აირში საჭიროა ე.წ. მოშალეების, ანუ სათბობის 'შეშრობისა' და პირობებში დაშლის 'ზონების' ერთობლიობის დროში გაჯიმვა. ამ მიზნით აირგენერატორებს, რომლებიც მუშაობს აქროლადების დიდი რაოდენობით გამოყოფის უნარის მქონე სათბობზე (მაგალითად, მურა ნახშირებზე), უკეთდება სპეციალური მაღალი შახტები (III და IV 'ზონებისათვის').

ამრიგად, პირდაპირი სქემით გაზიფიკაციის დამახასიათებელი ძირითადი თავისებურებები ის არის, რომ აირგენერატორში ადგილი აქვს:

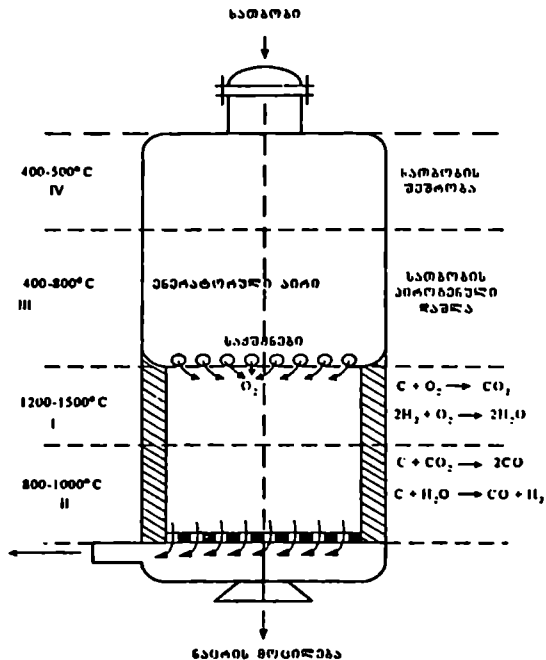
- სათბობისა და დამანაგვის ურთიერთშემხვედრ მოძრაობას;
- სათბობის 'შეუზღუდავი' აალების უზრუნველყოფას;
- გაზიფიკაციის პროცესში წარმოქმნილ აქროლად ნივთიერებათა 'შენარჩუნებას'.

4.2.2. გაზიფიკაციის პროცესის შებრუნებული სქემა

აირგენერატორებში გაზიფიკაციის პროცესის შებრუნებული სქემით მუშაობისას (ნახ.4.2) წვისათვის საჭირო ჟანგბადი და გენერატორული აირი მოძრაობს ზევიდან ქვევით, ე.ი. აირგენერატორში სათბობის მოძრაობის თანხვედრილად. გაზიფიკაციის პროცესის შებრუნებული სქემით ორგანიზების მიზნით აირგენერატორზე (დაახლოებით შუაში) განთავსებულია საქშენები, რომელთა საშუალებითაც ხდება წვისათვის საჭირო ჟანგბადის მიწოდება (პაერის, თავისუფალი ან ბმული ჟანგბადის სახით).

აღნიშნულ შემთხვევაში, რადგანაც წარმოქმნილი გენერატორული აირების გამოყვანა ხორციელდება აირგენერატორის ქვედა ნაწილიდან, სათბობის წვის

ზონა I (ანუ დაჟანგვის ზონა) მდებარეობს უშუალოდ საქშენების ქვევით. ამ ზონის ქვევით იმყოფება ალდგენის ზონა II. წვის ზონის ზემოთ კი იმყოფება სათბობის პიროგენული დაშლის III და შეშრობის IV ზონები. სათბობის პიროგენული დაშლა მიმდინარეობს I ზონაში გაფარეარებული კოქსის წვის სითბოს ხარჯზე. სათბობის შეშრობა IV ზონაში მიმდინარეობს იმ სითბოს ხარჯზე, რომელიც გადაეცემა მას III ზონიდან.



ნახ.4.2 გაზიფიკაციის პროცესის შებრუნებული სქემა (შებრუნებული გაზიფიკაცია)

გაზიფიკაციის პროცესის შებრუნებულ სქემას უმეტესწილად იყენებენ ძალურ და სატრანსპორტო აირგენერატორებში. ამ სქემით გაზიფიკაციის დამახასიათებელი ძირითადი თავისებურებები ის არის, რომ აირგენერატორში აღგილი აქვს:

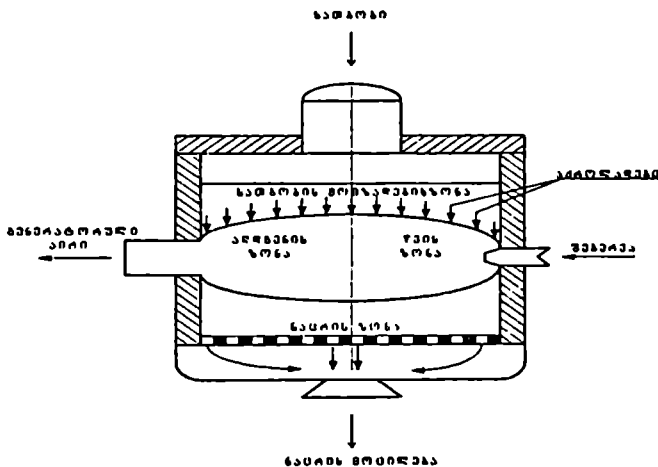
- სათბობისა და დამჟანგავის თანხვედრილ (ზევიდან ქვევით) მოძრაობას;
- აალების სისტემის შეზღუდულობას (შებრუნების ფორსირების დროს შესაძლებელია დაირღვეს სათბობის ნაწილაკების აალების პროცესი);
- შებერილი პერით (დამჟანგავის) სათბობის მომზადების ზონაში წარმოქმნილი აქროლალების წატაცებას წვის ზონაში, სადაც ხდება მათი წვა (აღნიშნულის შედეგად მიღებული გენერატორული აირის წვის სითბო ნაკლებია, ვიდრე გაზიფიკაციის პროცესის პირდაპირი სქემით მიღებული აირისა).

გაზიფიკაციის პროცესის შებრუნებულ სქემას იყენებენ მაშინ, როდესაც საჭიროა აქროლადებიდან განთავისუფლება და გაზიფიკაციის სქემის გამარტივება.

პრაქტიკულად, შებრუნებული სქემით გაზიფიკაციის პროცესიც ყოველთვის ვერ სრულდება სუფთა სახით. ამ შემთხვევაშიც, როდესაც სათბობის მომზადების დრო არასაკმარისი აღმოჩნდება, აქროლადი ნივთიერებების გამოყოფა გრძელდება წვისა და აღდგენის ზონებში, ე.ი. ადგილი აქვს სათბობის მომზადების ზონის წანაცვლებას წვისა და აღდგენის ზონებისკენ.

4.2.3. გაზიფიკაციის პროცესის პორიზონტალური სქემა და მიწისქვეშა გაზიფიკაცია

ზოგიერთ სატრანსპორტო აირგენერატორში და ნახშირების მიწისქვეშა გაზიფიკაციის დროს ძირითადად გამოიყენება გაზიფიკაციის პროცესის პორიზონტალური (ნახ.4.3) ან შებრუნებული სქემები.



ნახ. 4.3. გაზიფიკაციის პროცესის პორიზონტალური სქემა (პორიზონტალური გაზიფიკაცია)

აირგენერატორებში გაზიფიკაციის პროცესის პორიზონტალური სქემით განხორციელებისას წვისთვის საჭირო ჟანგბადი და გენერატორული აირი მოძრაობს თანხედრითი მიმართულებით – პორიზონტალურად.

პორიზონტალური სქემით გაზიფიკაციის დამახასიათებელი ძირითადი თავისებურებები ის არის, რომ აირგენერატორებში ხდება:

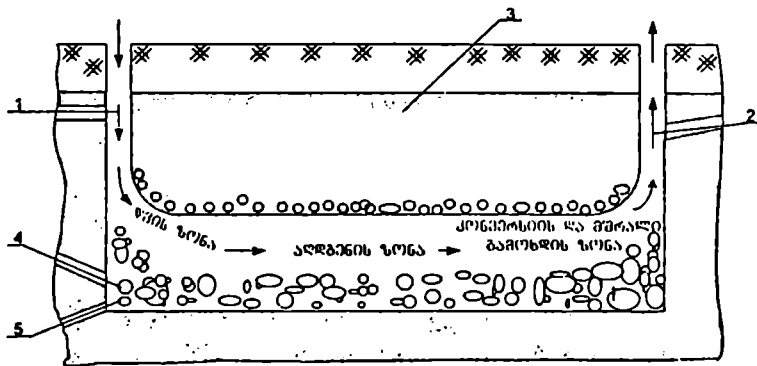
- სათბობისა და დამჟანგავის ურთიერთმეგრეპენდიკულარული მოძრაობა, კერძოდ, სათბობი მოძრაობს ზევიდან ქვევით, ხოლო დამჟანგავი – პორიზონტალურად;
- სათბობის მომზადების ზონაში წარმოქმნილი აქროლადების გადასვლა წვისა და აღდგენის ზონაში, სადაც ხდება მათი წვა (ამ მეთოდის თავისებურება ისიც არის, რომ გენერატორული აირი არ შეიცავს ფისებს).

მიწისქვეშა გაზიფიკაციის პრინციპული სქემა წარმოდგენილია 4.4 ნახაზზე. როგორც ნახაზიდან ჩანს, მიწისქვეშა გაზიფიკაციის დროს ღეღამიწის ზედაპირიდან, ქვანახშირის ფენაში კეთდება ორი გაბურღილი, რომლებიც ერთმანეთს უერთდება ქვანახშირის ფენაში ადრე გაყვანილი გამოძუშავების პორიზონტალური გეირაბით.

დასაწყისში, ანთების არხის გამოყენებით იწებება ქვანახშირის ქვედა ფენა, რომელიც წარმოქმნის ე. წ. „საცეცხლე სანგრევს“. შემდეგ, შებერვის გაბურღილის საშუალებით ქაერი მიეწოდება „საცეცხლე სანგრევს“ და გარს შემოედინება ნახშირის ფენის გაეარეარებულ ზედაპირს. აღნიშნულის შედეგად, ქაერის ჯანგბადი შედის რეაქციაში გაეარეარებულ ნახშირბადთან და წარმოქმნის ნახშირორჟანგს (CO_2), „საცეცხლე სანგრევს“ ამ ნაწილს წეის ზონას უწოდებენ.

რეაქციის დროს გამოყოფილი დიდი რაოდენობის სითბოთი ხდება წარმოქმნილი აირებისა და მისი გადაადგილების მიმართულებით ნახშირის მოძვეწო ფენების გაცხელება. „საცეცხლე სანგრევში“ აირების შემდგომი გადაადგილების დროს სრული წეის პროდუქტები ნახშირორჟანგი (CO_2) და წყლის ორთქლი (H_2O) შედის რეაქციაში ნახშირის ფენის გაეარეარებული ზედაპირის ნახშირბადთან. ამ რეაქციების შედეგად ადგილი აქვს CO_2 -ის აღდგენას CO -დ, ხოლო წყლის ორთქლის - CO -დ და H_2 -ად. ეს რეაქცია მიმდინარეობს სითბოს შთანთქმით, რის შედეგადაც აირების ტემპერატურა მცირდება. „საცეცხლე სანგრევს“ ამ მონაკვეთს აღდგენის ზონა ეწოდება.

აღნიშნულ ზონაში აირების ტემპერატურა თანდათან მცირდება, თანაც იმდენად, რომ წყდება აღდგენითი რეაქციები. აირების შემდეგი გადაადგილებისას „საცეცხლე სანგრევში“ მიმდინარეობს ნახშირჟანგის (CO) გარდაქმნა (კონვერსია) წყალბადად (H_2), ამ შემთხვევაში CO რეაგირებს წყლის ორთქლთან შემდეგი რეაქციით: $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$.



ნახ.4.4. მიწისქვეშა გაზიფიკაციის სქემა:

- 1 - შებერვის გაბურღილი; 2 - გაზგამომჟავანი გაბურღილი;
- 3 - ნახშირის ფენა; 4 - წილა; 5 - საწყისი ანთების არხი

აღნიშნული გარდაქმნების (მიწისქვეშა გაზიფიკაციის) შემდეგ მიღებული გენერატორული აირები მიეწოდება გამოშვანი გაბურღილისკენ, ამოდის ღეღამიწის ზედაპირზე და მიეწოდება მომხმარებელს. გაზიფიკაციის შედეგად მიღებული სათბობის მიწერაღური მინარევეები - წილა და ნაცარი, როგორც წესი, რჩება მიწაში რითაც ნაწილობრივ იესება ნახშირების აირგამოყოფილი ფენების სიერცე.

4.3. მყარი სათბობის გაზიფიკაციის პროცესების გაანგარიშება

მყარი სათბობის გაზიფიკაციის პროცესების (აირგენერატორული პროცესების) გაანგარიშების ძირითადი მიზანია გენერატორული აირისა და გაზიფიკაციის სხვა პროდუქტების შედგენილობის, თბოუნარიანობისა და კუთრი გამოსაელიანობის განსაზღვრა და აირგენერატორული პროცესების მატერიალური და სითბური ბალანსების შედგენა.

მყარი სათბობის, როგორც გენერატორული აირების საწარმოო საწყისი ნედლეულის, შეფასების დროს აუცილებელია მათი ფიზიკურ-ქიმიური, თბოტექნიკური, რადიოლოგიური და სხვა მახასიათებლების დადგენა და მათი გაზიფიკაციის დროს მიმდინარე აირგენერატორული პროცესების დეტალური შესწავლა.

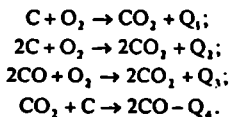
არსებობს მყარი სათბობის გაზიფიკაციის პროცესების გაანგარიშების ოთხი მეთოდი: ე.წ. იდეალური აირგენერატორული პროცესების თეორიული გაანგარიშების მეთოდი, რეალური აირგენერატორული პროცესების თეორიული გაანგარიშების მეთოდი, პრაქტიკული მონაცემების მიხედვით გაანგარიშების მეთოდი და კომბინირებული გაანგარიშების მეთოდი. ე.წ. იდეალური აირგენერატორული პროცესების თეორიული გაანგარიშების შედეგების გამოყენება შესაძლებელია მხოლოდ ზოგად ორიენტირად, რადგან ძალზე დაბალი ხარისხით ასახავს გენერატორებში რეალურად მიმდინარე პროცესებს.

რეალური აირგენერატორული პროცესების თეორიული გაანგარიშების შედეგებიც მნიშვნელოვნად განსხვავდება პრაქტიკული მონაცემებისაგან, მაგრამ მიუხედავად ამისა, ამ მეთოდის გამოყენება სამეცნიერო კვლევების დროს ახლად შესასწავლი აირგენერატორული პროცესების სწორი მიმართულების შერჩევის საშუალებას იძლევა.

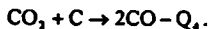
პრაქტიკული მონაცემების მიხედვით გაანგარიშების შემთხვევაში სარგებლობენ აირგენერატორების სამრეწველო ან საცდელ-სამრეწველო გამოცდის დროს მიღებული შედეგებით, რომლებიც გაზიფიკაციის პროცესის ძირითადი მანევრებლების უშუალო გაზომვების გზითაა მიღებული. კომბინირებული გაანგარიშების მეთოდი, პრაქტიკულ მონაცემებთან ერთად, ზოგიერთი თეორიული წინაპირობის გამოყენებასაც ითვალისწინებს. პრაქტიკაში ძირითადად ორი უკანასკნელი მეთოდი გამოიყენება.

4.3.1. საპირეო გენერატორული აირის მიღება

აირგენერატორში მიმდინარე ქიმიური რეაქციებიდან:



ძირითად რექციად ითვლება



ამ რეაქციისათვის წონასწორობის კონსტანტა

$$K_p = \frac{P^2 (V_{CO})^2}{P \cdot V_{CO_2}} = \frac{(V_{CO})^2 P}{V_{CO_2}}. \quad (4.34)$$

რადგან მიღებული გენერატორული აირი ძირითადად ორი კომპონენტისაგან CO_2 -სა და CO -საგან შედგება, შეგვიძლია დავწეროთ, რომ $V_{\text{CO}} + V_{\text{CO}_2} = 1$, საიდანაც $V_{\text{CO}_2} = 1 - V_{\text{CO}}$, მაშინ

$$K_p P^{-1} = \frac{(V_{\text{CO}})^2}{V_{\text{CO}_2}} = \frac{(V_{\text{CO}})^2}{1 - V_{\text{CO}}} \quad (4.35)$$

მარტივი გარდაქმნების შედეგად მივიღებთ

$$V_{\text{CO}} = -\frac{K_p P^{-1}}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{K_p P^{-1}}{2}\right)^2 + K_p P^{-1}} \quad (4.36)$$

თუ ბოლო ტოლობაში წონასწორობის K_p კონსტანტას სიდიდის გასაანგარიშებლად გამოვიყენებთ დამოკიდებულებას

$$\lg K_p = 3,26730 - \frac{8820,69}{T} - 0,001208714T + 0,153734 \cdot 10^{-4} T^2 + 2,295483 \cdot \lg T, \quad (4.37)$$

შეგვიძლია V_{CO} -სა და V_{CO_2} -ის მნიშვნელობების დადგენა (%-ში) სხედასხევა ტემპერატურების დროს (ცხრილი 4.15).

ცხრილი 4.15

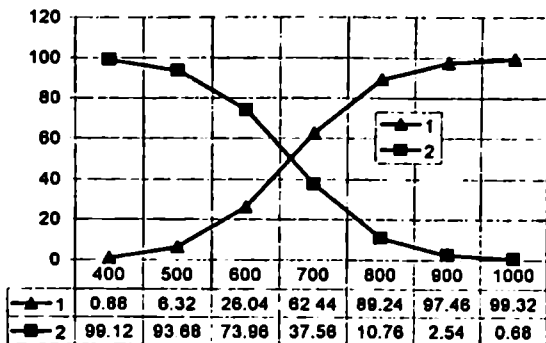
V_{CO} -სა და V_{CO_2} -ის მნიშვნელობების დამოკიდებულება ტემპერატურაზე, (%)

№	ტემპერატურა		წონასწორობის კონსტანტა		ნახშირბადის რაოდენობა		ნახშირორთქლის რაოდენობა
	$t, ^\circ\text{C}$	T, K	$\lg K_p$	K_p	$V_{\text{CO}}, \%$	$V_{\text{CO}_2}, \%$	$V_{\text{CO}_2}, \%$
1	400	673	0.01	8.1×10^{-48}	0.01	0.88	99.12
2	500	773	0.06	4.4×10^{-33}	0.06	6.32	93.68
3	600	873	0.26	9.5×10^{-14}	0.26	26.04	73.96
4	700	973	0.62	1.1×10^{-10}	0.62	62.44	37.56
5	800	1073	0.89	7.6×10^{-10}	0.89	89.24	10.76
6	900	1173	0.97	3.9×10^{-10}	0.97	97.46	2.54
7	1000	1273	0.99	1.5×10^{-10}	0.99	99.32	0.68

ცხრილში მოცემული სიდიდეების საფუძველზე აგებული მრუდები წარმოდგენილია 4.5 ნახაზზე, რომელთა განხილვაც ნათლად გვიჩვენებს, თუ რაოდენ დამოკიდებულია ქიმიური რეაქციის წონასწორობი მდგომარეობა ტემპერატურის ცვლილებაზე [75].

გრაფიკიდან ჩანს, რომ, როდესაც საწვავი აირის ტემპერატურა 700°C -ის ტოლია, ქიმიური რეაქცია წონასწორობულ მდგომარეობაში იმყოფება და საწვავი აირი შედგება 62.44% CO -სა და 37.56% CO_2 -საგან. თუ ტემპერატურა 900°C -მდე გაიზრდება, მაშინ სისტემა გამოდის წონასწორობილიდან და ქიმიური რეაქცია გაგრძელდება მანამ, ვიდრე საწვავი აირის შედგენილობა არ გახდება 97.46% CO და 2.54% CO_2 . ქიმიური რეაქციის წონასწორობილი მდგომარეობა დაირღვევა მაშინაც, როდესაც ტემპერატურა 500°C -მდე შემცირდება და ქიმიური რეაქცია $2\text{CO} + \text{C} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{C}$ გაგრძელდება იქამდე, ვიდრე საწვავი აირის შედგენილობა არ გახდება 6.32 % CO და 93.68 % CO_2 .

ნახშირბადის და ნახშირორჟანგის რაოდენობა %



ს.ს

ნახ.4.5. ნახშირბადის და ნახშირორჟანგის რაოდენობათა დამოკიდებულება
1 ტემპერატურაზე, °C: 1 - ნახშირბადის პროცენტული რაოდენობა, V_{CO} , %;
2 - ნახშირორჟანგის პროცენტული რაოდენობა, V_{CO_2} , %

საქმრო გენერატორული აირის მიღების დროს ატმოსფერულ ჯანგაბადთან ერთად აირგენერატორის აზოტიც მიეწოდება. ამ შემთხვევაში მიღებული საწვავი აირი საში კომპონენტისაგან CO_2 -ს, CO -სა და N -საგან შედგება, ანუ $V_{CO} + V_{CO_2} + V_N = 1$, საიდანაც $V_N = 1 - V_{CO} - V_{CO_2}$.

თუ გავითვალისწინებთ იმ დამოკიდებულებებს, რომ $K_p P^{-1} = (V_{CO})^2 / V_{CO_2}$ და $0.21 / 0.79 = 0.5(V_{CO} + V_{CO_2}) / V_N$, მარტივი გარდაქმნების შედეგად მივიღებთ

$$V_{CO} = -0.3025 K_p P^{-1} \pm \sqrt{(0.3025 K_p P^{-1})^2 + 0.21 K_p P^{-1}} \quad (4.38)$$

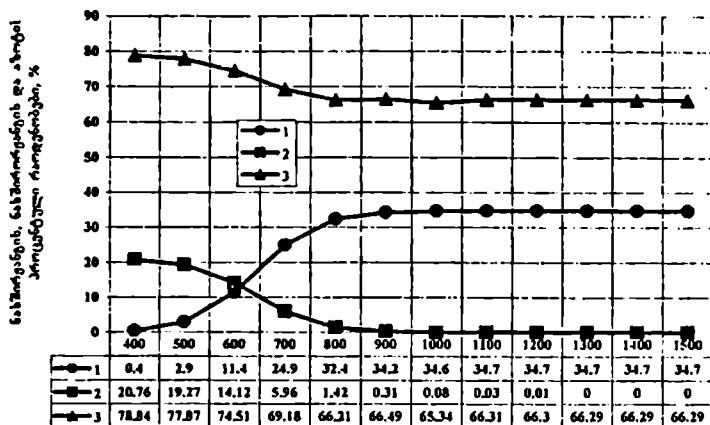
$$V_{CO_2} = 0.21 - 0.605 \cdot V_{CO}. \quad (4.39)$$

განგარიშების შედეგები მოცემულია 4.16 ცხრილში და 4.6 ნახაზზე
(ცხრილი 4.16)

განგარიშების ცხრილი

№	ტემპერატურა		წონასწორობის კონსტანტა		ნახშირბადის რაოდენობა		ნახშირორჟანგის რაოდენობა		აზოტის რაოდენობა	
	$t, ^\circ C$	T, K	$\lg K_p$	K_p	$V_{CO}, \text{პ}$	$V_{CO}, \%$	$V_{CO_2}, \text{პ}$	$V_{CO_2}, \%$	$V_N, \text{პ}$	$V_N, \%$
1	400	673	4.1	8.1×10^{-15}	0.004	0.4	0.208	20.76	0.79	78.84
2	500	773	2.4	4.4×10^{-11}	0.029	2.9	0.193	19.27	0.78	77.87
3	600	873	1.0	9.5×10^{-10}	0.114	11.4	0.141	14.12	0.75	74.51
4	700	973	0.0	1.1×10^{-9}	0.249	24.9	0.060	5.96	0.69	69.18
5	800	1073	0.9	7.6×10^{-10}	0.324	32.4	0.014	1.42	0.66	66.21
6	900	1173	1.6	3.9×10^{-11}	0.342	34.2	0.003	0.31	0.65	65.49
7	1000	1273	2.2	1.5×10^{-12}	0.346	34.6	0.001	0.08	0.65	65.34
8	1100	1373	2.7	4.7×10^{-13}	0.347	34.7	0.000	0.03	0.65	65.31
9	1200	1473	3.1	1.3×10^{-14}	0.347	34.7	0.000	0.01	0.65	65.30
10	1300	1573	3.5	3.0×10^{-16}	0.347	34.7	0.000	0.00	0.65	65.29
11	1400	1673	3.8	6.3×10^{-18}	0.347	34.7	0.000	0.00	0.65	65.29
12	1500	1773	4.1	1.2×10^{-19}	0.347	34.7	0.000	0.00	0.65	65.29

როგორც 4.16 ცხრილში და 4.6 ნახაზზე წარმოდგენილი ინფორმაციიდან ჩანს, ნახშირჟანგის პროცენტული რაოდენობა გენერატორულ აირში ტემპერატურის 400°C-დან 900°C-მდე დიაპაზონში ცვლილებისას მკვეთრად იზრდება 0.4-დან 34.2%-მდე, ხოლო ტემპერატურის შემდგომი ზრდისას 1500°C-მდე მისი მნიშვნელობა – 34,7% მუდმივი რჩება. შესაბამისად, ტემპერატურულ დიაპაზონში 400°C-დან 900°C-მდე აზოტის პროცენტული მნიშვნელობა 79-დან 65,5%-მდე მცირდება, ხოლო ტემპერატურის შემდგომი ზრდისას ის უცვლელი რჩება. რაც შეეხება ნახშირორჟანგის პროცენტულ შემცველობას გენერატორულ აირში, მისი მნიშვნელობა 400°C-დან 900°C-მდე ტემპერატურულ დიაპაზონში მკვეთრად მცირდება 20,8-დან 0,3%-მდე, ხოლო ტემპერატურის შემდგომი ზრდისას 1500°C-მდე, ნულამდე ეცემა.



1, C

ნახ.4.6. ნახშირჟანგის, ნახშირორჟანგის და აზოტის რაოდენობათა დამოკიდებულება ტემპერატურაზე: 1-ნახშირჟანგის პროცენტული რაოდენობა, V_{CO} , %; 2-ნახშირორჟანგის პროცენტული რაოდენობა, V_{CO_2} , %; 3-აზოტის პროცენტული რაოდენობა, V_{N_2} , %

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ თუ 400°C-ის დროს გენერატორული აირი 20,8% ნახშირორჟანგის, 0,4% ნახშირჟანგის და 78,8% აზოტისაგან შედგებოდა, ანუ ნახშირჟანგის შემცველობა თითქმის არ შეიშენოდა, ტემპერატურის ზრდასთან ერთად სურათი მკვეთრად იცვლება და 900°C-ის პირობებში გენერატორული აირი უკვე 34,2% ნახშირჟანგის, 0,3% ნახშირჟანგის და 66,5% აზოტისაგან შედგება.

4.3.2. შერეული გენერატორული აირის მიღება კომბინირებული გაანგარიშების მეთოდით

შერეული გენერატორული აირის შედგენილობის, თბოუნარიანობისა და კუთრი გამოსავლიანობის გასაანგარიშებლად აუცილებელია მოცემული მყარი სათბობის, როგორც გენერატორული აირების საწყისი ნედლეულის, ელემენტარული შედგენილობისა და ამ ელემენტების მოლეკულური მასების ცოდნა.

კომბინირებული გაანგარიშების მეთოდის თანახმად გაზიფიკაციის პროცესი ფაქტობრივად არის ორი დამოუკიდებელი პროცესის კომბინაცია: ნახშირების მშრალი გამოხდის პროცესი, რომელიც მიმდინარეობს აირგენერატორის ზედა ნაწილში, და საკუთრივ გაზიფიკაციის პროცესი, რომელიც აირგენერატორის ქვედა ნაწილში ხორციელდება. გენერატორული აირი სწორედ ამ ორ ზონაში მიღებული პროდუქტების ნარევის წარმოადგენს.

მშრალი გამოხდის პროდუქტების რაოდენობა და მათი შედგენილობა განისაზღვრება პრაქტიკული მომსახურების საფუძველზე, ხოლო საკუთრივ გაზიფიკაციის ზონაში მიღებული პროდუქტების CO_2 -ის, CO -ს, H_2 -სა და H_2O -ს რაოდენობების განსაზღვრისათვის უნდა ამოიხსნას ოთხი განტოლება, რომლებშიც აღნიშნული კომპონენტების რაოდენობები უცნობი სიდიდეებია (მოვლბში). ეს განტოლებებია:

- $\text{CO}_2 + \text{CO} = \text{C}$ - ნახშირბადის ბალანსის განტოლება;
- $\text{H}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{W}$ - წყალბადის ბალანსის განტოლება;
- $2\text{CO}_2 + \text{CO} = \text{N}_2/\text{I}, \text{g} + \text{H}_2$ - ენგბადის ბალანსის განტოლება;
- $(\text{COxH}_2\text{O})/(\text{CO}_2\text{xH}_2) = \text{K}$ - წონასწორობის პირობითი კონსტანტას განტოლება.

მშრალი გამოხდის ზონაში CO_2 -ის, H_2O -ს, CH_4 -ის, CH_4 -სა და H_2S -ის წარმოქმნაზე ენგბადის, წყალბადის და გოგირდის ხარჯის კოეფიციენტები მოცემულია 4.17 ცხრილში.

ცხრილი 4.17

მშრალი გამოხდის ზონაში გენერატორული აირის წარმოქმნაზე სათბობის

(კალკული ელემენტების ხარჯები, %)

№	სათბობი	ენგბადის ხარჯი		წყალბადის ხარჯი		გოგირდის ხარჯი H_2S -ის წარმოქმნაზე
		CO_2 -ის წარმოქმნაზე	H_2O -ის წარმოქმნაზე	CH_4 -ის წარმოქმნაზე	CH_4 -ის წარმოქმნაზე	
1	ანთრაციტი AK	10	50	20	—	80
2	ანთრაციტი AM	10	50	20	—	80
3	ანთრაციტი AC	10	50	20	—	80
4	ქვანახშირები Г	10	50	30	4	80
5	მოსკოქვედა ნახშირები	30	50	30	3	80
6	ნელიაბინსკის ნახშირები	20	50	35	3	80
7	ტორფი	25	50	30	3	80

გაანგარიშებებში გამოყენებული ორთქლის და აზოტის ხარჯებისა და წონასწორობის პირობითი კონსტანტას სიდიდეები მოცემულია 4.18 ცხრილში.

ცხრილი 4.18

ორთქლში, წონასწორობის პირობითი კონსტანტასა და აირში

ნახშირბადისა და აზოტის რაოდენობათა ფარდობა

№	სათბობი	ორთქლის ხარჯი სათბობის წყად მასაზე, კგ/კმ	წონასწორობის პირობითი კონსტანტა $K = (\text{COxH}_2\text{O})/(\text{CO}_2\text{xH}_2)$	აზოტის 100 მოლზე მოსული ნახშირბადის რაოდენობა
1	ანთრაციტი AK	0,30 - 0,40	2,25	60
2	ანთრაციტი AM	0,40 - 0,45	2,00	60
3	ანთრაციტი AC	0,45 - 0,55	1,19	60
4	ქვანახშირი Г	0,25 - 0,35	2,25	61
5	მოსკოქვედა ნახშირი	0,20 - 0,33	2,30	62
6	ნელიაბინსკის ნახშირი	0,19 - 0,32	2,50	63
7	ტორფი	0,15 - 0,25	2,50	63

4.3.3. შერეული გენერატორული აირის მანქანების სანიმუშო გაანგარიშება

ა) აირგენერატორულ პროცესებში მონაწილე სათბობის შედგენილობისა და რაოდენობის განსაზღვრა

სანიმუშო გაანგარიშებისათვის საწყის სათბობად აღებულია ტყიბული-შაორის საბადოს ქვანახშირი, რომელშიც შემავალი ელემენტები მოცემულია 4.19 ცხრილში.

ცხრილი 4.19

ტყიბულ-შაორის საბადოს ქვანახშირის შემდგენი ელემენტები
და მისი წვის სითბო

ნახშირბადი	C = 45,5 %	კვ/კვ ქვანახშირის წვის სითბო, კვ/კვ	
წყალბადი	H = 3,5 %	უმაღლესი	უდაბლესი
ჟანგბადი	O = 8,9 %	19017	17900
აზოტი	N = 0,9 %		
გოგირდი	S = 1,3 %		
ნაცარი	A = 27,0 %		
ტენი	W = 13,0 %		

გაანგარიშება ტარდება აირგენერატორში ჩატეირთული 100 კგ სათბობისათვის, რაც იმას ნიშნავს, რომ პროცენტებში გამოსახული სათბობის შემდგენ თითოეულ ელემენტს შეესაბამება მათი რეალური რაოდენობა კგ-ით.

მექანიკური დანაქარების გასათვალისწინებლად წინასწარ დაშვებულია, რომ აირგენერატორის შახტში ჩატეირთული ქვანახშირის შემდგენი ნახშირბადის 4%, ანუ $45,4 \times 0,04 = 1,82$ კგ იკარგება და აირგენერატორულ პროცესებში მონაწილეობას ვერ იღებს. გაანგარიშების ჩასატარებლად მოსახერხებელია სათბობის შედგენილობის გამოსახვა კგ-მოლეებში. ამისათვის საკმარისია სათბობის შემდგენი თითოეული ელემენტის მასური რაოდენობის გაყოფა შესაბამისი ელემენტის მოლეკულურ მასაზე. ტყიბული-შაორის საბადოს შედგენილობა და რაოდენობა აღნიშნული პირობების გათვალისწინებით ნაჩვენებია 4.19 ცხრილში.

ცხრილი 4.20

ტყიბული-შაორის საბადოს შედგენილობა და რაოდენობა

სათბობის შემდგენი ელემენტები	აირგენერატორში ჩატეირთული საწყისი სათბობის შედგენილობა და რაოდენობა, კგ	აირგენერატორულ პროცესებში მონაწილე სათბობის შედგენილობა და რაოდენობა, კგ	ელემენტების მოლეკულური მასა	აირში გადასული ელემენტების მოლეკულის რაოდენობა
C	45,4	43,58	12	3,6317
H	3,5	3,50	2	1,7500
O	8,9	8,90	32	0,2781
N	0,9	0,90	28	0,0321
S	1,3	1,30	32	0,0406
A	27,0	27,00	-	-
W	13,0	13,00	18	0,7222

ბ) გენერატორული აირის მაჩვენებლების განსაზღვრა მშრალი
გამოხდის ზონაში

№	სიდიდების დასახელება	დახარჯული მოლეზის რაოდენობა	მიღებული მოლეზის რაოდენობა
1	2	3	4
1	<i>წყლის ორთქლი H₂O</i> თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ პიროვნულ ტენში გაღადის სათბობის შემდგენი ჯანგბადის 50%, ხოლო ქიმიურ რეაქციაში $2H_2 + O_2 = 2H_2O$ დახარჯული ჯანგბადის თითოეულ მოლზე იხარჯება წყალბადის ორი მოლი და მიიღება ორი მოლი წყალი, გვექნება: ხარჯი $O_2 = 0,2781 \times 0,5 = 0,1391 \text{ მოლი}$ $H_2 = 0,1391 \times 2 = 0,2781 \text{ მოლი}$ მიიღება • პიროვნული ტენი $H_2O = 0,1391 \times 2 = 0,2781 \text{ მოლი}$ სათბობის შემდგენი ტენი $H_2O = 0,7222 \text{ მოლი}$ სულ $H_2O = 0,2781 + 0,7222 = 1,0003 \text{ მოლი}$	$O_2 = 0,1391$ $H_2 = 0,2781$	$H_2O = 1,0003$
2	<i>ნახშირორჟანგი CO₂</i> ნახშირორჟანგში გაღადის სათბობის შემდგენი ჯანგბადის 10%, ქიმიურ რეაქციაში $C + O_2 = CO_2$ დახარჯული ჯანგბადის თითოეულ მოლზე იხარჯება ნახშირბადის ერთი მოლი და მიიღება ერთი მოლი ნახშირორჟანგი, გვექნება: ხარჯი $O_2 = 0,2781 \times 0,1 = 0,02781 \text{ მოლი}$ $C = 0,02781 \text{ მოლი}$ მიიღება • ნახშირორჟანგი $CO_2 = 0,02781 \text{ მოლი}$	$O_2 = 0,02781$ $C = 0,02781$	$CO_2 = 0,02781$
3	<i>მეთანი CH₄</i> მეთანში გაღადის სათბობის შემდგენი წყალბადის 30%, ქიმიურ რეაქციაში $C + 2H_2 = CH_4$ დახარჯული წყალბადის თითოეულ მოლზე იხარჯება ნახევარი მოლი ნახშირბადი და მიიღება ნახევარი მოლი მეთანი, გვექნება: ხარჯი $H_2 = 1,75 \times 0,3 = 0,525 \text{ მოლი}$ $C = 0,525 \times 0,5 = 0,2625 \text{ მოლი}$ მიიღება • მეთანი $CH_4 = 0,525 \times 0,5 = 0,2625 \text{ მოლი}$	$H_2 = 0,525$ $C = 0,2625$	$CH_4 = 0,2625$

1	2	3	4
8	ამიაკი NH_3 ამიაკში გადადის სათბობის შემდგენი აზოტის 25%. ქიმიურ რეაქციაში $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3$ დახარჯული აზოტის თითოეულ მოლზე იხარჯება წყალბადის სამი მოლი და მიიღება ორი მოლი ამიაკი. გვექნება: ხარჯი $\text{N}_2 = 0,0321 \times 0,25 = 0,0080$ მოლი $\text{H}_2 = 0,0080 \times 3 = 0,0240$ მოლი მიიღება • ამიაკი $\text{NH}_3 = 0,0080 \times 2 = 0,0160$ მოლი	$\text{N}_2 = 0,0080$ $\text{H}_2 = 0,0240$	$\text{NH}_3 = 0,0160$
9	აზოტი N_2 სათბობში სულ არის აზოტი $\text{N}_2 = 0,0321$ მოლი ფისის მიღებაზე დაიხარჯა - 0,0023 მოლი ამიაკის მიღებაზე დაიხარჯა 0,0080 მოლი დარჩა $\text{N}_2 = 0,0321 - (0,0023 + 0,0080) = 0,0218$ მოლი რომელიც უცვლელად გადადის აირში	$\text{N}_2 = 0,0218$	$\text{N}_2 = 0,0218$
10	გოგირდწყალბადი H_2S გოგირდწყალბადში გადადის სათბობის შემდგენი გოგირდის 80%. ქიმიურ რეაქციაში $\text{H}_2 + \text{S} = \text{H}_2\text{S}$ დახარჯული გოგირდის თითოეულ მოლზე იხარჯება წყალბადის ერთი მოლი და მიიღება 1 მოლი გოგირდწყალბადი, ე.ი. გვექნება ხარჯი: $\text{S} = 0,0406 \times 0,8 = 0,0325$ მოლი $\text{H}_2 = 0,0325 \times 1 = 0,0325$ მოლი მიიღება გოგირდწყალბადი $\text{H}_2\text{S} = 0,0325 \times 1 = 0,0325$ მოლი	$\text{S} = 0,0325$ $\text{H}_2 = 0,0325$	$\text{H}_2\text{S} = 0,0325$
11	წყალბადი H_2 სათბობში სულ არის წყალბადი $\text{H}_2 = 1,75$ მოლი დაიხარჯა: H_2O-ის მიღებაზე ————— 0,2781 მოლი CH_4-ის მიღებაზე ————— 0,5250 მოლი C_2H_4-ის მიღებაზე ————— 0,0525 მოლი ფისის მიღებაზე ————— 0,1601 მოლი CH_3COOH-ის მიღებაზე — 0,0166 მოლი NH_3-ის მიღებაზე ————— 0,0240 მოლი H_2S-ის მიღებაზე ————— 0,0325 მოლი სულ ————— 1,0888 მოლი დარჩა წყალბადი $\text{H}_2 = 1,75 - 1,0888 = 0,6612$ მოლი რომელიც უცვლელად გადადის აირში	$\text{H}_2 = 0,6612$	$\text{H}_2 = 0,6612$
12	ნახშირჟანგი CO სათბობში სულ არის ეანგბადი $\text{O}_2 = 0,2781$ მოლი დაიხარჯა: H_2O-ის მიღებაზე ————— 0,1391 მოლი CO_2-ის მიღებაზე ————— 0,0278 მოლი ფისის მიღებაზე ————— 0,0140 მოლი CH_3COOH-ის მიღებაზე — 0,0083 მოლი სულ — 0,1892 მოლი დარჩა ეანგბადი $\text{O}_2 = 0,2781 - 0,1892 = 0,0889$ მოლი, რომელიც იხარჯება ნახშირჟანგის მიღებაზე: $2\text{C} + \text{O}_2 = 2\text{CO}$		

დახარჯული ენერგიის თითოეულ მოცულ იხარჯება ნახშირბადის ორი მოლი და მიიღება ორი მოლი ნახშირჟანგი, ე.ი. გვექნება ხარჯი: O_2 ————— 0,0889 მოლი $C = 0,0889 \times 2 = 0,1778$ მოლი მიიღება ნახშირჟანგი $CO = 0,0889 \times 2 = 0,1778$ მოლი	$O_2 = 0,0889$ $C = 0,1778$	$CO = 0,1778$
13 ნახშირბადი C სათბობში სულ არის ნახშირბადი $C = 3,6317$ მოლი დაიხარჯა: CO_2-ის მიღებაზე ————— 0,0278 მოლი CH_4-ის მიღებაზე ————— 0,2625 მოლი C_2H_4-ის მიღებაზე ————— 0,0525 მოლი ჟისის მიღებაზე ————— 0,2218 მოლი წიდის მიღებაზე ————— 0,4013 მოლი CH_3COOH-ის მიღებაზე — 0,0166 მოლი CO-ის მიღებაზე ————— 0,1778 მოლი სულ ————— 1,1603 მოლი დარჩა ნახშირბადი $C = 3,6317 - 1,1603 = 2,4714$ მოლი ნახშირბადის ეს რაოდენობა კოქსის სახით გადადის აირგენერატორის ქვედა ზონაში, სადაც ხდება მისი გაზოფიკაცია ორთქლდასაფრთხი ნარევის საშუალებით	$H_2 = 0,6612$	$H_2 = 0,6612$

გ) გენერატორული აირის მაჩვენებლების განსაზღვრა
უშუალო გაზოფიკაციის ზონაში

უშუალო გაზოფიკაციის ზონაში გენერატორული აირის მაჩვენებლების განსაზღვრისათვის საჭიროა ოთხი განტოლების შედგენა.

- ნახშირბადის ბალანსის განტოლების შედგენის დროს უნდა გავითვალისწინოთ, რომ მშრალი გამოხდის ზონიდან შემოსული ნახშირბადი ქიმიურ რეაქციაში შედის ატმოსფერული ჰაერის შემდგენ ენერგიასა და ჰაერთან ერთად მიწოდებულ წყლის ორთქლთან, რის შედეგადაც გაზოფიკაციის ზონაში წარმოიქმნება ნახშირორჟანგი (CO_2), წყალბადი (H_2), ნახშირჟანგი (CO) და უცვლელი სახით რჩება წყლის ორთქლის (H_2O) გარკვეული რაოდენობა. ეს იმას ნიშნავს, რომ გენერატორულ აირში CO_2 -სა და CO -ს მოლების ჯამი უნდა გაუტოლდეს მშრალი გამოხდის ზონიდან შემოსული ნახშირბადის მოლების რაოდენობას, ანუ ნახშირბადის ბალანსის განტოლება იქნება:

$$CO_2 + CO = 2,4714.$$

წყალბადის ბალანსის განტოლების შედგენის დროს მხედველობაში უნდა მივიღოთ, რომ ქვანახშირების გაზოფიკაციისას სათბობის წყადი მასის 1 კგ-ზე იხარჯება 0,25...0,35 კგ წყლის ორთქლი (ცხრ. 4.18). თუ წყლის ორთქლის კუთრ ხარჯად მივიღებთ 0,25 კგ/კგ, ანუ 25 კგ-ს 100 კგ სათბობზე, მივიღებთ $25/18 = 1,3889$ მოლს. ამ ორთქლის ერთი ნაწილი გაზოფიკაციის ზონაში იშლება, მეორე ნაწილი კი უცვლელი რჩება. წყლის ორთქლის დაშლის ქიმიური რეაქცია გვიჩვენებს, რომ წყალბადის თითოეულ მოლს შეესაბამება წყლის ორთქლის ერთი მოლი. ამის საფუძველზე კეთდება დასკვნა, რომ

გენერატორული აირის შემცველი წყალბადისა (H_2) და დაუშლელი წყლის ორთქლის (H_2O) მოლეზის ჯამი უნდა გაუტოლდეს აირგენერატორში შემოსული წყლის ორთქლის მოლეზის რაოდენობას, ანუ წყალბადის ბალანსის განტოლებამ უნდა მიიღოს სახე

$$H_2 + H_2O = 1,3889.$$

- *ჟანგბადის ბალანსის განტოლებას* საფუძვლად უდევს შემდეგი მოსაზრება: პრაქტიკული მონაცემების მიხედვით ქვანახშირებისათვის აირგენერატორის გაზიფიკაციის ზონაში ატმოსფერულ ჰაერთან ერთად შემოსული აზოტის თითოეულ 100 მოლზე მოდის ნახშირბადის 61 მოლი (ცხრ. 4.18), რაც იმას ნიშნავს, რომ ჩვენ კონკრეტულ შემთხვევაში აზოტის რაოდენობა იქნება

$$(2,4714 \times 100)/61 = 4,0515 \text{ მოლი.}$$

აზოტთან ერთად გაზიფიკაციის პროცესში მონაწილეობს ჟანგბადიც, რომლის ერთ მოლზე მოდის აზოტის 3,76 მოლი. შესაბამისად ატმოსფერული ჰაერის ჟანგბადის რაოდენობა იქნება

$$4,0515/3,76 = 1,0775 \text{ მოლი } (O_2),$$

ანუ

$$1,0775 \times 2 = 2,1550 \text{ ატომი } (O).$$

გაზიფიკაციის პროცესში ჟანგბადი წყლის ორთქლთან ერთადაც შემოდის. წყლის ორთქლის დაშლის ქიმიური რეაქციის $H_2O = H_2 + O$ შედეგად გენერატორულ აირში გადასული წყალბადის თითოეულ მოლზე მოდის გამოთავისუფლებული ჟანგბადის ერთი ატომი. ამრიგად, ატმოსფერული ჰაერიდან და წყლის ორთქლიდან გენერატორულ აირში გადავა $(2,1550 + H_2)$ ატომი ჟანგბადი, რომელიც გაზიფიკაციის პროცესში მთლიანად იხარჯება ნახშირორჟანგისა (CO_2) და ნახშირჟანგის (CO) წარმოქმნაზე.

მაშასადამე, ჟანგბადის ატომების რაოდენობა CO_2 -სა და CO -ში უტოლდება აირგენერატორში შემოსული ჟანგბადის ატომების რაოდენობას, ანუ ჟანგბადის ბალანსის განტოლება მიიღებს სახეს:

$$2CO_2 + CO = 2,1550 + H_2.$$

წონასწორობის პირობითი კონსტანტას განტოლების შესადგენად უნდა გაეთვალისწინოთ, რომ 4.18 ცხრილის თანახმად ქვანახშირებისათვის ფაქტობრივი თანაფარდობა CO -ს, H_2 -ს, CO_2 -სა და H_2O -ს კონცენტრაციებს შორის 2,25-ს უტოლდება, ე.ი. წონასწორობის პირობითი კონსტანტას განტოლება მიიღებს სახეს

$$(CO \times H_2O) / (CO_2 \times H_2) = 2,25.$$

ამრიგად, უშუალო გაზიფიკაციის ზონაში გენერატორული აირების შედგენილობისა და რაოდენობის განსაზღვრისათვის უნდა ამოიხსნას ოთხი განტოლების სისტემა ოთხი უცნობით:

$$CO_2 + CO = 2,4714;$$

$$\begin{aligned}H_2 + H_2O &= 1,3889; \\2CO_2 + CO &= 2,1550 + H_2; \\(CO \times H_2O) / (CO_2 \times H_2) &= 2,25.\end{aligned}$$

მარტივი გარდაქმნების შედეგად მივიღებთ საძებნი სიდიდეების შემდეგ მნიშვნელობებს: $CO_2=0,5378$ მოლი; $CO=1,9336$ მოლი; $H_2=0,8542$ მოლი; $N_2=4,0515$ მოლი; $H_2O=0,5347$ მოლი; სულ – 7,9118 მოლი.

საბოლოოდ, აირგენერატორის ორივე ზონაში ტყიბულ-შაორის საბადოს ქვანახშირის გაზიფიკაციით მიიღება შერეული გენერატორული აირი, რომლის ჯამური შედგენილობა მოცემულია 4.21 ცხრილში

ცხრილი 4.21

ტყიბული-შაორის საბადოს ქვანახშირისაგან მიღებული შერეული გენერატორული აირის ჯამური შედგენილობა

კომპონენტები	აირი შშრალი გამოხდის ზონიდან	აირი უშუალო გაზიფიკაციის ზონიდან	აირის ჯამური შედგენილო ბა, მოლი	აირის შედგენილობა, %	
				ტენიანი აირი	შშრალი აირი
ნახშირორჟანგი CO_2	0,0278	0,5378	0,5656	5,57	6,58
ნახშირჟანგი CO	0,1778	1,9336	2,1114	20,81	24,59
მეთანი CH_4	0,2625	-	0,2625	2,59	3,06
ეთილენი C_2H_4	0,0263	-	0,0263	0,26	0,31
წყალბადი H_2	0,6612	0,8542	1,5154	14,94	17,65
გოგირდწყალბადი H_2S	0,0325	-	0,0325	0,32	0,38
აზოტი N_2	0,0218	4,0515	4,0733	40,14	47,43
მმარჟეჟა CH_3COOH	0,0083	-	0,0083	0,08	-
ამიაკი NH_3	0,0160	-	0,0160	0,16	-
წყლის ორთქლი H_2O	1,0003	0,5347	1,5350	15,13	-
ტენიანი აირი	2,2345	7,9118	10,1463	100,00	-
შშრალი აირი	1,2342	7,3771	8,5870	-	100,00

4.21 ცხრილში ნაჩვენებია სიდიდეების მიხედვით ტენიანი გენერატორული აირის გამოსაღვიანობა შეადგენს

$$10,1463 \times 22,4 = 227,3 \text{ მ}^3 / 100 \text{ კგ ნახშირზე, ანუ } 2,273 \text{ მ}^3 / \text{კგ};$$

შშრალი გენერატორული აირის გამოსაღვიანობა

$$8,5870 \times 22,4 = 192,35 \text{ მ}^3 / 100 \text{ კგ ნახშირზე, ანუ } 1,9235 \text{ მ}^3 / \text{კგ};$$

გენერატორული აირის უმაღლესი დაწვის სითბო

$$\begin{aligned}Q_{\text{შ}}^{\text{შ}} &= 0,01(Q_{CO} \times CO + Q_{CH_4} \times CH_4 + Q_{C_2H_4} \times C_2H_4 + Q_{H_2} \times H_2 + Q_{H_2S} \times H_2S) = \\&= 0,01(12,76 \times 24,56 + 39,83 \times 3,06 + 63,85 \times 0,31 + 12,77 \times 17,65 + 25,12 \times 0,38) = 6900 \text{ კჯ/მ}^3\end{aligned}$$

გენერატორული აირის უდაბლესი დაწვის სითბო

$$\begin{aligned}Q_{\text{შ}}^{\text{შ}} &= 0,01(Q_{CO} \times CO + Q_{CH_4} \times CH_4 + Q_{C_2H_4} \times C_2H_4 + Q_{H_2} \times H_2 + Q_{H_2S} \times H_2S) = \\&= 0,01(12,76 \times 24,56 + 35,87 \times 3,06 + 59,9 \times 0,31 + 10,8 \times 17,65 + 23,4 \times 0,38) = 6420 \text{ კჯ/მ}^3.\end{aligned}$$

გაზიფიკაციის მქოვეფიციენტა:

$$\Pi_{\text{გაზ}} = (1,943 \times 6900) / 19017 = 70,5\%.$$

აირგენერატორში პაერთან ერთად მიწოდებული წყლის ორთქლის დაშლის ხარისხი განისაზღვრება წყალბადის ბალანსის განტოლებებს მიხედვით

$$H_2 + H_2O = 1,3889 \text{ მოლი},$$

საიდანაც დაუშლელი წყლის ორთქლის მოლუბის რაოდენობა ტოლი იქნება

$$H_2O = 1,3889 - H_2 \text{ მოლი.}$$

$$H_2O$$

უშეალო გაზიფიკაციის ზონისათვის $H_2 = 0,8542$ მოლს (ცხრილი 4.21), მაშინ

$$H_2O = 1,3889 - 0,8542 = 0,5347 \text{ მოლი},$$

ანუ დაუშლელი წყლის ორთქლის რაოდენობა იქნება

$$0,5347 \times 18 = 9,6 \text{ კგ.}$$

მაშინ წყლის ორთქლის დაშლის ხარისხი

$$(25 - 9,6) \times 100 / 25 = 61,6\%.$$

წყლის ორთქლის დაშლის ქიმიური რეაქციის მიხედვით გენერატორულ აირში გადასული წყალბადის თითოეულ მოლზე მოდის გამოთავისუფლებული ჟანგბადის ერთი ატომი, ეი $25 - 9,6 = 15,4$ კგ, ანუ $0,8542$ მოლი წყლის ორთქლი დაიშლება $0,8542 \times 16 = 13,7$ კგ ჟანგბადად და $0,8542 \times 2 = 1,7$ კგ წყალბადად.

ორთქლსაერთიან ნარევის ტემპერატურის განსასაზღვრეად უნდა დადგინდეს აირგენერატორში შემოსული ატმოსფერული პაერის ტენშემცველობა. ჟანგბადის ბალანსის განტოლების თანახმად, აირგენერატორში შემოდის $4,0515$ მოლი აზოტი და $1,0775$ მოლი ჟანგბადი. მაშინ ატმოსფერული პაერის საერთო რაოდენობა იქნება

$$(4,0515 + 1,0775) \times 22,4 = 115 \text{ მ}^3/100 \text{ კგ ნახშირზე.}$$

თუ გავითვალისწინებთ, რომ პაერთან ერთად აირგენერატორში შემოდის 25 კგ წყლის ორთქლი, მაშინ ატმოსფერული პაერის ტენშემცველობა იქნება $25 / 115 = 0,217$ მ³/კგ. სათანადო ცხრილების მიხედვით ორთქლპაერიანი ნარევის ტემპერატურა, რომლის ტენშემცველობა 217 კ/კგ-ია, 60°C -ს უდრის.

გაზიფიკაციის პროცესის მაჩვენებლების მატერიალური ბალანსის შედგენის მიზანია ჩატარებული გაანგარიშებების სიზუსტის შემოწმება (ცხრილი 4.22).

როგორც 4.22 ცხრილიდან ჩანს, შეუსაბამობა აირგენერატორში შემოსული სათბობის, ატმოსფერული პაერისა და წყლის ორთქლის საერთო რაოდენობასა და გაზიფიკაციით მიღებული საწყაეი და არასაწყაეი პროდუქტების საერთო რაოდენობას შორის არ არსებობს.

ცხრილი 4.22

**ტყეული-შაორის ქვანახშირის გაზიფიკაციის პროცესის მარეგულირების
მატერიალური ბალანსი (100 კგ სათბობზე)**

ბალანსის შემოსავლისა და გასავლის მუხლები	C	H	O	N	S	A	W	ჯამი, კგ
<i>შემოსავალი</i>								
1. სათბობი	45,4	3,5	8,9	0,9	1,3	27,0	13,0	100,0
2. პაერი	-	-	34,48	113,44	-	-	-	137,9
3. წყლის ორთქლი								
ა) დაშლილი	-	1,7	13,7	-	-	-	-	15,4
ბ) დაუშლელი	-	-	-	-	-	-	9,6	9,6
<i>ჯამი</i>	45,4	5,2	57,08	114,34	1,3	27,0	22,6	272,92
<i>ხარჯი</i>								
1. შშრალი აირი	35,900	4,2510	51,88	114,1	1,0400	-	-	207,20
2. აირის ტენი	-	0,5600	2	-	-	-	22,6	27,610
3. ძმარმეავე	0,200	0,0332	4,450	-	-	-	-	0,4988
4. ამიაკი	-	0,0480	0,266	0,2240	-	-	-	0,272
5. ფისი	2,662	0,3200	-	0,0644	0,0032	-	-	3,4976
6. წატაცებული	1,820	-	0,448	-	-	-	-	1,8200
7. წიდა	4,816	-	-	-	0,2592	27,0	-	32,075
<i>ჯამი</i>	45,4	5,21	57,05	114,34	1,3024	27,0	22,6	272,9

დ) გაზიფიკაციის პროცესის სითბური ბალანსი

გაზიფიკაციის პროცესის სითბური ბალანსის შემოსავალი ნაწილი შემდეგი მუხლებისაგან შედგება:

- სათბობის თბოუნარიანობა (დაწვის სითბო) ----- Q_1 ;
- შშრალი ატმოსფერული პაერის ფიზიკური სითბო ----- Q_2 ;
- წყლის ორთქლის ფიზიკური სითბო ----- Q_3 .

სითბური ბალანსის გასავალი ნაწილის მუხლებია:

- შშრალი გენერატორული აირის თბოუნარიანობა (დაწვის სითბო) - Q_4 ;
- შშრალი გენერატორული აირის ფიზიკური სითბო ----- Q_5 ;
- გენერატორული აირის ტენის ფიზიკური სითბო ----- Q_6 ;
- ფისის თბოუნარიანობა ----- Q_7 ;
- ფისის ფიზიკური სითბო ----- Q_8 ;
- ძმარმეავეს თბოუნარიანობა ----- Q_9 ;
- ამიაკის თბოუნარიანობა ----- Q_{10} ;
- წატაცებული ნაწილის თბოუნარიანობა ----- Q_{11} ;
- წიდას თბოუნარიანობა ----- Q_{12} ;
- სითბოს დანაკარგები აირგენერატორის კედლებიდან ----- Q_{13} .

სათბობის, ძმარმეავეს, ამიაკის, წიდას და წატაცებული ნაწილის ფიზიკური სითბოები უგულებელყოფილია მათი სიმცირის გამო.

სითბური ბალანსის შემოსავალი ნაწილი:

1. სათბობის თბოუნარიანობა (დაწვის სითბო)

$$Q_1 = 100 \times 19017 = 1901700 \text{ კჯ.}$$

2. მშრალი ატმოსფერული ჰაერის ფიზიკური სითბო

$$Q_2 = G \times C \times t,$$

სადაც G, C, t , შესაბამისად, ჰაერის რაოდენობა, სითბოტევადობა და ტემპერატურაა. ჩვენ შემთხვევაში $G = 137,9$ კგ, $C = 1,014$ კჯ/(კგ·გრად), $t = 60^\circ\text{C}$. მაშინ

$$Q_2 = 137,9 \times 1,014 \times 60 = 8390 \text{ კჯ.}$$

3. წყლის ორთქლის ფიზიკური სითბო

$$Q_3 = D \times i,$$

აქ D, i , შესაბამისად, წყლის ორთქლის ხარჯი და ენთალპიაა. ჩვენ შემთხვევაში $D = 25$ კგ, $i = 2609,5$ კჯ/კგ, ($t = 60^\circ\text{C}$ -ის პირობებში). ეი

$$Q_3 = 25 \times 2609,5 = 65237,5 \text{ კჯ.}$$

სითბური ბალანსის გასაყალი ნაწილი:

1. მშრალი გენერატორული აირის თბოუნარიანობა (დაწვის სითბო)

$$Q_4 = 100 \times 1,943 \times 6900 = 1340670 \text{ კჯ.}$$

2. მშრალი გენერატორული აირის ფიზიკური სითბო

$$Q_5 = 100 \times G_{\text{აირ}} \times C_{\text{აირ}} \times t_{\text{აირ}},$$

სადაც $G_{\text{აირ}}, C_{\text{აირ}}, t_{\text{აირ}}$, შესაბამისად, აირგენერატორიდან გამოშვებული გენერატორული აირის რაოდენობა, სითბოტევადობა და ტემპერატურაა. აირგენერატორიდან გამოშვებული გენერატორული აირის ტემპერატურა მიიღება 600°C -ის ტოლად, ხოლო გენერატორული აირის სითბოტევადობა ამ ტემპერატურის დროს გაიანგარიშება ფორმულით

$$\begin{aligned} C_{\text{აირ}} &= 0,01(C_{\text{CO}_2} \cdot \text{CO}_2 + C_{\text{CO}} \cdot \text{CO} + C_{\text{CH}_4} \cdot \text{CH}_4 + C_{\text{C}_2\text{H}_6} \cdot \text{C}_2\text{H}_6 + C_{\text{H}_2} \cdot \text{H}_2 + C_{\text{H}_2\text{S}} \cdot \text{H}_2\text{S} + \\ &+ C_{\text{N}_2} \cdot \text{N}_2) = 0,01(2,0426 \times 6,58 + 1,3584 \times 24,59 + 2,2626 \times 3,06 + 3,0281 \times 0,31 + 1,3089 \times 17,65 + \\ &+ 1,7937 \times 0,38 + 1,3412 \times 47,43) = 0,01(13,44 + 33,40 + 6,92 + 0,94 + 23,10 + 0,68 + 63,61) = \\ &= 0,01 \times 142,09 = 1,4209 \text{ კჯ/(კგ·გრად)}. \end{aligned}$$

მაშინ

$$Q_5 = 100 \times 1,943 \times 1,4209 \times 600 = 165649 \text{ კჯ.}$$

3. გენერატორული აირის ტენის ფიზიკური სითბო

$$Q_6 = G_6 \cdot i_6,$$

სადაც ξ_0, i_0 შესაბამისად, ტენიის რაოდენობა გენერატორულ აირში და მისი ენთალპიაა 600°C -ის დროს. ჩვენ შემთხვევაში $\xi_0 = 27,61\text{კგ}$, $i_0 = (2491,8 + 1,6161 \times 600) = 3461,5 \text{ კჯ/კგ}$, ე.ი.

$$Q_0 = 27,61 \times 3461,5 = 95571 \text{ კჯ.}$$

4. ფისის თბოუნარიანობა გაიანგარიშება მენდელეევის ემპირიული ფორმულით

$$Q_{\text{ფი}}^0 = 339 \cdot C + 1257 \cdot H - 109(O - S) = 339 \times 76,05 + 1257 \times 9,15 - 109(12,83 - 0,1) = 35819 \text{ კჯ/კგ.}$$

მაშინ

$$Q_1 = \xi_{\text{ფ}} \cdot Q_{\text{ფი}}^0 = 3,4976 \times 35819 = 125281 \text{ კჯ.}$$

აქ $\xi_{\text{ფ}} = 3,4976$ გაზიფიკაციის პროცესში მიღებული ფისის რაოდენობაა, კგ.

5. ფისის ფიზიკური სითბო

$$Q_2 = \xi_{\text{ფ}} \cdot (r_{\text{ფ}} + c_{\text{ფ}} + i_{\text{ფ}}),$$

სადაც $r_{\text{ფ}}, c_{\text{ფ}}, i_{\text{ფ}}$ შესაბამისად, ფისის ორთქლადქცევის ფარული სითბო, სითბოტევადობა და ტემპერატურაა, ჩვენ შემთხვევაში $r_{\text{ფ}} = 356 \text{ კჯ/კგ}$, $c_{\text{ფ}} = 2,9 \text{ კჯ/(კგ} \times \text{გრად)}$, $i_{\text{ფ}} = 600^\circ\text{C}$, ე.ი.

$$Q_2 = 3,4976 \times (356 + 2,9 \times 600) = 7331 \text{ კჯ.}$$

6. ძმარმეფას თბოუნარიანობა განისაზღვრება მენდელეევის ემპირიული ფორმულით

$$Q_{\text{ძმ}}^0 = 339 \cdot C + 1257 \cdot H - 109(O - S) = 339 \times 40 + 1257 \times 6,67 - 109 \cdot 53,33 = 16145 \text{ კჯ/კგ.}$$

მაშინ

$$Q_3 = \xi_{\text{ძმ}} \cdot Q_{\text{ძმ}}^0 = 0,4988 \cdot 16145 = 8053 \text{ კჯ.}$$

7. ამიაკის თბოუნარიანობა

$$Q_{10} = 0,272 \times 22207 = 6040 \text{ კჯ.}$$

8. წატაცებული ნაწილის თბოუნარიანობა.

ტუბულ-შაორის საბადოს ქვანახშირის თბოუნარიანობა $Q_{\text{წ}}^0 = 19017 \text{ კჯ/კგ}$. რადგან სათბობის წატაცებული ნაწილი აბსოლუტურად მშრადლი ქვანახშირია, ამიტომ მისი თბოუნარიანობა იქნება

$$Q_7 = 19017 \times 100 / (100 - 13) = 21859 \text{ კვ/კბ.}$$

მონაცემების მიხედვით სათბობის წატაცებული ნაწილი შეადგენს 1,82 კვ-ს, მაშინ

$$Q_{11} = 1,82 \times 21859 = 39783 \text{ კვ/კბ.}$$

9. წილის თბოუნარიანობა.

წილის საერთო რაოდენობაში, რომელიც 32,1 კვ-ია, შედის 4,8156 კვ ნახშირბადი და 0,2592 კვ გოგირდი. თუ ჩათვლით, რომ ნახშირბადის თბოუნარიანობა 34178 კვ/კვ-ია, ხოლო გოგირდისა - 10475 კვ/კვ, მივიღებთ

$$Q_{12} = 4,8156 \times 34178 + 0,2592 \times 10475 = 164588 + 2715 = 167303 \text{ კვ/კვ.}$$

ტყეული-შაორის ქვანახშირის გაზიფიკაციის პროცესის სითბური ბალანსი 100 კვ სათბობისათვის წარმოდგენილია 4.23 ცხრილში

(ცხრილი 4.23

ტყეული-შაორის ქვანახშირის გაზიფიკაციის პროცესის
სითბური ბალანსი (100 კვ სათბობზე)

№	დასახელება	აღრიშენა	სიდიდე	
			კვ	%
I	შემოსავალი			
	1 სათბობის თბოუნარიანობა	Q_1	1901700	96,3
	2 შრალი ატმოსფერული ჰაერის ფიზიკური სითბო	Q_2	8390	0,4
	3 წყლის ორთქლის ფიზიკური სითბო	Q_3	65238	3,3
II	ჯამი		1975328	100
	გასავალი			
	1 შრალი გენერატორული აირის თბოუნარიანობა	Q_4	1340670	67,87
	2 შრალი გენერატორული აირის ფიზიკური სითბო	Q_5	165649	8,386
	3 გენერატორული აირის ტენის ფიზიკური სითბო	Q_6	95571	4,838
	4 ფისის თბოუნარიანობა	Q_7	125281	6,342
	5 ფისის ფიზიკური სითბო	Q_8	7331	0,371
	6 ძმარმავას თბოუნარიანობა	Q_9	8053	0,408
	7 ამიაკის თბოუნარიანობა	Q_{10}	6040	0,306
	8 წატაცებული ნაწილის თბოუნარიანობა	Q_{11}	39783	2,014
III	9 წილის თბოუნარიანობა	Q_{12}	167303	8,47
	ჯამი		1955681	99,005
VI	10 სითბოს დანაკარგები გენერატორის კედლებიდან	Q_{13}	19647	1,0
	ბ ა ლ ა ნ ს ი		1975328	100

4.4 გენერატორული აირის ენერგეტიკულ სათბობად გამოყენების პერსპექტივები

მყარი სათბობის, როგორც გენერატორული აირების საწყისი ნედლეულის, შეფასებისა და აირგენერატორული პროცესების გაანგარიშების ძირითადი მიზანია გენერატორული აირების შედგენილობის, მათი თბოუნარიანობისა და კუთრი გამოსავლიანობის განსაზღვრა.

ნახშირების, როგორც საწვავი აირების საწყისი ნედლეულის, შეფასების დროს მათი ფიზიკურ-ქიმიური, მექანიკური, თბოტექნიკური და სხვა მახასიათებლების დადგენის ვარდა, აუცილებელია გაზოფიკაციის მეთოდებისა და საგაზოფიკაციო რეაგენტების (პაერი, ორთქლი, პაერისა და ორთქლის ნარევი, ტექნიკური ჯანგბადით გამდიდრებული პაერი, ტექნიკური ჯანგბადისა და ორთქლის ნარევი და სხვ.) მრავალფეროვნების გათვალისწინება. განსხვავება გაზოფიკაციის მეთოდებს შორის მიღწეად დიდია, რომ ნახშირები, რომლებიც სრულიად ექვემდებარება გაზოფიკაციის ერთ რომელიმე ტექნოლოგიას და სრულიად უზრუნველყოფს საჭირო ხარისხის გენერატორული აირის მიღებას, ძალიან ხშირად აბსოლუტურად გამოუსადეგარია გაზოფიკაციის სხვა მეთოდისათვის [64].

აქედან გამომდინარე, გენერატორული აირების შედგენილობა ერთმანეთისაგან შეიძლება განსხვავდებოდეს არა მარტო სხვადასხვა სათბობის, არამედ ერთი და იმავე სახის სათბობის გაზოფიკაციის დროსაც კი. ეს განსხვავება განპირობებულია აირგენერატორების კონსტრუქციის თავისებურებით, მათი მუშაობის რეჟიმებით და ექსპლუატაციის პირობებით, სათბობის მომზადების სქემით, სათბობში აქროლადების შემცველობით და სხვ. აღსანიშნავია, რომ აირგენერატორის აღდგენის ზონიდან გამოსული საწვავი აირების შედგენილობა თითქმის არ განსხვავდება ერთმანეთისაგან სხვადასხვა სახის სათბობისათვის და მხოლოდ მშრალი გამოხდის ზონის აირებთან შერევის შემდეგ იცვლება ეს შედგენილობა კონკრეტული სათბობის პარამეტრების მიხედვით [76].

გენერატორული აირის შედგენილობის ცვლილებასთან ერთად იცვლება მათი თბოუნარიანობაც. თბოუნარიანობის მიხედვით გენერატორული აირები სამ ჯგუფად იყოფა (ცხრილი 4.24). პირველ ჯგუფს მიეკუთვნება აირები მაღალი თბოუნარიანობით (15073 კჯ/მ³-ზე ზემოთ). ამ ჯგუფის აირების შედარებით მაღალი თბოუნარიანობა განპირობებულია მათში მეთანის მაღალი და აზოტის დაბალი შემცველობით. საგაზოფიკაციო რეაგენტად აქ გამოყენებულია ორთქლისა და ჯანგბადის ნარევი, რომელიც მაღალი წნევის ქვეშ მიეწოდება აირგენერატორს.

მეორე ჯგუფს მიეკუთვნება გენერატორული აირები, რომელთა საშუალო თბოუნარიანობა 9211-11723 კჯ/მ³ ფარგლებში იცვლება. საგაზოფიკაციო რეაგენტებად ამ შემთხვევაში გამოყენებულია ორთქლი ან ორთქლისა და ჯანგბადის ნარევი. ეს აირები, პირველი ჯგუფის აირების მსგავსად, ცოტა აზოტს და ნახშირჟანგისა და წყალბადის მნიშვნელოვან რაოდენობას შეიცავს, რაც იმაზე მიუთითებს, რომ მათ წარმოქმნაში პაერი არ მონაწილეობს. ეს აირები ძირითადად გამოიყენება როგორც ქიმიური ნედლეული. ისინი ლითონების შედუღებისა და ჭრის დროსაც გამოყენებიან.

მესამე ჯგუფი აერთიანებს დაბალი თბოუნარიანობის გენერატორულ აირებს (6699 კჯ/მ³-მდე). მათი მიღება ხდება მყარი სათბობის ურთიერთმიქმედებით პაერთან ან პაერისა და ორთქლის ნარევთან, ე.ი. ისეთ რეაგენტებთან, რომლებიც შეიცავს ბალასტური აირების, ძირითადად აზოტის, დიდ რაოდენობას. შესაბამისად მიიღება საპაერო ან შერეული გენერატორული აირები, რომლებიც ხასიათდება აზოტის მაღალი და CO-ს, CO₂-ისა და H₂-ის ცვალებადი შემცველობით. მათი გამოყენება შესაძლებელია როგორც ტექნოლოგიური, ისე ენერგეტიკული მიზნებისათვის [65;77].

გენერატორული აირების კუთრი გამოსავლიანობა, ისევე როგორც მათი შედგენილობა და თბოუნარიანობა, დამოკიდებულია საწყისი მყარი სათბობის მახასიათებლებზე, გაზოფიკაციის ტექნოლოგიასა და საგაზოფიკაციო რეაგენტების თავისებურებებზე, ხოლო გაზოფიკაციის ეფექტურობა, ანუ გენერატორული აირის ენერგეტიკულ სათბობად გამოყენების შესაძლებლობა სწორედ მათი თბოუნარიანობისა და კუთრი გამოსავლიანობის ერთობლიობით განისაზღვრება (ცხრილი 4.25).

გენერატორული აირების კლასიფიკაცია

აირის დასახელება	საგაზო- ფიკაციო რეაგენტი	CO+H ₂ -ის შემცვე- ლობა, %-ში	აირის დანაწილება	თბოუნარიანობა, კჯ/კგ	
				უმაღლესი Q _წ	უდაბლესი Q _ქ
აირები მაღალი თბოუნარიანობით: ჩახეურად კოქსის აირი — კოქსის აირი — ორთქლკანგბადიანი (2,0-2,5 მგა წნევის ქვეშ) —	ორთქლი + კანგბადი	77-80	სათბობი, ქიმიური ნედლეული	25121-33494 17585-18841 16957-17794	22190-29308 15491-16747 15073-15910
აირები საშუალო თბოუნარიანობით: ორმაგი წყალაირი — წყალაირი — ორთქლკანგბადიანი აირი: ა) ნატეხი სათბობისაგან — ბ) წერილდისპერსული სათბობისაგან —	ორთქლი, ორთქლი + კანგბადი	65-73	ქიმიური ნედლეული	12770-13398 11095-11514 10467-11095 10048-10383	11304-11723 10048-10467 9630-10258 9211-9420
აირები დაბალი თბოუნარიანობით: შერეული აირი: ა) ბიტუმიანი სათბობისაგან — ბ) შტელ სათბობისაგან — საძვერო აირი — საქერძის აირი: ა) ხის ნახშირის — ბ) კოქსის — მეწისქვეშა გაზიფიკაციის აირი —	პაერი + ორთქლი, პაერი	32-34 40-43	სათბობი, ქიმიური ნედლეული	6155-6992 5150-5359 4187-4396 4710-5527 3831-4647 3558-4606	5820-6490 4815-5066 4145-4312 4480-5296 3768-4564 3098-4103

როგორც 4.25 ცხრილიდან ჩანს, დაბალი თბოუნარიანობის გენერატორული აირებისათვის გაზიფიკაციის სასარგებლო სითბო საწყისი მყარი სათბობის თბოუნარიანობის 50-70%-ს შეადგენს, მაშინ როდესაც საშუალო თბოუნარიანობის გენერატორული აირებისათვის ეს სიდიდე 60-80%-ის ფარგლებში იცვლება [77-78].

რაც შეეხება მაღალი თბოუნარიანობის გენერატორულ აირებს, მათთვის გაზიფიკაციის სასარგებლო სითბომ შეიძლება საწყისი სათბობის დაწვის სითბოსაც კი გადააჭარბოს. მაგალითად, ბერეზოვსკის მურა ნახშირის მტერის გაზიფიკაციის დროს წნევის ქვეშ კანგბადის მიწოდებით, გენერატორული აირის გამოსავლიანობა 1,59 მ³/კგ-ია, ხოლო მისი თბოუნარიანობა – 9390 მჯ/მ³. საწყისი სათბობის ტენიანობა 38%-ია, ნაცრინობა – 7,4%, გოგირდის შემცველობა – 0,3%, ხოლო მუშა მასის თბოუნარიანობა – 13600 კჯ/კგ. 1 კგ ნახშირის გაზიფიკაციაზე იხარჯება 0,71 კგ კანგბადი. გენერატორული აირის შედგენილობა: CO=55,45%; H₂=22,2%; CO₂=9,0%; H₂O=12,3%; N₂=1,0%; H₂S=0,175%.

გაზიფიკაციის ეს ტექნოლოგია დამუშავებულია შვარცე პუმპეს აირკომბინატის სამეცნიერო-კვლევით ცენტრში (გერმანია), სადაც აგებულ იქნა საცდელ-სამრეწველო საგაზიფიკაციო დანადგარი. ამ დანადგარზე ჩატარებული მრავალრიცხოვანი ექსპერიმენტული და თეორიული გამოკვლევების საფუძველზე დადგენილია, რომ ნახშირის მტერის გაზიფიკაციის დროს წნევის ქვეშ კანგბადის მიწოდებით შესაძლებელია, გენერატორული აირის თბოუნარიანობამ საწყისი მყარი სათბობის თბოუნარიანობის 75-85%-ს მიაღწიოს [47;79].

გენერატორული აირების თბოუნარიანობისა და კუთრი გამოსავლიანობის
თანაფარდობა ზოგიერთი მყარი სათბობისათვის

გენერატორული აირისა და მყარი სათბობის დასახელება	მყარი სათბობის თბო- უნარიანობა $Q_{\text{მყ}}$ კვ/კგ	გენერატორული აირის თბოუნარიანობა $Q_{\text{გა}}$ კვ/კგ	გენერატორული აირის კუთრი გამოსავლიანო- ბა h კვ/კგ	გაზოციკლის სასაბუჯგულო სითბო კვ/კგ	გაზოციკლის მე კოეფიციენტი
შერეული აირი:					
ბაბავესკის მურა					
ნახშირი	18841	4258	2,39	$4258 \cdot 2,39 = 10177$	$10177/18841 = 0,54$
არტემოვსკის მურა					
ნახშირი	19963	4358	2,29	$4358 \cdot 2,29 = 9981$	$9981/19963 = 0,50$
რაიჩინსკის მურა					
ნახშირი	20725	4518	2,66	$4518 \cdot 2,66 = 12017$	$12017/20725 = 0,58$
ტუბულუს ქვანახშირი- აბორფი	19017 14243	6900 6879	1,94 1,38	$6900 \cdot 1,94 = 13386$ $6879 \cdot 1,38 = 9493$	$13386/19017 = 0,70$ $9403/14243 = 0,66$
ანთრაციტი	28031	5150	4,1	$5150 \cdot 4,1 = 21114$	$21114/28031 = 0,75$
მურკანი	12142	6531	1,3	$6531 \cdot 1,3 = 8491$	$8491/12142 = 0,70$
ქვანახშირი	26963	5820	3,2	$5920 \cdot 3,2 = 18523$	$18623/26963 = 0,69$
ქვალაირი:					
ქვანახშირის კოქსი	27214	10383	1,63	$10383 \cdot 1,63 = 16925$	$16925/27214 = 0,62$
ანთრაციტი	30731	10111	1,97	$10111 \cdot 1,97 = 19919$	$19919/30731 = 0,65$
ნახევრად კოქსი	23530	10216	1,38	$10216 \cdot 1,38 = 14098$	$14098/23530 = 0,60$
ქვანახშირი	25749	11765	1,38	$11765 \cdot 1,38 = 16236$	$16236/25749 = 0,63$
მურა ნახშირის ბრიკეტი	21771	11346	1,15	$11346 \cdot 1,15 = 13048$	$13048/21771 = 0,60$
ორთქლანებადობანი					
ქვანახშირის კოქსი	27800	9002	2,47	$9002 \cdot 2,47 = 22234$	$22234/27800 = 0,80$
Floris ნახშირზე					
ანებადობი					
გამოღორქებული ძაბრე ანთრაციტის ლერლილი	19820	11346	1,45	$11346 \cdot 1,45 = 16451$	$16451/19820 = 0,83$
ორთქლანებადობანი (20-25 მგ/ს წნევის ქვეშ)					
ბერეზოვსკის მურა ნახშირის მტვერი	13600	9390	1,59	$9390 \cdot 1,59 = 14930$	$14930/13600 = 1,1$

როგორც ცნობილია, ნახშირით მომუშავე ტრადიციული კონდენსაციური
ორთქლტურბინიანი თბოელექტროსადგურისათვის (თეს) სათბობის ხარჯი
განისაზღვრება ტოლობით

$$B = N_{\text{სად}} / (h_{\text{სად}} \cdot Q_{\text{გა}}^{\circ}), \text{ კვ/წმ}, \quad (4.40)$$

სადაც $N_{\text{სად}}$ არის თესის სიმძლავრე, კვტ; $h_{\text{სად}}$ -თესის მე კოეფიციენტი; $Q_{\text{გა}}^{\circ}$ -
მყარი სათბობის მუშა მასის უდაბლესი თბოუნარიანობა (დაწვის სითბო), კვ/კგ.
კომბინირებული ორთქლაირიანი თესების დანერგვის შემთხვევაში მყარი
სათბობის შიგადაცხურით გაზოფიკაციით, მოცემული სათბობის ხარჯის
განსაზღვრისათვის უკანასკნელი ტოლობის საფუძველზე შეგვიძლია დაეწეროთ:

$$N_{\text{საღ}}/(\dot{r}_{\text{საღ}} \cdot Q_1) = B_1 \cdot M = V_1; \quad (4.41)$$

$$N_{\text{საღ}}/(\dot{r}_{\text{საღ}} \cdot Q_2) = V_2/M = B_2, \quad (4.42)$$

სადაც Q_1 მოცემული მყარი სათბობის თბოუნარიანობაა, კჯ/კგ; B_1 – მოცემული მყარი სათბობის ხარჯი, კჯ/წმ; M – მოცემული მყარი სათბობის გაზიფიკაციით მიღებული გენერატორული აირის გამოსავლიანობა, მ³/კგ; V_1 – გაზიფიკაციით მიღებული გენერატორული აირის ხარჯი, მ³/წმ; Q_2 – გენერატორული აირის თბოუნარიანობა კჯ/მ³; V_2 – გენერატორული აირის თბოუნარიანობის მიხედვით განსაზღვრული გენერატორული აირის ხარჯი, მ³/წმ; B_2 – გენერატორული აირის თბოუნარიანობის მიხედვით განსაზღვრული საწყისი მყარი სათბობის ხარჯი, კჯ/წმ.

თუ გავითვალისწინებთ, რომ $Q_2 = KQ_1$, მარტივი გარდაქმნების შემდეგ საგაზიფიკაციო მყარი სათბობის ხარჯი შეიძლება განისაზღვროს შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$B_2 = N_{\text{საღ}}/(\dot{r}_{\text{საღ}} \cdot M \cdot K \cdot Q_1), \text{ კჯ/წმ}, \quad (4.43)$$

სადაც $N_{\text{საღ}}$ არის თესის სიმძლავრე, კტ; $\dot{r}_{\text{საღ}}$ – თესის მქ კოეფიციენტი; M – მოცემული მყარი სათბობის გაზიფიკაციით მიღებული გენერატორული აირის გამოსავლიანობა, მ³/კგ; K – გენერატორული აირის თბოუნარიანობის პროცენტული სიდიდე საწყისი მყარი სათბობის თბოუნარიანობის მიმართ, %; $Q_1 = Q_{\text{ჯ}}$ – საწყისი მყარი სათბობის თბოუნარიანობა, კჯ/კგ.

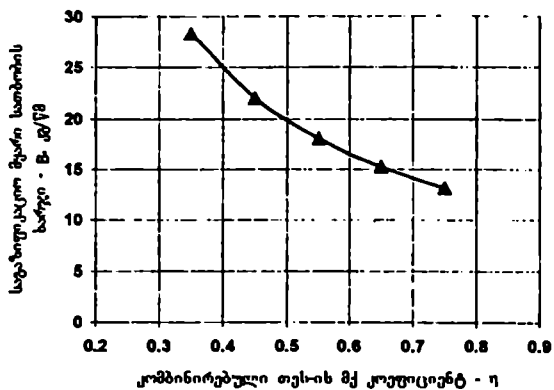
ტყიბული-შაორის საბადოს ქვანახშირის დაწვის დროს 125 მეგტ სიმძლავრის ტრადიციულ ორთქლტურბინიან თესში, რომლის მქ კოეფიციენტი ნატურალური სათბობის ხარჯი $B = 125000/(0.35 \cdot 17933) = 19,91$ კჯ/წმ.

იმავე სიმძლავრისა და მქ კოეფიციენტის მქონე კომბინირებულ თესში ტყიბული-შაორის საბადოს ქვანახშირის შიგაცოკლური გაზიფიკაციის დროს, როდესაც $M = 1,94$ კჯ/მ³ და $K = 0,36$ -ს (ცხრილი 4.24), საგაზიფიკაციო სათბობის ხარჯი $B_2 = 125000/(0.35 \cdot 1,94 \cdot 0,36 \cdot 17933) = 28,28$ კჯ/წმ, 8,37 კჯ/წმ-ით მეტია ორთქლტურბინიანი თესის სათბობის ხარჯთან შედარებით. ეს იმას ნიშნავს, რომ აღნიშნულ კონკრეტულ შემთხვევაში მყარი სათბობის გაზიფიკაციის ეს ტექნოლოგია სრულიად მიუღებელია. მაგრამ თუ გავითვალისწინებთ, რომ კომბინირებული ენერგობლოკების ეფექტურობა მნიშვნელოვნად აღემატება ორთქლტურბინიანი თესების ეკონომიკურ მანევრებლეს, შესაძლებელია შეირჩეს მქ კოეფიციენტის ისეთი მნიშვნელობა, როდესაც უზრუნველყოფილი იქნება გამოყენება მნიშვნელოვნად შეამცირებს საგაზიფიკაციო მყარი სათბობის ხარჯს.

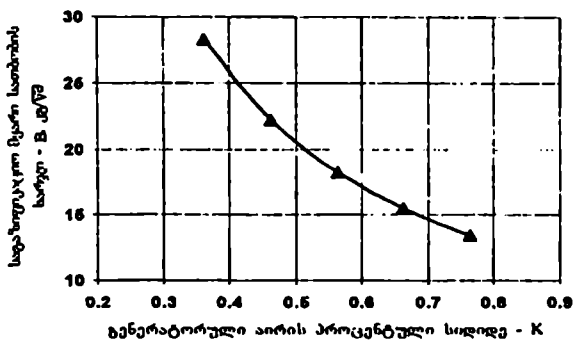
ტყიბული-შაორის საბადოს საგაზიფიკაციო ქვანახშირის ხარჯის დამოკიდებულება კომბინირებული თესის მქ კოეფიციენტზე, როცა გენერატორული აირის გამოსავლიანობა $M = 1,94$ კჯ/მ³ და მისი თბოუნარიანობის პროცენტული სიდიდე $K = 0,36$ %, მოცემულია 4.7 ნახაზზე. როგორც ნახაზიდან ჩანს, შერეული გენერატორული აირის გამოყენება ეფექტური იქნება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც კომბინირებული თესის მქ კოეფიციენტი 50%-ს აღემატება.

საგაზიფიკაციო მყარი სათბობის ხარჯის შემცირებას განაპირობებს აგრეთვე გენერატორული აირის M გამოსავლიანობისა და მისი თბოუნარიანობის პროცენტული K სიდიდის ზრდაც. მაგალითად, ტყიბული-შაორის საბადოს საგაზიფიკაციო ქვანახშირის ხარჯის დამოკიდებულება გენერატორული აირის თბოუნარიანობის პროცენტულ K სიდიდესზე, როცა კომბინირებული თესის მქ კოეფიციენტი $\dot{r}_{\text{საღ}} = 0,35$ და გენერატორული აირის გამოსავლიანობა $M = 1,94$ კჯ/მ³,

მოცემულია 4.8 ნახაზზე. როგორც ნახაზიდან ჩანს, ქვანახშირის გაზიფიკაცია უფექტური იქნება იმ შემთხვევაში, როდესაც გენერატორული აირის თბოუნარიანობა ქვანახშირის თბოუნარიანობის 53%-ზე მეტი იქნება.



ნახ.4.7. საგაზოფიკაციო მქარი სათბობის B ხარჯის დამოკიდებულება კომბინირებული თესის η მქ კოეფიციენტზე გენერატორული აირის გამოსავლიანობისა $M=1,94$ მ³/კ და მისი თბოუნარიანობის პროცენტული სიდიდის $K=0,363$ მუდმივი მნიშვნელობების დროს

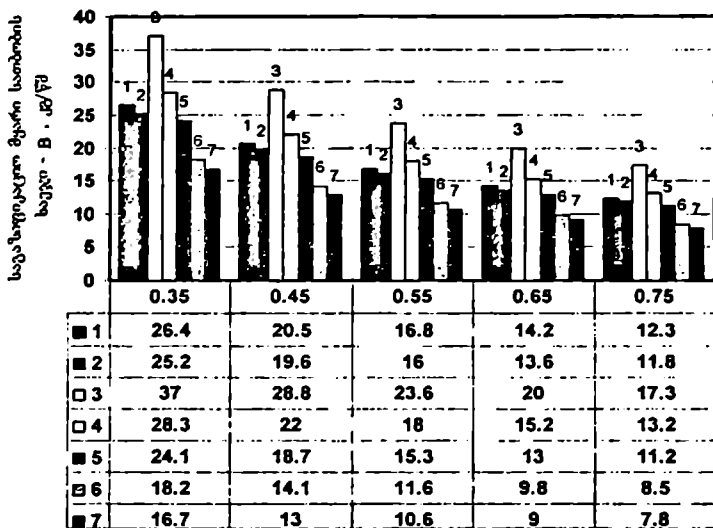


ნახ.4.8. საგაზოფიკაციო მქარი სათბობის B ხარჯის დამოკიდებულება გენერატორული აირის თბოუნარიანობის პროცენტულ K სიდიდეზე, მისი გამოსავლიანობის $M=1,94$ მ³/კ და თესის მქ კოეფიციენტის $\eta=0,35$ მუდმივი მნიშვნელობების დროს

კომბინირებული თესის მქ კოეფიციენტის, გენერატორული აირის კუთრი გამოსავლიანობისა და მისი თბოუნარიანობის პროცენტული სიდიდის მნიშვნელობების სხვადასხვა ერთობლიობით შესაძლებელია შეირჩეს გაზიფიკაციის ისეთი ტექნოლოგია, რომელიც საშუალებას მოგვცემს ყველაზე

უფრო ვეფექტურად გამოვიყენოთ ადგილობრივი მყარი სათბობი. მაგალითად, ტყიბული-შაორის საბადოს ქვანახშირის მტერის გაზიფიკაციის დროს წნევის ქვეშ ეანგბადის მიწოდებით, გენერატორის აირის გამოსავლიანობამ შეიძლება შეადგინოს $M=1.59 \text{ მ}^3/\text{კვ. სოლო გენერატორის აირის წვის სითბომ} - \text{ქვანახშირის წვის სითბოს } 75-85\%$. ამ შემთხვევაში საგაზიფიკაციო ქვანახშირის ხარჯი კომბინირებული თვისსათვის, რომლის მქ კოეფიციენტი $\eta_{\text{საღ}}=0.35$, ტოლი იქნება $B_2=125000/(0.35 \cdot 1.59 \cdot 0.75 \cdot 17933) = 16.7 \text{ კვ/წმ}$, რაც 3.21 კვ/წმ-ით ნაკლებია ორთქლტურბინიანი თვისს სათბობის ხარჯთან შედარებით.

საგაზიფიკაციო მყარი სათბობის ხარჯის დამოკიდებულება კომბინირებული თვისს მქ კოეფიციენტზე გენერატორული აირის კუთრი გამოსავლიანობისა და მისი თბოუნარიანობის პროცენტული სიდიდის სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის მოცემულია 4.9 ნახაზზე.

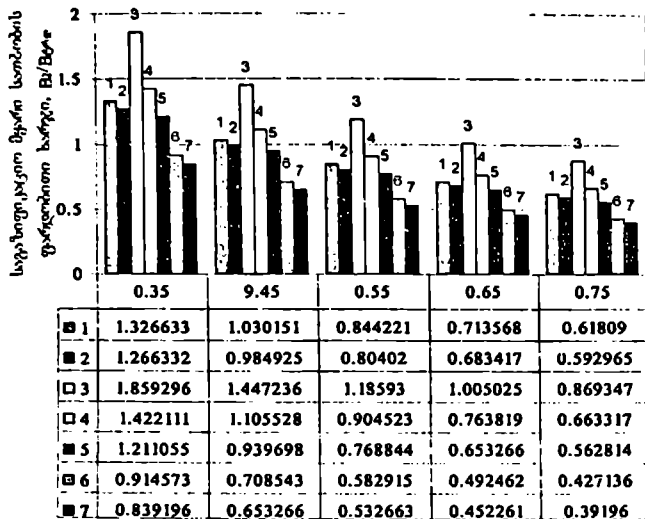


კომბინირებული თვისს მქ კოეფიციენტი - η

ნახ.4.9. საგაზიფიკაციო მყარი სათბობის B_2 ხარჯის დამოკიდებულება კომბინირებული თვისს η მქ კოეფიციენტზე, როდესაც:

- 1- $M=4.1 \text{ მ}^3/\text{კვ. } K=0.184$; 2- $M=2.47 \text{ მ}^3/\text{კვ. } K=0.32$;
 3- $M=2.39 \text{ მ}^3/\text{კვ. } K=0.225$; 4- $M=1.94 \text{ მ}^3/\text{კვ. } K=0.363$;
 5- $M=1.45 \text{ მ}^3/\text{კვ. } K=0.57$; 6- $M=1.59 \text{ მ}^3/\text{კვ. } K=0.69$;
 7- $M=1.59 \text{ მ}^3/\text{კვ. } K=0.75$

საგაზიფიკაციო მყარი სათბობის ფარდობითი ხარჯის ($B_2/B_{\text{ტრლ}}$, სადაც $B_{\text{ტრლ}}$ სათბობის ხარჯია ტრადიციული ორთქლტურბინული თვისსათვის) დამოკიდებულება კომბინირებული თვისს მქ კოეფიციენტზე, გენერატორული აირის კუთრი გამოსავლიანობისა და მისი თბოუნარიანობის პროცენტული სიდიდის სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის ნაჩვენებია 4.10 ნახაზზე.



კომბინირებული თესვის მქ კოეფიციენტი - η

ნახ.4.10. საგაზიფიკაციო მყარი სათბობის Bz/Bk ფარდობითი ხარჯის დამოკიდებულება კომბინირებული თესვის η მქ კოეფიციენტზე, როდესაც:
 1-M=4,1 მ³/კგ, K=0,184; 2-M=2,47 მ³/კგ, K=0,32; 3-M=2,39 მ³/კგ, K=0,225;
 4-M=1,94 მ³/კგ, K=0,363; 5-M=1,45 მ³/კგ, K=0,57; 6-M=1,59 მ³/კგ, K=0,69;
 7-M=1,59 მ³/კგ, K=0,75.

4.9 და 4.10 ნახაზებზე მოცემული გრაფიკების მიხედვით შესაძლებელია განისაზღვროს, გაზიფიკაციის რომელი მეთოდი (ტექნოლოგია) შეესაბამება არსებული მყარი სათბობიდან, როგორც გენერატორული აირის საწყისი ნედლეულიდან, საჭირო დანიშნულებისა და ხარისხის გენერატორული აირის მიღებას, ანუ შესაძლებელია თუ არა ადგილობრივი მყარი სათბობის გაზიფიკაციით მიღებული გენერატორული აირის, როგორც ენერგეტიკული სათბობის, გამოყენება.

აღსანიშნავია, რომ გენერატორული აირის, როგორც ენერგეტიკული სათბობის, გამოყენებას ჯერ კიდევ გასული საუკუნის 50-იან წლებში ჩაუყარა საფუძველი. მეორე მსოფლიო ომის დამთავრების შემდეგ მთელ რიგ ქვეყნებში (ყოფილი სსრკ, აშშ, იუგოსლავია, გერმანია, ინგლისი, ავსტრალია და სხვ.) შეიქმნა გენერატორული აირის წარმოების ინდუსტრია და ათეისებულ იქნა მურა და ქვანახშირებისაგან მაღალკალორიული აირების წარმოების ტექნოლოგია. ყოფილი სსრ კავშირის ტერიტორიაზე 1958 წლისათვის მოქმედებდა 2500-მდე სხვადასხვა ტიპის აირგენერატორი და ყოველწლიურად 15 მლნ ტონაზე მეტი ნახშირი ექვემდებარებოდა გაზიფიკაციის პროცესს. მოსკოვქვედა მურა ნახშირზე მომუშავე შეკინსკის ქარხანა წლების მანძილზე უზრუნველყოფდა ქ. მოსკოვის აირმომარაგებას [77].

60-იანი წლების დასაწყისისათვის სათბობ-ენერგეტიკულ ბალანსში ბუნებრივი აირისა და თხევადი სათბობის წილის მნიშვნელოვნმა ზრდამ განაპირობა გენერატორული აირების წარმოების მკვეთრი შემცირება.

მე-20 საუკუნის ბოლო ათწლეულში კომბინირებული თესვის სწრაფი ტემპებით განვითარებასთან დაკავშირებით მყარი სათბობის შიგაჯიკლურმა გაზიფიკაციამ კელაე მიიქცია სპეციალისტების ყურადღება. 1993 წლის შემდეგ მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყანაში ექსპლუატაციაში შევიდა 18 თესი შიგაჯიკლური გაზიფიკაციით, რომელთა სიმძლავრე 60...300 მეტრ ფარგლებში იცვლება [80]. გენერატორული აირების მოხმარების დინამიკა მსოფლიო მასშტაბით მოცემულია 4.26 ცხრილში.

ცხრილი 4.26

გენერატორული აირის მოხმარების დინამიკა მსოფლიოში

გამოყენების სფერო	2001 წ		2004 წლის ბოლო	სიმძლავრეების მატება 2002-2004 წწ. %
	მეტრ (აირის დაწვის სითბოს მიხედვით)	%	მეტრ (აირის დაწვის სითბოს მიხედვით)	
ქიმიური მრეწველობა	18 000	45	5 000	9,3
ელექტროენერგიის წარმოება (შიგაჯიკლური გაზიფიკაცია)	12 000	30	11 200	31,0
სინთეზური თხევადი სათბობის წარმოება	10 000	25	0	0
სულ	40 000	100	16 200	13,3

ცხრილში მოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს, თუ რაოდენ მნიშვნელოვან როლს შეასრულებს მყარი სათბობის გაზიფიკაცია ელექტროენერგიის წარმოებაში.

მხარი საბოგის ბაზიფიკაციის თანამეფროვე ტაქნოლოგიები ენერგეტიკაში

თბოელექტროსადგურებში (თესებში) მყარი საბოგის ბაზიფიკაციის პრაქტიკული გამოყენების ანალიზის საფუძველზე დადგინდა, რომ ნახშირზე მომუშავე კომბინირებული ორთქლიარიანი დანადგარების საიმედო და ეკონომიური მუშაობის უზრუნველსაყოფად აუცილებელია ბაზიფიკაციის პროცესის შესაქეზება ელექტროენერგიის უშუალო წარმოებასთან, ანუ ნახშირების შიგაიკლური ბაზიფიკაციის განხორციელება.

გენერატორული აირის ავტონომიური წარმოება და მისი შემდგომი ტრანსპორტირება თესებში დაეგმობრებულია საბოგის გამოყენების საერთო ეფექტურობის შემცირებასთან და კაპიტალური და საექსპლუატაციო ხარჯების გაზრდასთან.

თესების მუშაობის საერთო მაჩვენებლების გაუარესება შეიძლება აგრეთვე მყარი საბოგის ე.წ. „ნაწილობრივი“ ბაზიფიკაციის დროსაც, როდესაც ნახევრად კოქსის აირადი ნაწარმი მიეწოდება აირის ტურბინას, ხოლო ნახევრად კოქსი უშუალოდ იწვის ქვების საცეცხლე კამერაში.

ადგილობრივი საბადოს ნახშირების, როგორც გენერატორული აირის საწარმოო საწყისი ნედლეულის, შერევის დროს, დღის წესრიგში დგება მთელი რიგი აქტუალური საკითხების გადაწყვეტა, კერძოდ: რომელი გენერატორული აირის მისაღებად შეიძლება გამოვიყენოთ ეს ნახშირები, წინასწარი მომზადების რა სტადიები უნდა გაიაროს საბოგმა, რამდენად უზრუნველყოფს მოცემული საბოგი ბაზიფიკაციის ნორმალური მაჩვენებლების მიღებას, შესაძლებელია თუ არა ამა თუ იმ მეთოდით მიღებული გენერატორული აირების პრაქტიკული გამოყენება და, რაც მთავარია, რომელი მეთოდით შეიძლება მოცემული საბოგის ბაზიფიკაცია.

ცნობილია ნახშირების ბაზიფიკაციის სამი ყველაზე უფრო გავრცელებული მეთოდი: ბაზიფიკაცია მკერვი შრეში (ლურგის მეთოდი), ბაზიფიკაცია მდულარე შრეში (ვინკლერის მეთოდი) და ბაზიფიკაცია აირმტერიან ნაკადში. ეს უკანასკნელი აირგენერატორში მიწოდებული ნახშირის მდგომარეობის მიხედვით თავის მხრივ კიდევ ორ ჯგუფად იყოფა: მშრალი ნახშირის მტერის ბაზიფიკაცია (GSP, Shell-ისა და Prenflo-ს მეთოდები) და ნახშირწყლიანი სუსპენზიის ბაზიფიკაცია (Texaco-სა და Dow Chemical-ის მეთოდები).

აირგენერატორში მიწოდებული ნაკადის მოძრაობის ხასიათის მიხედვით განასხეავენ ბაზიფიკაციას დამავალ (Texaco-სა და GSP-ს მეთოდები) და აღმავალ ნაკადში (Dow Chemical-ის, Shell-ისა და Prenflo-ს მეთოდები) [8].

დიდ ყურადღებას იქცევს აგრეთვე ნახშირების ბაზიფიკაცია წილის ნაღნობში.

კომბინირებულ ორთქლიარიან დანადგარებში ნახშირების შიგაიკლური ბაზიფიკაციის პროცესი ხორციელდება სხედასხე ტიპისა და მწარმოებლობის აირგენერატორებში, რომელთა მუშაობის ეფექტურობა ფახდება შემდეგი მაჩვენებლებით:

- ბაზიფიკაციის პროცესის მაღალი ინტენსიურობა და ცალკეული დანადგარის მაღალი მწარმოებლობა (60 ტ/სთ და მეტი). გარდა დროის ერთეულში გამოყოფილი გენერატორული აირის ან აირგენერატორში ჩატვირთული მყარი საბოგის რაოდენობისა, აირგენერატორის მწარმოებლობის ერთეულად მიღებულია აირგენერატორის შახტის კვეთის დაბახულობა კვ/(მ²სთ);

- გამოსადგეგობა რიგითი ენერგეტიკული სათბობების გადასამუშავებლად (დაბალხარისხიანი მურა ნახშირები, საწვავი ფოქლები, ქვანახშირის წერილმანი და სხე);
- გენერატორის აირში მტერისა და ფისის მინიმალური შემცველობის უზრუნველყოფა;
- გაზიფიკაციის პროცესის 1,5...3,0 მგ/ა წნევის ქვეშ წარმართვის უზრუნველყოფა (წნევის ოპტიმალური მნიშვნელობა შეირჩევა ორთქლადირიანი დანადგარის თბური სქემის თავისებურების მიხედვით);
- აგრეგატის მაღალი სითბური ეკონომიურობა (ორთქლადირიანი დანადგარის თბურ სქემაში მისი ერთობლივი მუშაობის გათვალისწინებით);
- მაღალი მანევრულობა ანუ გაზიფიკაციის პროცესის განხორციელების შესაძლებლობა ორთქლადირიანი დანადგარის დატვირთვების ფართო დიაპაზონში;
- მინიმალური დრო აგრეგატის გაშვება-გაჩერებისათვის;
- მაღალი საიმედოობა და აფეთქებაუსაფრთხოება.

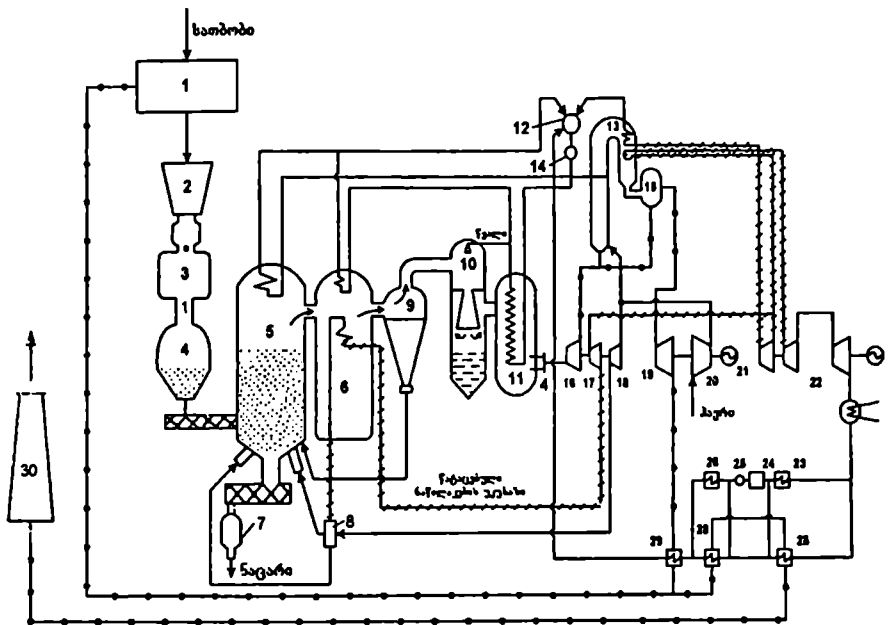
5.1. ნახშირების გაზიფიკაცია მეკრივ და მდულარე შრეებში

როგორც მეკრივ, ისე მდულარე შრეში გაზიფიკაციას ექვემდებარება წერილმარცვლოვანი მყარი სათბობი, ზომებით 1-10 მმ. მეკრივ შრეში მაღალი წნევის ქვეშ ნახშირის გაზიფიკაციისათვის გამოიყენება ლურგის აირგენერატორი. მათი გამოყენება მსხვილ ენერგეტიკულ დანადგარებში არ არის მიზანშეწონილი, უპირველეს ყოვლისა, გაზიფიკაციის პროცესის არასაკმარისი ინტენსიურობის გამო, რომელიც არ აღემატება 2000-2500 კგ/(მ²·სთ). მაგალითად, ქ. ლიუენენს (გერმანია) 170 მეტრ სიმღაერის თესში, რომელიც ნახშირების შვაციკლური გაზიფიკაციით მუშაობს, საჭირო გახდა 3,8 მ დიამეტრის მქონე 5 ლურგის აირგენერატორის დადგმა (ნახ.5.1). გარდა ამისა, ამ აირგენერატორში ხორციელდება აირწარმოქმნის წინაღედინანი პროცესი, რაც დაკავშირებულია მიღებულ აირში ფისოვანი ნივთიერებების წარმოქმნასთან. თვით აირგენერატორის კონსტრუქციაც საკმაოდ რთულია, რადგანაც ის ითვალისწინებს მბრუნავი ელემენტების ჩართვას მაღალ ტემპერატურაზე გაცხელებულ ნახშირის შრეში. ლურგის სამრეწველო აირგენერატორების მწარმოებლობა დამოკიდებულია მათ შიგა დიამეტრზე და და იცვლება 23 ტ/სთ-დან 45 ტ/სთ-მდე ნახშირის მიხედვით.

მდულარე შრეში ნახშირების გაზიფიკაციისათვის გამოიყენება ეინკლერის აირგენერატორი. გაზიფიკაციის პროცესი აქ მიმდინარეობს წნევის ქვეშ, რომელიც ატმოსფერულს უახლოვდება. მიუხედავად იმისა, რომ ეინკლერის აირგენერატორში გაუმჯობესებულია სითბო- და მასაცვლა და აირი არ შვიცავს ფისებს, ის მაინც ხასიათდება მთელი რიგი ნაკლოვანებებით, კერძოდ: გაზიფიკაციის პროცესის დაბალი ინტენსიურობით (დაახლოებით 2500-3000 კგ/(მ²·სთ), წატაცებული სათბობის დიდი რაოდენობით (25-30%), წიდაში ნახშირბადის მაღალი შემცველობით და სხვ. ამის გამო, ეინკლერის აირგენერატორების გამოყენება თბოელექტროსადგურებში არ არის მიზანშეწონილი.

ამ ბოლო დროს ყურადღების ცენტრშია ნახშირის გაზიფიკაციის პროცესის შესწავლა მდულარე შრეში წნევის ქვეშ, რომელიც ერთ-ერთ ყველაზე უფრო პროგრესულ მეთოდად ითვლება. მთელ რიგ ქვეყნებში (აშშ, გერმანია, საფრანგეთი, იაპონია, ყოფილი სსრკ, სამხრეთ აფრიკის რესპუბლიკა) უახლოეს წლებში გათვალისწინებულია აღნიშნული ტექნოლოგიით მომუშავე სამრეწველო დანადგარების აგება და მათი ექსპლუატაციაში შეყვანა.

აღნიშნული დადებითი მომენტები საფუძველი გახდა იმისა, რომ შექმნილიყო 250 მეგეტ სიმძლავრის ორთქლადიანი დანადგარი შიგაციკლური გაზიფიკაციით ПИУ-250, რომელიც 52 ნახაზზეა მოცემული. გაზიფიკაციის პროცესი მდულარე შრეში მიმდინარეობს 2 მგაა წნევის ქვეშ. აირგენერატორის მწარმოებლობა ნიტ/სო-ია. გაზიფიკაციას ექვემდებარება წერილმარცვლოვანი ქვანახშირი ორთქლპაერიანი ნაკადის შებერვით.



ნახ.52. ПИУ-250 ორთქლადიანი დანადგარის სქემა შიგაციკლური გაზიფიკაციით:
 1-სათბობის მოწყობა; 2-ბუნკერი დამსხვრეული ნახშირსათვის; 3-რამპუნკერი;
 4-მგანავი; 5-აირგენერატორი; 6-აირგენერატორის კონვექტორი ნაწილი; 7-ნაცრის
 ბუნკერი; 8-შემრევი; 9-ციკლონი; 10-სკრუბერი; 11-აირგამაცხელებელი; 12-დოლ-
 სეპარატორი; 13-მაღალდაწვეიანი ორთქლგენერატორი; 14-საციკლულო ტუმბო;
 15-დამატებითი წვის კამერა; 16-რეგენერაციული აირის ტურბინა; 17-ორთქლტურბინიანი
 ამპრაი; 18-დამატებითი კომპრესორი; 19-აირის ტურბინა; 20-კომპრესორი; 21-ორთქლის
 ტურბინის მაღალი წნევის ცილინდრი; 22-ორთქლის ტურბინის საშუალო წნევის
 ცილინდრი; 23-დაბალი წნევის შემთბობი; 24-დეაერატორი; 25-მკევაი ტუმბო;
 26-მაღალი წნევის შემთბობი; 27-დაბალი წნევის აირწყლადი შემთბობი; 28-ჩაღლი
 წნევის აირწყლადი შემთბობი; 29-ეკონომიზერი; 30-საკემალი მილი

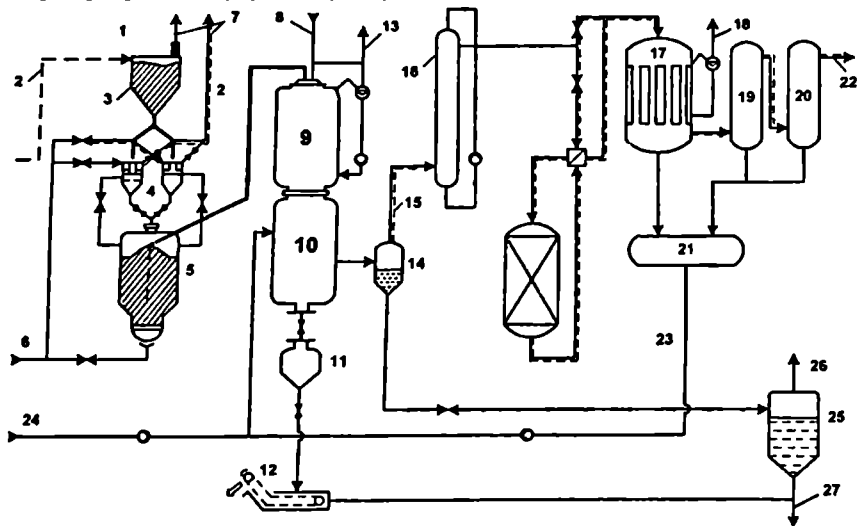
ენერგობლოკის მუშაობის პროცესში გამოვლინდა ზოგიერთი ნაკლოვანება, რომელთაგანაც აღსანიშნავია საკმაოდ მკაცრი პირობების წაყენება სათბობის ფრაქციული შემადგენლობისადმი. სწორედ ამით არის განპირობებული ამ აირგენერატორებში ქვანახშირების გამოყენება და სპეციალური ღონისძიებებისა და მოწყობილობების საჭიროება სათბობში მტერისებრი ფრაქციის შესამცირებლად. აქედან გამომდინარე, მურა ნახშირებზე ამ გენერატორების მუშაობა ღიდ პრობლემებთან არის დაკავშირებული [44;83].

5.2. მშრალი ნახშირის მტერის გაზიფიკაცია აირმტერიან ნაკადში

მშრალი ნახშირის მტერის ნაკადის შიდაციკლური გაზიფიკაციის მეოთხე წნევის ქვეშე ჟანგბადის მიწოდებით დღეისათვის ყველაზე პერსპექტიულად ითვლება და მისი უნიერსალუბრის გამო პრაქტიკულად ნებისმიერი სახის ნახშირის მიმართ გამოიყენება [78].

როგორც გაზიფიკაციის ზემოაღნიშნული ტექნოლოგია, ისე ჩირაღდნული რეაქტორ-აირგენერატორის კონსტრუქცია დამუშავებულია ქ. ფრაიბერგის საბოთბოს ინსტიტუტში, რომელიც წარმოადგენს შვარცე პუმპეს (Schwarze Pumpe) აირკომბინატის სამეცნიერო-საექვე ცენტრს. ტექნოლოგიის დამუშავებაში მონაწილეობა მიიღეს აზოტის მრეწველობის სახელმწიფო სამეცნიერო-საექვეცემა და საპროექტო ინსტიტუტმა (ГИАП) და მოსკოვის ენერგეტიკის ინსტიტუტმა.

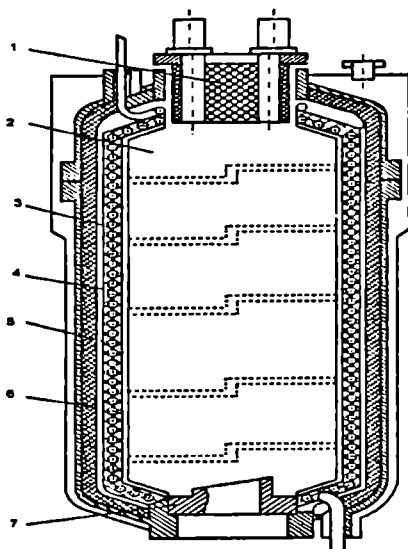
გაზიფიკაციის ახალი მეთოდის ყოველმხრივი სამრეწველო გამოცდისა და სახალხო მეურნეობაში მისი სწრაფი დანერგვის მიზნით შვარცე პუმპეს კომბინატში აგებულ იქნა მსხვილმასშტაბიანი საცდელ-სამრეწველო დანადგარი, რომლის ექსპლუატაცია დაიწყო 1983 წლის დეკემბერში. იგი ბერლინის სრეს-ისათვის გათვალისწინებული საგაზიფიკაციო დანადგარის პროტოტიპია (ნახ. 5.3).



ნახ. 5.3. შვარცე პუმპეს აირკომბინატის საცდელ-სამრეწველო საგაზიფიკაციო დანადგარი: 1 - მტერის მისაწოდებელი სისტემა; 2 - ნახშირის მტერი; 3 - დამხმარე ბუნებრივ ატმოსფერულ წნევის ქვეშე; 4 - რაბის კამერები; 5 - სახარჯო ბუნებრივ; 6 - ნახშირის მტერის მატრანსპორტირებელი აზოტი; 7 - გაწმენდილი აზოტი ატმოსფეროში; 8 - ჟანგბადი და ორთქლი; 9 - რეაქტორ-აირგენერატორი; 10 - რადიაციული აირსაცივარი; 11 - საწიდე რაბი; 12 - წილის ართმევა; 13 - აირგენერატორის გრანებში გამოიშვებული საშუალო წნევის ორთქლი; 14 - სეპარატორი; 15 - ორთქლით გაჯერებული ნედლი აირი; 16 - სერუბერი; 17 - სედაირული აირსაცივარი; 18 - სედაირული აირსაცივარში გამოიშვებული დაბალი წნევის ორთქლი; 19 - აირვული საფეხურის წყლიანი აირსაცივარი; 20 - მეორე საფეხურის წყლიანი აირსაცივარი; 21 - კონდენსატის შემკრები; 22 - ნედლი აირი გაუფორდობაზე; 23 - აირის კონდენსატი; 24 - დამატებითი წყალი; 25 - საფართობი ავიზი; 26 - გამოორთქლეა; 27 - ზამინარე წყლები

კონსტრუქციულად საგაზიფიკაციო დანადგარი შედგება ორი, ერთმანეთზე დადგმული ცილინდრული კორპუსისაგან 9 და 10, რომელთა დიამეტრია 2,7 მ. ხოლო კედლის სისქე - 40 მმ. ზედა კორპუსში, რომლის სიმაღლე 5,6 მ-ია, მოთავსებულია რეაქტორ-აირგენერატორი. რეაქტორის ზედა სახურაეში განლაგებულია სანთურების ჩასამაგრებელი კვანძი. ნახშირის მტერის მიწოდება სანთურებზე ხორციელდება სპეციალური სათბობმიწოდებელი სისტემის მეშვეობით, რომელიც შედგება დამხმარე ბუნკერის 3, რაბის კამერების 4 და სახარჯო ბუნკერისაგან 5. ამ უკანასკნელში შენარჩუნებულია 3-4 მგაა წნევა. ნახშირის მტვერი დამხმარე ბუნკერს მიეწოდება ჩვეულებრივი პნეუმოტრანსპორტით. აქედან, ნახშირის მტვერი ატმოსფერული წნევის ქვეშ რირგივობით გადაედინება რაბის კამერებში. ამის შემდეგ ერთ-ერთ კამერაში იქმნება ისეთივე წნევა, როგორც ეს სახარჯო ბუნკერშია, რაც საშუალებას გვაძლევს გადაეტვირთოთ ნახშირის მტვერი კამერიდან ბუნკერში. აქ მოხვედრილი ნახშირის მტვერი აირგენერატორის სანთურებს პნეუმოტრანსპორტით მიეწოდება. პირველი რაბის დაცლის შემდეგ იგივე ოპერაცია მეორდება მეორე რაბზე.

აირგენერატორის მოწყობილობის სქემა მოცემულია 5.4 ნახაზზე. სარეაქციო სივრცე 2 შემოსაზღვრულია ცილინდრული აირმკერივი ეკრანებით 3, რომლებიც კარბორუნდის ცეცხლგამძლე მასისაგან დამზადებული სატენებით დაფარული ფარფლებიან-კოტებიანი მილებისაგან 4 შედგება. ეკრანებში მოძრავი წყლის მიერ მიღებული სითბო გამოიყენება დაბალი წნევის ორთქლის მისაღებად. აღსანიშნავია, რომ აირგენერატორის კონსტრუქციის სამრეწველო ვარიანტში გათვალისწინებულია ევრტიკალური ეკრანები ორთქლწყლიანი ნარევის იძულებითი ცირკულაციით და ენერგეტიკული პარამეტრების მქონე ორთქლის მიღებით.



ნახ. 5.4. აირგენერატორის მოწყობილობის სქემა:
 1-სანთურების მისამაგრებელი კვანძი; 2-სარეაქციო სივრცე;
 3-ცილინდრული აირმკერივი ეკრანები; 4-ფარფლებიან-კოტებიანი მილები;
 5,6-თვითაღდგენადი შრე; 7-წყალსაცემი მილუბი

სარეაქციო ზონაში ჩირაღდანი მიმართულია ზემოდან ქვემოთ. მაღალი ტემპერატურა ჩირაღდნის ბირთვში და, საერთოდ, სარეაქციო ზონაში უზრუნველყოფს როგორც გაზიფიკაციის პროცესის ბოლომდე წარმართვას (სრულყოფას), ასევე წიდის თხელდნობადი მდგომარეობის შენარჩუნებას. თხევადი წიდის ერთი ნაწილი ეკრანებთან შეხების დროს მათ ზედაპირზე ქმნის თვითაღდგენად შრის 5, 6, ხოლო მეორე ნაწილი წერილი წვეთების სახით საწვავ აერთან ერთად გამოედინება სარეაქციო ზონიდან. თხელდნობად მდგომარეობაში იმყოფება წიდა თვითაღდგენადი შრის იმ ზედაპირზეც, რომელიც ჩირაღდნისაკენაა მიმართული. თხევადი წიდისა და საწვავი აირების ერთი და იმავე მიმართულებით (ზემოდან ქვემოთ) მოძრაობისას, მათი სხვადასხვა მიმართულებით მოძრაობასთან შედარებით, იზრდება წიდის მოცილების საიმედოობა (საწვავი აირებისა და თხევადი წიდის შემდგომი მოძრაობის მიმართულება აღწერილია წინა პარაგრაფში).

შეარცე პუმპეს კომბინატის საცდელ-სამრეველო აირგენერატორის მწარმოებლობა ნახშირის მიხედვით 35 ტ/სთ-ია, საწვავი აირის გამოსავლიანობა – 50-52 ათას მ3/სთ, საწვავი აირის თბოუნარიანობა – ნახშირის თბოუნარიანობის 75-85%, ნახშირბადის კონვერსიის ხარისხი – 97,0-99,5%, აირგენერატორის მკ კოეფიციენტი – 85-90% [47;81;84].

მრავალრიცხოვანმა ექსპერიმენტულმა და თეორიულმა გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ შესაძლებელია ცალკეული აირგენერატორების მწარმოებლობის 350 ტ/სთ-მდე გაზრდა პრაქტიკულად ნებისმიერი ხარისხის მყარ სათბობზე.

უნდა აღინიშნოს, რომ შეარცე პუმპეს აირკომბინატში დღესაც გრძელდება შეკეთების მიღება როგორც ადგილობრივი, ისე უცხოური კომპანიებისაგან ამ დანადგარზე სხვადასხვა სახის სათბობის გამოცდის მიზნით. საიმედო შედეგების მისაღებად გამოსაცდელი სათბობის რაოდენობა არ უნდა იყოს 10 ტონაზე ნაკლები.

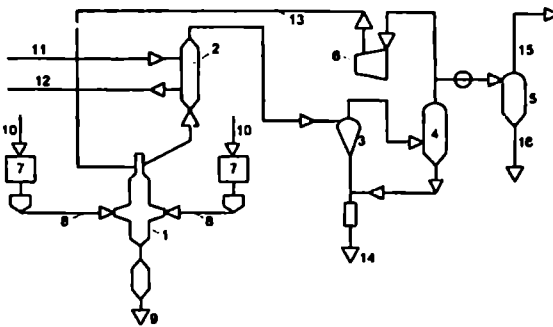
მყარი სათბობის მტერის გაზიფიკაციის ტექნოლოგიებს შორის, გარდა ჩვერ მიერ განხილული პროცესისა, ყურადღებას იქცევს შელისა (Shell) და პრენფლოს (Prenflo) მეთოდები.

ექსპერიმენტული სამუშაოების ჩატარება ფირმაში Deutsche Shell დაიწყო ჯერ კიდევ 1972 წელს საცდელ დანადგარზე, რომლის მწარმოებლობა 230 კვ/სთ-ს შეადგენდა. მიღწეული წარმატებების შემდეგ ფირმის მიერ 1978 წელს კეთენილ ქარხანაში (ქ. პამბურგი) აგებულ იქნა გაზიფიკატორი 5-6 ტ/სთ მწარმოებლობით [81].

სადემონსტრაციო დანადგარი SCGP-1, რომლის სქემა 5.5 ნახაზზეა მოცემული, დადგმულია აგრეთვე ფირმის კუთენილ ქარხანაში Deer Park (ტეხასის შტატი) [85]. დანადგარის მწარმოებლობა მურა ნახშირის მიხედვით 16,7 ტ/სთ-ია, ხოლო გენერატორული აირის მიხედვით – 14000 მ3/სთ. გაზიფიკაციის პროცესი მიმდინარეობს 2,45 მგპა წვეთის ქვეშ. გენერატორული აირის გასაცივებელ სისტემაში გამოუმუშავდება დაახლოებით 16 ტ/სთ ორთქლი, რომელიც ქარხნის საჭიროებისათვის გამოიყენება.

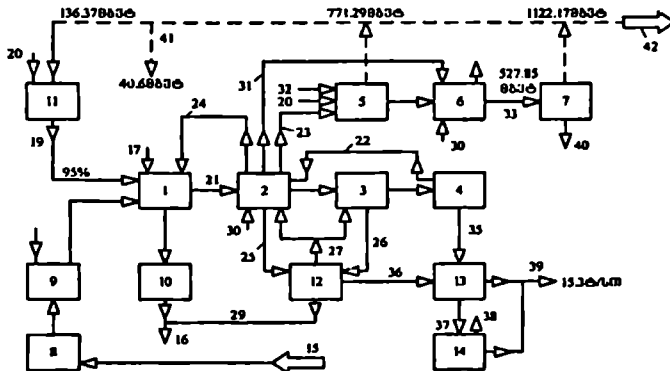
Shell-ის ფირმის ოთხი გაზიფიკატორი გამოიყენეს ენერგოკომპანიებმა WA Power და Gilbert Commonweath 500 მგეტ სიმძლავრის ორთქლაირიანი დანადგარისათვის [86]. თითოეული გაზიფიკატორის მწარმოებლობა 46 ტ/სთ-ია. დანადგარი აღჭურვილია ფირმა KWW-ს (გერმანია) V84 ტიპის აირის ტურბინებით.

ფირმა Fluor-ის მიერ დამუშავებულია 1000 მგეტ-იანი ორთქლაირიანი დანადგარი, სადაც ნახშირის გაზიფიკაცია Shell-ის მეთოდით ხდება [87]. დანადგარი შედგება რვა აირტურბინიანი დანადგარისაგან, ამდენივე ქეიბუტილიზატორისა და ერთი ორთქლის ტურბინისაგან (ნახ.5.6). დანადგარის ძირითადი მარეგნებლები მოცემულია 5.1 ცხრილში.



ნახ.5.5 გაზოფიკაციის პრინციპული სქემა Shell-ის მეთოდის მიხედვით:

1-გაზოფიკატორი; 2-აირსაცივარი; 3-ციკლონი; 4-აირის „სველი“ საწმენდი აპარატი;
5-აირის სარეცხი აპარატი; 6-გაცივებული აირის სარეცხულადიო კომპრესორი;
7-ნახშირის მტერის ბუნკერები; 8-გაზოფიკატორებში ნახშირის მტერის, ორთქლისა
და ჟანგბადის მიწოდება; 9-წილის მოცილება; 10-ნახშირი; 11-საკები წყალი;
12-ორთქლი; 13-სარეცხულადიო აირი; 14-მფრინავი ნაცრის მოცილება;
15-გაწმენდილი აირი; 16-ხსნარი ნეიტრალიზაციისათვის



ნახ.5.6. ორთქლიანი დანადგარის ბლოკ-სქემა ნახშირის გაზოფიკაციით Shell-ის მეთოდის მიხედვით: 1-გაზოფიკატორი; 2-მალღებუქმურატორიანი აირსაცივარი და მტერის დამტერი; 3-დაბალტემპერატორიანი აირსაცივარი; 4-გოგირდწყალბადების საწმენდი სისტემა; 5-ორთქლიანი დანადგარი; 6-ქვაბ-უტოლიზატორი; 7-ორთქლის ტურბინა; 8-სათბობის მიწოდება; 9-სათბობის დამსხვრევისა და შრობის მოწყობილობა; 10-ნაცრის მოცილება; 11-საქანებზე სადგური; 12-ჩამონადენების ნეიტრალიზაციის მოწყობილობა; 13-გოგირდის მისაღები დანადგარი; 14-კიდურა აირების დამუშავება; 15-ნახშირი; 16-წილის ნაყარი; 17-დაბალი წნევის ორთქლის მიწოდება; 18-მტერის მიწოდება გაზოფიკატორში; 19-ჯანგბადის მიწოდება; 20-პაერი; 21-ნედლი აირი; 22-გაწმენდილი აირი; 23-გაცხელებული გაწმენდილი აირი; 24-აირის რეცირკულაცია; 25-ჩამონადენი სტრუბერიდან; 26-აირის კონდენსატი; 27-წყლის რეცირკულაცია; 28-გაწმენდილი ჩამონადენი საცირკულაციო წყლის სისტემაში; 29-მუარი ნაწილაკები; 30-საკები წყალი; 31-მაღალი წნევის ნაყარი ორთქლი; 32-ორთქლის შეკუმშვა აირტურბინიანი დანადგარის წეის კამერაში; 33-გადაზრუნული ორთქლი; 34-წარმაველი აირები; 35-მავე აირები; 36-გაქრული აირი; 37-კედის აირები; 38-აბმოსუფროში; 39-გოგირდი; 40-კონდენსატი; 41-ელექტროენერგიის ხარჯი საკუთარ მოხმარებაზე; 42-ელექტროენერგიის მიწოდება ქსელში

ცხრილი 5.1.
მაჩვენებლები

ფორმა Fluor-ის მიერ დამუშავებული ორთქლარიანი დანადგარის მაჩვენებლები

№	მაჩვენებლები	ერთეული	ნახშირი ილინიუსი №5
1	ნახშირის ხარჯი	ტ/სთ	366,2
2	აირტურბირიანი დანადგარის სიმძლავრე	მგვტ	771,3
3	ორთქლის ტურბინის სიმძლავრე	მგვტ	527,8
4	ორთქლარიანი დანადგარის სიმძლავრე, ბრუტო	მგვტ	1299,1
5	ელექტროენერგიის ხარჯი ჰაენაბადე სადგურზე	მგვტ	136,4
6	ორთქლარიანი დანადგარის სიმძლავრე, ნეტო	მგვტ	1122
7	ორთქლარიანი დანადგარის მქ კოეფიციენტი	%	37,1
8	გოგირდის გაწმენდის ხარისხი	%	90
9	ხვედრითი კაპიტალდაბანდება	დოლარი/მგვტ	1108,35
10	მუდმივი საექსპლუატაციო წლიური ხარჯები	დოლარი/მგვტ	33,67
11	კუთრი ხარჯები სათბობზე	(ცენტ/კვტ.სთ)	1,588
12	ელექტროენერგიის კუთრი ღირებულება: პირველ წელს	(ცენტ/კვტ.სთ)	6,265
	საშუალოდ 30 წლის მანძილზე	(ცენტ/კვტ.სთ)	3,677
13	კაპიტალდაბანდების სტრუქტურა:		
	სათბობის მოშადება	%	6,7
	განბადის წარმოება	%	16,5
	გაზოფიკაცია	%	24,0
	გოგირდის წარმოება	%	4,12
	აირების გაწმენდა	%	2,0
	ჩამონადენის გაწმენდა	%	0,32
	წყალმომზადება	%	0,65
	ქიმიკატები	%	1,26
	ორთქლარიანი დანადგარი	%	37,65
	სადგურის საერთო: სისტემები	%	7,15
	სულ	%	100
14	შემოსავალი გოგირდის რეალიზაციიდან	(ცენტ/კვტ.სთ)	0,071

დამუშავებულია 250 მგვტ სიმძლავრის კიდევ უფრო ეკონომიური ორთქლარიანი დანადგარი Shell-ის გაზოფიკატორით. გაზოფიკატორის გარდა, დანადგარის შემადგენლობაში შედის ფორმა ABB-ს 13E ტიპის აირის ტურბინა, ქება-უტილიზატორი და ორთქლის ტურბინა. ქვანახშირის გამოყენების დროს, რომლის უდაბლესი დაწვის სითბო 26,6 მგვ/კვ, ნაცრიანობა 12% და გოგირდშემცველობა 1%-ია. დანადგარის მქ კოეფიციენტი 43%-ს შეადგენს.

გაზოფიკაციის პროცესი ხორციელდება 2-2,5 მგპა წნევის ქვეშ, 1400-1700°C ტემპერატურის პირობებში. ნახშირბადის კონვერსიის ხარისხი 99%-ია. ნელლი გენერატორული აირის გასაგრილებლად წიდის დნობის ტემპერატურაზე ნაკლებ ტემპერატურაზე გამოიყენება ცივი გაწმენდილი გენერატორული აირის რეციკულაცია. კონვექციურ აირსაცხეარში გამოიყენება ორთქლი 10,5 მგპა წნევით და 542°C ტემპერატურით. გენერატორული აირის გაწმენდა მტერისაგან ხორციელდება თავდაპირველად ციკლონში, ხოლო შემდეგ - სკრუბერში. ამის შემდეგ აირი ირეცხება ქლორიდების, ამიაკისა და ციანიტებისაგან. (იხილეთ 40°C ტემპერატურამდე და მიემართება გაუგოგირდოების სისტემაში.

ქაბ-უტილიზატორში მიიღება ორთქლი 6,8 მგპა წნევით და 496°C ტემპერატურით, აქვე ხდება ორთქლის შუალედური გადამტეხურება.

საგაზოფიკაციო დანადგარში გამოიყენებულია გენერატორული აირის საწმენდი მოწყობილობა, რომელიც უსრუნველყოფს 99% გოგირდის ნაერთების მოცილებას. გენერატორული აირის მტერიანობა მტვერსაწმენდი მოწყობილობის შემდეგ 2 მგ/მ³-მდე მცირდება. აზოტის ჟანგბადების გამოწვევები არ აღემატება

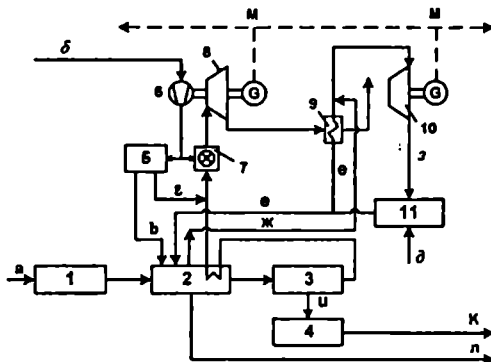
200 მგ/მ-ს. გაზოფიკატორიდან მოცილებული წიდა ნეიტრალურია და მისი გამოყენება შეიძლება სამშენებლო მასალად.

ენერგოკომპანია Electric and Power -სათვის მომზადებული პროექტის თანახმად, ელექტროსადგურის კუთრი ღირებულება 1150-1350 აშშ დოლარი/კვტ-ია (ნეტო), ხოლო ენერგოკომპანია Florida Power and Light-სათვის დამუშავებული პროექტის მიხედვით ელექტროსადგურის კუთრი ღირებულება შეადგენს :

ელექტროსადგურის სიმძლავრე, მგვტ ————— 400, 800, 1600;
კუთრი ღირებულება, აშშ დოლარი/კვტ ————— 1480, 1230, 1140.

გერმანული ფირმა Krupp-koppers-ის მიერ დამუშავებულია წნევის ქვეშ ნახშირის მტერის გაზოფიკაციის ტექნოლოგია Prenflo-ს მეთოდით. სადემონსტრაციო დანადგარი ექსპლუატაციაში შევიდა 1986 წელს [81].

ორთქლარიანი დანადგარის პრინციპული სქემა, სადაც გაზოფიკაციის Prenflo-ს მეთოდია გამოყენებული, დამუშავებულია ფირმების KWU, Krupp-koppers-ის და Linde-ის მიერ (ნახ.5.7).



ნახ.5.7 ორთქლარიანი დანადგარის სქემა ნახშირის მტერის გაზოფიკაციით Prenflo-ს მეთოდის მიხედვით.

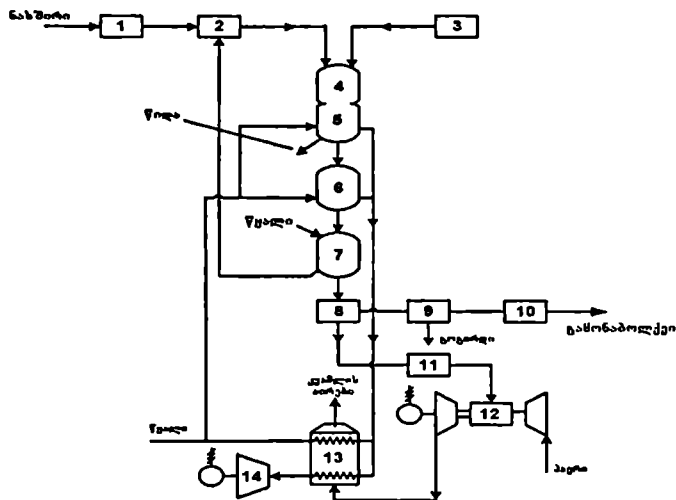
1-ნახშირის მტერის მომზადება; 2-გაზოფიკაციის სისტემა; 3-გაუგოგირდოების სისტემა;
4-კლავის დანადგარი; 5-საქანგადად სადგური; 6-აირტურბინიანი დანადგარის კომპრესორი;
7-წის კამერა; 8-აირის ტურბინა; 9-ქება-უტილიზატორი; 10-ორთქლის ტურბინა; 11-წყალმომზადება;
ა-ნედლი ნახშირი; ბ-საბერი; ვ-განგადად; რ-აზოტი; დ-ნედლი წყალი; ე-საკევი წყალი; ზ-ორთქლი;
ჰ-კონდენსატი; მ-გოგირდწყალბადები; ნ-გოგირდი; ი-ნაყარი და წიდა; მ-ელექტროენერგია ქსელში
და საკუთარ მოხმარებაზე

საქანგადად სადგურს პაერი აირის ტურბინის კომპრესორიდან მიეწოდება. ეს ამცირებს როგორც მის გაბარიტებს, ისე ენერგიის დანახარჯებს ქანგბადისა და აზოტის კომპრესორების აძერაზე. საგაზოფიკაციო დანადგარის გაგრილების სისტემაში გამოყენებულია იმავე პარამეტრების ორთქლი, როგორც ქება-უტილიზატორში. გაუგოგირდოების სისტემაში გამოყოფილი გოგირდის ნაერთები კლავის დანადგარში გადამუშავდება სასაქონლო გოგირდად. საქანგადად სადგურში მიღებული აზოტი გამოყენდება ნახშირის მტერის პრეპროტრანსპორტისათვის და აზოტის ჯანგულები ემისიის შესამცირებლად აირტურბინიანი დანადგარის წვის კამერაში.

600 მგეტ სიმძლავრის ორთქლიანი დანადგარი შედგება ოთხი გაზიფიკატორისაგან, ფორმა KWU-ს V94 ტიპის ორი აირტურბინიანი დანადგარისა და ერთი ორთქლის ტურბინისაგან. აირების ტემპერატურა აირტურბინიანი დანადგარის შესასვლელზე 1200°C -ის ტოლია, ხოლო დანადგარის მქოფიციენტი 45%-ს აღწევს.

5.3. ნახშირწყლიანი სუსპენზიის გაზიფიკაცია

პირველი სრულმასშტაბიანი ორთქლიანი დანადგარი ნახშირწყლიანი სუსპენზიის შიდაციკლური გაზიფიკაციით ექსპლუატაციაში შევიდა 1984 წლის 24 ივნისს თბოელექტროსადგურში „Cool Water“ (აშშ), რომლის სიმძლავრემ 117 მგეტ შეადგინა [88-89]. თბოელექტროსადგურის სქემა მოცემულია 5.8 ნახაზზე.



ნახ.5.8. ორთქლიანი დანადგარის სქემა „Cool Water“-ის თბოელექტროსადგურში:

- 1-ნახშირის საწოლი; 2-ნახშირის სველი დაფქვა და ტუმბოები ნახშირწყლიანი სუსპენზიისათვის; 3-საენერგო სადგური; 4-გაზიფიკაციის რეაქტორი; 5-რადიაციული აირსაცივარი; 6-კონვექციური აირსაცივარი; 7-სერბერი; 8-გაზიფიკაციის მოწყობილობა; 9-ელექტროსადგარი; 10-ნარჩენი აირების სანიტარული გაწმენდა; 11-აირშემთბობები; 12-აირის ტურბინა წყის კამერით, კომპრესორითა და ელექტროენერგატორით; 13-ქაბ-უტილიზატორი; 14-ორთქლის ტურბინა ელექტროენერგატორით.

ნახშირწყლიანი სუსპენზიის (წყალი/ნახშირი 40/60) გაზიფიკაციის პროცესი მიმდინარეობს ტექსასის (Texaco) მეთოდის მიხედვით 4,2 მგაა წნევის ქვეშ ჟანგბადის შებერვით. აირგენერატორის მწარმოებლობა მშრალი ნახშირის მიხედვით 41 ტ/სთ-ია (ნახშირწყლიანი სუსპენზიის მიხედვით 68,4 ტ/სთ, რაც შეესაბამება გაზიფიკაციის პროცესის ინტენსიურობას 3000 კგ/(მ².სთ). მისი დიამეტრი 4,25 მ-ია, ხოლო სიმაღლე – 36,3 მ.

გაზიფიკაციის პროცესი მიმდინარეობს ჩირალდანში, მსგავსად კამერულ საცეცხლეებში ნახშირის მტერის წყის პროცესისა. რეაქციულ ზონაში ნახშირთან

ერთად შემოსული წყალი ორთქლდება და შემებერ ეანგბადთან ერთად მონაწილეობს გაზიფიკაციის პროცესში.

გენერატორული აირი თხევად წიდასთან ერთად გადადის რადიაციულ აირსაცივარში, სადაც აირი ცივდება, ხოლო წიდა მყარდება. ამის შემდეგ აირი ცივდება კონვექციურ აირსაცივარში და მიემართება სკრუბერისაკენ, სადაც ირეცხება ნაცრის ნაწილაკებისაგან. რადიაციულ და კონვექციურ აირსაცივრებში გამოიშუადდება ორთქლის ტურბინისათვის საჭირო ორთქლის დაახლოებით 75%, რომლის წნევა 11 მგაა-ია.

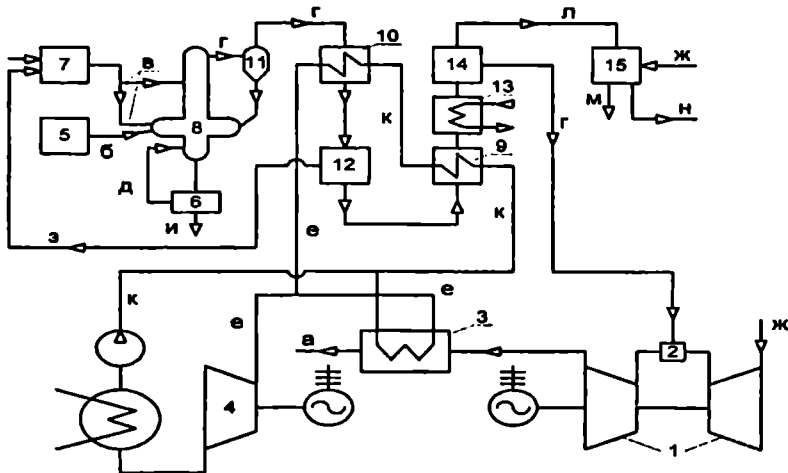
მტერისგან გაწმენდილი გენერატორული აირი სამ თანამიმდევრულად განლაგებულ აპარატში 40°C-მდე ცივდება და მიეწოდება გოგირდსაწმენდ მოწყობილობას, სადაც მას შორდება გოგირდწყალბადი. ეს უკანასკნელი კლავსის დანადგარში გადაიშუადდება სასაქონლო გოგირდად. გაწმენდილი გენერატორული აირი ცხველდება კონტაქტურ თოვადამცემში და მიეწოდება აირის ტურბინის წეის კამერას. აირის ტურბინის სიმძლავრე 65 მეგტ-ია, ორთქლის ტურბინისა – 55 მეგტ. აირტურბინიან დანადგარში გამოყენებული აირი მიეწოდება ქვაბუტილიზატორს, სადაც გამოიშუადდება ორთქლის საერთო ხარჯის 25%.

ენერგობლოკის მქ მოცულობაში 29,7%-ს არ აღემატება. მისი ასეთი დაბალი მნიშვნელობა აიხსნება ელექტროენერგიის დიდი ხარჯით საკუთარ მოხმარებაზე (23 მეგტ, აქედან 17 მეგტ საენგბადე სადგურზე). აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ დანადგარის ექსპლუატაციის ძირითადი მიზანი იყო სუსპენზიის გაზიფიკაციისა და გენერატორული აირის გაწმენდის ტექნიკური ამოცანების გადაწყვეტა და არა მალად ეკონომიკური მაჩვენებლების მიღწევა. მნიშვნელოვანია ისიც, რომ ენერგობლოკის ექსპლუატაციის სამი წლის მანძილზე 310 ავარიული გაჩერებიდან 16% გამოწვეული იყო ნახშირწყლიანი სუსპენზიის მიღგაყვანილობაში საცობის გაჩენით, ეს ხარვეში არმოფხვრილ იქნა მიღგაყვანილობის კონფიგურაციის შეცვლის გზით. რაც შეეხება უშუალოდ გაზიფიკატორს, მისი ფაქტობრივი საექსპლუატაციო მახასიათებლები საპროექტოზე უკეთესი აღმოჩნდა. ეკრძოდ, ნახშირბადის კონვერსიამ შეადგინა 98%, ხოლო ამონაგის მუშაობის ვადა – არანაკლებ 4 წლისა.

უკეთესი ეკონომიკური მაჩვენებლებით ხასიათდება თბოელექტროსადგური (ქ. Peaqueumine, ლუიზიანა, აშშ) ნახშირწყლიანი სუსპენზიის შიგაციკლური გაზიფიკაციით, სადაც ფირმა „დოუ ქემიქელის“ (Dow Chemical) მიერ რეკომენდებული გაზიფიკაციის სისტემა იყო დამუშავებული [90]. ეს ფირმა არის ენერგიის ერთ-ერთი ყველაზე უფრო მსხვილი მომხმარებელი და, რაც მთავარია, ამ ენერგიას იგი კუთვნილ წარმოებებში გამოიყენებდა. ფირმა, ეყრდნობა რა სათბობის საბაზრო კონიუნქტურას, თელის, რომ მათ ხელთ არსებული 900 მეგტ საერთო სიმძლავრის ორთქლარიანი დანადგარების გადაყვანა ბუნებრივი აირიდან გენერატორულ აირზე მათ 450 დოლარ წლიურ მოგებას მისცემს.

ნახშირის გაზიფიკაცია Dow Chemical-ის მეთოდით მიმდინარეობს ორსაფეხურიან გაზიფიკატორში წნევის ქვეშ ეანგბადის მიწოდებით. საგაზიფიკაციო დანადგარის მწარმოებლობა 100 ტ/სთ-ია. ნახშირი გაზიფიკატორში შემოდის ნახშირწყლიანი სუსპენზიის სახით. სუსპენზია მსადდება უშუალოდ თესში და ინახება ავზებში. მყარი ფაზა სუსპენზიის 53%-ია. სუსპენზია გაზიფიკატორს მიეწოდება სახარჯო ავზისა და შემთბობის გავლით. ტემპერატურა გაზიფიკაციის პირველ საფეხურზე 1250°C-ია, ხოლო მეორე საფეხურზე – 1040°C. ფისის, ზეთებისა და ფენოლის წარმოქმნას გაზიფიკაციის დროს ადგილი არა აქვს.

ორთქლარიანი დანადგარის სქემა Dow Chemical-ის გაზიფიკატორით მოცემულია 5.9 ნახაზზე, ხოლო მისი ეკონომიკური მაჩვენებლები – 5.2(ხრილში).



ნახ.59. ორთქლარიანი დანადგარის პრინციპული სქემა Dow Chemical-ის გაზიფიკატორით: 1-ორთქლარიანი დანადგარი; 2-წყის კამერა; 3-კეპა-უტილიზატორი; 4-ორთქლის ტურბინა, 5-საენერგო სადგური; 6-წილიდან წყლის მოსაცილებელი მოცულობა; 7-ნახშირწყლიანი სუსპენზიის მოსამზადებელი დანადგარი; 8-გაზიფიკატორი; 9-დაბალტემპერატურაზე აირსაცივარი; 10-მაღალტემპერატურაზე აირსაცივარი; 11-ციკლონი; 12-სკრუბერი; 13-აირსაცივარი გაუგოვრდობის წინ; 14-გაუგოვრდობის მოწყობილობა; 15-გაუგოვრდობის მისაღები დანადგარი. ა-წარმოებული აირები; ბ-განგადაცემა; გ-ნახშირწყლიანი სუსპენზია; დ-სითბური აირი; ე-წყალი; ე-ორთქლი; ზ-აქერი; ზ-წყლისა და დაუმწვარი სათბობის დაბრუნება; ი-წილი; კ-კონდენსაცია; ლ-შედეგ აირები; მ-გოგირდი; ნ-გაწმენდილი აირები

ცხრილი 5.2
ელექტროსადგურის მაჩვენებლები „Dow Chemical“-ის გაზიფიკატორით

№	მაჩვენებლები	საიდგ
1.	აირის ტურბინის სიმძლავრე, მგვტ	6x145
2.	ორთქლის ტურბინის სიმძლავრე, მგვტ	2x361,5
3.	ორთქლარიანი დანადგარის სიმძლავრე (ბრუტო), მგვტ	1592
4.	ელექტროენერგიის ხარჯი საკუთარ მოხმარებაზე, მგვტ	200
	□ საენერგო სადგური	162
	□ საგაზიფიკაციო დანადგარი	23
	□ დამზადებული მოწყობილობა	15
5.	ორთქლარიანი დანადგარის სიმძლავრე, ნეტო, მგვტ	1392
6.	სითბოს კუთრი ხარჯი, მგვტ/კვტ.სთ	9,6
7.	ორთქლარიანი დანადგარის შპ კოეფიციენტი	37,5
8.	ელექტროსადგურის ღირებულება 1986 წლის ფასებში, მლნ დოლარი (აშშ დოლარ/კვტ):	
	□ საგაზიფიკაციო დანადგარი	341(245)
	□ საენერგო სადგური	147(106)
	□ ორთქლარიანი დანადგარი	482(346)
	□ მისაღებად ტერიტორიასთან	140(101)
	სულ	1110(798)

ნახშირწყლიანი სუსპენზიის შიგადაცხროვი გაზიფიკაციის პროცესის ანალიზმა გვიჩვენა, რომ ორთქლის გენერაცია უშუალოდ გაზიფიკატორის სარეაქციო ზონაში იწყებს ორთქლარიანი დანადგარის სითბური ეკონომიურობის

შემცირებას. უფრო ხელსაყრელია სარეაქციო ზონას მიეწოდოს ტურბინიდან ართმეული ნამუშევარი ორთქლი, რომელმაც უკვე შეასრულა გარკვეული სასარგებლო მუშაობა. გარდა ამისა, სარეაქციო ზონაში წყლის მნიშვნელოვანი რაოდენობით აორთქლება მოითხოვს სითბოს დიდ რაოდენობას და ამიტომ გაზიფიკაციის პროცესისათვის აუცილებელი ტემპერატურული დონის შესანარჩუნებლად საჭირო ხდება ჟანგბადის მეტი რაოდენობით მიწოდება.

თავის მხრივ, ჟანგბადის წარმოება მოითხოვს საკმაოდ დიდ კაპიტალდაზღვრებას, რაც, საბოლოო ჯამში, იწვევს ორთქლშიაირიანი დანადგარის ენერგეტიკული ეფექტურობის შემცირებას (მაგალითად, „Cool Water“-ის თვის საერთო სიმძლავრიდან (117 მგვტ), 17 მგვტ ესაჭიროება ჟანგბადის წარმოებას). აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ ჩვენ მიერ განხილულ ელექტროსადგურებში გაზიფიკაციას ექვემდებარება მალაღი ხარისხის ნახშირები, რომელთა თბოუნარიანობა 26-28 მგვტ/კგ-ია, მათი ტენიანობა არ აღემატება 10%-ს, ხოლო ნაცრიანობა 10,9%-ს. რაც შეეხება მურა ნახშირებს, ზოგიერთი ავტორის აზრით [84], მათი გაზიფიკაცია ნახშირწყლიანი სუსპენზიის სახით საერთოდ შეუძლებელია მატრანსპორტირებელი წყლის ძალზე დიდი რაოდენობის გამო.

როგორც ჩვენ მიერ განხილული მასალიდან ჩანს, ნახშირების გაზიფიკაციის ფართო პოტენციალური შესაძლებლობები და უპირატესობები აიძულებს მთელ რიგ ფირმებს ინტენსიურად დამუშაონ და შექმნან სადემონსტრაციო თუ სამრეწველო საგაზიფიკაციო დანადგარები და ჩაატარონ მათზე კომპლექსური გამოკვლევები. სხვადასხვა ქვეყნების წარმოების საგაზიფიკაციო დანადგარების ჩამონათვალი და მათი ძირითადი მახასიათებლები მოცემულია 5.3 ცხრილში.

ცხრილი 5.3.

საგაზიფიკაციო დანადგარების ჩამონათვალი და მათი ძირითადი მახასიათებლები

№	გაზიფიკაციის შეთადი	ფირმა- დანადგარის მფლობელი	დანადგარის აღდგომდებ- არეობა	ნახშირ ხარჯი, ტ/სთ	მდგომ- არეობა	საბოლოო პროდუქტი
1	2	3	4	5	6	7
1. ნახშირების გაზიფიკაცია აირმეორიან ნაკადში						
1.1	Dow Chemical	Dou Chemical	Peaquerme (აშშ დუიზიანა)	100	ექსპლუა- ტაციაშია	ელექტრო- ენერგია
1.2	Texaco	Ube Industries	Ube City (იაპონია)	62,5	ექსპლუა- ტაციაშია	სინთეზ- გაზი
1.3	Texaco	Cool Water	Daggett (აშშ, კალიფორნია)	38,0	ექსპლუა- ტაციაშია	ელექტრო- ენერგია
1.4	Texaco	Tennessee Eastman	Kingsport (აშშ)	34,0	ექსპლუა- ტაციაშია	სინთეზ- გაზი
1.5	Texaco	Ruhrchemie/Ruhr- kohle, Oil und Gas	Oberhausen- Holtien (გერმანია)	30,0	ექსპლუა- ტაციაშია	სინთეზ- გაზი
1.6	GSP	VEB Schwaze Pumpe	Schwaze Pumpe (გერმანია)	30,0	ექსპლუა- ტაციაშია	სინთეზ- გაზი
1.7	VEW	VEW	Veme-Stokum (გერმანია)	10,0	ექსპლუა- ტაციაშია	ელექტრო- ენერგია
1.8	Texaco	—	Lu Nan (ჩინეთი)	15,8	შენდება	ელექტრო- ენერგია
1.9	Shell	Shell Oil Company	Deer Park (აშშ)	10,4	ექსპლუა- ტაციაშია	ელექტრო- ენერგია
1.10	Shell	Demcolec BV	Buggenum (ნიდერლანდ.)	ატდ-155	დაპროექ- ტდება	ელექტრო- ენერგია
1.11	Prenflo	Krupp Koppers	Furstenhausem (გერმანია)	2,0	დაპროექ- ტდება	ელ. ენერგია

1	2	3	4	5	6	7
2 ნახშირების გაზიფიკაცია ტელურზე შრეში						
2.1	HTW	Rheinische Braunkohlewerte	Berrenrath (გერმანია)	30,0	ექსპლუატაციაშია	სინთეზ-გაზი
2.2	HTW	Kemira Oy	Oulu (ფინეთი)	27,0	ექსპლუატაციაშია	სინთეზ-გაზი
2.3	KRW	KRW Energy Systems	Waltz Mill (აშშ)	12,5	ექსპლუატაციაშია	საწვავი გაზი
2.4	U-GAS	Institute of Gas Technology	South w.Chicago (აშშ)	12,5	ექსპლუატაციაშია	საწვავი გაზი
2.5	CGT	Babcock	Hunxe (გერმანია)	4,0	ექსპლუატაციაშია	საწვავი გაზი
2.6	KRW	Fulærji	Heilongjiang (ჩინეთი)	11,2	შენდება	საწვავი გაზი
2.7	MBG	-	(გერმანია)	15,0	დაპროექტდება	საწვავი გაზი
2.8	U-GAS	Charboonage de France	Mazingarbe (საფრანგეთი)	8,3	დაპროექტდება	საწვავი გაზი
3 ნახშირების გაზიფიკაცია მყვრივ შრეში						
3.1	BGC/L	British Gas	Westfield (შოტლანდია)	23,0	ექსპლუატაციაშია	საწვავი გაზი
3.2	KimGAS	Allies Chaimera	East Alton (აშშ)	25,0	ექსპლუატაციაშია	საწვავი გაზი

ტყიბულის ნახშირზე მომუშავე ეკოლოგიურად სუფთა თბოელექტროსადგურის ურთიმოთხმედება გარემოსთან

ორგანული სათბობის წვის პროცესების შესწავლას მრავალი ფუნდამენტური და გამოყენებითი კვლევა ეძღვნება. ამ კვლევების მთავარი ამოცანაა სათბობის წვის ოპტიმალური პირობების დადგენა (საცეცხლის აეროდინამიკა, სათბობის და დამანავის შერევა და ა.შ.), საცეცხლეში მაქსიმალური თბოდაბადულობის მიღწევა და სათბობის გამოყენებელი დანადგარების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების გაუმჯობესება. ორგანულ სათბობზე მომუშავე თბოენერგეტიკული დანადგარების და, მათ შორის, განსაკუთრებით თბოელექტროსადგურების ზემოქმედება გარემოზე ძირითადად განპირობებულია შემდეგი მიზეზებით:

- საკვამლე მიწით წვის აირად ნაწარმთან ერთად მავნე – ტოქსიკური აირების გამოტყორცნით ატმოსფეროში;
- საკვამლე მიწით წვის აირად ნაწარმთან ერთად წიდის, ნაცრისა და დაუწვავი სათბობის ნაწილაკების გამოტყორცნით ატმოსფეროში;
- ძლიერმინერალიზებული და ნათბობაროდუქტებით გატუჯყიანებული წყლის ჩაღნებით მდინარეში, წყალსაცავებში, ტბებში და ა.შ.;
- გარემოზე სითბური ენერგიის გადაცემით;
- ხმაურის გავრცელებით გარემოში.

საკვამლე მიწით ატმოსფეროში წვის აირად ნაწარმთან ერთად ტოქსიკური აირების და მფრინავი ნაცრის გამოტყორცნა გარემოზე ზემოქმედების მნიშვნელოვანი ფაქტორია. ამიტომ, ტყიბულის ნახშირზე მომუშავე ეკოლოგიურად სუფთა თვის გარემოზე ზემოქმედების ძირითადი ფაქტორების განხილვისას მათ განსაკუთრებული ყურადღება დაეთმობათ.

6.1. წვის აირად ნაწარმთან ერთად ტოქსიკური აირების გამოტყორცნა ატმოსფეროში

წვის პროცესი ფიზიკურ-ქიმიურ პროცესია, რომელსაც საფუძვლად უდევს ენერგიის ინტენსიური რეაქცია. ცნობილია, რომ ქიმიური რეაქცია მოლეკულებს შორის, კერძოდ, სათბობის და მუანავის მოლეკულებს შორის, შეიძლება განხორციელდეს მათი დაჯახების შედეგად, ამასთან, ყველა დაჯახებას არ მიეყვარათ ქიმიურ რეაქციამდე. იმისათვის, რომ მორეაგირე ნითიერებათა დაჯახებულ მოლეკულებს შორის მოხდეს ურთიერთქმედება, საჭიროა მოლეკულებს უკონდეთ ისეთი ენერგია, რომელიც საკმარისი იქნებოდეს შიგამოლეკულური კავშირების დასარღვევად. ენერგიის დამატებით რაოდენობას, რომელიც საჭიროა მოლეკულების ენერგეტიკული დონის ასამაღლებლად, რომლის დროსაც შესაძლებელი ხდება ქიმიური რეაქცია, აქტივაციის ენერგია ეწოდება. წვის პროცესის რეალური რეაქციები ბევრ შემთხვევაში მიმდინარეობს როგორც დასაწვავი ნითიერების მოლეკულების ჟანგბადთან უშუალო ურთიერთქმედებით, ასევე შუალედური სტადიებით, რომლის შედეგადაც წარმოიქმნება შუალედური აქტიური პროდუქტები.

შუალედურ პროდუქტებს მიეკუთვნება თავისუფალი ატომები და რადიკალები (OH). ისინი ადვილად შედიან შემდგომ რეაქციებში. აღნიშნული რეაქციების, ანუ სათბობის წვის შედეგად წარმოქმნილ აირად ნაწარმს, გამოიტყორცნება რა ატმოსფეროში, თან მოჰყვება ტოქსიკური (მავნე) აირები, რომლებიც ძირითადად წარმოიქმნება ნახშირბადის, გოგირდის და აზოტის დაჟანგვის შედეგად. განვიხილოთ ისინი ცალ-ცალკე:

ნახშირბადის ჯანგულები (CO_2) პრაქტიკულად არ ურთიერებულა ატმოსფეროში არსებულ სხვა ნივთიერებებთან, ამიტომ მათი იქ არსებობა დროის თვალსაზრისით არ არის შეზღუდული. ცნობილია, რომ ნახშირბადის სრული და არასრული წვის შედეგად წარმოიქმნება ორი ჯანგუელი – ნახშირორჟანგი (CO_2) და ნახშირჟანგი (CO). საცეცხლე კამერიდან გამომავალ წვის აირად ნაწარმში ნახშირჟანგის არსებობა, როგორც წესი, განპირობებულია ჯანგბადის უმარისობით გამოწვეული არასრული წვით. წვის წონასწორული რეაქციებიდან გამომდინარეობს, რომ თავისუფალი ჟანგბადის საკმარისი რაოდენობით თანაობისას მოხდება წვის პროცესში წარმოქმნილი CO -ს მთლიანი რაოდენობის კმაჟანგვა CO_2 -მდე. ამ უკანასკნელის მაქსიმალური რაოდენობა კი მიიღწევა წვისათვის საჭირო ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტის $\alpha = 1$ მნიშვნელობის დროს.

ნ ა ხ შ ი რ ე ა ნ გ ი (CO_2), გამოიყურცნება რა ატმოსფეროში, ატუტჟანებს მას, რასაც დედამიწაზე შეიძლება მოაქვეს გლობალური ცვლილებები. წლების განმავლობაში ჩატარებულ დაკვირვებების საფუძველზე დადგენილ იქნა, რომ CO_2 -ის კონცენტრაციის გაზრდამ შეიძლება გამოიწვიოს ატმოსფეროში ჰაერის ტემპერატურის საშუალო მნიშვნელობის გაზრდა. საქმე ისაა, რომ CO_2 -ის შემცველობის გაზრდა, სრულიად უმნიშვნელო რაოდენობითაც კი, ატმოსფეროში ცვლის დედამიწიდან არეკლილი სითბური სხივების გამტარობას. სითბური სარკეების ან ფირების ანალოგიურად ნახშირორჟანგი ადვილად ატარებს მზის მოკლეტალღიან სხივებს და აკაეებს დედამიწის ზედაპირიდან გრელტალღიან სითბურ გამოსხივებას. ამ მოვლენას „სათბურის“ ეფექტს უწოდებენ. იგი უშუალოდ მოქმედებს ატმოსფეროს თბურ ბალანსზე.

ნ ა ხ შ ი რ ე ა ნ გ ი (CO) ხასიათდება კემოლობინთან – სისხლის წითელ ბურთულებთან შეერთების უფრო დიდი სისწრაფით, ვიდრე ჟანგბადი. ამიტომ, ნახშირჟანგის მცირე რაოდენობით ჩასუნთქვაც კი სასიკედილოდ მოქმედებს ორგანიზმზე და იწვევს მის დაღუპვას. აღინიშნულიდან ცხადია, რომ ნახშირჟანგის მცირე რაოდენობაც კი მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს გარემოზე. გოგირდის ჯანგულები (SO_2). ცნობილია, რომ გოგირდის დაჟანგვის შედეგად წარმოიქმნება ორი სახის ჯანგუელი – გოგირდოვანი და გოგირდის ანიდრიდი. გოგირდის ჯანგულების წარმოქმნა მიმდინარეობს სათბობის წვის სხვადასხვა ზონებში ერთმანეთისგან მნიშვნელოვნად განსხეაეებული რეაქციებისა და პროცესების დროს.

გ ო გ ი რ დ ე ა ნ ი ა ნ ჰ ი დ რ ი დ ი (SO_2) ერთ-ერთი ყველაზე ტოქსიკური აირია. მისი რაოდენობა ატმოსფეროში გამოტყორცნილ წვის აირად ნაწარმში გოგირდის ჯანგულების საერთო რაოდენობის 99%-ია. გოგირდოვანი ანიდრიდის სიმკერეიეა 2,93 კგ/მ³, ხოლო დუღილის ტემპერატურა – 195°C. SO_2 -ის ატმოსფეროში ყოფნის ხანგრძლიეობა დიდი არ არის. იგი მონაწილეობს კატალიზურ, ფოტოქიმიურ და სხვა რეაქციებში, რის შედეგად იფარება და საბოლოოდ გარდაიქმნება სულფატად. დიდი რაოდენობით ამიაკის (NH_3) და ზოგიერთი სხვა ნივთიერებების თანაობისას SO_2 -ის სიცოცხლის ხანგრძლიეობა რამდენიმე საათს შეადგენს. შედარებით სუფთა ჰაერში მისი ყოფნის ხანგრძლიეობა 15–20 დღე-ღამის ტოლია.

დადგენილია, რომ SO_2 -ის მონაწილეობით განხორციელებული რეაქციების საბოლოო პროდუქტები ატმოსფეროდან გამოყოფისას ნაწილდება შემდეგნაირად: ნალექების სახით გამოყოფილი ლითონფეროს ზედაპირზე – 43%, ხოლო პიდროსფეროს ზედაპირზე – 32%, მცენარეების მიერ კი 12% შთაინთქმება.

გოგირდოვანი ანიდრიდი იწვევს მოსავლის საგრძნობ შემცირებას, აღიზანებს ლორწოვან გარსს და აუარესებს ხილვადობას. SO_2 ყველაზე მავნეა მცენარეებისათვის, პაერთან ერთად იგი, აღწევს რა მცენარეთა ფოთლებში,

მალადი კონკრეტაციის დროს ამცირებს უჯრედების სიცოცხლისუნარიანობას, რის გამოც მცენარე ხმება.

გოგირდი ანჰიდრიდი (SO_2) რაოდენობა წვის აირად ნაწარმში, გოგირდის ჯანგულების საერთო რაოდენობის 1%-ია. ჯანგულის თანაარსებობის დროს მიმდინარეობს SO_2 -ის კმაჟანგვა SO_3 -ად, ხოლო ამ უკანასკნელის წყალთან (წყლის ორთქლთან) ურთიეროქმედების შედეგად წარმოიქმნება გოგირდიჟაჟი, რომელიც ნალექებთან ერთად გამოიყოფა დიჟიოჟიჟროსა და ჰიდროსჟეროს ზედაპირებზე ან გადაადგილდება ჰაერში ღრუბლის წვეთებთან ერთად. იგი ზღის არა მარტო ადამიანის ჟიღტეებს, არამედ ლიოთონს, საღებავს და ქეასაც კი, რის შედეგადაც საუკუნეების მანძილზე არსებული ნაგებობები, სკულპტურები და ისტორიული ძეგლები იშლება და ინერეჟა, აღნიშნულის დამადასტურებელია ის, რომ: ეერეციაში წმინდა მარკის მოედანზე (ენობილი ოთხი ცხენის ქანდაკება შეცვალეს ასლებით; ლონდონში ასლებით შეცვალეს პარლამენტის შენობის ბარელიეფები მათი ძლიერ დასიანების გამო; ეგვიპტეში იშლება აკროპოლი და ა. შ.

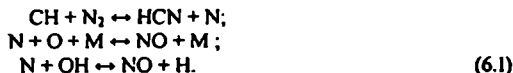
აზოტის ჟანგულები (NO_x). სათბობის წვის პროცესში აზოტი, უერთდება რა ჟანგბადს, წარმოქმნის ჟანგულებს (N_2O , NO , N_2O_3 , NO_2 , N_2O_4 და N_2O_5), რომელთა თვისებებიც მნიშვნელოვნად განსხეაჟებულია ერთმანეთისგან. აზოტის ჟანგულების ჟიზიკურ-ქიმიური თვისებები წარმოდგენილი 6.1 ცხრილში.

ცხრილი 6.1

აზოტის ჟანგულების ჟიზიკურ-ქიმიური თვისებები

№	თვისებები	ჟანგულები				
		N_2O	NO	N_2O_3	NO_2	N_2O_4
1	მოლეკულური მასა	44,01	30,01	76,01	46,00	92,02
2	სიმკვრე, კგ/მ ³	1,980	1,340	-	1,491	1,491
3	კრიტიკული წნეჟა, მგა	7,0	6,35	-	98	-
4	კრიტიკული ტემპერატურა, °C	36,4	-93,2	-	158	-
5	დუღილის ტემპერატურა, °C	-89,5	-151,8	3,5	21,15	-
6	ღნობის ტემპერატურა, °C	-102,4	-163,6	-102	-	-11,2

ექსპერიმენტული მონაცემებით დასტურდება, რომ NO_x -ის წარმოიქმნება როგორც წვის ზონაში, ისე მის გარეთ. ეს პროცესი მიმდინარეობს შემდეგი რეაქციებით:

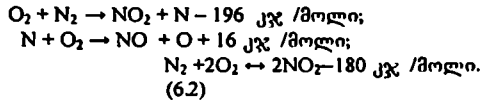


NO_x -ის წარმოქმნის ზუსტი განსაზღვრა ნებისმიერი საცეცხლე მოწყობილობისათვის შეუძლებელია, რადგან ასეთ შემთხეჟვაში საჭირო იქნება იმ განტოლებათა სისტემის ამოხსნა, რომლებიც ითვალისწინებს ქიმიური რეაქციის მიმდინარეობას, აჟოინამიკას, სითბოსა და მასის გადაცემის პირობებს.

ექსპერიმენტულმა გამოკვლეეებმა გეიეჟა, რომ წვის პროცესში NO_x -ის წარმოქმნა ერთდროულად აზოტის ორი წყაროდან ხდება. პირველ წყაროა სათბობი, ხოლო მეორე – ჰაერში არსებული აზოტი. მჟარი სათბობის წვის დროს NO_x -ები ძირითადად წარმოიქმნება სათბობში არსებული აზოტიდან, ხოლო აირადი სათბობის წვის დროს – ჰაერში არსებულიდან. გარდა აღნიშნულისა, აზოტის ჟანგულების წარმოქმნაზე დიდ გავლენას ახდენს ჰაერის სიჟარბის კოეფიციენტი და სხეა ჟაქტორები.

აზოტის ქვეყანაგო (N_2O) წარმოიქმნება უმაღლესი ჯანგულების ალდგენისას და არ რეაგირებს ატმოსფერულ პაერთან.

აზოტის ქანგი (NO) უფრო, სუსტად ხსნადი აირია. აზოტის ჯანგის წარმოქმნას თერმული ბუნება აქეს, ხოლო პროცესი მიმდინარეობს შემდეგი რეაქციებით:



უკანასკნელი რეაქციის შექცევადობის გამო წონასწორული კონცენტრაცია შესაძლებელია გამოითვლოს შემდეგი ფორმულით:

$$(NO)_{\text{წონასწორული}} = 4,6(NO_2)^{0,5} \exp(-21500/RT), \quad (6.3)$$

სადაც R აირის მუდმივაა, ჯ/(კგ. გრად); T - აირის ტემპერატურა, K .

როგორც ბოლო ფორმულიდან ჩანს, ტემპერატურის ზრდით NO -ს წონასწორული კონცენტრაცია იზრდება. პაერის თანაობისას მიმდინარეობს NO -ს დაჟანგვა NO_2 -ად. ამავე დროს მცირდება წონასწორული კონცენტრაციის მიღწევის დრო. მაგალითად, $1700K$ ტემპერატურის დროს წონასწორული კონცენტრაციის მიღწევას 140 წამი სჭირდება.

აზოტის ლრქანგი (NO_2) შედგება ორი სახეობის მოლეკულისაგან, კერძოდ, NO_2 და N_2O_4 -საგან:



ტენის თანაობისას NO_2 თავისუფლად შედის მასთან რეაქციაში და წარმოქმნის აზოტმუეას:



აზოტოეანგი ანჟიდრი (N_2O_3) ატმოსფერული წნევის დროს იშლება რეაქციით



ხოლო ჟანგბადის თანაობისას NO -დან წარმოიქმნება NO_2 , რეაქციით



აზოტის ანჟიდრიდი (N_2O_3) ძლიერი ჟანგავია, ადვილად ურთიერთქმედებს წყალთან და წარმოქმნის აზოტმუეას.

სათბობის წვის დროს აზოტის ჟანგულების წარმოქმნისა და მათი ერთმანეთთან და ატმოსფეროს კომპონენტებთან ურთიერთქმედების დიდი სიჩქარის გამო ჟანგულების თითოეული კომპონენტის ზუსტი განსაზღვრა შეუძლებელია, ამიტომ NO_x -ის ჯამური მნიშვნელობები დაიყვანება NO_2 -ზე. ზემოქმედების ტოქსიურობის შეფასების მიზნით, საჭიროა გავეთვალისწინოთ, რომ ატმოსფეროში გამოტყორცნილი აზოტის ჟანგულების აქტიურობა და არსებობის ხანგრძლივობა სხვადასხვაა. მაგალითად, NO_2 -ის ატმოსფეროში არსებობის ხანგრძლივობაა 100 სთ, ხოლო O_3 -ის - $4,5$ წელი.

6.2. ნახშირბადის ჟანგეულების (CO_x) ემისია ტყიბულის ნახშირის და მისი გაზიფიკაციით წარმოქმნილი აირების წვის დროს

საქართველოს ნახშირის მრეწველობის მდგომარეობა დღესდღეობით უკიდურესად მძიმეა. ქვეყნის სამთო-მოპოვებითი მრეწველობის და, კერძოდ, ტყიბულის ქვანახშირის მომპოვებელი შახტების მომავალი ბევრად არის დამოკიდებული მოპოვებული ნახშირის მუდმივი მომხმარებლის არსებობაზე, რამაც, თავისთავად, უნდა უზრუნველყოს შახტების სტაბილური მუშაობა.

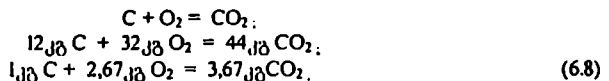
ტყიბულის ქვანახშირზე მომუშავე თბოელექტროსადგურის, როგორც მუდმივი მომხმარებლის, დანერგვა შესაძლებელი გახდება მხოლოდ მაშინ, როდესაც დეტალურად იქნება შესწავლილი (გაზიარებული) მყარი სათბობის დაწვასთან დაკავშირებული პრობლემების მსოფლიო გამოცდილება და აქ გამოყენებული არატრადიციული ტექნოლოგიები სრულიად დააკმაყოფილებს თანამედროვე თესვისადმი წაყენებულ ყველა მოთხოვნილებას [91].

თესვის ეფექტური მუშაობის ერთ-ერთი ძირითადი კრიტერიუმი აბო-და ელექტრული ენერგიების გენერაციის ეკოლოგიური სისუფთავეა. განსაკუთრებით აქტუალურია ეს საკითხი ნახშირებზე მომუშავე თესვისასათვის.

დღეისათვის ენერგეტიკის ეკოლოგიური პრობლემების ფართო სპექტრიდან მსოფლიო საზოგადოების განსაკუთრებულ შეფოთებას იწვევს კლიმატის ცვლილება, ანუ გლობალური დათბობა, რისი გამომწვევი ძირითადი მიზეზი ატმოსფეროში ნახშირორჟანგის CO_2 -ის (ხშირად მას ნახშირბადის დიოქსიდსაც უწოდებენ) განუსაზღვრელი რაოდენობით დაგროვებაა.

ორგანული სათბობის წვის შედეგად ყოველ წელიწადს მსოფლიოში დაახლოებით 6 გიგატონა ნახშირორჟანგი გამოიყოფა, რომლის ნახევარზე მეტი არ მთაინთქმება ბიოსფეროთი და ოკეანის ზედაპირით და ატმოსფეროში ილექება. უკანასკნელ ათწლეულში ეს ემისიები ყოველწლიურად დაახლოებით 2%-ით იზრდება. ამჟამად ატმოსფერო დაახლოებით 765 გიგატონა ნახშირორჟანგს შეიცავს.

ნახშირორჟანგი ორგანული სათბობის შემდგენი ნახშირბადის ატმოსფერულ ეანგბადთან შეერთების ქიმიური რეაქციის პროდუქტია. სათბობის საწვავი ელემენტების დაჟანგვის პროცესის სტექიომეტრიული რეაქტივების შესაბამისად ნახშირბადის ნახშირორჟანგად დაჟანგვისას ადგილი ექნება შემდეგი სახის მატერიალურ ბალანსს:



როგორც ცნობილია, ტყიბულის ნახშირები განეკუთვნება Γ მარკის სათბობებს, რომლებიც წვის დროს გამოყოფს აირების (აქროლადების) დიდ რაოდენობას. ამ სათბობის მუშა მასაში ნახშირბადი შედის $\text{C}=45,4\%$ -ის ოდენობით, ხოლო აქროლად ნივთიერებათა გამოსავლიანობა წყად მასაზე $V_{\text{წ}}=45\%$. აღნიშნულიდან გამომდინარე, ცხადია, რომ 1 ტონა ტყიბულის ნახშირი შეიცავს 454 კგ ნახშირბადს, რომლის სრული დაწვისას წარმოქმნილი CO_2 -ის ემისია იქნება

$$454 \times 3,67 = 1666,2 \text{ კგ CO}_2/\text{ტ ნახშირი} = 1,6662 \text{ ტ CO}_2/\text{ტ ნახშირი}.$$

ამრიგად, როგორც გაანგარიშება გეჩვენებს, ერთი ტონა ტყიბულის ნახშირის დაწვისას წარმოიქმნება 1,6662 ტონა ნახშირორჟანგი (CO_2)

საქართველოში ნახშირზე მომუშავე ეკოლოგიურად სუფთა თესის ჩვენ მიერ შემუშავებული კონცეფციის შესაბამისად [92] და შედარებითი ანალიზის განხორციელების მიზნით მიღებულ იქნა, რომ კონდენსაციურ ორთქლტურბინულ თბოელექტროსადგურში ტყიბულის ნახშირის პირდაპირი დაწვისას წარმოიქმნილი CO_2 -ის ემისიის განსაზღვრას საფუძვლად დაედოდა ეკოლოგიურად სუფთა თბოელექტროსადგურის დადგენილი სიმძლავრე, ანუ 77,1 მგეკტ. ამ მიზნით უპირველესად განისაზღვრა კონდენსაციურ ორთქლტურბინულ თესში ტყიბულის ნახშირის წლიური ხარჯი. გაანგარიშების შედეგები წარმოდგენილია ცხრილის სახით (ცხრ. 6.2).

ცხრილი 6.2

გაანგარიშების ცხრილი

№	სიდიდეთა დასახელება	აღნიშვნა	განზომილება	ფორმულა ან დასახელება	გაანგარიშება	სიდიდე
1	თესის სიმძლავრე	N_{Σ}	კვტ	[87]	-	77100
2	თესის მქ კოეფიციენტი	η_{Σ}	-	[88]	-	0,38
3	პირობითი სათბობის კუთრი ხარჯი	b_{Σ}	კგ.პს/კვტ.სთ	$123/(\eta_{\Sigma} \times 1000)$	$123/(0,38 \times 1000)$	0,3237
4	პირობითი სათბობის ხარჯი თესის მუშაობისას ერთი საათის განმავლობაში	B_{Σ}	ტ.პს/სთ	$b_{\Sigma} \times N_{\Sigma} / 1000$	$0,3237 \times 77100 / 1000$	24,9572
5	პირობითი სათბობის წლიური ხარჯი თესის ექსპლუატაციის სხვადასხვა ხანგრძლივობის დროს	$(B_{\Sigma})_1$	ტ.პს.	$B_{\Sigma} \times t_1$	$24,9572 \times 5000$	124786
		$(B_{\Sigma})_2$	ტ.პს.	$B_{\Sigma} \times t_2$	$24,9572 \times 6000$	149743
		$(B_{\Sigma})_3$	ტ.პს.	$B_{\Sigma} \times t_3$	$24,9572 \times 7000$	174700
6	ნატურალური სათბობის (ტყიბულის ნახშირის) წლიური ხარჯი თესის ექსპლუატაციის სხვადასხვა ხანგრძლივობის დროს	$(B_{\Sigma})_1$	ტ	$(B_{\Sigma}) \times Q / Q^{\text{დ}}$	$124786 \times 29300 / 17933$	204112
		$(B_{\Sigma})_2$	ტ	$(B_{\Sigma}) \times Q / Q^{\text{დ}}$	$149743 \times 29300 / 17933$	244935
		$(B_{\Sigma})_3$	ტ	$(B_{\Sigma}) \times Q / Q^{\text{დ}}$	$174700 \times 29300 / 17933$	285435

როგორც 6.2 ცხრილში წარმოდგენილი ინფორმაციიდან ჩანს, 77,1 მგეკტ სიმძლავრის კონდენსაციური ორთქლტურბინული თბოელექტროსადგურის ტყიბულის ნახშირზე მუშაობისას, წლის განმავლობაში ექსპლუატაციის მაქსიმალური ხანგრძლივობით, ანუ 7000 საათის დროს, მის მიერ მოხმარებული ნახშირის რაოდენობა 285435 ტონას შეადგენს. თესის მხრივ, ტყიბულის ნახშირის ამ რაოდენობაში სუფთა ნახშირბადი ($285435 \times 0,454 = 129587,5$ ტონას უტოლდება, ხოლო მისი სრული დაჟანგვის დროს წარმოქმნილი ნახშირორჟანგის წლიური რაოდენობაა

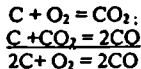
$$285435 \times 1,6662 = 475591,8 \text{ ტ } \text{CO}_2/\text{წელიწადში.}$$

კომბინირებული ორთქლარიანი ეკოლოგიურად სუფთა თესის დანერგვის შემთხვევაში გათვალისწინებულია ტყიბულის ქვანახშირის შიგაცეკლური გაზიფიკაცია, რომელიც ორ ეტაპად მიმდინარეობს: დაჟანგვის ზონაში სათბობის შემდგენი ნახშირბადი უერთდება ატმოსფერულ ჟანგბადს ნახშირორჟანგის (CO_2) წარმოქმნით, ხოლო აღდგენის ზონაში ხდება CO_2 -ის აღდგენა ნახშირბადით CO -ს წარმოქმნამდე:



(6.9)

ამ შემთხვევაში სათბობის ჯანგა-აღდგენის ჯამური რეაქციის



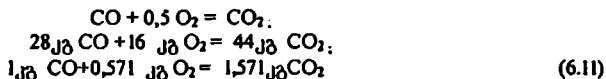
მატერიალური ბალანსი შემდეგ სახეს მიიღებს:

$$\begin{aligned}24\text{კგ } C + 32\text{კგ } O_2 &= 56\text{კგ } CO, \\1\text{კგ } C + 1,333\text{კგ } O_2 &= 2,333\text{კგ } CO.\end{aligned}\quad (6.10)$$

ეს კი იმას ნიშნავს, რომ ერთი ტონა ტყიბულის ქვანახშირის დაწვის დროს მიიღება

$$454 \times 2,333 = 1059 \text{ კგ } CO/\text{ტ ნახშირი} = 1,059 \text{ ტ } CO/\text{ტ ნახშირი}.$$

თაყის მხრივ, ნახშირქანგის წვის რეაქციის მატერიალური ბალანსი



გეიგენებს, რომ ერთი ტონა ნახშირქანგის (CO) დაწვის შედეგად მიიღება 1,571 ტ ნახშირორქანგი (CO₂)

საბოლოოდ, ტყიბულის ქვანახშირის გაზიფიკაციის შემთხვევაში სათბობის შემდგენი ნახშირბადისაგან წარმოქმნილი CO₂-ის ემისია ტოლი იქნება

$$1,059 \times 1,571 = 1,66 \text{ ტ } CO_2/\text{ტ ნახშირი},$$

ანუ ნახშირორქანგის იმ რაოდენობისა, რომელიც სათბობის უშუალო დაწვის შედეგად მიიღება.

რაც შეეხება ქვანახშირის წლიური ხარჯის განსაზღვრას კომბინირებული თვისისათვის, აქ წინასწარ უნდა იყოს ცნობილი გენერატორის აირის გამოსავლიანობა ქვანახშირის თითოეულ კგ-ზე და გენერატორის აირის წვის სითბოს მნიშვნელობა. მაგალითად, ნახშირის მტერის გაზიფიკაციის დროს წნევის ქვეშ ჯანგბადის მიწოდებით, გენერატორის აირის გამოსავლიანობაა 1,59 მ³/კგ, ხოლო გენერატორის აირის წვის სითბო, ქვანახშირის წვის სითბოს 75-85% [95]. ამ შემთხვევაში ქვანახშირის ნატურალური ხარჯი შეგვიძლია განესაზღვროთ შემდეგი გამოსახულებით:

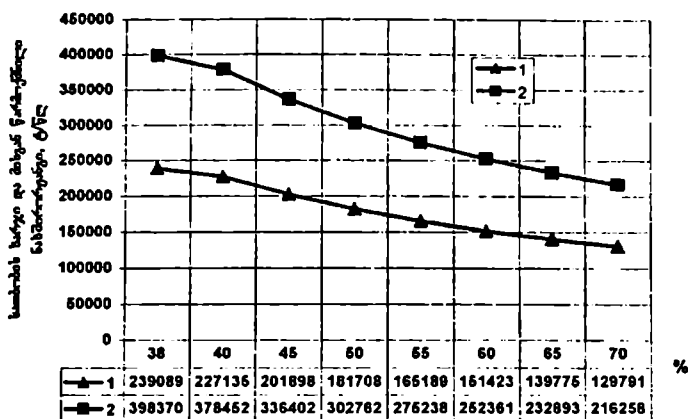
$$B = N / (\eta_2 \cdot m \cdot n \cdot Q_1), \text{ კგ/წმ}, \quad (6.12)$$

სადაც N_ს არის კომბინირებული თვისის სიმძლავრე, კეტ; η_2 – კომბინირებული თვისის მქ კოეფიციენტი, %; m – გენერატორის აირის გამოსავლიანობა ქვანახშირის თითოეულ კგ-ზე, მ³/კგ; n – გენერატორის აირის წვის სითბოს პროცენტული სიდიდე ქვანახშირის წვის სითბოს მიმართ, %; Q₁ – ქვანახშირის წვის სითბო, კჯ/კგ.

ქვანახშირის ხარჯის დამოკიდებულება კომბინირებული თვისის მქ კოეფიციენტზე, გენერატორის აირის გამოსავლიანობა m=1,59 მ³/კგ და გენერატორის აირის წვის სითბოს პროცენტული სიდიდე n=0,75% მნიშვნელობებისათვის მოცემულია 6.1 ნახაზზე.

როგორც 6.1 ნახაზიდან ჩანს, ჩვენ კონკრეტულ შემთხვევაში მქ კოეფიციენტის ერთი და იმავე მნიშვნელობისათვის ($\eta_2 = \eta_1 = 0,38$) კომბინირებულ

თბოელექტრო-სადგურში ქვანახშირის წლიური ხარჯი ($9.5 \times 3600 \times 7000 = 239400$ ტ/წლ.) 46000 ტონით ნაკლებია, ტრადიციულ ორთქლტურბინულ თესთან შედარებით, ხოლო ნახშირორჟანგის (CO_2) ემისია - $46000 \times 1,6662 = 76645$ ტ CO_2 /წლ-ით ნაკლები.



ნახ.6.1 ტყიბულის ქვანახშირის წლიური ხარჯისა და ნახშირბადისაგან წარმოქმნილი ნახშირორჟანგის (CO_2) ემისიის დამოკიდებულება კომბინირებული თესის მქ კოეფიციენტზე:

1-სათბობის წლიური ხარჯი - B, ტ/წლ.; 2 - ნახშირორჟანგის (CO_2) ემისია, ტ/წლ.

თუ გაეითვალისწინებთ, რომ თანამედროვე კომბინირებული თესების ენერგოეფექტურობა მნიშვნელოვნად აღემატება ტრადიციულ ორთქლტურბინულ თესების ეკონომიკურ მაჩვენებლებს (მაგალითად, ამერიკული პროგრამის "Vision-21" თანახმად, კომბინირებული თესის მქ კოეფიციენტის მნიშვნელობა, ნახშირბადის შიგადაცხადების გაზიფიკაციის და სათბობ-ელემენტების კიბრიდული ტექნოლოგიის გამოყენებით, 80%-ს მიაღწევს), ტყიბულის ქვანახშირის შიგადაცხადების გაზიფიკაციის შემთხვევაში სათბობის შემდგენი ნახშირბადისაგან წარმოქმნილი ნახშირორჟანგის (CO_2) ემისია კიდევ უფრო შემცირდება.

სამწუხაროდ, თესების ენერგოეფექტურობის ზრდას შეუძლია შეანელოს, მაგრამ ვერ შეაჩერებს ატმოსფეროში CO_2 -ის კონცენტრაციის ზრდის ტემპებს. თუმცა ნახშირორჟანგის შემცველობის სტაბილიზაციის მიზნით მსოფლიო წამყვან ქვეყნებში უკვე შემუშავებულია ტექნოლოგიები ამ მავნე გამონაბოლქვის შესამცირებლად.

ერთ-ერთი ტექნოლოგია ითვალისწინებს სათბობის წვის აირადი ნაწარმიდან CO_2 -ის გამოყოფას, მის შემდგომ გათხევადებასა და შენახვას მოპოვებული ნავთობის დაცარიელებულ მიწისქვეშა ფენებში, ფორიან-წყლოვან სტრუქტურებში ან ოლიფინური სარტყლის გეოლოგიურ წარმონაქმნებში. წვის აირადი ნაწარმიდან CO_2 -ის სეპარაციისათვის სარგებლობენ სპეციალურად შემუშავებული მაღალტემპერატურული ($>600^\circ\text{C}$) არაორგანული მემბრანებით, რომელთა გამოყენება შესაძლებელია აგრეთვე ბუნებრივი აირისა და ნახშირბადის გაზიფიკაციის დროს მიღებული გენერატორის აირის გასაწმენდად [47].

აშშ-ს მთავრობის, სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტებისა და სამრეწველო საწარმოების ძალისხმევით შექმნილია Zero Emission Coal Alliance (ZECA), ანუ „ნახშირის გამოყენების კავშირი ნულთან გადასვლის მიზნით“. კავშირის მიერ შემუშავებული ე.წ. ZECA-პროცესის სქემა ითვალისწინებს თბო- და ელექტროენერგიების გამოშუქებას მყაროქსიდური სათბობ-ელემენტებისა და ნახშირების გაზიფიკაციის პროცესის შეთანწყობით. პროცესი გამოირჩევა ძალზე მაღალი მქ კოეფიციენტით და, რაც არანაკლებ მნიშვნელოვანია, ატმოსფეროში ნახშირორჟანგის ნულთან გამონაბოლქვით. შემოთავაზებული პროცესის პრაქტიკული რეალიზების დროს ერთი ტონა CO₂-ის მოშორება 15-20 აშშ დოლარი ჯდება. მაგრამ თუ გაითვალისწინებთ, რომ ენერგოდანადგარის მქ კოეფიციენტი 70%-ს აღწევს, წარმოებული ელექტროენერგიის ღირებულება 1 ცენტ/კვტ.სთ-ს არ აღემატება [96].

6.3. გოგირდის ჟანგეულების (SO_x) ემისია ტყიბულის ნახშირის და მისი გაზიფიკაციით წარმოქმნილი აირების წყის დროს

როგორც ცნობილია, დღეისათვის საქართველოში რეალურად დაძვებული მყარი ორგანული სათბობებიდან ნახშირები ყველაზე დიდი რაოდენობით ტყიბულის საბადოში მოიპოვება. აქვე უნდა აღინიშნოს ის ფაქტი, რომ სამრეწველო მიზნით მყარი სათბობიდან სითბური ენერგიის მიღება შესაძლებელია ორი გზით, ერთი მხრივ, სათბობის უშუალო, ხოლო, მეორე მხრივ, სათბობის გაზიფიკაციით მიღებული აირების დაწვით. ეკოლოგიური ვითარება, რომელიც მყარი სათბობის უშუალო ან მისი გაზიფიკაციით მიღებული აირების დაწვით წარმოქმნება, რადიკალურად განსხვავდება ერთმანეთისგან. ამიტომ, იმის გასარკვევად, თუ რამდენად განსხვავებულ ეკოლოგიურ ვითარებას ექნება ადგილი სათბობის სხვადასხვა მეთოდებით დაწვის დროს, განვიხილოთ SO₂-ის ემისიის მაგალითზე.

დასახული ამოცანის გადასაწყვეტად უპირველესად გავეცნოთ ტყიბულის ნახშირის მუშა მასის შედგენილობას, რომელიც წარმოდგენილია 6.3 ცხრილში.

ცხრილი 6.3

ტყიბულის ნახშირის მუშა მასის შედგენილობა, % [93]

W ^a	A ^b	S ^c ₁	S ^c ₂	C ^d	H ^e	N ^f	O ^g
13,0	27,0	0,7	0,6	45,4	3,5	0,9	8,9

როგორც ცხრილში წარმოდგენილი ინფორმაციიდან ჩანს, ტყიბულის ნახშირის მუშა მასაში გოგირდი ორი სახით შედის. კერძოდ, ორგანული (S^a) და ალმადანური (S^b) გოგირდის სახით. მესამე სახის გოგირდი, რომელიც სათბობის მასაში გეხვდება, სულფატურია.

ორგანული გოგირდი შედის სათბობის რთული მაღალმოლეკულური ორგანული შენაერთების შედგენილობაში, ალმადანის გოგირდი კი რკინის ალმადანში (FeS₂) და გეხვდება სათბობის მინერალურ ნაწილში. ორგანული და ალმადანური გოგირდი სათბობის წყის დროს იჟანგება და გამოყოფს სითბოს. სულფატური გოგირდი შედის სათბობის მინერალურ ნაწილში სულფატების (CaSO₄ და FeSO₄) სახით, ამიტომ სათბობის წყის დროს შემდგომ დაჟანგვის ადარ განიცდის. სულფატური გოგირდი სათბობის წყის დროს პირდაპირ გადადის ნაცარში. სათბობის საწვავ მასაში შემავალი ორგანული და ალმადანური გოგირდი კი წყის შედეგად გადადის აირად მდგომარეობაში (ძირითადად, SO₂-ში და მცირე რაოდენობით SO₃-ში).

ის გარემოება, რომ გოგირდს ახასიათებს დაბალი დაწვის სითბო (9300 კჯ/კგ) და რომ მისი წვის შედეგად წარმოქმნილი SO_2 და SO_3 იწვევს ხურების ზედაპირების ძლიერ კოროზიას და წამლავს გარემოს, გოგირდს ხდის სათბობისათვის არასასურველ ელემენტად [97].

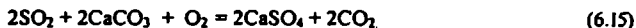
სათბობში შემაველი ორგანული გოგირდის ჯანგვის პროცესი გოგირდოვან ანიდრიდად (SO_2) მიმდინარეობს შემდეგი რეაქციით:



ხოლო სათბობის 400-600°C ინტერვალში გაცხელების დროს მასში მყოფი რკინის ალმადანის (FeS_2) ჯანგვა გოგირდოვან ანიდრიდად – შემდეგი რეაქციით:



გოგირდოვანი ანიდრიდი (SO_2), რომელიც წარმოიქმნება ორგანული გოგირდის და რკინის ალმადანის (FeS_2) დაჟანგვით, რეაქციაში შედის კალციუმის კარბონატსა (CaCO_3) და ჯანგბადთან (O_2) შემდეგი რეაქციით:



600°C-ზე ზევით ტემპერატურის პირობებში კარბონატები იშლება:



ხოლო ქლორიდებისა და ტუტე ლითონების შენაერთების ნაწილი აქროლდება.

1000°C-ზე ზევით დაშლას იწვევს სულფატები:



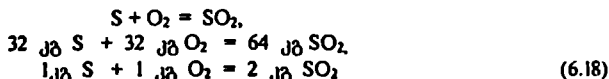
როგორც 6.4 ცხრილში წარმოდგენილი მასალიდან ჩანს, ტყიბულის ნახშირის უსულფატო მასის ქიმიურ შედგენილობაში CaCO_3 და CaSO_4 არ შედის. ამიტომ, ზემოთ განხილულ (6.3), (6.4) და (6.5) ქიმიურ რეაქციებს მოცემულ შემთხვევაში ადგილი არ ექნება, ხოლო გოგირდოვანი ანიდრიდი, ტყიბულის ნახშირის დაწვისას, მხოლოდ სათბობში შემაველი ორგანული გოგირდისა და რკინის ალმადანის დაჟანგვის შედეგად წარმოიქმნება.

ცხრილი 6.4

ტყიბულის ნახშირის ნაცრის უსულფატო მასის
ქიმიური შედგენილობა, % [93]

SiO_2	Al_2O_3	TiO_2	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O
52,5	31,5	1,4	8,0	5,0	0,8	0,2	0,6

სათბობის საწვავი ელემენტების დაჟანგვის პროცესის სტექიომეტრიული რეაქციების შესაბამისად ორგანული გოგირდის გოგირდოვან ანიდრიდად (SO_2) დაჟანგვისას ადგილი ექნება შემდეგი სახის მატერიალურ ბალანსს:



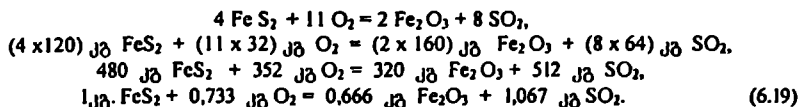
როგორც 6.3 ცხრილიდან ჩანს, ტყიბულის ნახშირის მუშა მასაში ორგანული გოგირდი (S^{org}) შედის 0,6%-ის ოდენობით. აღნიშნულიდან გამოიმდინარე, ცხადია,

რომ 1 ტონა ტყიბულის ნახშირი შეიცავს 6კგ ორგანულ გოგირდს, რომლის სრული დაწვისას წარმოქმნილი SO_2 -ის ემისია იქნება

$$6 \times 2 = 12 \text{ კგ } SO_2/\text{ტ ნახშირი} = 0,012 \text{ ტ } SO_2 / \text{ტ ნახშირი.}$$

ამრიგად, გაანგარიშებიდან გამომდინარეობს, რომ ერთი ტონა ტყიბულის ნახშირის დაწვისას ორგანული გოგირდის დაჟანგვის შედეგად წარმოიქმნება 0,012 ტონა გოგირდოვანი ანიდრიდი.

აღნიშნულის ანალოგიურად, სათბობის საწვავი ელემენტების დაჟანგვის პროცესის სტექიომეტრიული რეაქციების შესაბამისად რკინის ალმადანის გოგირდოვან ანიდრიდად (SO_2) დაჟანგვისას ადგილი ექნება შემდეგი სახის მატერიალურ ბალანსს:



როგორც 6.4 ცხრილიდან ჩანს, ტყიბულის ნახშირის მუშა მასაში ალმადანის გოგირდი (S^2) შედის 0,7%-ის ოდენობით. აღნიშნულიდან გამომდინარე, ცხადია, რომ 1 ტონა ტყიბულის ნახშირი შეიცავს 7კგ ალმადანის გოგირდს, რომლის სრული დაწვისას წარმოქმნილი SO_2 -ის ემისია იქნება

$$7 \times 1,067 = 7,5 \text{ კგ } SO_2/\text{ტ ნახშირი} = 0,0075 \text{ ტ } SO_2 / \text{ტ ნახშირი.}$$

ამრიგად, გაანგარიშებამ გვიჩვენა, რომ ერთი ტონა ტყიბულის ნახშირის დაწვისას ალმადანის გოგირდის დაჟანგვის შედეგად წარმოიქმნება 0,0064 ტონა გოგირდოვანი ანიდრიდი, ხოლო ორგანული და ალმადანის გოგირდის დაწვის, ანუ დაჟანგვის შედეგად წარმოქმნილი SO_2 -ის ჯამური ემისია იქნება

$$0,012 \text{ ტ } SO_2/\text{ტ ნახშირი} + 0,0075 \text{ ტ } SO_2/\text{ტ ნახშირი} = 0,0195 \text{ ტ } SO_2/\text{ტ ნახშირი.}$$

სამუშაო [94]-ის ანალოგიურად, ჩვენს ნაშრომშიც განისაზღვრება 77,1 მგ/ტ სიმძლავრის კონდენსაციურ ორთქლტურბინულ თბოელექტროსადგურში, წლის განმავლობაში, ტყიბულის ნახშირის დაწვისას წარმოქმნილი SO_2 -ის ემისიის სიდიდე. ამ მიზნით უპირველესად გამოთვლილ იქნა კონდენსაციურ ორთქლტურბინულ თბოელექტროსადგურში ტყიბულის ნახშირის წლიური ხარჯი. გაანგარიშების შედეგები წარმოდგენილია 6.5 ცხრილის სახით.

ცხრილი 6.5

გაანგარიშების ცხრილი

სიდიდეთა დასახელება	აღნიშვნა	განზომილება	ფორმულა ან დასახელება	გაანგარიშება	სიდიდე
თვისის სიმძლავრე	N_s	კვტ	[92]	-	77100
ნატურალური სათბობის (ტყიბულის ნახშირის) წლიური ხარჯი თვისის ექსპლუატაციის სხვადასხვა ხანგრძლივობის დროს	$(B_s)_1$	ტ	$(B_s)_1 Q_s / Q^{\circ}$	$\frac{124786 \times 29300}{17933}$	204112
	$(B_s)_2$	ტ	$(B_s)_2 Q_s / Q^{\circ}$	$\frac{149743 \times 29300}{17933}$	244935
	$(B_s)_3$	ტ	$(B_s)_3 Q_s / Q^{\circ}$	$\frac{174700 \times 29300}{17933}$	285435

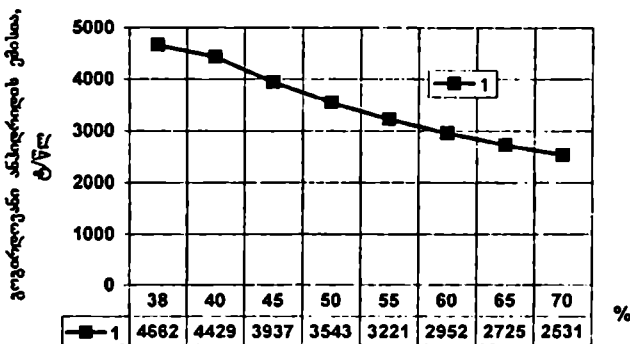
როგორც 65 ცხრილში წარმოდგენილი მასალიდან ჩანს, 77,1 მგ/ტ სიმძლავრის კონდენსაციური ორთქლტურბინული თბოელექტროსადგურის ტყიბულის ნახშირზე მუშაობისას, წლის განმავლობაში ექსპლუატაციის მაქსიმალური ხანგრძლივობით, ანუ 7000 საათის დროს, მის მიერ მოხმარებული ნახშირის რაოდენობა 285435 ტონას შეადგენს. თავის მხრივ, ტყიბულის ნახშირის ამ რაოდენობაში ორგანული და ალმადანური გოგირდის ჯამური რაოდენობა $(285435 \times 0,013) = 3710,66$ ტონაა, ხოლო მისი სრული დაჯანგვის დროს წარმოქმნილი გოგირდოვანი ანჰიდრიდის რაოდენობა ტონაა

$$285435 \times 0,0195 = 5566 \text{ ტ SO}_2/\text{წელიწადში.}$$

77,1 მგ/ტ სიმძლავრის კომბინირებულ ორთქლაირიან თესში ტყიბულის ქვანახშირის მტერის შიგაცეკლური გაზიფიკაციის დროს წნევის ქვეშე ქანგბადის მიწოდებით, მქ კოეფიციენტის ერთი და იმავე მნიშვნელობისათვის ($\eta_2 = \eta_1 = 0,38$), სათბობის წლიური ხარჯი 46000 ტონით ნაკლები იქნება იმავე სიმძლავრის ტრადიციულ ორთქლტურბინულ თესთან შედარებით [95]. ამ შემთხვევაში SO_2 -ის ემისიაც შემცირდება $46000 \times 0,0195 = 897$ ტ SO_2 /წლ-ით.

ტყიბულის ქვანახშირის ხარჯის დამოკიდებულება კომბინირებული თესის მქ კოეფიციენტზე, გენერატორის აირის გამოსავლიანობის $\eta = 1,59$ მ³/კ და გენერატორის აირის წვის სიბოზს პროცენტული სიდიდის $\eta = 0,75\%$ მნიშვნელობებისათვის მოცემულია 62 ნახაზზე.

თუ გავითვალისწინებთ, რომ თანამედროვე კომბინირებული თესების ენერგოეფექტურობა მნიშვნელოვნად აღემატება ტრადიციული ორთქლტურბინული თესების კონომიკურ მაჩვენებლებს, ტყიბულის ქვანახშირის შიგაცეკლური



გაზიფიკაციის შემთხვევაში სათბობის შემდეგი გოგირდისაგან წარმოქმნილი გოგირდოვანი ანჰიდრიდის SO_2 -ის ემისია კიდევ უფრო შემცირდება.

ნახ.6.2 ტყიბულის ქვანახშირში შვედელი გოგირდისაგან წარმოქმნილი გოგირდოვანი ანჰიდრიდის SO_2 -ის ემისიის დამოკიდებულება კომბინირებული თესის მქ კოეფიციენტზე:

1-გოგირდოვანი ანჰიდრიდის SO_2 -ის ემისია, ტ/წლ

სათბობის ხარჯის შემცირებისთან ერთად, კომბინირებულ ორთქლაირიან თესებში ნახშირების გაზიფიკაციის ყველა გავრცელებული მეთოდი

ითვალისწინებს ატმოსფეროში გოგირდის მავნე გამოანბოლქეების მკვეთრ შემცირებას [98].

6.4. აზოტის ჟანგეულების (NO_x) ემისია ტყიბულის ნახშირისა და მისი გაზიფიკაციით წარმოქმნილი აირების წყის დროს

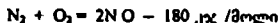
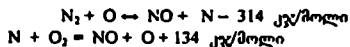
ცნობილია, რომ მყარი სათბობის წყის დროს აზოტის ჟანგეულები – NO_x -ები ძირითადად წარმოიქმნება სათბობში არსებული აზოტიდან, ხოლო აირადი სათბობის წყის დროს – პაერში არსებულნიდან. აქედან ცხადია, რომ ტყიბულის ნახშირის პირდაპირი დაწვის დროს NO_x -ები ძირითადად წარმოიქმნება სათბობის მუშა მასაში არსებული N-მ აზოტიდან, რომლის მნიშვნელობაც, 6.3 ცხრილში წარმოდგენილი ინფორმაციის თანახმად, 0,9%-ის ტოლია. ტყიბულის ნახშირის გაზიფიკაციით მიღებული აირების წყის დროს კი NO_x -ები წარმოიქმნება პაერში არსებული აზოტიდან.

ექსპერიმენტული გამოკვლევებით დადგენილია, რომ აზოტის ჟანგეულები მრავალ ფაქტორზეა დამოკიდებული, რის გამოც NO_x -ების თითოეული კომპონენტის ზუსტი განსაზღვრა შეუძლებელია. ამიტომ, აზოტის ჟანგეულების ჯამური მნიშვნელობა NO_x -ზე დაიყვანება.

აზოტის ოქსიდზე, როგორც წყის აირადი ნაწარმის ტოქსიკურ შემდგენზე, ყურადღება გამახვილდა 60-იანი წლების ბოლოს. ეს ძირითადად იმით აიხსნება, რომ ამ პერიოდში მძლავრი ქვაბების შექმნისა და წყის პროცესების მაქსიმალური ინტენსიფიკაციის შედეგად წარმოიქმნა ჟანგბადისა და აზოტის შეერთების კარგი პირობები.

აზოტის ოქსიდი ძალიან მავნე ნარევი. მისი არსებობა პაერში მინიმალური დოზის შემთხვევაშიც კი იწვევს მავნე ზემოქმედებას ადამიანის სასუთქ ორგანოებზე. აზოტის ოქსიდი იწვევს მოწყობილობების და მასალების დაშლას, ხელს უწყობს სმოგის წარმოქმნას და აუარესებს მხედველობის არეს. აზოტის ოქსიდის განსაკუთრებულ თვისებად უნდა ჩაითვალოს ის, რომ იგი წარმოიქმნება ესერგეტიკაში გამოყენებული ყველა სახის სათბობის (მყარი, თხევადი, აირადი) წყის დროს. თუ ადრე თელიდნენ, რომ ქვაბის გადაყვანა აირად სათბობზე ხსნიდა ატმოსფეროს გაჭუჭყიანების ყველა პრობლემას, ამჟამად ასეთი მსჯელობა არ შეიძლება ჩაითვალოს გამართლებულად. აღნიშნულიდან გამომდინარე, დღის წესრიგში დგება აზოტის ოქსიდის წარმოქმნის პირობების შესწავლა საქვებე დანადგარის საცეცხლე კამერაში.

პირველ რიგში განვიხილოთ აზოტის ჟანგვის რეაქციის მიმდინარეობის ზოგიერთი თეორიული დებულება. როგორც აღნიშნული იყო, საცეცხლე კამერაში აზოტის ოქსიდის წარმოქმნაზე მოქმედებს რიგი ფაქტორები, რომელთაგან ძირითადად ითვლება ჩირადნის ბირთვის ტემპერატურული დონე. ცდების საფუძველზე დადგენილია, რომ აზოტის ოქსიდის კონცენტრაცია სწრაფად იზრდება ტემპერატურის გადიდებასთან ერთად და თავის მაქსიმალურ მნიშვნელობას აღწევს 1750°C -ის დროს. ამასთან, დადგენილია, რომ კონცენტრაციის უმაღლესი დონე ახასიათებს აზოტის უდაბლესი რიგის ჟანგეულს NO -ს, რომლის რაოდენობა საცეცხლე კამერაში აზოტის ჟანგეულების საერთო რაოდენობის 95 %-ზე მეტია [1003], ხოლო უმაღლესი რიგის დანარჩენი ჟანგეულების (უპირატესად NO_2 და N_2O_2) კონცენტრაციები არ არის მაღალი. აზოტის ჟანგვის რეაქციები შეიძლება წარმოვიდგინოთ შემდეგი სახით:



(620)

პირველი რეაქცია მიმდინარეობს ატომურ ჟანგბადთან, რომელიც წარმოიქმნება მოლეკულური ჟანგბადის (O_2) დისოციაციის შედეგად მაღალი ტემპერატურის გავლენით. ეს რეაქცია ენდოთერმულია, რომლის დროსაც შთაინთქმება 314 კჯ/მოლი სითბო. მეორე რეაქციის დროს, მაღალი აქტივაციის ენერგიის მქონე ატომური აზოტი, რომელიც წარმოიქმნება პირველი რეაქციის დროს, ეგზოთერმულ რეაქციაში შედის მოლეკულურ ჟანგბადთან 134 კჯ/მოლი სითბოს გამოყოფით.

საცეცხლე კამერის წვის ბირთვში წარმოქმნილი NO პრაქტიკულად არ შეიძლება დაიჟანგოს წვის აირადი ნაწარმის ჟანგბადით, დროის იმ მცირე მონაკვეთში (რომელიც იზომება წამებით), რომლის განმავლობაშიც აირი მოძრაობს ქვაბის აირსატარში, ალიბჰესა და საცემლე მილში. ამრიგად, ატმოსფეროში ძირითადად გამოიყვორცნება NO, რომელიც თანდათან შეიძლება დაიჟანგოს NO_2 -ად ატმოსფეროში მოძრაობის დროს.

ყოველივე აღნიშნულის საფუძველზე, სათბობის საწვავი ელემენტების დაუანგვის პროცესის სტეკიომეტრიული რეაქციების შესაბამისად, ორთქლტურბინული თესის ქვაბის საცეცხლეში მყარი სათბობის მუშა მასის $N^{\text{მ}}$ აზოტის აზოტის ჟანგად (NO) დაუანგვისას ადგილი ექნება შემდეგი სახის მატერიალურ ბალანსს:

$$\begin{aligned} N_2 + O_2 &= 2NO, \\ 28 \text{ კგ } N_2 + 32 \text{ კგ } O_2 &= 60 \text{ კგ } NO, \\ 1 \text{ კგ } N_2 + 1,143 \text{ კგ } O_2 &= 2,143 \text{ კგ } NO. \end{aligned} \quad (6.21)$$

როგორც 6.3 ცხრილიდან ჩანს, ტყიბულის ნახშირის მუშა მასაში $N^{\text{მ}}$ აზოტი შედის 0,9%-ის ოდენობით. აღნიშნულიდან გამომდინარე, ცხადია, რომ 1 ტონა ტყიბულის ნახშირი შეიცავს 9კგ აზოტს, რომლის სრული დაწვისას წარმოქმნილი NO-ს ემისია იქნება:

$$(9 \times 2,143) \text{ კგ NO/ტ ნახშირი} = 19,287 \text{ კგ NO/ტ ნახშირი} = 0,019287 \text{ ტ NO/ტ ნახშირი.}$$

ამ შემთხვევაშიც, [92]-ის ანალოგიურად, განესაზღვროთ 77,1 მგეტ დადგმული სიმძლავრის მქონე კონდენსაციურ ორთქლტურბინულ თესში ერთი წლის განმავლობაში ტყიბულის ნახშირის დაწვისას წარმოქმნილი NO-ს ემისიის სიდიდე. ამ მიზნით, როგორც ზემოთ განხილულ შემთხვევებში, მივიღოთ, რომ ორთქლტურბინულ თესში ტყიბულის ნახშირის წლიური ხარჯი 285435 ტონას შეადგენს, რომლის დაწვითაც მიიღება:

$$(285435 \times 0,019287) \text{ ტ NO/წელიწადში} = 5505,18 \text{ ტ NO/წელიწადში.}$$

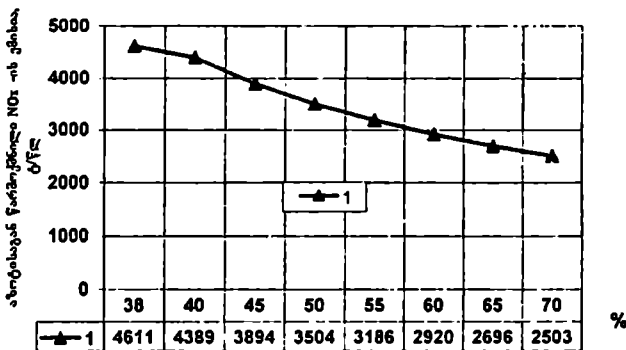
იმავე სიმძლავრის კომბინირებულ ორთქლადრიან თესში ტყიბულის ქვანახშირის მტერის შიგადაცეცხლი გაზოფიკაციის დროს წნევის ქვეშ ჟანგბადის მიწოდებით, მქ კოეფიციენტის ერთი და იმავე მნიშვნელობისათვის ($\eta_2 = \eta_3 = 0,38$), სათბობის წლიური ხარჯის 46000 ტონით შემცირებასთან ერთად [95] NO-ს ემისიაც შემცირდება $46000 \times 0,019287 = 887,2 \text{ ტ NO/წლ-ით.}$

თუ გაეითვალისწინებთ, რომ თანამედროვე კომბინირებული თესების ენერგოეფექტურობა მნიშვნელოვნად აღემატება ტრადიციულ ორთქლტურბინული თესების ეკონომიკურ მაჩვენებლებს, ტყიბულის ქვანახშირის შიგადაცეცხლი გაზოფიკაციის შემთხვევაში სათბობის შემდგენი აზოტისაგან წარმოქმნილი NO-ს ემისია კიდევ უფრო შემცირდება.

ტყიბულის ქვანახშირის ხარჯისა და აზოტისაგან წარმოქმნილი NO_x -ის ემისიის დამოკიდებულება კომბინირებული თესის მქოვეფიციენტზე გენერატორის აირის გამოსავლიანობის $\eta=1,59$ მ³/კვ და გენერატორის აირის წვის სითბოს პროცენტული სიდიდის $\eta=0,75\%$ მნიშვნელობებისათვის მოცემულია 63 ნახაზზე.

ისევე როგორც გოგირდის ჟანგულების შემთხვევაში, სათბობის ხარჯის შემცირებასთან ერთად, კომბინირებულ ორთქლიანი თესებში ნახშირების გაზიფიკაციის ყველა გავრცელებული მეთოდი ითვალისწინებს ატმოსფეროში აზოტის ჟანგულების გამონაბოლქვების მკვეთრ შემცირებას. მაგალითად, ნახშირის მტერის შიგაციკლური გაზიფიკაციის დროს წნევის ქვეშ ჟანგბადის მიწოდებით, პავრგამყოფ დანადგარში ჟანგბადის წარმოების დროს მიღებული აზოტს იყენებენ ნახშირის მტერის საშრობ და საენტილააციო აგენტად. აზოტი წინასწარ ცხელდება აირტურბინის კომპრესორიდან გამოსული პავრის ხარჯზე 200-220 °C-მდე და ისე მიეწოდება წისქვილს. ნახშირის მტერისა და აზოტის ერთმანეთისაგან განცალკევება ხდება სეპარატორში, რის შემდეგაც აზოტი გაივლის სანიტარული გაწმენდის ორ საფეხურს და გამოედინება ატმოსფეროში. აზოტის გარკვეული ნაწილი (დაახლოებით 6 კვ/წმ) იკუმშება 4 მგა-მდე და გამოიყენება სანთურებში ნახშირის მტერის მისაწოდებლად. აირტურბინული დანადგარის წვის კამერის კონსტრუქცია და აუცილებლობის შემთხვევაში მასში ორთქლის შეყვანის შესაძლებლობა უზრუნველყოფს წარმატებულ აირებში აზოტის ჟანგულების 100 მგ/მ³-ზე ნაკლებ კონცენტრაციას [81].

1



ნახ.63. ტყიბულის ქვანახშირში არსებული აზოტისაგან წარმოქმნილი NO_x -ის ემისიის დამოკიდებულება კომბინირებული თესის მქოვეფიციენტზე:
1-აზოტისაგან წარმოქმნილი NO_x -ის ემისია, ტ/წმ.

ცირკულირებად მდულარე შრეში მყარი სათბობის წვის დროს საცეცხლეში წვის პროცესის შედარებით დაბალი ტემპერატურის პირობებში (900°C) მიმდინარეობისა და პავრის სამსაფეხურიანი მიწოდების შედეგად აზოტის ჟანგულების კონცენტრაცია 200 მგ/მ³-ს არ აღემატება [48].

უკვე მოქმედი კომბინირებული ორთქლიანი ენერგობოლოკების მუშაობის გამოცდილება ადასტურებს, რომ ნახშირების შიგაციკლური გაზიფიკაციის დროს გენერატორის აირის საწმენდი სისტემები მთლიანად უზრუნველყოფს აზოტის ჟანგულების გამონაბოლქვის დასაშვებ ზღვრებში შენარჩუნებას.

6.5. ტყიბულის ნახშირისა და მისი გაზიფიკაციით მიღებული აირების წვის შედეგად ატმოსფეროში გამოტყორცნილი მყარი ნაწილაკების შედარებითი ანალიზი

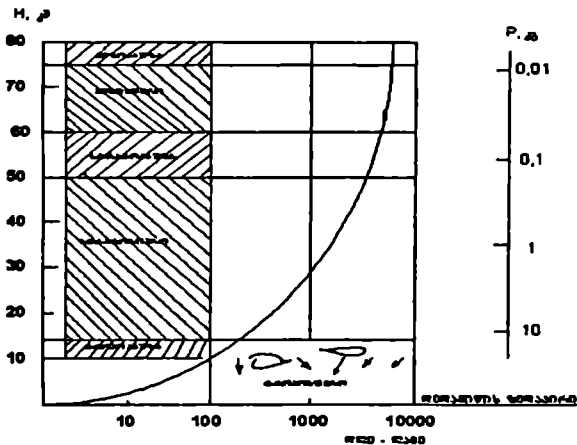
სათბობის წვის აირად ნაწარმთან ერთად ატმოსფეროში გამოიტყორცნება მყარი ნაწილაკები, რომლებიც ზომების მიხედვით მნიშვნელოვნად განსხვავდება ერთმანეთისგან. ნაწილაკების დალექვის სიჩქარე დამოკიდებულია მათ ზომებზე (D), თვისებებზე (სიბლანტე μ , სიმკვრივე ρ და ა.შ.) და ჰაერის მდგომარეობაზე (მშრალი, ტენიანი და ა.შ.). ნაწილაკების დალექვის სიჩქარე ფუნქციური დამოკიდებულების სახით ჩაიწერება ასე:

$$V = f(D_{\text{ნაწ}}, \rho_{\text{ნაწ}}, \rho_{\text{ა}}, \mu, \dots), \quad (6.22)$$

სადაც ინდექსი „ნაწ“ აღნიშნავს მყარი ნაწილაკების გეომეტრიულ ან ფიზიკურ პარამეტრებს, ხოლო ინდექსი „ა“ – ჰაერისას.

დადგენილია, რომ მძიმე ნაწილაკების უმეტესი ნაწილი ატმოსფეროდან გამოიყოფა წარმოშობის წყაროს მახლობლად. მყარი ნაწილაკების დიდი დისპერსიულობის გამო მათი მაქსიმალური კონცენტრაცია (ზომების მიხედვით) ატმოსფერული სივრცის სხვადასხვა ადგილებში სხვადასხვაა.

დადგენილია აგრეთვე, რომ ატმოსფეროზე უმნიშვნელოვანეს გავლენას ახდენს წერილდისპერსიული მტვერი, რომლის გამოყოფაც ატმოსფეროს მაღალი შრებიდან არ ხდება ხანგრძლივი დროის განმავლობაში, რაც დასტურდება 6.4 ნახაზზე წარმოდგენილი მონაცემებიდან.



ნახაზ 6.4. წერილდისპერსიული მტერის განაწილება და დაყოფა ატმოსფეროში

როგორც 6.4 ნახაზიდან ჩანს, დედამიწის ზედაპირიდან 16-18 კმ-ის სიმაღლეზე ატმოსფეროში ნაწილაკების დაყოფების ხანგრძლივობა დაახლოებით 140 დღე-ღამეა. მაშინ, როდესაც დედამიწის ზედაპირიდან 65-70 კმ-ის სიმაღლეზე მათი დაყოფების ხანგრძლივობა რამდენიმე 1000 დღე-ღამეს შეადგენს.

წერილდისპერსიული მტერის ღრუბლები, გროვდება რა ატმოსფეროს მაღალ ფენებში, ირეკლავს შზის სხივებს და იწვევს ატმოსფეროს ტემპერატურის შემცირებას. მაგალითად, როგორც [102]-ში მოცემული ინფორმაციიდან ჩანს, 1960 წლიდან 1980 წლამდე მყარი ნაწილაკებით გამოწვეულმა ატმოსფერული პაერის გაცივების ეფექტმა 0.3°C შეადგინა. მომავალში ატმოსფერულ პაერში მყარი ნაწილაკების წერილდისპერსიული მტერის რაოდენობის ზრდას (50%-ით, არსებულთან შედარებით) შეიძლება გამოიწვიოს შზის სინათლის სხივების ისეთი არეკვლა, რომ ატმოსფერული პაერის ქვედა შრის ტემპერატურამ 1°C -ით დაიწიოს.

ატმოსფეროს ზედა შრეების ხელოვნური თანამგზავრებით გამოკვლევის შედეგად 1974 წელს პოპოვიჩის და არტიუზინის მიერ დადგენილ იქნა, რომ წერილდისპერსიული მტერის სქელი ფენები მდებარეობს ღვდამიწის ზედაპირიდან 10-20 კმ-ის სიმაღლეზე. ატლანტიკის ოკეანის ჩრდილოეთ ნაწილის ატმოსფეროს ზედა ნაწილში თავმოყრილია მყარი ნაწილაკების წერილდისპერსიული მტერის მნიშვნელოვანი ღრუბლები, რომლებიც გამოწვეულია ევროპის ინდუსტრიული ქვეყნების საწარმოთა გამოწვევით.

ამერიკელ მეკვლევართა მონაცემებით ეუნსელ ბარბადოსის (კარიბის ზღვაში) ატმოსფეროს ზედა შრეების გატუჟიანება წერილდისპერსიული მტერით 1968-დან 1973 წლამდე გაიზარდა 3-ჯერ, რამაც 15%-ით შეამცირა მზის გამოსხივება ამ რეგიონში.

მყარი ნაწილაკების არსებობა ატმოსფეროში გარკვეულ ზეგავლენას ახდენს წვიმის ღრუბლების ფორმირებაზე, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს ტროპიკული წვიმებისა და ქარიშხლების რიცხვის მკვეთრი ზრდა მოცემულ რეგიონში.

კომბინირებული ორთქლადირიანი დანადგარები ნახშირების შიგადაცვლილი გაზიფიკაციით მაღალეკონომიურობასთან ერთად ხასიათდებათ კარგი ეკოლოგიური მაჩვენებლებითაც. კერძოდ, მყარი სათბობის საგაზიფიკაციო დანადგარის შეთანწყობაში, გარდა რეაქტორისა და სათბობის მოსამზადებელი და მისაწოდებელი სისტემებისა, გათვალისწინებულია გენერატორის აირის საწმენდი მოწყობილობა წილის ასართმევ, გაზიფიკატორში მფრინავი ნაცრის დასაბრუნებელ და მტვერსაწმენდ კანაძებთან ერთად. შედეგში, მტერის შემცველობა წარმავალ წვის აირად ნაწარმში 3 მგ/მ³-ს არ აღემატება.

გაზიფიკატორი, ნახშირის მტერის გაზიფიკაციის დროს წნევის ქვეშ ჟანგბადის მიწოდებით, შედგება რეაქტორისაგან, რომელშიც მიმდინარეობს ნახშირის მტერის გაზიფიკაციის პროცესი და რადიაციული აირსაცივრისაგან, რომელშიც გენერატორის აირი გრილდება $700-900^{\circ}\text{C}$ -მდე ჩირაღდნის ბირთვში, რომელშიც გაზიფიკაციის პროცესი მიმდინარეობს, ტემპერატურა $1800-2000^{\circ}\text{C}$ -ია. ეს ტემპერატურა რეაქტორიდან გამოსასვლელში შეიძლება 1500°C -მდე შემცირდეს, მაგრამ ის ყოველთვის უნდა აღემატებოდეს წილის თხელდნობადი მდგომარეობის შესაბამის ტემპერატურას. საწვავი აირი, თხევად წილასთან ერთად, რეაქტორის ქვედა ნაწილში განლაგებული კრიჭის გავლით მიეწოდება რადიაციულ აირსაცივარს, სადაც ხდება წილის გრანულაცია. გრანულირებული წილის მნიშვნელოვანი ნაწილი გადადის წყლის აბაზანაში, ხოლო გამტევიანებული გენერატორის აირი დაახლოებით 800°C ტემპერატურით გაივლის ციკლონს, სადაც ის უხეში ნაწილაკებისაგან თავისუფლდება და მიემართება კონვექციურ აირსაცივარში. აქ მისი ტემპერატურა 500°C -მდე ეცემა. ასეთი ტემპერატურის მქონე აირი ლითონსახელოიან ან კერამიკულ ფილტრებში იფილტრება წერილმანი ნაწილაკებისაგან [84].

ნახშირწყლიანი სუსპენზიის გაზიფიკაციის დროს რეაქტორიდან გამოსული გენერატორის აირი წილასთან ერთად გადადის აირსაცივარში, სადაც აირი ცივდება, ხოლო წილა მყარდება. ამის შემდეგ აირი საბოლოოდ ცივდება კონვექციურ აირსაცივარში და მიემართება სკრუბერისაკენ, სადაც ის ირეცხება დარწმენილი ნაცრის ნაწილაკებისაგან [81].

6.6. ტყიბულის ნახშირისა და მისი გაზიფიკაციით მიღებული აირების წვის შედეგად ატმოსფეროში გამოტყორცნილი რადიოაქტიური ნივთიერებების შედარებითი ანალიზი

ნახშირების ორგანული მასის დაწვის დროს ბუნებრივი რადიოაქტიური ნივთიერებები (ბრნ) ძირითადად წიდანაცარში იყრის თავს, რის გამოც რადიოაქტიურმა გამოსხივებამ შეიძლება დასაშვებ დონეს გადააჭარბოს.

მყარი სათბობის წვის არსებული ტექნოლოგიების გამოყენებას თან სდევს წილისა და ნაცრის მასიური გამოტყორცნა გარემოში. ნახშირების წვის ტექნოლოგიების მოდერნიზაციის მიზნით ჩატარებულმა ღონისძიებებმა ევრო წვის აირადი ნაწარმის სრულყოფილი გაწმენდა უზრუნველყო ე.წ. მაფრინაეი ნაცრისაგან. ამიტომ, ნახშირით მომუშავე თესების ადგილმდებარეობის რადიაციული ვითარების შესწავლის დროს, ძირითადი ყურადღება ეთმობა ატმოსფერულ პერში იმ ბრნ-ს გავრცელების გამოკვლევას, რომლებიც მფრინაეი ნაცრის საშუალებით გამოიტყორცნება თესების საკვამლე მილიდან და შემდეგ ილექება მიწის ზედაპირზე. აღსანიშნავია, რომ ბრნ-ს კუთრი აქტიურობა მფრინაე ნაცარში აღემატება ნიადაგში მათ საშუალო მნიშვნელობას ^{232}Th -სათვის - 1,5-2,0-ჯერ, ^{226}Ra -სა და ^{40}K -სათვის - 4-5-ჯერ, ხოლო ^{238}U -სა და ^{210}Pb -სათვის - 10-20-ჯერ [103].

თესების გამონაბოლქვის რადიოაქტიურობა განპირობებულია ნახშირების საწყისი რადიოაქტიურობითა და სათბობის წვის ტექნოლოგიის თავისებურებით. სხვადასხვა საბადოს წილისეული ნახშირის ბრნ-ს კუთრი აქტიურობა 100-1000-ჯერ და მეტადაც განსხვავდება ერთმანეთისაგან. მაგალითად, ^{238}U -ს შემცველობა იცვლება 0,6-3600 ბკ/გ ფარგლებში, მაშინ როდესაც მისი საშუალო მნიშვნელობა 18-28 ბკ/გ-ის ტოლია.

რადგან ნახშირების წვის ტექნოლოგიებიც ერთმანეთისაგან მნიშვნელოვნად არის განსხვავებული, ამიტომ რადიაციული მდგომარეობის შეფასება უნდა მოხდეს უშუალოდ კონკრეტული თესის ადგილმდებარეობის მიხედვით.

ნახშირით მომუშავე თესების მფრინაე ნაცარში ბრნ-ს კუთრი აქტიურობის მნიშვნელობები (სხვადასხვა ავტორების შეფასებით) მოცემულია 6.6 ცხრილში.

ცხრილი 6.6

ბრნ-ს კუთრი აქტიურობა, ბკ/გ

რადიოაქტიური ნივთიერება	ლიტერატურული წყაროები							დიაპაზონი	საშუალო მნიშვნელობა ნიადაგისათვის	საშუალო მნიშვნელობა ღონისასი ნახშირბაქსათვის
	[104]	[105]	[106]	[107]	[108]	[109]	[111]			
კალუმი (^{137}Cs)	265	265	550	1700-2200	550	740	930	265-2200	410	304
ურანი (^{238}U)	200	-	185	-	185	550	163	165-550	25	72
რადიუმი (^{226}Ra)	260	240	37	185	37	110	97	37-260	25	34
რადონი (^{222}Rn)	-	-	-	-	3700	37	-	37-3700	-	-
ბაჟი (^{210}Pb)	930	930	370	440	370	-	-	370-930	130	12
პოლონიუმი (^{210}Po)	1700	1700	400	-	-	-	-	400-1700	-	-
თორიუმი (^{232}Th)	70	70	37	85-320	37	110	60	37-320	36	21
თორიუმი (^{230}Th)	110	110	37	37	-	-	-	37-110	-	-
რადიუმი (^{226}Ra)	130	130	37	129	37	-	-	37-130	-	-

უნდა აღინიშნოს, რომ ცხრილში წარმოდგენილი ინფორმაცია, [104-109] ნაშრომების მიხედვით, უმეტეს შემთხვევაში ყურადღებას საინტერესო შეფასებებს, რომლის დროსაც გამოყენებულია გარკვეული დანებებები. მაგალითად, [107]-ის მიხედვით, ნახშირებში შემაღალი ^{222}Rn -ის შეკავება ფილტრებში არ ხერხდება, იგი მთლიანად გადადის ატმოსფეროში და დაშლის შედეგად წარმოქმნის ^{210}Pb -ს. [109]-ის მიხედვით, ნახშირებში შემაღალი ^{222}Rn -ის 30%-ს აკავებს მფრინავი ნაცარი. ნებისმიერ ეარიანტში საჭიროა გავითვალისწინოთ, რომ ^{222}Rn -ის გამონაბოლქვი [106]-ის თანახმად, დაახლოებით 60 მგ/კ(მგ/ტ წლ)-ია.

თესვების ადგილმდებარეობის რაიონებში მოსახლეობის დასახელების ყველაზე დიდი ღირებულებები გამოწვეულია რადიოაქტიური გამონაბოლქვის შლეფის გავლით და ამის შედეგად მიწის ზედაპირის გატუქიანებით. [104]-ის თანახმად, დასახელების დონა რადიოაქტიური გამონაბოლქვის შლეფის გავლისას განისაზღვრება რადიონუკლიდებით ^{132}Th (60%), ^{230}Th , ^{226}Ra -სა და მათი დაშლის პროდუქტებით, ^{234}U , ^{234}U (13-13%) და ^{210}Pb , ^{210}Po (4-4%). დასახელების დონა მიწის ზედაპირზე დალექილი ბრინჯით ორჯერ ნაკლებია და ძირითადად განპირობებულია ^{222}Rn -ითა და მისი დაშლის პროდუქტებით (85%), მათ შორის, ^{210}Pb , ^{210}Po (დაახლოებით 40%), აგრეთვე ^{220}Th და მისი დაშლის პროდუქტებით (დაახლოებით 15%) [110].

დასახელების დონის ასეთი შეფასება ეფუძნება ატმოსფეროში მფრინავი ნაცრის კონცენტრაციისა და დედამიწის ზედაპირზე ბრინჯ დალექვის სიმკვრივის გაანგარიშებებს. თესვებისა და აესებისათვის ასეთი გაანგარიშებები სრულდება გაულის მოდელის ერთ-ერთი მოდიფიკაციის ბაზაზე [111-114]. ეს მოდელი საკმაოდ რთულია დროის იმ მონაკვეთისათვისაც კი, რომლის ზღვრებშიც ამინდის ცვლილების პირობები შეიძლება მუდმივ სიდიდეს ჩაითვალოს (რამდენიმე საათი). გაანგარიშება კიდევ უფრო რთულდება დროის დიდი მონაკვეთისთვის (ერთი წელი და მეტი) და გამონაბოლქვის ტურბულენტური დალექვისა და ატმოსფერული ნალექებით მათი ნაშრომების მხედველობაში მიღების დროს.

უფრო საინტერესო მონაცემების მიღება ატმოსფერული ჰაერისა და დედამიწის ზედაპირის რადიოაქტიური გატუქიანების შესახებ თესვის ადგილმდებარეობის მიხედვით შესაძლებელია ექსპერიმენტული გამოკვლევებით. რადიან ტექნოგენური წარმოშობის რადიონუკლიდების შემცველობა ატმოსფერულ ჰაერსა და ნიადაგში მცირეა ბუნებრივი რადიონუკლიდების შემცველობასთან შედარებით, ამიტომ მსგავსი გამოკვლევებისათვის საჭიროა შესაბამისი მეთოდის გამოყენება.

განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს ბრინჯ შემცველობას ნიადაგის ზედაპირულ ფენაში და რადონის (^{222}Rn) შემცველობას მიწისპირა ჰაერის შრეში. ანალიზის ჩასატარებლად საჭიროა ნიადაგისა და ჰაერის სინჯების აღება შესაბამისი შრეებიდან. სინჯის ასაღები წერტილები განლაგებული უნდა იყოს საკმაოდ მთლიან ირგვლივ 0.2-0.3 კმ-სა (ახლო ზონა) და 3.0-25 კმ-ს (შორეული ზონა) მანძილზე. თითოეული წერტილისათვის საჭიროა ქარის მიმართულებისა და სისქარის, აგრეთვე რელიეფის და მცენარეული საფარის თავისებურებების დაფიქსირება. აუცილებელია სინჯების აღება რამდენიმე ათეულ წერტილში. აღებული სინჯების ანალიზი ტარდება სტანდარტულ რადიომეტრულ დანადგარებზე.

მიღებული შედეგების ანალიზის დროს განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს მონაცემებს ^{210}Pb -ს შესახებ, რადგანაც ამ რადიოაქტიური ნივთიერების მიერ დედამიწის ზედაპირის დაბინძურების ორი შედეგად არსებობს პირველი, ^{210}Pb , ისე როგორც სხვა ბრინჯ, დედამიწის ზედაპირზე მფრინავი ნაცრის ტურბულენტური დალექვის შედეგად ხდება. ამასთან, დროის მიხედვით მისი აქტიურობა იცვლება მისი დაშლის გამო ($T_{1/2}=21$ წელი) და მისი დაგროვების გამო ჯაჭვში $^{226}\text{Ra} \rightarrow ^{222}\text{Rn} \rightarrow ^{210}\text{Pb}$ (შესაბამისად, $T_{1/2}=1600$ წელი; 3.8 დღე-ღამე; 21 წელი). მეორე, ^{210}Pb ილექება დედამიწის ზედაპირზე ჰაერში შემაღალი ^{222}Rn -ის

დაშლის შემდეგ (^{222}Rn — ^{214}Pb — ^{214}Bi — ^{210}Pb , როდესაც, შესაბამისად, $T_{1/2}=3.8$ დღე-ღამე; 26,8 წთ; 19,7 წთ; 21 წელი). მაშასადამე, ^{210}Pb -ს კონცენტრაცია დედამიწის ზედაპირზე განისაზღვრება რადონისა ^{222}Rn და რადიუმის ^{226}Ra შემცველობით შესაბამისად მფრინავ ნაცარსა და პაერში. ძალზე მნიშვნელოვანია აგრეთვე ^{210}Pb -ს კონცენტრაციაზე მცენარეული საფარის გაელენა, რადგან რაც უფრო მძლავრია მცენარეული საფარი, მით მეტია ^{210}Pb -ს შემცველობა ნიადაგში.

პაერის მიწისზედა შრეში ^{222}Rn -ის შემცველობაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ადგილმდებარეობის დახრილობა და მისი სიმაღლე ზღვის დონიდან, ქარის სიჩქარე, აგრეთვე რადონის ^{222}Rn ეკსგალაციის სიჩქარე ველამიწის ზედაპირიდან.

ჩატარებული ანალიზის შედეგები ღონბასის ALL მარკის ნახშირებზე მომუშავე ნოვოჩერკასკისა და ნესეეტაისკის სრესებისათვის მოცემულია 6.7 ცხრილში.

(ცხრილი 6.7

ბრნ-ს კუთრი აქტიურობა ნოვოჩერკასკისა და ნესეეტაისკის სრესებისათვის, ბკ/კგ

რადიოაქტიური ნივთიერება	ნესეეტაისკის სრესი		ნოვოჩერკასკის სრესი	
	ახლო ზონა	შორეული ზონა	ახლო ზონა	შორეული ზონა
ტყუია (^{210}Pb)	170 ± 15	165 ± 30	82 ± 13	78 ± 26
ურანი (^{238}U)	80 ± 6	58 ± 6	59 ± 8	54 ± 9
თორიუმი (^{230}Th)	36 ± 3	26 ± 6	29 ± 4	24 ± 5
რადიუმი (^{226}Ra)	40 ± 4	30 ± 5	32 ± 2	28 ± 23
თორიუმი (^{232}Th)	39 ± 4	36 ± 3	35 ± 5	31 ± 4

როგორც 6.7 ცხრილიდან ჩანს, ^{210}Pb -ს შემცველობა ნიადაგის ზედაპირულ ფენაში ნესეეტაისკის სრესის ადგილმდებარეობისათვის, სხვა ბრნ-საგან განსხვავებით, 2-ჯერ მეტია, ვიდრე ნოვოჩერკასკის სრესისათვის და პრაქტიკულად ერთნაირია ახლო და შორეული ზონებისათვის. რაც შეეხება ^{222}Rn -ის შემცველობას პაერის მიწისპირა შრეში, მისი საშუალო მნიშვნელობა ორივე სრესისათვის 130 ± 20 ბკ/მ³-ს შეადგენს.

ნოვოჩერკასკისა და ნესეეტაისკის სრესებისათვის ჩატარებული საველე და ლაბორატორიული გამოკვლევების შედეგები გვიჩვენებს, რომ ტრადიციული თესების მიერ გამოწვეული რადიოაქტიური ნივთიერებები მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მათი ადგილმდებარეობის რადიაციული ვითარების ფორმირებაზე.

ტყუილის ქვანახშირის შემადგენლობაში ბუნებრივი რადიოაქტიური ნივთიერებების შემცველობა პრაქტიკულად არ შეიზღუდა.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ნახშირზე მომუშავე თანამედროვე კომბინირებულ ორთქლმართან თესებში მიმდინარე ნახშირების შიგაეკოლოგიური გაზოფიკაციის პროცესი ითვალისწინებს გენერატორის აირის გაწმენდას წილის ასართმევ, გაზოფიკატორში მფრინავი ნაცრის დასაბრუნებელ და მტვერსაწმენდ სისტემაში. ამის გამო მფრინავი ნაცრის გამობოლქვა ატმოსფეროში აქ მინიმუმამდეა დაყვანილი. შესაბამისად მცირდება ბუნებრივი რადიოაქტიური ნივთიერებების კონცენტრაცია.

რაც შეეხება წიდას, მისი რადიოლოგიური პარამეტრები განისაზღვრება მასში რადიოაქტიური ელემენტების კონცენტრაციით და მისი რადიოაქტიური გამოსხივების ინტენსიურობით. წილის ნაღვრებში ნახშირების გაზოფიკაციის დროს წილის მძიმე ფრაქცია, ორმეტილი უფრო შენადნობებს შეიცავს, ილევეა კამერა-გაზოფიკატორის უსერზე და სიფონ-საღებრის საშუალებით პერიოდულად იღვრება ჩამოსხმელი მანქანის ზ.აყეში. აქ ის ციფდება და ბრიკეტების სახით მიემართება მზა პროდუქციის საწყობში. წილის მძიმე ფრაქციაში თავს იყრის მძიმე

ლითონები, მათ შორის რადიოაქტიურიც. იმ შემთხვევაში, თუ აღნიშნული ფრაქციის რადიოაქტიური გამოსხივება გადააჭარბებს დასაშვებ უსაფრთხო დონეს, ის იგზავნება გადასამუშავებლად, ან იმარხება სპეციალურ სამარხებში.

მძიმე ლითონებისაგან განთავისუფლებული წილის მსუბუქი ფრაქციის რადიოაქტიურობა არასდროს არ აღემატება დასაშვებ ზღვრებს, ამიტომ მისგან მეორეული პროდუქციის წარმოება შესაძლებელია ნებისმიერი ხარისხის ნახშირის გაზიფიკაციის დროს [56].

6.7. ტყიბულის ნახშირისა და მისი გაზიფიკაციით მიღებული აირების წვის შედეგად ატმოსფეროში გამოტყორცნილი მიკროელემენტების შედარებითი ანალიზი

ძირითადი კომპონენტების გარდა, ნახშირები შეიცავს 50-ზე მეტი დასახელების მიკროელემენტებს (მკე). მათი საშუალო კონცენტრაცია ნახშირების შედგენილობაში არ აღემატება რამდენიმე პროცენტს, ხოლო კონცენტრაციის ქვედა ზღვარი მხოლოდ ანალიზური მეთოდის მგზნობიარობით განისაზღვრება. ნახშირების წვის პროცესში მკეები განიცდის რთულ თერმოქიმიურ გარდაქმნებს. მათი გარკვეული ნაწილი რჩება წიდანაცარში, ხოლო ნაწილი გამოიბოლქება ატმოსფეროში და შესაბამისი კონცენტრაციის პირობებში შეუძლია მნიშვნელოვნად გააუარესოს ეკოლოგიური ვითარება რიგორც თესვების მიმდებარე, ისე მათგან დაშორებულ ტერიტორიაზე [115].

დადგენილია, რომ ნახშირების ტრადიციული მეთოდით დაწვის დროს ატმოსფეროში გამოიბოლქება Al, Co, Fe, Mn, Na და Se-ის საერთო რაოდენობის 10%, Cr, Cu, Ni და V-ს – 30%, Ag, Cd, Pb და Zn-ს – 50% და As, Br, Cl, Hg, Sb და Sc-ს – 100% [115].

წიდაში დარჩენილი მკე-ს ნაწილი, რომელიც წილის ნარჩენებთან ერთად წილის ნაყარზე გროვდება, გარემოს ეკოლოგიური ვითარების შეფასების დროს მხედველობაში არ მიიღება, ხოლო წვის აირად ნაწარმთან ერთად ატმოსფეროში გამონაბოლქვი ნაწილის საერთო მასის ფარდობას დასაწევი ნახშირის შემდგენი მკე-ს საერთო მასასთან ეწოდება „მკე-ს გამოსაელიანობა აირად ფაზაში (ი)“. რიცხობრივად ამ სიდიდეს ერთულის წილებში ან პროცენტებში გამოსახავენ. სწორედ მკე-ს კონცენტრაცია დასაწევე ნახშირებში და მათი გამოსაელიანობა აირად ფაზაში ითვლება საკანადო ფაქტორებად თესვის ადგილმდებარეობის ეკოლოგიური ვითარების გამოკვლევის დროს [116].

აღსანიშნავია, რომ ეს ორივე მაჩვენებელი სხვადასხვა საბადოს წიაღისეული ნახშირებისათვის სრულიად ინდივიდუალურია და განისაზღვრება როგორც ნახშირების გეოლოგიური წარმოშობით, ასევე მკე-ს კონცენტრაციის გადანაწილებით ნახშირების ორგანულ და მინერალურ შემდგენებს შორის. კერძოდ, ორგანული მინერალებისა და სულფიდების შემდგენი მკე-ები ძირითადად აირად ფაზაში გადადის, ხოლო თიხნარის შემდგენი – რჩება ნაცარსა და წიდაში [117-120].

ტყიბულის ქვანახშირის ნაცრის შედგენილობა მიკროელემენტების მიხედვით მოცემულია 6.8 ცხრილში [121].

როგორც 6.8 ცხრილიდან ჩანს, ტყიბულის ქვანახშირი მკე-ს საკმაოდ მნიშვნელოვან რაოდენობას შეიცავს, მაგრამ თუ გავითვალისწინებთ, რომ სხვადასხვა საბადოს ნახშირების შემდგენი მიკროელემენტები ერთმანეთისაგან აირად ფაზაში გადასვლის უნარიანად განსხვავდება, გამორიცხული არ არის, რომ ნახშირების დაწვისას მკე-ს დაბალი კონცენტრაციით, მაგრამ მათი აირად ფაზაში გადასვლის მაღალი პოტენციალით, უფრო მძიმე ეკოლოგიური ვითარება შეიქმნას,

ვიდრე ნახშირების დაწვისას მეკ-ს მაღალი კონცენტრაციით, მაგრამ მათი აირად ფაზაში გადასვლის დაბალი პოტენციალით.

ცხრილი 6.8

ტიპულის ქვანახშირის ნაცრის შედგენილობა
მიკროელემენტების მიხედვით, 10^{-3} , %

№	მიკროელემენტის სიმბოლო	მიკროელემენტის შემცველობა, 10^{-3} , %	№	მიკროელემენტის სიმბოლო	მიკროელემენტის შემცველობა, 10^{-3} , %
1	სპილენძი Cu	30	11	ვანადიუმი V	31
2	თუთია Zn	5	12	ბარიუმი Ba	10
3	ტყეია Pb	0,5	13	სტრონციუმი Sr	5
4	ნიკელი Ni	3	14	ცირკონიუმი Zr	20
5	კობალტი Co	5	15	ვერცხლი Ag	0,009
6	ქრომი Cr	1	16	კალციუმი Ca	1
7	მოლიბდენი Mo	0,3	17	ირიდიუმი Ir	1
8	კალა Sn	0,2	18	ლანტანი La	1
9	მანგანუმი Mn	100	19	სკანდიუმი Sc	0,5
10	ტიტანი Ti	300			

თუ ცნობილია მეკ-ს რაოდენობები დასაწევე ნახშირში (მეკ)_{ნახ.} და, ასევე, ამ ნახშირის დაწვის შედეგად მიღებულ წიდასა (მეკ)_{წილ.} და ნაცარში (მეკ)_{ნაც.} მაშინ მეკ-ს გამოსავლიანობა აირად ფაზაში η ნახშირზე მომუშავე კონკრეტული თესისათვის ან ნახშირის წვის კონკრეტული ტექნოლოგიისათვის განისაზღვრება ფორმულით

$$\eta = (\text{მეკ})_{\text{ნახ}} - [(\text{მეკ})_{\text{წილ}} + (\text{მეკ})_{\text{წილ}}] / (\text{მეკ})_{\text{ნახ}} \quad (6.23)$$

მეკ-ს კონცენტრაციის მაქსიმალური მნიშვნელობა ატმოსფერული ჰაერის მიწისპირა შრეში C_m (მლგ/მ³), რომელიც მიიღწევა თესიდან დაშორებით გარკვეულ მანძილზე, გაიანგარიშება ფორმულით

$$C_m = AMFmn/H^2 \cdot \sqrt{VAT}, \quad (6.24)$$

სადაც A კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია ატმოსფეროს ტემპერატურულ სტრატოფიკაციაზე. იგი განსაზღვრავს ატმოსფერულ ჰაერში მანე ნიუთიერების ევრიტიკალური და პორიზონტალური გაბნევის პირობებს, $(Fm \cdot \text{მილიგრამ})/T^{1/2}$; M - ატმოსფერულ ჰაერში გამონაბოლქვი მანე ნიუთიერების რაოდენობა, გ/წმ; F - უგანზომილებო კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს მანე ნიუთიერების დაღეჭვის სირქარეს ატმოსფერულ ჰაერში; m და n - უგანზომილებო კოეფიციენტებია, რომლებიც ითვალისწინებენ წვის აირადი ნაწარმის საკეამლე მილიდან გამოსვლის პირობებს; H - საკეამლე მილის სიმაღლე, მ; V - საკეამლე მილიდან გამომავალი წვის აირადი ნაწარმის ჯამური მოცულობითი ხარჯი, მ³/წმ; ΔT - ტემპერატურათა სხეაობა საკეამლე მილიდან გამომავალი წვის აირადი ნაწარმის ტემპერატურასა და ჰაერის საშუალო ტემპერატურას შორის [122-124].

ატმოსფერულ ჰაერში გამონაბოლქვი მანე ნიუთიერების ჯამური რაოდენობა დროის ერთეულში იწნება

$$M = kB \eta, \quad (6.25)$$

აქ k მეკ-ს კონცენტრაციაა სათბობში, გ/ტ; B - სათბობის ხარჯი, ტ/წმ; η - მეკ-ს გამოსავლიანობა აირად ფაზაში.

ატმოსფერული ჰაერის გატუქვიანების შეფასება წარმოებს მეკ-ს კონცენტრაციის საანგარიშო სიდიდის შედარებით ატმოსფერული ჰაერის ხარისხის მაჩვენებელ კრიტერიუმთან

$$K = C_m / (\text{ზღკ})_{\text{შე}} \quad (6.26)$$

სადაც C_m მეკ-ს კონცენტრაციის საანგარიშო სიდიდეა ატმოსფერული ჰაერის მიწისპირა შრეში; (ზღკ)_{შე} — მავნე ნივთიერებათა ზღერული დასაშვები კონცენტრაცია, მგ/მ³. ატმოსფერული ჰაერის გატუქვიანების ხარისხი დამაკმაყოფილებლად ითვლება, თუ $K < 1$.

ნახშირზე მომუშავე თვისის ადგილმდებარეობის ეკოლოგიური ვითარების პროგნოზული გამოკვლევისათვის საკმარისია ვისარგებლოთ აირად ფაზაში მეკ-ს გამოსავლიანობის (6.23) ფორმულით გამოთვლილი იმ მნიშვნელობებით, რომლებიც კონკრეტული სათბობის (ჩვენ შემთხვევაში დონბასისა და კუზბასის საბადოს ანთრაციტების) უკვე ჩატარებული ანალიზის საფუძველზეა მიღებული [125]. მოქმედი თესვისათვის რეალურ პირობებში აუცილებელია ადგილობრივი სათბობის ექსპერიმენტული გამოკვლევა აირად ფაზაში მათი შემდგენი მეკ-ს გამოსავლიანობის დასაზუსტებლად.

პროგნოზული შეფასების დროს ატმოსფერულ ჰაერში მეკ-ს ზღერული დასაშვები გამონაბოლქვის მნიშვნელობა გაიანგარიშება სათბობის შემდგენი მეკ-ს ე.წ. სახიფათო კონცენტრაციის მიხედვით, რომელიც, თავის მხრივ, (6.24) და (6.25) ანალიზური დამოკიდებულებების საფუძველზე განისაზღვრება. ამისათვის საჭიროა (6.24) ტოლობის ამოხსნა M -ის მიმართ, იმ პირობით, რომ $C_m = (\text{ზღკ})_{\text{შე}}$ მაშინ (6.25) გამოსახულებიდან ნახშირებში მეკ-ს სახიფათო კონცენტრაციის მნიშვნელობა ტოლი იქნება

$$k = M/B \cdot \eta \quad (6.27)$$

მეკ-ს კონცენტრაცია ანთრაციტისა და ტყიბულის ქვანახშირის შედგენილობაში და მათი ზღერული და საანგარიშო გამონაბოლქვები ატმოსფერულ ჰაერში მოცემულია 6.9 ცხრილში და 6.5 ნახაზზე. ანთრაციტის ზღერული დასაშვები კონცენტრაციების რიცხვითი შეფასებისათვის აღებულია 54 მგ/მ³ სიმძლავრის ტრადიციული ორთქლტურბინული თესი, სადაც სათბობის ხარჯი შეადგენს 0,006 ტ/წმ.

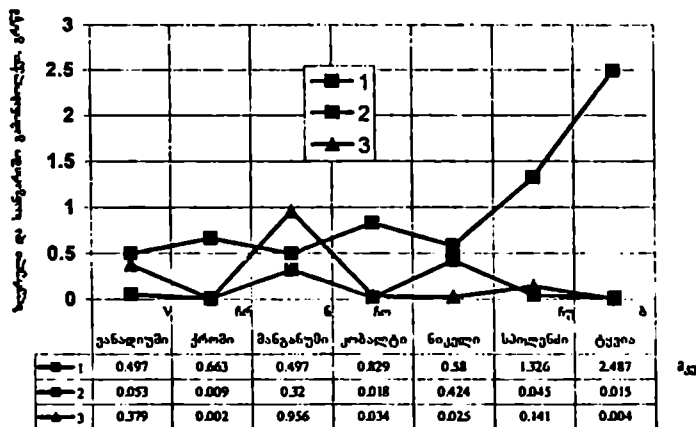
ცხრილი 6.9

მეკ-ს კონცენტრაცია ანთრაციტსა და ტყიბულის ქვანახშირში და მათი ზღერული დასაშვები და საანგარიშო გამონაბოლქვი ატმოსფერულ ჰაერში

№	მიკროელემენტები (მეკ)	მეკ-ს საშუალო კონცენტრაცია ნახშირში, გ/ტ		მეკ-ს გამოსავლიანობა აირად ფაზაში	მეკ-ს ზღერული დასაშვები გამონაბოლქვი, გ/წმ	მეკ-ს საანგარიშო გამონაბოლქვი, გ/წმ	
		ანთრაციტი [37]	ტყიბულის ქვანახშირი			ანთრაციტი	ტყიბულის ქვანახშირი
1	2	3	4	5	6	7	8
1	ბერილიუმი Be	1,2	-	0,71	0,008	0,005	-
2	ვანადიუმი V	11,4	81,0	0,78	0,497	0,053	0,379
3	ქრომი Cr	9,3	2,7	0,17	0,663	0,009	0,002
4	მანგანუმი Mn	90,6	270	0,59	0,497	0,320	0,956
5	კობალტი Co	7,8	13,5	0,42	0,829	0,018	0,034
6	ნიკელი Ni	140,0	8,1	0,51	0,580	0,424	0,025
7	სპილენძი Cu	25,9	81	0,29	1,326	0,045	0,141
8	დარიზანი As	25,9	-	0,48	2,487	0,075	-
9	სელენი Se	1,0	-	1,00	0,033	0,006	-
10	მოლიბდენი Mo	80,0	0,81	0,93	33,154	0,446	0,004

1	2	3	4	5	6	7	8
11	კადმიუმი Cd	7,0	-	0,78	0,746	0,033	-
12	ტყეია Pb	4,5	1,35	0,56	2,487	0,015	0,004
13	ერცხეა Hg	1,0	-	1,00	0,249	0,006	-
14	სტიბიუმი Sb	1,7	-	0,30	8,288	0,003	-
15	ბრომი Br	4,1	-	1,00	33,154	0,025	-
16	რუბიდიუმი Rb	14,0	-	0,04	8,288	0,003	-
17	ცეზიუმი Cs	2,9	-	0,05	1,658	0,001	-
18	თორიუმი Th	4,1	-	0,07	2,487	0,002	-
19	გოგირდი S%	1,2	-	0,94	33,154	67,679	-

როგორც 6.9 ცხრილიდან და 6.5 ნახაზზე მოცემული გრაფიკიდან ჩანს, ტყიულის ქეანახშირის ტრადიციული მეთოდით დაწვის დროს მისი შემდგერი მიკროელემენტებიდან მხოლოდ მანგანუმის (Mn) გამონაბოლქვი ატარებს დასაშვებ ზღვარს [126]. მაგრამ, გამორიცხული არ არის, რომ ქეანახშირის საბადოს სხვადასხვა ფენებში და ფენების ცალკეულ მონაკვეთებში მკეს-კონცენტრაციამ მნიშვნელოვნად გადაატაროს ცხრილში მოყვანილ სიდიდეებს. ეს იმაზე მიუთითებს, რომ აუცილებელია თესებში დასაწეად შემოსული ნახშირების მუდმივი მონიტორინგი.

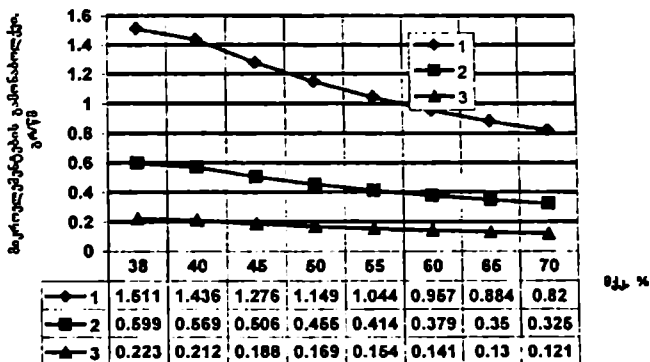


ნახ. 6.5. ტყიულის ქეანახშირის შემდგერი მკეს-საანგარიშო პროგრამული გამონაბოლქვის შედარება ანთრაციტის შემდგერი მკეს ზღვრულ დასაშვებ და საანგარიშო გამონაბოლქვებთან:
1-მკეს ზღვრული დასაშვები გამონაბოლქვი ანთრაციტისათვის; 2-მკეს საანგარიშო გამონაბოლქვი ანთრაციტისათვის; 3-მკეს საანგარიშო გამონაბოლქვი ტყიულის ქეანახშირისათვის

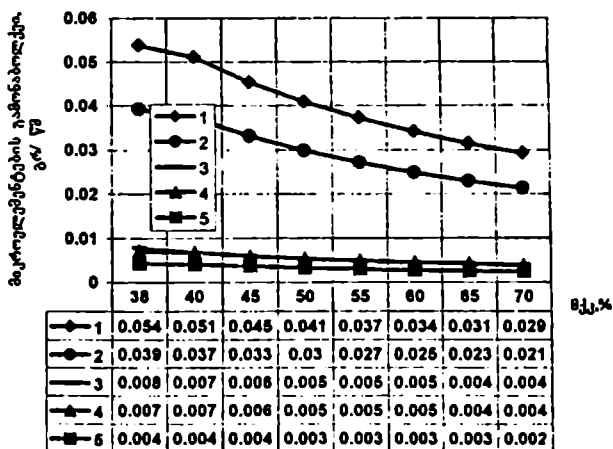
ფორმულების (625) და (627) თანახმად, ატმოსფერულ ჰაერში გამონაბოლქვი მკესების საერთო რაოდენობა პირდაპირპროპორციულ დამოკიდებულებაშია სათბობის ხარჯთან, ამიტომ თუ გავითვალისწინებთ, რომ თანამედროვე კომბინირებული თესების ენერგოეფექტურობა მნიშვნელოვნად აღემატება ტრადიციული ორთქლებრივი თესების ეკონომიკურ მაჩვენებლებს, ტყიულის ქეანახშირის შიგადაცხურის გაზიფიკაციის შემთხვევაში, სათბობის ხარჯის

შეიცვებასთან ერთად, მკვეთრად უნდა შემცირდეს მკუების კონცენტრაცია ატმოსფერულ ჰაერში.

ტყიბულის ქვანახშირის შემდგენი მკუ-ს საანგარიშო კონცენტრაციების დამოკიდებულება თვისის მქ კოეფიციენტზე, როდესაც გენერატორის აირის გაშისაველიანობა $\alpha=1,59$ მ³/კგ და გენერატორის აირის წვის სითბოს პროცენტული სიდიდე $\eta=0,75\%$, მოცემულია 6.6 და 6.7 ნახაზებზე.



ნახ.6.6. ტყიბულის ქვანახშირის შემდგენი მკუ-ს საანგარიშო გამონახოლქვის დამოკიდებულება თვისის მქ კოეფიციენტზე:
1-მანგანუმი (Mn); 2-ვანადიუმი (V); 3-სპილენძი (Cu)



ნახ.6.7. ტყიბულის ქვანახშირის შემდგენი მკუ-ს საანგარიშო გამონახოლქვის დამოკიდებულება თვისის მქ კოეფიციენტზე:
1-კობალტი (Co); 2-ნიკელი (Ni); 3-ტყევი (Pb); 4-მოლიბდენი (Mo); 5-კრომი (Cr)

გარდა ამისა, კომბინირებულ ორთქლიანი თესვებში ნახშირების გაზიფიკაციის ყველა გაერცელებული მეთოდი ითვლისწინებს გენერატორის აირის ფუნდამენტურ გაწმენდას მფრინავი ნაცრისა და წილისაგან, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს მანე ნივთიერებების, მათ შორის მკეის, შექცევლობას წარმაველ წვის აირად ნაწარმში.

6.8 ატმოსფეროში გამოტყორცნილი მანე მინარევების დასაშეები ნორმები

თანამედროვე წარმოდგენა ატმოსფერული ჰაერის, წყლის და ლანდშაფტის დასაშეები გატყუკანების დონის შესახებ ემყარება ნივთიერებათა მანე ზემოქმედებას ადამიანების ჯანმრთელობაზე, ცხოველებზე, მცენარეებზე და კაცობრიობის მიერ შექმნილ მატერიალურ ფასეულობებზე.

გაეროსთან არსებული ჯანმრთელობის დაცვის საერთაშორისო ორგანიზაციის მიერ 1963 წელს რეკომენდებულ იქნა ჰაერის სისუფთაის შეფასების გარკვეული კრიტერიუმები (ზღერული დასაშეები კონცენტრაცია (ზღკ), იგი წარმოადგენს ერთ-ერთი სახის მინარევის ზღერულ დასაშეებ რაოდენობას ჰაერის მოცულობის ერთეულში, მგ/მ³) ოთხი დონისათვის:

პირველი დონე - შეუძლებელია გამოელინდეს მომწამელელ ნივთიერებათა პირდაპირი ან არაპირდაპირი ზემოქმედება ადამიანზე, ცხოველებსა და მცენარეებზე;

მეორე დონე - შესაძლებელია შეგრძნების ორგანოების გაღიზიანება, მანე ზემოქმედება მცენარეებზე და ჰაერის გამჭვირვალობის შემცირება;

მესამე დონე - ირღევეა სიცოცხლისათვის უმნიშვნელოეანესი ფიზიოლოგიური ფუნქციები, ადამიანებს და ცხოველებს უნდებათ ქრონიკული დაავადებები;

მეოთხე დონე - ნდება უკურნებელი მძიმე დაავადება, რის შედეად ილუებთან ადამიანები და ცხოველები.

ძირითადი მანევენბლის - ზღკ-ის დასადგენად, მიღებულია მინარევების მასური კონცენტრაცია. თანამედროვე პირობებში დასახლებულ რაიონებში ჰაერის გატყუკიანებას მრავალი ნივთიერება იწვევს. ამ ნივთიერებათა ზემოქმედება ხშირად ჯამურ ეფექტს იძლევა. ამიტომ, სანიტარულ-პიგიენური სამსახური ადგენს ზღკ-ის მნიშვნელობებს არა მარტო ცალკეული ნივთიერებებისათვის, არამედ მათი კომბინაციებისთვისაც. ასეთი უახლესი ნორმები სხეადასხვა ნივთიერებებისთვის წარმოდგენილია 6.10. ცხრილში.

(ცხრილი 6.10

მანე ნივთიერებების ზღერული დასაშეები კონცენტრაციის მნიშვნელობა ჰაერში [102;127]

№	ნივთიერება	ქიმიური სიმბოლო	ზღკ, მგ/მ ³	
			მაქსიმალური ერთჯერადი	საშუალო დღეადური
1	2	3	4	5
1	აზოტის ორეანგი	NO ₂	0,085	0,085
2	ამიაკი	NH ₃	0,20	0,20
3	აცეტონი	CH ₃ COCH ₃	0,35	0,35
4	ბენზ(ა)პირენი	C ₂₀ H ₁₂	-	10 ⁻⁵
5	ბენზოლი	C ₆ H ₆	1,50	0,80
6	ენადიუმის ზუთეანგი	V ₂ O ₅	-	0,002
7	ჰერტლი	-	0,15	0,05
8	არატოქსიკური მტეერი	-	0,50	0,15
9	ტყეის ჰანგი	PbO	-	0,0007

1	2	3	4	5
10	გოგირდმჟეა	H ₂ SO ₄	0,30	0,10
11	გოგირდოვანი ანიდრიდი	SO ₂	0,50	0,05
12	გოგირდწყალბადი	H ₂ S	0,008	0,008
13	გოგირდნახშირბადი	CS ₂	0,03	0,005
14	ნახშირჰანგი	CO	3,00	1,00
15	ნახშირორჰანგი	CO ₂		
16	ფოსფორის ანიდრიდი	P ₂ O ₅	0,15	0,05
17	ფრეონი - II	ფრეონები ფთორშემცველი ნაერთებია	100,0	10,0
18	ფთორის აირადი ნაერთები	F	0,02	0,005
19	კლორი	Cl	0,10	0,03
20	კლორტეტრაციკლინი	აურეომიკონი, ბიომიკონი	0,05	0,05
21	ციკლოპენსანი	C ₆ H ₁₂	1,40	1,40
22	ეთილენის ჰანგი	C ₂ H ₄ O	3,00	0,03

ორგანული სათბობის წვის აირადი ნაწარმის ატმოსფეროზე ზემოქმედების შესწავლის საქმეში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება კანცეროგენური ნივთიერებების წარმოქმნის კანონზომიერების გამოკვლევას. ამ ნივთიერებათა არსებობა განისაზღვრება ბენზ(ა)პირენის-ბ(ა)პ ინდიკაციით, რომლის თანაარსებობა მიუთითებს სხვა კანცეროგენური ნივთიერების სინთეზის შესაძლებლობაზე. 4.10 ცხრილში წარმოდგენილი ინფორმაცია ამ უმნიშვნელოვანესი ნივთიერების შესახებ მიუთითებს იმაზე, რომ ყოელად დაუშვებელია მაქსიმალური ერთჯერადი ზღვრული დასაშვები კონცენტრაციის არსებობაც კი ატმოსფეროში.

ბ(ა)პ წარმოიქმნება პიროლიზურ რეაქციებში 700-800°C ტემპერატურის პირობებში. ბენზ(ა)პირენის-C₂₀H₁₂ მოლეკულური მასაა 252, დნობის ტემპერატურა - 179 °C, ხოლო დუღილისა - 480-500°C.

თუ ატმოსფეროში ერთდროულად იმყოფება ერთი მიმართულების მოქმედების n მავნე ნივთიერება, მაშინ მათი უგანზომილებო ჯამური კონცენტრაცია (Q) არ უნდა აღემატებოდეს ერთს; Q სიდიდე გაიანგარიშება ფორმულით

$$Q = \frac{q_1}{\text{ზღპ}_1} + \frac{q_2}{\text{ზღპ}_2} + \frac{q_3}{\text{ზღპ}_3} + \dots + \frac{q_n}{\text{ზღპ}_n} \quad (6.28)$$

ამრიგად, როდესაც ატმოსფეროში ერთდროულად იმყოფება ერთი მიმართულებით მავნე ზემოქმედების უნარის მქონე გოგირდოვანი ანიდრიდი (SO₂) და აზოტის ჯანგულები (NO_x), მაშინ მათი დასაშვები ჯამური კონცენტრაცია იქნება

$$\frac{q_{\text{SO}_2}}{\text{ზღპ}_{\text{SO}_2}} + \frac{q_{\text{NO}_x}}{\text{ზღპ}_{\text{NO}_x}} \leq 1. \quad (6.29)$$

ორგანული სათბობის წვით გამოწვეული ატმოსფეროს გაბუჭყიანების შესაფასებლად ხშირად სარგებლობენ ჯამური მავნე ზეგავლენის სიდიდით, რომელიც განისაზღვრება სხვადასხვა გაბუჭყიანებულების მავნე ზეგავლენის შეკრების გზით.

პრაქტიკაში ზღპ-სთან ერთად ხშირად სარგებლობენ ზღვრული დასაშვები გამონატყორცნის (ზღპ) სიდიდით. ზღპ ერთი ან რამდენიმე წყაროს მიერ გამოტყორცნილი გაბუჭყიანებელი ნივთიერებების ის რაოდენობაა, რომლის დროსაც მიიღწევა მოცემული გაბუჭყიანებელი ნივთიერების ზღპ.

ზღერული დასაშვები გამონატყორცნის გაანგარიშება ხდება შემდეგი ფორმულებით:

ა) წვის ცხელი აირადი ნაწარმისათვის

$$\text{ზღზ} = \frac{\text{ზღკ} \cdot H^2 \cdot \sqrt{V_1 \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n}; \quad (6.30)$$

ბ) ცივი გამონატყორცნისათვის

$$\text{ზღზ} = \frac{8 \cdot \text{ზღკ} \cdot H \cdot \sqrt{V_1 \cdot H}}{A \cdot F \cdot m \cdot n}, \quad (6.31)$$

სადაც H არის გამოტყორცნის წყაროს სიმაღლე დედამიწის ზედაპირიდან, მ; V_1 - წყაროდან გამოტყორცნილი აირების მოცულობა, მ³,

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D_0^2}{4} \cdot W_0,$$

აქ D_0 საკეპლეს მილის დიამეტრია გამონატყორცნის გამოსვლის კეეთში, მ; W_0 - გამოტყორცნის გამოსვლის სიჩქარე მილის გამოსასვლელ კეეთში, მ/წმ; ΔT - ტემპერატურათა სხვაობა გამონატყორცნის ტემპერატურასა და გარემოს პაერის ტემპერატურას შორის, °C, $\Delta T = T_0 - T_1 = t_0 - t_1$; A - ატმოსფეროს ტემპერატურულ სტრატოფიკაციაზე დამოკიდებული და ატმოსფეროში მავნე ნიეთიერებათა განზნევის პირობების განმსაზღერული კოეფიციენტი; F - მავნე ნიეთიერებათა დალექვის კოეფიციენტი; m, n - უგანზომილებო კოეფიციენტები, რომლებიც ითვალისწინებს ნარევის გამოსვლის პირობებს კეეთში.

A, F, m და n სიდიდეები აიღება სათანადო ცხრილებიდან.

თუ ცნობილია ზღერული დასაშვები გამონატყორცნი და გამონატყორცნიში მავნე ნიეთიერებათა კონცენტრაცია მილის გამოსასვლელ $q_{\text{მა}}$ კეეთში, მაშინ შეიძლება განისაზღეროს ზღერული დასაშვები კონცენტრაცია ფორმულით:

$$q_{\text{მა}} = \frac{\text{ზღზ}}{V_1} = \frac{\text{ზღკ} \cdot H^2}{A \cdot F \cdot m \cdot n} \sqrt{\frac{\Delta T}{V_1}}. \quad (6.32)$$

გამონატყორცნის ნორმირებისათვის მსოფლიოში იყენებენ სხვადასხვა მიდგომებს, რიგ ქვეყნებში ზღზ-ის და ზღკ-ის გარდა იყენებენ სხვა კრიტერიუმებსაც, როგორიცაა ადამიანის სუნთქვის ღონეზე მავნე გამონატყორცნის ზღერული დასაშვები ღონე - ზღღ, ატმოსფეროს გამჭვირეელობა და ა. შ.

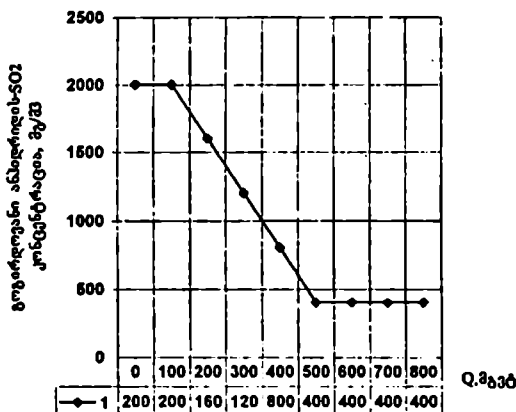
ცნობილია, რომ დედამიწა ატმოსფეროს გაჭუჭყიანების მძლერი წყაროა, მაგრამ ამავე დროს იგი ამ ჭუჭყის უკან მიმღებიცაა. მაგალითად, შეწონილი მყარი ნაწილაკები და აირები, იფანტება რა ატმოსფეროში პაერის ნაკადებით, შემდეგ წვიმისა და თოვლის გავლენით ნაწილი უბრუნდება დედამიწას, ხოლო ნაწილი ნეიტრალდება პაერში არსებული ნიეთიერებებთან რეაქციაში შესვლით. სხვა სიტყვებით, ატმოსფეროს ახასიათებს თეითგასუფთაეების დიდი უნარი. მაგრამ, გამჭუჭყიანებელ ნიეთიერებათა გამოყოფის ტემპი ატმოსფეროში იმდენად მძლელია, რომ იგი ევლარ ასწრებს რეგენერაციას, ამიტომ აუცილებელია ატმოსფეროს გაჭუჭყიანების შესამცირებელი ეფექტური ღონისძიებების გატარება.

მიუხედავად დადგენილი მკაცრი ნორმებისა და გატარებული ღონისძიებებისა, თბოენერგეტიკული დანადგარები მაინც რჩება ატმოსფეროს დაბინძურების ერთ-ერთ ძირითად წყაროდ. მაგალითად, ევროპაში მძლავრ სითბურ დანადგარებზე მოდის ატმოსფეროში გამოშვებული SO_2 -ის 63% და NO_x -ის 21% [128]. ამიტომ, 2001 წლის ბოლოს ევროპული თანამეგობრობის (ეთ) ოფიციალურმა ორგანომ Official Journal-მა გამოაქვეყნა ორი დირექტივა, რომლებსაც ამ თანამეგობრობაში შემავალი 15 ქვეყნისათვის ამავე წლის 27 ნოემბრიდან მიეცა საკანონმდებლო აქტის სახე. პირველი დირექტივა ზღუდავს ატმოსფერულ ჰაერში ორგანული სათბობის დაწვის შედეგად მიღებული მავნე ნივთიერებების კუთრ გამონაბოლქვებს იმ დანადგარებისათვის, რომელთა სითბური სიმძლავრე 50 მეგეტ-ს აღემატება. მეორე დირექტივა ითვალისწინებს ატმოსფერულ ჰაერში გოგირდოვანი ანჰიდრიდის (SO_2), აზოტის ჟანგეულების (NO_x), მყარი ნაწილაკების და ამიაკის (NH_3) საერთო რაოდენობის შეზღუდვას თითოეული ამ ქვეყნისათვის [129].

პირველი დირექტივის თანახმად, 400 მეგეტ-მდე თბური სიმძლავრის მქონე დანადგარებისათვის, რომელთა საქსპლუატაციო პერიოდი 2015 წლის 31 დეკემბრამდე არ აღემატება 2000 სთ/წლ, ხოლო 2016 წლის 1 იანვრიდან - 500 სთ/წლ-ს, SO_2 -ის გამონაბოლქვის ნორმა გაზრდილია 800 მგ/მ³-მდე.

მყარი სათბობით მომუშავე დანარჩენი თესვისათვის, რომლებმაც ლიცენზია 2002 წლის 27 ნოემბრამდე მიიღეს და ექსპლუატაციაში 2003 წლის 27 ნოემბრიდან შევიდნენ, SO_2 -ის კონცენტრაცია წვის აირად ნაწარმში (როდესაც $O_2=6\%$, ანუ $\alpha=1.4$) არ უნდა აღემატებოდეს 6.8 ნახაზზე მოცემული გრაფიკით განსაზღვრულ მნიშვნელობებს. კერძოდ, 2000 მგ/მ³-ს, როდესაც $Q=50-100$ მეგეტ, 400 მგ/მ³-ს, როდესაც $Q \geq 500$ მეგეტ. მაშასადამე, 100-დან 500 მეგეტ დიაპაზონში სიმძლავრის გაზრდასთან ერთად SO_2 -ის კონცენტრაცია 2000-დან 400 მგ/მ³-მდე მცირდება.

1



ნახ.6.8 წვის აირად ნაწარმში გოგირდოვანი ანჰიდრიდის (SO_2) კონცენტრაციის (მგ/მ³) დამოკიდებულება მყარი სათბობით მომუშავე ქვების სიმძლავრეზე (Q, მეგეტ), როდესაც $O_2 = 6\%$

თუ საწვის სათბობში გოგირდის მაღალი შემცველობის გამო SO_2 -ის კონცენტრაცია წვის აირად ნაწარმში სცილდება აღნიშნული გრაფიკის ფარგლებს, აუცილებელია გოგირდსაწმენდი სისტემის არსებობა, რომლის ეფექტურობა $v_{\text{აწმ}} \geq 60\%$, როდესაც ქვების თბური სიმძლავრე არ აღემატება $Q=100$ მგეტ-ს (გოგირდსაწმენდი სისტემის ეფექტურობაში იგულისხმება ატმოსფეროში არგადასული გოგირდის რაოდენობის ფარდობა საწვისი სათბობის შემადგენი გოგირდის რაოდენობასთან) $Q=100-300$ მგეტ სიმძლავრის ქვებისათვის ეფექტურობა უნდა უდრიდეს $70\%-ს$, ხოლო $Q=300-500$ მგეტ სიმძლავრის ქვებისათვის - $90\%-ს$. მძლავრი თესებისათვის, როდესაც $Q>500$ მგეტ, გოგირდსაწმენდი სისტემის ეფექტურობა არ უნდა იყოს $94\%-ზე$ ნაკლები. მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც თესში უკვე არსებობს გოგირდსაწმენდი სისტემა, ანდა 2001 წლის 01 იანვრამდე ხელმოწერილია კონტრაქტი თესში გოგირდსაწმენდი სისტემის დაყენების შესახებ, დასაშვებია მისი ეფექტურობა $92\%-ით$ შემოიფარგლოს.

მყარი სათბობით მომუშავე ახალი ქვებისათვის SO_2 -ის დასაშვები კონცენტრაცია წვის აირად ნაწარმში (როდესაც $O_2=6\%$) არ უნდა აღემატებოდეს 6.11 ცხრილში მოყვანილ სიდიდეებს. თუ სათბობის მასხასიათებლები ვერ აკმაყოფილებს ცხრილში მოყვანილ მონაცემებს, აუცილებელია გოგირდსაწმენდი სისტემის არსებობა, რომელიც უზრუნველყოფს SO_2 -ის კონცენტრაციის შემცირებას 300 მგ/მ³-მდე. შესაძლებელია სხვა ვარიანტიც: თუ ქვების თბური სიმძლავრე $Q \leq 300$ მგეტ, აუცილებელია გოგირდსაწმენდი სისტემის არსებობა ეფექტურობით $v_{\text{აწმ}} \geq 92\%$, ხოლო თუ $Q > 300$ მგეტ, ეფექტურობით $v_{\text{აწმ}} \geq 95\%$. ამ შემთხვევაში დასაშვებია SO_2 -ის კონცენტრაციის აწევა 400 მგ/მ³-მდე ($O_2=6\%$).

ცხრილი 6.11

**SO_2 -ის დასაშვები კონცენტრაცია წვის აირად ნაწარმში
(როდესაც $O_2=6\%$) მყარ სათბობზე მომუშავე ქვებისათვის, მგ/მ³**

მყარი სათბობის სახე	დანადგარის თბური სიმძლავრე, მგეტ		
	50 - 100	100 - 300	300 და მეტი
ნახშირ. ტორფი. ფიქალი	850	200	200
ბოილმასა	200		200

ახალი დანადგარებისათვის (აირის ტურბინების გარდა) სხვადასხვა სათბობების დაწვის დროს SO_2 -ის დასაშვები კონცენტრაცია განისაზღვრება მათი სიმძლავრის მიხედვით. 50-100 მგეტ თბური სიმძლავრის მქონე დანადგარებისათვის დასაშვებია SO_2 -ის კონცენტრაციამ 850 მგ/მ³-ს მიაღწიოს (როდესაც $O_2=3\%-ს$, რაც $O_2=6\%-ზე$ გადაანგარიშებით შეესაბამება 708 მგ/მ³-ს). 100-300 მგეტ დანაბორში სიმძლავრის გაზრდასთან ერთად SO_2 -ის დასაშვები კონცენტრაცია ხაზობრივად მცირდება 400-დან 200 მგ/მ³-მდე. 300 მგეტ და მეტი სიმძლავრის დანადგარებისათვის SO_2 -ის დასაშვები კონცენტრაცია 200 მგ/მ³-ს (როდესაც $O_2=3\%$), ანუ 167 მგ/მ³-ს (როდესაც $O_2=6\%$) არ უნდა აღემატებოდეს.

SO_2 -ის დასაშვები კონცენტრაცია ნახშირების გაზიფიკაციის შედეგად მიღებული გენერატორის აირის დაწვის დროს დადგინდება მოგვიანებით.

აზოტის ჟანგეულების NO_x -ის დასაშვები კონცენტრაცია წვის აირად ნაწარმში საქეპზე დანადგარებისათვის, რომლებიც უკვე მუშაობს ან ლიცენზია 2002 წლის 27 ნოემბრამდე მიიღეს და ექსპლუატაციაში 2003 წლის 27 ნოემბრიდან შევიდა, არ უნდა აღემატებოდეს 6.12 ცხრილში მოყვანილ სიდიდეებს.

ნახშირზე მომუშავე უკვე მოქმედი ქვებისათვის გამონაკლისის სახით არსებობს გარკვეული დაშვებები. თუ 500 მგეტ-ზე მეტი სიმძლავრის ქვები დაწყებული 2008 წლიდან ხუთი წლის მანძილზე იმუშავენ არა უმეტეს 2000

სო/წლ. მაშინ მათთვის NO_x -ის დასაშვები კონცენტრაცია შეიძლება გაიზარდოს 600 მკ/მ³-მდე (2015 წლის 31 დეკემბრამდე), ხოლო თუ ამ თარიღის შემდეგ, ანუ 2016 წლის 01 იანვრიდან იხინი იმუშავენ არა უმეტეს 1500 სო/წლ. მაშინ მათთვის NO_x -ის დასაშვები კონცენტრაცია არა 200, არამედ 450 მკ/მ³ იქნება.

(ცხრილი 6.12)

NO_x -ის დასაშვები კონცენტრაცია წეის აირად ნაწარმში, მკ/მ³

სათბობის სახე	ჰაერის საანგარიშო სიჭარბე O_2 , %	საქაბუ დანადგარის თბური სიმძლავრე, მეგტ			
		2015 წლის 30 დეკემბრამდე		2016 წლის 01 იანვრის შემდეგ	
		50-500	500-ზე მეტი	50-500	500-ზე მეტი
მყარი	6 ($\alpha=1,4$)	600	500	600	200
თხევადი	3 ($\alpha=1,167$)	450	400	450	400
აირადი	3 ($\alpha=1,167$)	300	200	300	200

არის კიდევ ერთი შედეგითი თესებისათვის, რომლებიც 12 თვის მანძილზე 2001 წლის 1 იანვრამდე იყენებდნენ ნახშირს აქროლადების 10 %-ზე ნაკლები გამოსაქონლობით. მათთვის თითქმის 2018 წლის 1 იანვრამდე დასაშვებია, რომ NO_x -ის კონცენტრაციამ 1200 მკ/მ³ მიაღწიოს.

ახალი დანადგარებისათვის (ორთქლაირიანი დანადგარების გარდა) სხვადასხვა სათბობების დაწეის დროს დადგენილია NO_x -ის ზღერული დასაშვები კონცენტრაციის უფრო მაკარი ნორმები (ცხრილი 6.13).

(ცხრილი 6.13)

NO_x -ის ზღერული კონცენტრაცია წეის აირედ ნაწარმში, მკ/მ³

სათბობის სახე	ჰაერის საანგარიშო სიჭარბე, O_2 , %	საქაბუ დანადგარის თბური სიმძლავრე, მეგტ		
		50 - 100	100 - 300	300-ზე მეტი
მყარი	6 ($\alpha=1,4$)	400	300	200
ბიომასა	6 ($\alpha=1,4$)	400	200	200
თხევადი	3 ($\alpha=1,167$)	400	200	200
ბუნებრივი აირი	3 ($\alpha=1,167$)	150	150	100
სხვა აირადი სათბობი	3 ($\alpha=1,167$)	200	200	200

აირტურბინული დანადგარებისათვის NO_x -ის დასაშვები კონცენტრაცია ღვინდება $\text{O}_2=15\%$ ($\alpha=3,5$) პირობებისათვის და მხოლოდ იმ დატვირთვებისათვის, რომლებიც ნომინალურის 70%-ს აღემატება. თუ აირტურბინული დანადგარის თბური სიმძლავრე 50 მეგტ-ზე მეტია, მაშინ NO_x -ის დასაშვები კონცენტრაცია (მკ/მ³, როდესაც $\text{O}_2=15\%$) შეადგენს: ბუნებრივი აირისათვის – 50, თხევადი სათბობისათვის – 120, სხვა აირადი სათბობისათვის – 120. პიკური აირტურბინული დანადგარებისათვის, რომლებიც წელიწადში 500 სთ-ზე ნაკლები დროის მანძილზე მუშაობს, NO_x -ის ზღერული დასაშვები კონცენტრაცია 75%-ს არ უნდა აღემატებოდეს, თუ აირტურბინული დანადგარი დგას თეცში, რომლის საერთო მკ კოეფიციენტი 75%-ია, თუ ჩართულია ორთქლაირიანი დანადგარის სქემაში, რომლის ელექტრული მკ კოეფიციენტი 55%-ის ტოლია, ან თუ მექანიკური ამძრავის როლს ასრულებს.

იმ აირტურბინული დანადგარებისათვის, რომლებიც არ მოხვდა ამ სიაში, მაგრამ მათი მკ კოეფიციენტის მნიშვნელობა 35%-ს აღემატება, NO_x -ის დასაშვები კონცენტრაცია გამოითვლება ფორმულით (NO_x)_{დგ}=50/35 (აქ η აირტურბინული დანადგარის მკ კოეფიციენტია).

პირველი დირექტივა SO_2 -ისა და NO_x -ის დასაშვებ კონცენტრაციებთან ერთად აღგენს წეის აირად ნაწარმში მყარი ნაწილაკების კონცენტრაციების ნორმებსაც.

მოქმედი საქაბე დანადგარებისათვის, რომლებმაც ლიცენზია 2002 წლის 27 ნოემბრამდე მიიღო და ექსპლუატაციაში 2003 წლის 27 ნოემბრიდან შევიდა, მყარი ნაწილაკების ზღვრული გამონაბოლქვის დასაშვები სიდიდე (მგ/მ³, როდესაც $O_2=6\%$ მყარი სათბობისათვის და $O_2=3\%$ აირმაშუთიანი ქვაბებისათვის) მოცემულია 6.14 ცხრილში.

ახალი დანადგარებისათვის (აირტურბინული დანადგარის გარდა) მყარი ნაწილაკების დასაშვები კონცენტრაცია წვის აირად ნაწარმში არ უნდა აღემატებოდეს 6.15 ცხრილში მოცემულ სიდიდეებს.

მეორე ღირებულება, რომელიც 2001 წლის 27 ნოემბრიდან ასევე დაკანონდა ევროპულ თანამეგობრობაში შემავალი 15 ქვეყნისათვის, არის ატმოსფერულ ჰაერში ძირითადი მანე ნივთიერებების მაქსიმალურად დასაშვები საერთო გამონაბოლქვების ჩამონათვალი. 6.16 ცხრილში მოცემულია ეკო-აუმისის ეროვნული ზღვრები (NECs), რომელთა გადალახვა ამ ქვეყნებში აკრძალულია 2010 წლიდან.

ცხრილი 6.14

მყარი ნაწილაკების დასაშვები კონცენტრაცია წვის აირად ნაწარმში
საქაბე დანადგარებისათვის, მგ/მ³

სათბობის სახე	ჰაერის საანგარიშო სიჭარბე O_2 %	საქაბე დანადგარის თბური სიმძლავრე, მგვტ	მყარი ნაწილაკების დასაშვები კონცენტრაცია	შენიშვნა
მყარი	6 ($\alpha=1,4$)	≥ 500	50	როდესაც: $Q_{\text{შ}} < 5800$ კვ/კმ, $W^a > 45\%$, ($W^a + A^a > 60\%$, $CaO > 10\%$, დასაშვებია 100 მგ/მ ³)
მყარი	6 ($\alpha=1,4$)	< 500	100	-
თხევადი	3 ($\alpha=1,167$)	≥ 50	50	-
თხევადი	3 ($\alpha=1,167$)	50 - 500	100	როდესაც ნაცრიანობა აღემატება 0,06%
აირადი	3 ($\alpha=1,167$)	≥ 50	5	-
ბრძმელის აირი	3 ($\alpha=1,167$)	≥ 50	10	-
მეტალურგიული წარმოების სხვა აირადი სათბობი	3 ($\alpha=1,167$)	≥ 50	50	-

ცხრილი 6.15

მყარი ნაწილაკების დასაშვები კონცენტრაცია წვის აირად ნაწარმში
ახალი ენერგოდანადგარებისათვის, მგ/მ³

სათბობის სახე	ჰაერის საანგარიშო სიჭარბე O_2 %	საქაბე დანადგარის თბური სიმძლავრე, მგვტ	მყარი ნაწილაკების დასაშვები კონცენტრაცია
მყარი	6 ($\alpha=1,4$)	50-100	50
მყარი	6 ($\alpha=1,4$)	> 100	100
თხევადი	3 ($\alpha=1,167$)	50-100	50
თხევადი	3 ($\alpha=1,167$)	> 100	30
აირადი	3 ($\alpha=1,167$)	≥ 50	5
ბრძმელის აირი	3 ($\alpha=1,167$)	≥ 50	10
მეტალურგიული წარმოების სხვა აირადი სათბობი	3 ($\alpha=1,167$)	≥ 50	30

ატმოსფერულ ჰაერში ძირითადი მავნე ნივთიერებების მაქსიმალურად დასაშვები საერთო გამონაბოლქვები, ათასი ტ/წლ

ქვეანა	სტრუქტურული საერთო გამონაბოლქვი			
	SO ₂	NO _x	ჰაერის ნაწილაკები	NH ₃ N
I	2	3	4	5
აფხაზეთი	39	103	159	66
ბელგია	99	176	139	74
დანიის	55	127	85	69
ფინეთი	110	170	130	31
I	2	3	4	5
საფრანგეთი	375	810	1050	780
გერმანია	520	1051	995	550
საბერძნეთი	523	344	261	73
ორლანდია	42	65	55	116
იტალია	475	990	1159	419
ლუქსემბურგი	4	11	9	7
ნიდერლანდები	50	260	185	128
პორტუგალია	160	250	180	90
ესპანეთი	746	847	662	353
შვეიცია	67	148	241	57
დიდი ბრიტანეთი	585	1167	1200	297
სულ	3850	6519	6510	3110

აღნიშნული ღირებულების მიზანია ატმოსფერული ჰაერის ხარისხთან დაკავშირებული რისკების შემცირება. გარდა ამისა, ის შეიცავს გადაწყვეტილებებს, რომლებიც ავალდებულებს ევროპულ კომისიას მოამზადონ მოხსენებები ევროპარლამენტისა და ევროსაბჭოსათვის როგორც 2004 და 2008 წლებში დასახული ამოცანების შესრულების მიმდინარეობის, ასევე შუალედური და გრძელვადიანი პროგნოზების შესახებ. რომლებიც 2020 წლისათვის უზრუნველყოფს ჯანმრთელობის დაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის გადაწყვეტილებების შესრულებას ატმოსფერული ჰაერის ხარისხთან დაკავშირებით.

საქართველოს საგარეოებაში მოქმედებული ძვანახშირების ეფექტური გამოყენების ტექნიკური-ეკონომიკური საფუძვლები

ადგილობრივი სათბობ-ენერგეტიკული რესურსების ეფექტური გამოყენება, ენერგოეფექტური ტექნოლოგიების დანერგვა და ენერგოდამზოგველი ღონისძიებების პრაქტიკული რეალიზება გეზისმთიერი ქვეყნის ეკონომიკური განვითარების მამოძრავებელი ძალა და ენერგოუსაფრთხოების უზრუნველყოფის ერთ-ერთი ძირითადი წინაპირობაა. სწორედ შიგა ენერგორესურსების და ენერგიის ეფექტურად გამოყენების დონე და ენერგოეფექტურობის ზრდის დინამიკის, ანუ მთლიანი შიგა პროდუქტის ენერგოტექნოლოგიის შემცირების განზოგადებული მაჩვენებლები განაპირობებს ქვეყანაში წარმოებული პროდუქციის კონკურენტუნარიანობას (როგორც შიგა, ისე გარე ბაზარზე) და ამ ქვეყნის ადგილსა და როლს მსოფლიო თანამეგობრობაში [130].

განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ენერგოეფექტურობის გაუმჯობესება საქართველოსათვის, სადაც, ერთი მხრივ, ენერგეტიკის განვითარება ღრმა კრიზისის განიცდის და საკუთარი ეკონომიკის უზრუნველსაყოფად დიდძალი რესურსები გარდასს შემოიტანება (ეს არის მოხმარებული ბუნებრივი აირის მთელი რაოდენობა, ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ძირითადი და ელექტროენერგიის მნიშვნელოვანი ნაწილი), ხოლო, მეორე მხრივ, სათბობ-ენერგეტიკული რესურსების საბოლოო გამოყენების კოეფიციენტი 45%-საც კი არ აღემატება, ანუ არსებული ენერგორესურსების ნახევარსაც კი ვერ ვიყენებთ [131].

აქედან გამომდინარე, ენერგეტიკული სექტორის პრიორიტეტულ მიმართულებად უნდა ევლიართ რეალურად არსებული რესურსების აღდგენა, ძირითადი ფონდების ტექნიკურად ხელახალი აღჭურვა და ენერგიის მომჭირნეობით გამოყენება. კონკრეტული გამოკვლევები გეიწვენება, რომ სათბობისა და ენერგიის საერთო რაოდენობიდან შესაძლებელია დიზოგოს: მრეწველობაში - დაახლოებით 70%, ტრანსპორტზე - 15-18%, სოფლის მეურნეობაში - 10-14%, კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო სექტორში - 15-25% [131].

ენერგოეფექტური ტექნოლოგიების გამოყენებისა და ადგილობრივი ენერგეტიკული წყაროების ათვისების საკითხი აქტუალური გახდა საქართველოს ენერგეტიკულ სექტორში ცვლილებების დაწყებისთანავე. ამ მხრივ ქვეყანაში არსებული პოტენციალის შეფასება პირველად ჩატარდა საქართველოს ელექტროენერგეტიკის სექტორის ოპტიმალური განვითარების პროექტის ფარგლებში [132].

ენერგოეფექტურობის პროექტების ფართომასშტაბიანი შესრულება საქართველოში დაიწყო 2000 წელს USAID-ის პროგრამის ფარგლებში კომპანია Hagler Baillie-ის მიერ (მოგვიანებით ეს პროექტები გააგრძელა კომპანია PA Consulting). სამუშაოების მენეჯმენტი განახორციელა საქართველოს ინიერ-ენერგეტიკოსთა ასოციაციამ (GAEE) მთავარი კონტრაქტორის სტატუსით. ამ პროგრამის ფარგლებში ქვეყნის სხვადასხვა რეგიონში შესრულდა ენერგოეფექტურობის რამდენიმე ათეული პროექტი მნიშვნელოვანი ეკონომიკური მაჩვენებლებით [133-135].

ბუნებრივია, რომ ენერგოეფექტურობის პოტენციალის დეტალური შესწავლა, ახალი ენერგოეფექტური ტექნოლოგიების დანერგვა და ენერგოდამზოგვის ღონისძიებების პრაქტიკული რეალიზება როგორც ენერგიის გენერაციის, ასევე მისი გადაცემისა და მოხმარების სფეროში მნიშვნელოვანია არა მარტო ეკონომიკური, არამედ სტრატეგიული თვალსაზრისითაც. ეკრძოდ, ეს ხელს შეუწყობს საქართველოში ამჟამად არსებული ენერგეტიკული პრობლემების გადაწვეტას და ქვეყნის გამოყენანას მძიმე ეკონომიკური კრიზისიდან; გაადიდებს

ქვეყანაში წარმოებული პროდუქციის კონკრეტულწარმოებას მისი ენერგოტევადობის შემცირების ხარჯზე; შექმნის ხელშეწყობ პირობებს ქვეყნის ენერგეტიკული უსაფრთხოებისა და სწრაფი ეკონომიკური განვითარების უზრუნველსაყოფად. ყოველივე აღნიშნული ენერგომომხმარებელ კომპანიებს საჩუქრებას მისცემს დეტალურად შეისწავლონ სათბობ-ენერგეტიკული რესურსების არსებული მდგომარეობა და წინასწარ გააანალიზონ მათი გამოყენების პერსპექტივები, რაც მათი სამოქმედო გეგმის ოპტიმიზაციისა და, აქედან გამომდინარე, დამატებითი საინვესტიციო ხარჯების მინიმუმამდე დაყვანის საშუალებას იძლევა. ასევე გაზარდონ ენერგოსისტემის მოქნილობა და საიმედოობა პიკური დატვირთვების ვარიანტებისა და ენერგიის სარესურსო ბაზის მსლუადაობის ტემპების შემცირების გზით, ენერგორესურსების გასაღების ბაზარზე დაიმკვიდრონ გრძელვადიანი და სტაბილური ადგილი, შეამცირონ მავნე ეკონომიკური რაოდენობა ატმოსფეროში და ამით თავიდან აიცილონ საგადასახადო დანარჩენებისა და ჯარიმების გადახდა, შეამცირონ მოთხოვნილება ნაეთობისა და გაზის იმპორტზე.

იგივე შეიძლება ითქვას ენერგომომხმარების სამრეწველო სექტორზე. მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ ყველაფერ ამას ემატება გამოშვებული პროდუქციის თვითღირებულებისა და საწარმოს კუთრი ენერგოტევადობის შეცირება, ახალი სამუშაო ადგილების შექმნა და ენერგეტიკული დამოუკიდებლობის ამაღლება. რაც შეეხება ენერგომომხმარების საყოფაცხოვრებო სექტორს, აქაც, შედარებით მცირე ფინანსური დანახარჯებით შესაძლებელია კომსმარებელმა დაზოგოს მნიშვნელოვანი ენერგეტიკული რესურსები [136-138].

ამდენად, საფუძველი გვაქვს დავასკენათ, რომ საქართველოს ენერგეტიკული უსაფრთხოების (შესაბამისად, ეკონომიკური და ეროვნული უსაფრთხოების) უზრუნველყოფა შეუძლებელია შესაბამისი მდგრადი და ეფექტური ენერგეტიკული ბაზის შექმნის, გააზრებული ენერგეტიკული პოლიტიკის შემუშავებისა და მისი ეტაპობრივი განხორციელების გარეშე. ხოლო ადგილობრივი ქვანახშირების ექსპლუატაციის გამოყენება ენერგეტიკული, სამრეწველო და კომერციული დანიშნულებით განვიხილოთ როგორც ენერგეტიკული უსაფრთხოების ერთ-ერთი ძირითადი ინდიკატორი, რომელიც მნიშვნელოვან როლს შეასრულებს ქვეყნის ეკონომიკური განვითარების საქმეში [137].

7.1. ნახშირების ენერგეტიკული მიზნით გამოყენების პერსპექტივები საქართველოში

არსებული ინფორმაციის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ საქართველოში ორგანული სათბობების მარაგებიდან ქვანახშირი დღეისათვის ფაქტობრივად ის ერთადერთი ადგილობრივი ენერგომომცემელი წყაროა, რომლის დაძვებული მარაგი მსხვილმასშტაბიანი წარმოების ორგანიზაციის და საიმედო ენერგეტიკული ბაზის შექმნის საშუალებას იძლევა. სამრეწვაროდ, საქართველოს ნახშირის მრეწველობა ამჟამად ღრმა კრიზისულ მდგომარეობაშია. უკანასკნელ პერიოდში მისი საწარმოო სიმძლავრეები მხოლოდ 3-5%-ითაა დატვირთული. ამავ დროს, ნახშირის მოპოვების დონის აღდგენა გონიერულ ზღვრებში და ადგილობრივი რესურსების ჩართვა ქვეყნის სათბობ-ენერგეტიკულ ბალანსში ენერგეტიკული კრიზისის დაძვებისა და ეკონომიკური აღორძინების ერთ-ერთი საფუძველი შეიძლება გახდეს [139].

საქართველოს ნახშირების მრეწველობას 150 წელზე მეტი ხნის ისტორია აქვს. 1948 წელს შეიქმნა „საქნახშირის“ კომბინატი, რომელიც საბჭოთა კავშირის ქვანახშირის მრეწველობის სამინისტროს უშუალო დაქვემდებარებაში იმყოფებოდა. სექტორი მან რამდენიმეჯერ განიცადა სახესხვაობა და დღეს „საქნახშირი“ აღმასრულებელი ხელისუფლების შესახებ კანონის თანახმად სათბობ-

ენერგეტიკის სამინისტროს შემადგენლობაშია, როგორც სახელმწიფო საქიეუწიზო დაწესებულება, რომელიც აერთიანებს და კოორდინაციას უწევს საქართველოში ნახშირის მომაროებელ, გადამშუშებელ და მათთან დაკავშირებულ საწარმოთა ფუნქციონირებას.

საქართველოში წლების განმავლობაში ნახშირის სამრეწველო მარაგები: დამუშავება ხორციელდებოდა ტყიბულის, ტყვარჩელის, ახალციხის და გელათის საბადოებზე. მათი მარაგები და პროგნოზული რესურსები წარმოდგენილია 7.1 ცხრილში.

ცხრილი 7.1.

ნახშირის სამრეწველო მარაგი და პროგნოზული რესურსები [140]

№	საბადოს დასახელება	A + B + C ₁ + C ₂ მარაგები, მლნ ტონა	პროგნოზული რესურსები, მლნ ტონა	მთლიანი მარაგი, მლნ ტონა
1	ტყიბული-შაორის	338,5	373,0	711,5
2	ტყვარჩელის	20,3	12,0	32,3
3	ახალციხის	75,7	-	75,7
4	გელათის	5,0	-	5,0

როგორც 7.1 ცხრილიდან ჩანს, ტყიბული-შაორის საბადოზე ნახშირის A + B + C₁ + C₂ მარაგები 338,5 მლნ ტონას შეადგენს, ტყვარჩელის საბადოზე - 20,3 მლნ ტონას, ახალციხის საბადოზე - 75,7 მლნ ტონას, ხოლო გელათის საბადოზე - 5,0 მლნ ტონას. მარაგის სიმცირის გამო გელათის საბადოს დაძიებული ნახშირების სამრეწველო მასშტაბით გამოყენება დღეისათვის შეწყვეტილია. 1987 წელს კონსერვაცია გაუკეთდა აგრეთვე ახალციხის (ვალეს) საბადოზე მოქმედ საწარმოებს, რის შედეგადაც შეწყდა ქვეყანაში მურა ნახშირების მოოოეება. 1990-93 წლებში აფხაზეთში განვითარებულ მოვლენებთან დაკავშირებით ასევე შეწყდა ნახშირის მოოოეება ტყვარჩელში. ამ საბადოზე მოოოეებული ნახშირი, ტყიბულ-შაორის საბადოს ნახშირთან ერთად, წარმატებით გამოიყენებოდა კოქსის წარმოებისათვის კერძოდ, ტყიბული-შაორის აირიანი და ტყვარჩელის საკოქსე ნახშირების გამდიდრების შედეგად მიღებული კონცენტრატებიდან რუსთაის მეტალურგიული ქარხნის საკოქსე-კიმიურ საამქროში იღებდნენ მაღალი ხარისხის კოქსს თუჯის გამოსადნობად. გამდიდრების პროცესში მიღებული შუალედური პროდუქტი ტყიბული-შაორის ქვანახშირთან ერთად მთელი რიგი წლების მანძილზე გამოიყენებოდა ტყვარჩელის თბოელექტროსადგურში ძირითად სათბობად. ახალციხის მურა ნახშირს კი მრავალი წლის განმავლობაში იყენებდნენ რუსთაის მეტალურგიული ქარხნის თბოელექტროსადგურში, როგორც ძირითად სათბობს.

გარდა აღნიშნულისა, საქართველოს ტერიტორიაზე აღრიცხულია მქარი სათბობის 10-მდე მცირე თუ დიდი საბადო, რომელთა პროგნოზული მარაგი 360 მლნ ტონას შეადგენს, ანუ ჯამური პროგნოზული მარაგის 48,3%-ს [140]. ამ საბადოებს შორის აღსანიშნავია ფარცხანაყანების (პროგნოზული მარაგით 150 მლნ ტონა), მღარო-ხორგინი-ჭანის წყლის (პროგნოზული მარაგით 60 მლნ ტონა) და კოდორის (პროგნოზული მარაგით 40 მლნ ტონა). საქართველოში ნახშირის მოოოეების დინამიკა მოცემულია 7.2 ცხრილში.

როგორც ცხრილში წარმოდგენილი მასალიდან ჩანს, 1958 წლიდან მოყოლებული ნახშირების მოოოეება საქართველოში განუხრელად მცირდება, რაც ძირითადად განპირობებული იყო საბადოების დამუშავებისას არარაციონალური ტექნოლოგიების გამოყენებით, 1960 წლის შემდგომ პერიოდში თხევადი და ბუნებრივი აირის წილის მნიშვნელოვანი ზრდით ქვეყნის სათბო-ენერგეტიკულ ბალანსში და იმ ეკოლოგიური პრობლემებით, რომლებიც თან ახლავს ნახშირების წვის ტრადიციული ტექნოლოგიების გამოყენებას [14]. ნახშირების

კონკურენტუნარიანობის შემცირებას ხელს უწყობდა ისიც, რომ ამ პერიოდში სახშირი განიხილებოდა მხოლოდ როგორც ენერგეტიკული ნედლეული და ნაკლები ყურადღება ექცეოდა მისგან მეორეული პროდუქციის წარმოებას.

ცხრილი 72

საქართველოში ნახშირების მოპოვების დინამიკა [140-141]

№	წლები	მოპოვება წლების მიხედვით, ათასი ტონა			
		ტყიბულ-შაორის საბადო	ტყვარჩელის საბადო	ახალციხის საბადო	მთლიანად საქართველოში
1	1928	-	-	-	85
2	1950	890	782	46	1718
3	1955	1176	1384	146	2706
4	1958	-	-	-	3014
5	1960	1420	1209	207	2836
6	1965	1435	1006	180	2621
7	1970	1238	952	108	2298
8	1975	1241	758	51	2050
9	1980	1212	598	50	1860
10	1985	1181	469	24	1674
11	1990	955,5	-	-	955,5
12	1995	42,6	-	-	42,6
13	2000	7,4	-	-	7,4
14	2003	5,4	-	-	5,4

ნახშირის მრეწველობის დეგრადაცია საქართველოში ჯერ კიდევ საბჭოთა კავშირის არსებობის პერიოდში დაიწყო. მისი დაშლისა და შემდგომ განსუთარებული მოვლენების შედეგად საქართველოს ნახშირის მრეწველობა ღრმა კრიზისულ მდგომარეობაში აღმოჩნდა. დღეისათვის ნახშირის ძირითადი საბადოებიდან ექსპლუატაციაშია მხოლოდ ტყიბულ-შაორის საბადო, რომელიც როდული სამთო-გეოლოგიური და სამთო-ტექნიკური პირობებით ხასიათდება. იგი ერთ-ერთი ურთულესია ყოფილი საბჭოთა კავშირის ქვეყნებში არსებულ საბადოებს შორის.

დღევანდელი მდგომარეობით, ამ საბადოს სამთო საწარმოების ტექნიკური მდგომარეობა ძალზე არადაშავიყოფილებელია. ბოლო 10-15 წლის მანძილზე თითქმის არაავითარი ტექნიკური გადაიარაღება არ მომხდარა. 1989 წლის შემდეგ კი, გარდა უმნიშვნელო გამოწვევებისა, ტყიბულის სამთო საწარმოებს არაავითარი მოწყობილობა-დაზიდვარები, მექანიზმები და სათადარიგო ნაწილები არ მიუღიათ ეკონტრაქტორულ წესით, რაც დარგში არსებული ფინანსური კრიზისით იყო განპირობებული. აქვე აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ საქართველოს ნახშირის მრეწველობა ყოველთვის დეფიციტური იყო, რომლის შევსებაც საკავშირო სამინისტროს საშუალებით ხორციელდებოდა, რაც 1990 წლის შემდეგ შეწყდა.

ამჟამად ტყიბულში მოქმედი სამთო საწარმოების დანადგარების 60% თითქმის მთლიანად ამორტიზებულია. მძიმე მდგომარეობაშია სამთო გვირაბები, ხოლო ცენტრალური მამდიდრებელი ფაბრიკა თითქმის 100%-ითაა ამორტიზებული და მისი ექსპლუატაცია შეუძლებელია. უფინანსობის გამო სამეცნიერო-კვლევითი და საპროექტო სამუშაოების წარმოება დაახლოებით 10-12 წელია აღარ მიმდინარეობს.

გარდა შახტების მძიმე ტექნიკური მდგომარეობისა, ნახშირის საწარმოთა ფუნქციონირებას აზუხრუტებს ნახშირის ბაზრის შეზღუდულობაც. წლების მანძილზე საქართველოში, სხვადასხვა სფეროებში, წლიურად გამოიყენებოდა დაახლოებით 4,5 მლნ ტონა ნახშირი, რომელთაგან 3,2 მლნ ტონა საქართველოში მოპოვებული ნახშირით იყო. ნახშირი გამოიყენებოდა ელექტროენერგიისა და საშენ-მასალათა წარმოებაში, კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო სექტორში, სოფლის

მეურნეობის პროდუქტების გადამამუშავებელ მრეწველობაში და ა.შ. იაფფასიანი იმპორტირებულ სათბორზე ორიენტაციამ ძვირად ღირებული ნახშირის გამოდევნა ყველა ზეგრო აღნიშნული სფეროდან. მაგალითად, ტყეარჩენლის თესის, ქუთაისის ავტოპარხნის და რუსთავის მეტალურგიული კომბინატის თევების ბუნებრივ აირზე გადასვლის შედეგად ნახშირის ყოველწლიური მოხმარება დაახლოებით 1 მლნ ტონაზე მეტით შემცირდა.

ნახშირის მოხმარების ბაზრის გაფართოების მიზნით საქართველოდან 1978 წელს დაიწყო ტიბული-შაორის საბადოში მოპოვებული ნახშირის 60%-ის მიწოდება დონეცკის ოლქის ქ. კურახოვოს თესში, ხოლო დანარჩენი ხმარებოდა საქართველოს საწარმოებს და მოსახლეობას. ამჟამად, პროდუქციის მაღალი თვითღირებულების და დიდი სატრანსპორტო ხარჯების გამო, ეს ბაზარიც აღარ ფუნქციონირებს.

1995 წლიდან ხელისუფლებამ რამდენიმე მნიშვნელოვანი ენერგიული ნაბიჯი გადადგა ნახშირის დარგის პრობლემების მოსაგვარებლად. გამოვიდა რამდენიმე ბრძანებულება, განკარგულება, საოქმო გადაწყვეტილება და სხვ., რომელთა მეშვეობითაც მოხერხდა ის, რომ ჯერ კიდევ შენარჩუნებულია ტიბულის ნახშირის საწარმოების შესაძლებლობები და სწორი საინვესტიციო პროექტების განხორციელების შემთხვევაში შეიძლება აქ ნახშირის წლიური მოპოვება მნიშვნელოვნად გაიზარდოს და წარმოების რენტაბელურობის ღონეს მიაღწიოს.

სამწუხაროდ, ქვეყნის უმაღლესი ხელისუფლების მიერ ბოლო პერიოდში შემუშავებული და გამოცემული საკანონმდებლო და ნორმატიული აქტების ნაწილის შეუსრულებლობისა და ნაწილის შესრულების გაჭიანურების შედეგად მდგომარეობა ნახშირის მრეწველობაში კვლავ კრიზისულია.

ტიბული-შაორის საბადოს აღორძინების კუთხით ბოლო პერიოდში გატარებულ ღონისძიებათა შორის აღსანიშნავია საქართველოს პრეზიდენტის 1998 წლის 17 მარტის №79 განკარგულების და 1999 წლის 16 სექტემბრის №543 ბრძანებულების გამოსვლა. ამ დოკუმენტებში აღნიშნულია, რომ საქართველოს სამთო-მოპოვებითი მრეწველობისა და, კერძოდ, ტიბულის ქვანახშირის მომპოვებელი შახტების მომავალი ბევრად არის დამოკიდებული მოპოვებული ქვანახშირის მუდმივი მომხმარებლის არსებობაზე, რამაც თავისთავად უნდა უზრუნველყოს შახტების სტაბილური მუშაობა. ასეთ მსხვილ მომხმარებლად №543 ბრძანებულებით მიჩნეულ იქნა 2x125 მგეტ სიმძლავრის თბოელექტროსადგური, რომლის მშენებლობა ქვეყნის ენერგოსისტემის განვითარების სქემათ იყო გათვალისწინებული და რომელიც გარანტირებული მომხმარებელი იქნებოდა 600-700 ათასი ტონა ტიბულის საბადოში მოპოვებული ნახშირისა წელიწადში. მაგრამ ამ პროექტის განხორციელება შეუძლებელი აღმოჩნდა, რადგანაც იგი არ ეფუძნებოდა თანამედროვე ტექნოლოგიებს, ამიტომ ეკონომიკურად და გეოლოგიურად მიუღებელი აღმოჩნდა.

გარდა აღნიშნულისა, პროექტის განხორციელებისათვის თბოელექტრო-სადგურის აშენებასთან ერთად საჭირო იყო ნახშირის მოპოვების სექტორის რეაბილიტაცია, რომელიც დიდი მოცულობის ინვესტიციებს მოითხოვდა. კერძოდ, პროგრამის მიხედვით ნახშირის მრეწველობის აღდგენას 20 მლნ აშშ დოლარი ესაჭიროება. ასეთი დიდი ინვესტიციები კი, მისი მოძიების სირთულებიდან გამომდინარე, პროექტის რეალიზაციის შემაფერებელი აღმოჩნდა. ინვესტირებთან მუშაობას ძალზე ართულებდა ის ფაქტიც, რომ ეს „ტიბულნახშირს“ ჰქონდა მნიშვნელოვანი კრედიტორული დავალიანება.

ზემოთ აღნიშნულიდან ცხადია, რომ ნახშირის მრეწველობის აღორძინების მიზნით უპირველესად საჭიროა ნახშირის მომხმარებელთა არეალის დადგენა-გაფართოება, რომელიც საფუძვლად უნდა დაედოს ნახშირის მოპოვების რეალური სიდიდის განსაზღვრას. ამავე დროს მყარ სათბობზე მომუშავე თესების ეკოლოგიურად და ეკონომიკურად ეფექტური გამოყენების მიზნით უნდა

განხორციელებს ნახშირების წყის მრავალმიზნობრივი დანიშნულების არატრადიციული ტექნოლოგიების დამუშავება და დანერგვა.

საქართველოს სხვადასხვა საბადოების ნახშირების წყის (გაზიფიკაციის) შედეგად მიღებული ნაცრის ქიმიური შედგენილობა და მათი პროცენტული გამოსავლიანობა მოცემულია 73 ცხრილში.

ცხრილი 73

ნაცრის ქიმიური შედგენილობა [93;142-144]

№	სიღებების დასახელება	ქიმიური სიმბოლო	ტყეარელი		ტყიბული		ახალციხე	
			ნაცრის უსულვატო მასის ქიმიური შედგენილობა, %	ნაცრის ქიმიური შედგენილობა, %	ნაცრის უსულვატო მასის ქიმიური შედგენილობა, %	ნაცრის ქიმიური შედგენილობა, %	ნაცრის უსულვატო მასის ქიმიური შედგენილობა, %	ნაცრის ქიმიური შედგენილობა, %
1	სიცილიუმის ორჟანგი	SiO ₂	56,0	58,69	52,5	53,6	-	56,7
2	ალუმინის ჟანგი	Al ₂ O ₃	31,0	21,33	31,5	32,4	-	31,6
3	ტიტანის ორჟანგი	TiO ₂	1,2	-	1,4	-	-	-
4	რკინის ჟანგი	Fe ₂ O ₃	5,0	10,61	8,0	6,7	-	5,5
5	კალციუმის ჟანგი	CaO	4,1	0,56	5,0	1,4	-	1,5
6	მაგნიუმის ჟანგი	MgO	0,5	1,31	0,8	1,3	-	1,3
7	კალიუმის ჟანგი	K ₂ O	0,8	-	0,2	-	-	-
8	ნატრიუმის ჟანგი	Na ₂ O	1,4	-	0,6	-	-	-
9	გოგირდის სამჟანგი	SiO ₂	-	0,3	-	0,8	-	0,5
10	სხვა ნაერთები	-	-	7,2	-	3,8	-	2,9

როგორც ცხრილიდან ჩანს, ტყეარელის, ტყიბულის და ახალციხის ნახშირებში საკმაოდ დიდი რაოდენობით მოიპოვება ისეთი ნივთიერებები, როგორიცაა: SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO და MgO. ამ ნივთიერებების გამოყოფამ ქვანახშირების გაზიფიკაციის თანამედროვე მეთოდების გამოყენებით და მათმა შექმდგომმა რეალიზაციამ მნიშვნელოვნად უნდა შეამციროს ხელოვნური აირადი სათბობის თვითღირებულება, რაც საფუძვლად დაედება ეკოლოგიურად და ეკონომიკურად გამართლებული თბოელექტროსადგურის მშენებლობას.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულის საქართველოში განხორციელების მიზნით უპირველესად საჭიროა ადგილობრივი მყარი სათბობების თბოტექნიკური მახასიათებლების დაზუსტება და დადგენა, მისგან მგორეული პროდუქტების ასორტიმენტისა და მისი გამოსავლიანობის განსაზღვრა.

7.2. საქართველოს ნახშირების მახასიათებლები

თბოენერგეტიკის განვითარების თანამედროვე დონე და ენერგორესურსების ეკონომიკურად გამართლებული ხარჯვის პრობლემა აქტუალურს ხდის ქვეყნის მყარი ორგანული სათბობის გამოყენების რაციონალური რეჟიმების დადგენას და დამუშავებას. ცნობილია, რომ ენერგეტიკის, მრეწველობის, სოფლის მეურნეობის, ტრანსპორტის და კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო დარგების შემდგომი განვითარება ძირითადად ეფუძნება სითბური ენერგიის გამოიმუშავების განხორციელებას. ამ

მიზნის მისაღწევად კი ერთ-ერთ პირველად წყაროდ ორგანული სათბობი გამოიყენება.

დღეისათვის საქართველოში რეალურად დაძვებული ორგანული სათბობებიდან ყველაზე დიდი რაოდენობით მოიპოვება ცხიმოვანი (Ж), აირული (I') და მურა (Б) მარკის ნახშირები, რომელთა გამოყენება მომავალში, უდავოდ, შესაძლებელია სამრეწველო დანიშნულებით. აღნიშნული მყარი სათბობების საბადოები შესაბამისად არის ტყვარჩელში, ტყიბულსა და ახალციხეში. ცხადია, აღნიშნული სათბობების მომავალში სამრეწველო დანიშნულებით (ენერგეტიკაში) გამოყენება უნდა ემყარებოდეს ამ სათბობებიდან სითბური ენერგიის მიღების ეკონომიკურად გამართლებული მეთოდების გამოყენებას, ანუ სათბობის გამოყენების ყოვეტსურობას. მყარი სათბობიდან სითბური ენერგიის მიღება შესაძლებელია სათბობის უშუალო ან მისი გაზიფიკაციის შედეგად მიღებული აირების წვით. თუ რომელი მეთოდით უფრო მიზანშეწონილია სითბური ენერგიის გამოშვება ქვეყანაში მოპოვებული მყარი სათბობებიდან, გაეცნოთ მათ თბოტექნიკურ მახასიათებლებს, რომლებიც წარმოდგენილია 7.4 ცხრილში.

საქართველოს ნახშირების თბოტექნიკური მახასიათებლები [93;142-144] ცხრილი 7.4

	სიღრმეების დასახელება	სიმბოლო	საბადოს დასახელება		
			ტყვარჩელი	ტყიბული	ახალციხე
1	სათბობის მარკა	-	Ж ცხიმოვანი	Г-აირული, ДГ-ალგარბული აირული	Б-მურა ნახშირი
2	სათბობის მუშა მასა, %	W ^შ	11,5	13,0	20,0
		A ^შ	35,0	27,0	38,4
		S ^შ	0,9	0,7	0,58
		S ^შ _შ	0,4	0,6	0,54
		C ^შ	42,5	45,4	28,08
		H ^შ	3,2	3,5	2,37
		N ^შ	0,8	0,9	0,54
		O ^შ	5,7	8,9	9,49
3	სათბობის დაწვის სითბო, კჯ/კგ (კკალ/კგ)	Q ^შ _შ	16747 (4000)	17584-18841 (4200-4500)	11723 (2800)
4	აქროლად ნიეთიერებათა გამოსავლიანობა, %	V ^შ _წ	41,6	45,0	44,0
5	ნაცრის ღრობის ტემპერატურა, °C	დეფორმაციის დასაწყისი, t ₁	1450	1450	1290
		დარბილების დასაწყისი, t ₁	1500	1470	1380
		გათხევადების დასაწყისი, t ₁	1500	1480	1400
6	სათბობის საშუალო სითბოტევადობა, ჯ/(კგ*გრად) (კკალ/(კგ*გრად))	C _შ	1,34 (0,32)	1,42 (0,34)	1,76 (0,42)
7	წვისათვის საჭირო ჰაერის თეორიული რაოდენობა, მ ³ /კგ	V ^შ	4,67	4,99	2,89
8	საბატირბიანი აირების მოცულობა, მ ³ /კგ	V _წ	0,84	0,91	0,53
9	წყლის ორთქლის თეორიული მოცულობა, მ ³ /კგ	V _წ _წ	0,57	0,62	0,56
10	აირების სრული თეორიული მოცულობა, მ ³ /კგ	V _წ _წ	5,10	5,47	3,35
11	არააქროლადი მყარი ნარჩენის სახეობა	-	სუსტად შეცხობილი	შეცხობილი	უხეინილი -სებრი

როგორც 7.4 ცხრილში წარმოდგენილი მონაცემებიდან ჩანს, ტყეარჩელის საბადოს ნახშირის დაწვის სითბო 16747 კჯ/კგ-ის ტოლია, ტყეარჩელის საბადოს ნახშირის - (17584-18841) კჯ/კგ-ისა, ხოლო ახალციხის მურა ნახშირისა - 11723 კჯ/კგ-ისა. ამ ინფორმაციიდან ნათლად ჩანს, რომ ტყეარჩელისა და ტყიბულის ნახშირებიდან ეკონომიკურად გამართლებული სითბური ენერგიის მიღება შესაძლებელია როგორც სათბობის უშუალო, ასევე მისი გაზიფიკაციით მიღებული აირების წვის გზით. რაც შეეხება ახალციხის მურა ნახშირებიდან სითბური ენერგიის მიღებას, მისი დაბალი დაწვის სითბოს გამო, ეკონომიკურად აუმართლებელია.

ამრიგად, საქართველოს ნახშირების (განსაკუთრებით კი ტყიბული-შაორის აბაღოის) სამრეწველო მიზნებისათვის ფართოდ გამოყენება შესაძლებელია და ეკონომიკურად გამართლებულიცაა, უპირატესად მისგან გაზიფიკაციით მიღებული აირების წვის გამოყენებით.

7.3. საქართველოში ნახშირზე მომუშავე ეკოლოგიურად სუფთა თბოელექტროსადგურის კონცეფცია

საქართველოს ენერგეტიკის განვითარების გრძელვადიან სტრატეგიულ პოლიტიკაში ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი როლი უნდა მიეკუთვნოს ადგილობრივი სათბო-ენერგეტიკული რესურსების, მათი შორის მყარი სათბობის, რაც შეიძლება თბოელექტროსადგურების, ელექტროენერგიის წარმოებაში ხარისხობრივი მაჩვენებლის შეტანასა და თბოელექტროსადგურების (თეს) ეკონომიკურობის გაზრდას.

როგორც ცნობილია, საქართველოს ორგანული სათბობის რესურსებიდან აქტიულოვანი წილი ქვანახშირზე მოდის, რომლის მთლიანი მარაგი დაახლოებით 140 მლნ ტონას შეადგენს [140,145]. აქედან გამომდინარე, არაერთხელ დასმულა კითხვა საქართველოში მყარი სათბობით მომუშავე თბოელექტროსადგურის პროექტირების მიზანშეწონილობის თაობაზე. სამწუხაროდ, თეისის აშენება დაწყებული შეუძლებელი აღმოჩნდა, რადგანაც ყველა შემოთავაზებული პროექტი მოთხოვნიდა ქვანახშირის დაწვის არსებულ (მოქმედებულ) ტექნოლოგიებს. ამრიგად, რაც საქართველოს პირობებში ვერ უზრუნველყოფდა მათდამი დაკავშირებულ ეკოლოგიურ და ეკონომიკურ მოთხოვნებს.

აღსანიშნავია ისიც, რომ, ბუნებრივ აირთან შედარებით, ქვანახშირის დაწვის დროს წარმოებული თბური ენერგიის ერთეულზე გამოიყოფა თითქმის 70%-ით მეტი ნახშირორჟანგი, რომელიც სათბობის ეფექტის გამოძეველი ერთ-ერთი უმთავრესი აირია. აქედან გამომდინარე, მსოფლიოს ელექტროენერგეტიკის განვითარების ერთ-ერთი უმთავრესი პრობლემაა ისეთი პროცესების და ტექნოლოგიების შემუშავება, რომლებიც მყარ სათბობზე (ნახშირზე) მომუშავე სადგურების მქონე ენერგეტიკების სიდიდეების ზრდასთან ერთად უზრუნველყოფს წვის აირად ნაწარმში CO_2 , SO_x , NO_x -ის მკვეთრ შემცირებას და მყარი და თხევადი საწვავების ეფექტურ უტილიზაციას.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, მყარი სათბობის დაწვის ეკოლოგიურად სუფთა, უნარჩუნო, მაღალეკონომიური და მრავალმიზნობრივი დანიშნულების ყველაზე ეფერო პერსპექტიულ და ტექნიკურად დასაბუთებულ ტექნოლოგიების რიცხვს შეადგენს მიეკუთვნეთ ნახშირების გაზიფიკაცია წილის ნაღობში. ამ ტექნოლოგიას დღეისათვის ანალოგი არ გააჩნია მსოფლიო პრაქტიკაში.

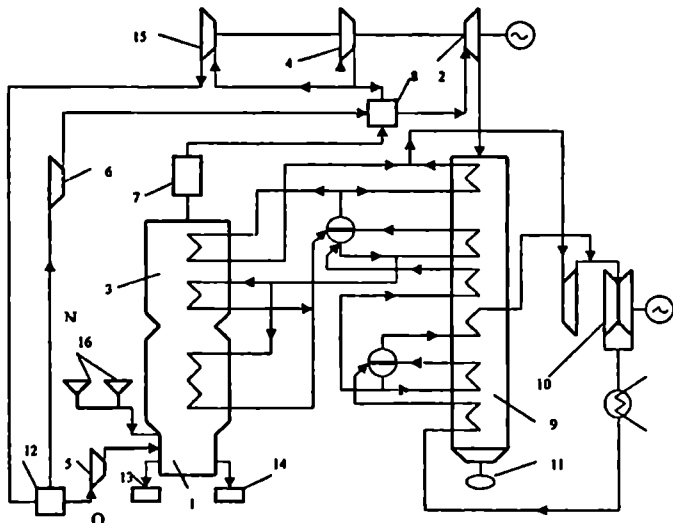
აქვე ხასი უნდა გავსვას იმ გარემოებას, რომ ელექტროენერგიის წარმოებაში ხარისხობრივი ცვლილებების შეტანისა და თესების რენტაბელობის შეზღუდვით გაზრდის კონცეფციის ჩამოყალიბება და მისი პრაქტიკული რეალიზაცია, მსოფლიოს ეკონომიკურად განვითარებულ ქვეყნებში,

განხორციელდა ბოლო 15-20 წლის მანძილზე, ანუ ენერგეტიკის დარგისათვის უმოკლეს ვადაში [39].

ამდენად, არსებობს საფუძველი, რომ გარკვეული პერიოდის (დროის) შემდეგ, რომელიც საჭიროა ნახშირით მომუშავე თესვების განვითარების ძირითადი ტენდენციებისა და თანამედროვე ენერგობუნების ექსპლუატაციის მსოფლიო გამოცდოვლების გასაზიარებლად, სათანადო ეკონომიკურ-ფსიქოლოგიური გარემოს შექმნის პირობებში, საქართველოში დაინერგოს ტყიბულის ქვანახშირით მომუშავე კომბინირებული ორთქლადიანი თესი.

73.1. მეორეული პროდუქციის წარმოების ტექნოლოგია
წილის ნაღობში ნახშირების გაზიფიკაციის დროს

წილის ნაღობში ნახშირების გაზიფიკაციის დროს მყარი სათბობის მინერალური შემდგენიდან მჟორეული პროდუქციის წარმოების შესაძლებლობა და მისი ასორტიმენტი არ არის შეზღუდული გენერატორული აირის დაწევის მეთოდებით. გაზიფიკაციის ტექნოლოგიური სექმა საშუალებას იძლევა წარმოადგინოს სტრატეგიული ელემენტი – კამერა-აირგენერატორი (თხევადი წილის ანუ წილის ნაღობის აბაზანა) ჩაერთოს ნებისმიერი ენერგოდანადგარის თბურ სექმაში, იქნება ეს ტრადიციული ორთქლტურბინიანი დანადგარი, აირტურბინული დანადგარი თუ კომბინირებული თვის ნახშირის შიგაცოცლოვი გაზიფიკაციით [55]. კომბინირებული ორთქლტურბინიანი დანადგარის ტექნოლოგიური სექმა წილის ნაღობში ნახშირის გაზიფიკაციით წარმოდგენილი 7.1 ნახაზზე.



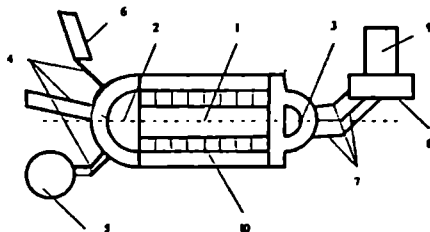
ნახ. 7.1. ორთქლანიონი დანადგარის ტექნოლოგიური (ბინარული) სქემა წიდის ნაღწობში ნახშირის გაზიფიკაციით:

- 1-კამერა აირეგენერატორი; 2-ბარის ტურბინა; 3-გენერატორის ბარის საცავები;
4-აირტურბინული დანადგარის (აღდ) კომპრესორი; 5-ჟანგბადის კომპრესორი; 6-სიონის
კომპრესორი; 7-ფოიდრის მზადლემპმეტარტურული გაწმენდი; 8-აირტურბინული
დანადგარის წყის კამერა; 9-აღდ-ის ევაბ-უტილიზატორი; 10-ორქალის ტურბინა;
11-საკაშვო მოლი; 12-პერტამყოფი დანადგარი; 13-წოდის გაღაგრშეების დანადგარი;
14-მრავალთიონანი ნელლეულის შილების დანადგარი; 15-გამფართოებელი ტურბინა;
16-ნახშირის და ქრომიის ბუნკერი

სხვადასხვა კონსტრუქციული და ტექნიკური გადაწყვეტილებების მიღების დროს, რომელიც ითვალისწინებს ძირითადი და დამხმარე წარმოების შეთანწყობილ (ერთობლივ) მუშაობას, თხევადი წიდა კამერა აირგენერატორიდან უშუალოდ მიეწოდება მისი მეორეული გადამუშავების მოწყობილობას. ეს შეიძლება იყოს წიდის ღორღის, წიდასიტალის, წიდის სხმულის, წიდის ბამბის, კერამიკული ფილების, ავურის და სხვა სამშენებლო მასალის ტექნოლოგიური ხაზები. მაშასადამე, წიდის აბაზანა ამავე დროს მეორეული პროდუქციის წარმოების შემადგენელი კონსტრუქციული ელემენტიცაა. გარდა ამისა, მას შეიძლება დაემატოს სპეციალური სახარში ღუმელი თხევადი წიდის თბოტექნიკური მახასიათებლების კორექტირების მიზნით, თუ ამას მოითხოვს მეორეული პროდუქციის წარმოების ტექნოლოგია. ამ შემთხვევაში წიდის ტემპერატურის ცვლილება ძირითადი წარმოებიდან დამხმარე წარმოებამდე მისი გადაცემისას 50°C-ს არ აღემატება.

თუ მეორეული პროდუქციის წარმოება იმდენად მასშტაბურია, რომ მოითხოვს დამატებით ცალკე საწარმოო ფართობებს, შესაძლებელია თხევადი წიდის ტრანსპორტირება რამდენიმე კმ-ზე მიქსერული ტიპის სპეციალური წიდასაწიდეების საშუალებით. წიდის ტემპერატურა ამ დროს შეიძლება 150-250°C-ით შემცირდეს [56].

წიდანაცრიდან მეორეული პროდუქციის წარმოების სქემა მოცემულია 7.2 ნახაზზე. თხევადი წიდისა და ლითონის გამოტანა კამერა-აირგენერატორის ქვინებსკეულა ზონიდან ხორციელდება შესაბამისი სიფონ-სალექტრების მეშვეობით, რომლებიც უშუალოდ არის მიდგმული კამერა-აირგენერატორის ტორსულ კედლებზე.



ნახ.7.2. მეორეული პროდუქციის წარმოების სქემა:

- 1-კამერა-აირგენერატორი; 2-სიფონ-სალექტარი თხევადი წილისათვის;
- 3-სიფონ-სალექტარი თხევადი ლითონისათვის; 4-ღარები თხევადი წილისათვის;
- 5-წიდის გრანულაციის დანადგარი; 6-წიდასიტალისა და წიდის ბლოკების დანადგარები;
- 7-ღარები თხევადი ლითონისათვის; 8-სახარში ღუმელი; 9-პროდუქტის ლითონის ჩამოსხმული მანქანა; 10-ქვინები

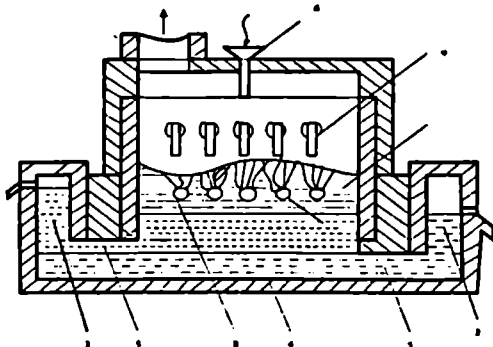
თხევადი წიდის გამოსაშვებ სიფონ-სალექტარს აქვს სამი ღარი. ერთი ღარი გამოიყენება წიდის მისაწოდებლად გრანულაციის დანადგარზე, რომლის მწარმოებლობა 10-15 ტ/სთ-ია. გრანულირებული წიდის ტექნოლოგიური ხაზი საკომპენსაციო როლს ასრულებს ნახშირების გაზიფიკაციის სქემაში. ის უსრუნველყოფს გრანულაციის დანადგარის მწარმოებლობის სწრაფი ცვლილების შესაძლებლობას ნულიდან წიდის ნომინალურ ხარჯამდე. მეორე ღარის საშუალებით წიდის ნადნობი მიეწოდება წიდის ღორღის წარმოების ტექნოლოგიურ ხაზის სააბაზანე ღუმელს, რომელიც კონსტრუქციულად არის შეუღლებული კამერა-აირგენერატორის წიდის აბაზანასთან. წიდა ერთი აბაზანიდან მეორეში პრაქტიკულად ტემპერატურის შეუცვლელად იღვრება, ხოლო

ნადნობის ფიზიკურ-ქიმიური პარამეტრების ფორმირება ხორციელდება დანამატებით, რომელთა მიწოდება შესაძლებელია როგორც ძირითად, ისე მჟორეული წარმოების აბაზანებში. წილის ღირღის წარმოების ტექნოლოგიური ხაზის მწარმოებლობა 2 ტ/სთ-ია [58].

მესამე ღარი უზრუნველყოფს თხევადი წიღით წიღასიტალური ნაკეთობების, წიღის ბლოკების და სხვა პროდუქციის საამქროების მომარაგებას. მათი წარმოების საპროექტო რეჟიმის დარღვევის შემთხვევაში შესაძლებელია წიღასიტალისა და წიღის ბლოკების ტექნოლოგიური ხაზების გადაყანა წიღის ღორღის წარმოების რეჟიმში. თუ თესის ტერიტორიაზე განლაგებული მჟორეული პროდუქციის საამქროები უშუალოდ არ ემთხვევა მთავარ კორპუსს, შესაძლებელია მიქსერული ტიპის წიღასაწიღებით თხევადი წიღა მიეწოდოს ჩამოსხმის ესტაკადას, რომელიც მჟორეული პროდუქციის საამქროების ფორმის გასწვრივ არის განლაგებული. აქედან, თხევადი წიღა დახურული მიმღები ღარის მეშვეობით ისხმება MC-1300 ტიპის სტაციონარულ მბრუნავ მიქსერში, სადაც ინახება საჭირო ტემპერატურის შენარჩუნებით [146].

თხევადი ლითონის გამოსაშვები სიფონ-საღეკარს აქვს ორი ღარი. ზედა ღარი განკუთვნილია თხევადი ლითონის ჩასაღერელად ჩამოსხმელ მანქანაში აირგენერატორული დანადგარის მუშაობის დროს, ხოლო ქვედა-თხევადი ლითონის ჩამოსაცლელად დანადგარის განერების შემთხვევაში. სიფონ-საღეკრიდან ჩამოსხმელი მანქანის ბოყეში თხევადი ლითონის ჩამოსხმის რეჟიმი ციკლური (ჩამოსხმელი მანქანის ბოყეში ლითონი ციედება და ზოდების სახით მიეწოდება მზა პროდუქციის საწოებში). ჩამოსხმელი მანქანის მწარმოებლობა 5-15ტ/სთ ფარგლებში იცელება, რაც დანადგარის საექსპლუატაციო რეჟიმში თხევადი ლითონის ჩამოსხმის სიჩქარისა და ზოდების გაციეების სიღრმის ვარირების საშუალებას იძლევა. უზრუნველყოფილია აგრეთვე წიღის ნადნობის აბაზანიდან თხევადი ლითონი სწრაფი ჩამოღერა ავარიული რეჟიმის დროს.

კამერა-აირგენერატორის (თხევადი წიღის ანუ წიღის ნადნობის აბაზანის) სქემა მოცემულია 7.3 ნახაზზე.

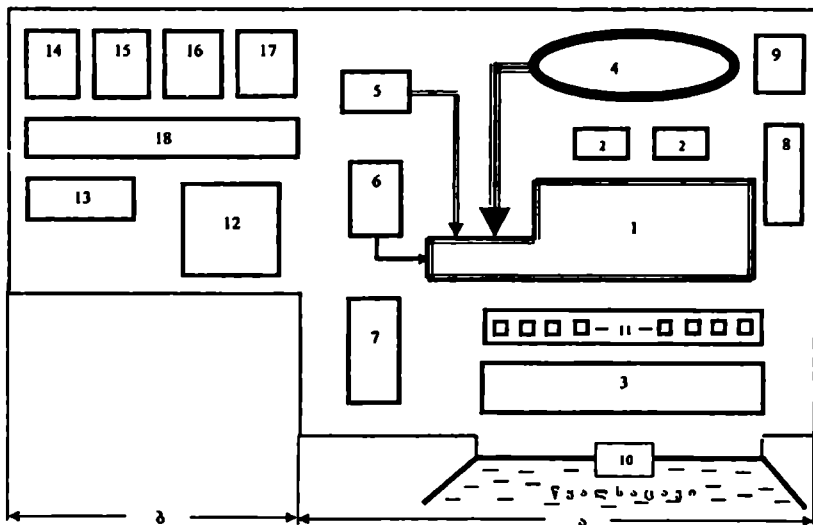


ნახ.7.3. კამერა-აირგენერატორის სქემა:

- 1- წიღის ნადნობის აბაზანი; 2-სიფონ-საღეკარი თხევადი ლითონისათვის;
- 3-სიფონ-საღეკარი თხევადი წიღისათვის; 4-თხევადი წიღის აბაზანის ქვედა, 5-თხევადი წიღისა და თხევადი ლითონის გადასადენი არხები; 6-ნახშირის და კირქვის ჩასატრთოვი მიღტური; 7-გენერატორული აირის გამოსასვლელი; 8-ძირითადი ქონებები;
- 9-დამატებითი ქონებები

გეოლოგიურად სუფთა, უნარჩენო კომბინირებული თესის გენერალური გეგმა მყარი სათბობის შიგაციკლური გაზიფიკაციით მოცემულია 7.4 ნახაზზე, საიდანაც

ჩანს, რომ ელექტროსადგური არის კომპლექსი, რომელიც შედგება როგორც ენერგეტიკული ობიექტების, ანუ საკუთრივ თვისიზგან, ისე მეორეული პროდუქციის საწარმოებელი სამშრომლობისაგან.



ნახ.7.4. გეოლოგიურად სუფთა უნარჩუნო კომბინირებული თვისი
გენერალური გეგმა:

ა-საკუთრივ თვისი; ბ-მეორეული პროდუქციის წარმოება.

- 1-მთავარი კორპუსი; 2-სასაქონლო გოგირდის მისაღები გაუგოგირდობის სისტემის
შენიშვნა; 3-ლია მანქანების მოწყობილობა 110 და 220 კვ; 4-ჭაბი საბოლოო
საწყობი; 5-კირქვის საწყობი; 6-ჯანგბადის სადგური; 7-საკომპრესორი; 8-წყლის კომპიუტი
გაწმენდა; 9-მადინარე წყლების მწმენდი მოწყობილობა; 10-ტექნიკური წყალმომარაგების სატუმბო
სადგური; 11-ტრანსფორმატორები; 12-შპა პროდუქციის საწყობი (წილის ბლოკები);
13-წილის ღირღის სააქრო; 14-წილის ბლოკების სააქრო; 15,16,17-წიდასიტალის ნაკეთობათა
სამშრომლობა; 18-თხევადი წილის ჩამოსასხმელი ესტაკადა

ნახშირზე მომუშავე ტრადიციული ორთქლტურბინული თვისიზგან
განსხვავებით, ენერგეტიკული ობიექტების ტექნოლოგიური სქემიდან ამოღებულია
ნახშირის მტერის დასამზადებელი და მტერის მიმწოდებელი სისტემა, წვის აირადი
ნაწარმის საწმენდი და მფრინავე ნაცრის დამკერი დანადგარები, წილისა და
ნაცრის მოსაცილებელი მოწყობილობები და მათი ნარჩენების დასაგროვებელი
ფართობი. აღსანიშნავია, რომ წილისა და ნაცრის მოსაცილებელი ტრადიციული
სისტემების ღირებულება თვისი საერთო ღირებულების 12...17%-ია, ხოლო
საექსპლუატაციო ხარჯები – საერთო სასადგურე დანახარჯების 7...10% [147].
სამაგიეროდ, თვისი სქემის ემატება საეანგბადე სადგური, სადაც
გათვალისწინებულია თანამდევი სასაქონლო პროდუქციის წარმოების
შესაძლებლობა, როგორც თხევადი ჯანგბადისა და აზოტის, ისე აირადი არგონის
სახით. თვისი ტექნოლოგიური სქემა ითვალისწინებს აგრეთვე სასაქონლო
გოგირდის მისაღები გაუგოგირდობის სისტემის წართვასაც.

გაზიფიკაციის დროს მიღებული ლითონების რაოდენობა არ არის
მასშტაბური. მაგრამ, რადგან მათი სარეალიზაციო ღირებულება მნიშვნელოვნად

აღმატება დანახარჯებს მათ წარმოებაზე. ამიტომ სხვაობა ფასსა და თეთლირებულებას შორის ყოველთვის იძლევა დამატებით მოგებას უნარჩუნო კომბინირებული თვისათვის.

ალსანიშნავია ისიც, რომ უნარჩუნო კომბინირებულ თვისში წყალსაკრები აუზის გაბინძურების თავიდან ასაცილებლად გამოიყენება წყლის მომზადების გაუდინარი სქემა, რომელიც არ მოითხოვს შემოტანილი რეაგენტების მოხმარებას. წყლის შეგბიძგების, გაუმარყოფილებისა და იონმომცველით ფილტრებში მისი საბოლოო გაწმენდისათვის საჭირო რეაგენტები (კირი, მჟავა, ტურტე, მარილი) მიიღება ჩამონადენი წყლების ელექტროდიალიზური და სითბური დამუშავების შედეგად.

7.3.2. მეორეული პროდუქციის წარმოების ეკონომიკური ეფექტურობა წილის ნაღობში ნახშირების გაზიფიკაციის დროს

საქართველოში ადგილობრივი ნახშირების კომპლექსური გამოყენების ბაზაზე ეკოლოგიურად სუფთა ორთქლიარულს თბოელექტროსადგურის შექმნის ეკონომიკური დასაბუთებისათვის აუცილებელია წინასწარ ჩატარდეს წილის ნაღობში ტყბული-შაორის ნახშირის გაზიფიკაციის დროს მიღებული მეორეული პროდუქციის წარმოების ეკონომიკური ეფექტურობის ანალიზი. აღნიშნულის საფუძველზე შეიძლება განისაზღვროს სათბობის საწყისი ღირებულების შემცირების სიდიდე.

წიდანაცრისგან მიღებული მეორეული პროდუქციის მრავალრიცხოვანი სახეობებიდან გამოვეყოთ წიდასიტალისაგან დამზადებული მოსაპირკეთებელი ფილების წარმოება, როგორც საყოველთაოდ გავრცელებული საშენი მასალების (გრანიტის, მარმარილოსა და ქვის სხმულისაგან დამზადებული გახეხილი ფილები, აგრეთვე თლილი გრანიტის და გაპრიალებული მარმარილოს ფილები და მჟავაგამძლე აგური) ალტერნატივა.

7.5 ცხრილში მოცემულია წიდასიტალისაგან დამზადებული 10 მმ სისქის ფილის წარმოების თეთლირებულების კალკულაცია ქარხანა «АСТОТЕХИО»-ს (ქ. კონსტანტინოვკა, რუსეთი) ტექნოლოგიურ ხაზზე, წილის ნაღობში ანთრაციტის ლერლილის (АЛЛ) გაზიფიკაციის დროს [55].

ცხრილში 7.5

წიდასიტალის ფილის წარმოების თეთლირებულების კალკულაცია
თეთლირებულება 2001 წლის იანვრისათვის

სტატია	ქარხანა «АСТОТЕХИО»-ს ტექნოლოგიურ ხაზზე			წილის ნაღობში ანთრაციტის ლერლილის (АЛЛ) გაზიფიკაციის დროს		
	რუბ/მ²	რუბ/ტ	წილი, %	რუბ/მ²	რუბ/ტ	წილი, %
მასალა	11,43	535,6	25,4	0,63	29,5	3,4
ბირი	10,85	507,8	24,1	5,42	253,9	28,8
ელექტროენერგია	3,08	144,0	6,8	0,86	40,4	4,6
ხელფასი დანარიცხებით	3,06	143,2	6,8	3,06	143,2	16,3
ამორტიზაცია	3,24	151,7	7,2	3,24	151,7	17,2
ზედნადები ხარჯები	13,37	626,2	29,7	5,58	261,4	29,7
თეთლირებულება	45,03	2108,5	100	18,80	880,1	100

როგორც 7.5 ცხრილიდან ჩანს, წილის ნაღობში ნახშირის გაზიფიკაციის დროს წარმოებული წიდასიტალის ფილის თეთლირებულება მნიშვნელოვნად ჩამორჩება ქარხანა «АСТОТЕХИО»-ს ტექნოლოგიურ ხაზზე შეტალურებული წილისაგან წარმოებული წიდასიტალის ფილის ანალოგიურ მაჩვენებლებს. თეთლირებულების შემცირება ძირითადად გამოწვეულია მასალაზე, სათბობსა და

ელექტროენერგიაზე დანახარჯების შემცირებით, რაც იმით აიხსნება, რომ ქარხნის ტექნოლოგიურ ხაზზე თხევადი წიდის მისაღებად სპეციალური ლუმბეგია საჭირო, მაშინ როდესაც წიდის ნაღნობში ნახშირის გაზიფიკაციის დროს თხევადი წიდა თანამდევ პროდუქტს წარმოადგენს. შესაბამისად მცირდება ზედნაღები ხარჯები, საწარმოო ინფრასტრუქტურის და ზოგადსახადგურე ხარჯების შემცირების გამო. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ წიდასიტალის ფილის საშუალო საბაზრო ფასი 2001 წლისათვის 180 რუბლ/მ² იყო.

7.6 ცხრილში მოცემულია ერთი ტონა წიდანაცრისაგან მიღებული მეორეული პროდუქტის რაოდენობა.

ცხრილი 7.6

ერთი ტონა წიდანაცრისაგან მიღებული მეორეული პროდუქტისა					
მეორეული პროდუქტი	მშრალი ნაკარი	წიდის ნარევი	წიდის ლორწო	წიდის ბლოკი	წიდასიტალის ფილა (10 მ²)
გამოსავლიანობა	1 ტ	1 ტ	1,15 მ²	0,82 მ²	46,8 მ²

ამრიგად, როგორც 7.5 და 7.6 ცხრილების მონაცემებიდან ჩანს, ანთრაციტის ლერლილის (AIII) გაზიფიკაციის დროს ერთი ტონა წიდანაცრიდან მიიღება 46,8 მ² წიდასიტალის 10 მ² სისქის ფილა, რომლის 1 მ²-ის თეთლირებულება 2001 წლის ფასებით 18,8 რუსულ რუბლს შეადგენს, ხოლო სარეალიზაციო ფასი—180 რუბლ/მ²-ს.

ანალოგიური მსჯელობის საფუძველზე შესაძლებელია განისაზღვროს წიდის ნაღნობში ტყიბული-შაორის საბადოს ნახშირის გაზიფიკაციით მიღებული მეორეული პროდუქტის რაოდენობა და ღირებულება, მითუმეტეს, რომ მისი თბოტექნიკური მახასიათებლები (ცხრილი 7.3 და 7.4) ძალზე უახლოვდება ანთრაციტის ლერლილის (AIII) თბოტექნიკურ მახასიათებლებს ($C^2=46,7\%$; $H^2=2,2\%$; $O^2=4,0\%$; $N^2=1,1\%$; $S^2=1,4\%$; $A^2=31,6\%$; $W^2=13,0\%$; $Q^2_{\text{ვლ}}=16610$ კჯ/კგ).

წიდის ნაღნობში გაზიფიკაციის დროს ერთი ტონა ტყიბული-შაორის საბადოს ნახშირისაგან მიიღება 270 კგ წიდანაცარი. იმ შემთხვევაშიც კი, თუ ჩათვლით, რომ წიდასიტალში გადადის მიღებული წიდანაცრის მხოლოდ 50%, მიიღება $270 \times 0,5 = 135$ კგ წიდასიტალი. რადგან მისი სიმკვრივე $\rho = 2136$ კგ/მ³, ამიტომ წიდასიტალის ამ რაოდენობიდან შეიძლება დამზადდეს $135 / (0,01 \times 2136) = 6,32$ კმ² 10 მ² სისქის წიდასიტალის ფილა, რომლის სარეალიზაციო ღირებულებას თუ 180 რუბლ/მ²-ად ჩათვლით, მივიღებთ $6,32 \times 180 = 1138$ რუსული რუბლის ღირებულების მეორეულ პროდუქტს. თუ ამ უკანასკნელს გამოვავლებთ 6,2 მ² წიდასიტალის ფილის დამზადების ღირებულებას — $6,32 \times 18,8 = 118,8$ რუსულ რუბლს, მაშინ ტყიბული-შაორის საბადოს თითოეულ ტონაზე მივიღებთ მოგებას — $1138 - 118,8 = 1019,2$ რუბლს, ანუ 34 აშშ დოლარს.

საქართველოს ურბანიზაციისა და მშენებლობის სამინისტროს 2000 წლის მონაცემების თანახმად [148], ერთი კვ.მ მარმარილოს ან გრანიტის 40 მ² სისქის მოსაპირკეთებელი ფილების ფასია 65 ლარი (36 აშშ დოლარი დღევანდელი კურსით). წიდის ნაღნობში გაზიფიკაციის დროს ერთი ტონა ტყიბული-შაორის ქვანახშირისაგან მიიღება $135 / (0,04 \times 2136) = 1,58$ კმ² იმავე სისქის წიდასიტალის მოსაპირკეთებელი ფილა. თუ მის სარეალიზაციო ფასად მარმარილოს ან გრანიტის ფილების ფასის ნახევარზე ნაკლებსაც კი (15 აშშ დოლარი) მივიჩნევთ, მივიღებთ $1,38 \times 15 = 20,7$ აშშ დოლარის ღირებულების მეორეულ პროდუქტს, რაც ტყიბული-შაორის ქვანახშირის სავარაუდო საწყისი ღირებულების (30 აშშ დოლარი) თითქმის 70%-ს შეადგენს.

წიდასიტალური ნაკეთობების გარდა წიდის ნაღნობში გაზიფიკაციის დროს ტყიბული-შაორის საბადოს ქვანახშირისაგან შეიძლება მივიღოთ სხვა სამშენებლო მასალაც (ცხრილი 7.7). მათი რეალიზაცია კიდევ უფრო გაზრდის ნახშირის ღირებულების წილს, რომელიც მეორეული პროდუქტის ღირებულებით იფარება

(შედარებისათვის, ერთი კუბ.მ ბუნებრივი ქვის ღორღის ღირებულება საქართველოს ბაზარზე 3-7 აშშ დოლარის ფარგლებში იცვლება).

ცხრილი 7.7

წილის ნაღნობში გაზიფიკაციის დროს ერთი ტონა ტყიბულა-შაორის საბადოს ნახშირისაგან მიღებული მეორეული პროდუქტია

მეორეული პროდუქტი	წილის ტონა (10 მმ)	გრანულირებული წილა	წილის ნარევი	წილის ღორღი	წილის ბლოკი
გამოსავლიანობა	6,32 მ ³	250 კგ	270 კგ	0,31 მ ³	0,22 მ ³

თუ გავითვალისწინებთ იმასაც, რომ მრავალმისნობრივი დანიშნულების, ეკოლოგიურად სუფთა, უნარჩუნო კომბინირებულ თესში ტყიბულა-შაორის საბადოს ქვანახშირის გაზიფიკაციის დროს წიდასიტადური ნაკეთობებისა და სამშენებლო მასალების წარმოების პარალელურად შესაძლებელია ეაწარმოოს სასაქონლო თხევადი უანგბადი და აზოტი, აირადი არგონი, გოგირდი და სხვადასხვა ლითონები, რომელთა სარეალიზაციო (საბაზრო) ღირებულება მნიშვნელოვნად აღემატება დანახარჯებს მათ წარმოებაზე, შეგვიძლია დავასკენათ, რომ შეიძლება მათი რეალიზაციის შედეგად მიღებულმა შემოსავალმა უნარჩუნო ენერგეტიკული კომპლექსის საერთო შემოსავლის რამდენიმე ათეული პროცენტი შეადგინოს [58].

მრავალპროფილიანი ორთქლარიული თბოენემატროსადგომის შემაშენის ენერგოეკონომიკური დასაბუთება ტყიბულ-შაორის საბადოს ძვანახშირების შიგატიკლური გაზიფიკაციის გაზაზხ

ბოლო 10-12 წლის მანძილზე მსოფლიო წამყვანი ქვეყნების სათბობ-
ენერგეტიკულ კომპლექსებს შეემატა სხვადასხვა სიმძლავრის 20-მდე ახალი
თბოენემატროსადგური მყარი სათბობის შიგატიკლური გაზიფიკაციით. აშშ-ის
ენერგეტიკის სამინისტროს მონაცემების თანახმად, ჯერ კიდევ 1999 წლისათვის,
მსოფლიოში განხორციელებული იყო 166 პროექტი 450-ზე მეტი აირგენერატორული
დანადგარით, ხოლო საგაზიფიკაციო ტექნოლოგიების საბჭოს კონფერენციაზე,
რომელიც 2001 წლის 7-10 ოქტომბერს გაიმართა ქ. სან-ფრანცისკოში, აღინიშნა,
რომ აირგენერატორული დანადგარების ამჟამად პროექტირებადი სიმძლავრეების
70%-ზე მეტი სწორედ ელექტროენერგეტიკისათვის არის გათვალისწინებული.
მარტო 2000-2001 წლებში ექსპლუატაციაში შევიდა 4.5 მლრდ აშშ დოლარის
ღირებულების Texaco-ს ტიპის საგაზიფიკაციო დანადგარი და ამავე წლებში
კომპანია მხოლოდ დამატებითი შეკეთები 20 მლრდ აშშ დოლარის ღირებულების
დანადგარებზე [149;150].

განსაკუთრებული ინტერესი ნახშირების შიგატიკლური გაზიფიკაციის
მიმართ განპირობებულია თანამედროვე თესვისადმი წყენებული ისეთი
მოთხოვნების შესრულების შესაძლებლობით, როგორიცაა: ნებისმიერი სათბობის,
მათ შორის, ყველაზე დაბალი ხარისხის ნახშირების, ეფექტური გამოყენება;
ნახშირის მინერალური კომპონენტებიდან თანაპროდუქტების მიღება მცირე
ენერგეტიკული და მატერიალური დანახარჯებით და მათი შემდგომი რეალიზაცია,
ანუ უნარჩუნო ენერგეტიკული კომპლექსის შექმნა; წვის აირადი ნაწარმის
გამონაბოლქვების, ასევე გოგირდისა და აზოტის ენგეულების შემცირება
დასაშვებ ფარგლებამდე და ამით ელექტროენერგიის წარმოების ეკოლოგიური
სისუფთავის უზრუნველყოფა; ბინარული ციკლის გამოყენება, რომელიც თავისი
მაღალი ეკონომიურობით გამოირჩევა ტრადიციულ ორთქლტურბინიან
დანადგარებთან შედარებით და, შესაბამისად, სათბობის კუთრი ხარჯის
შემცირება.

ყველა ამ ამოცანის კომპლექსური გადაჭრა მოითხოვს სრულიად ახალი და
არატრადიციული ტექნოლოგიების დანერგვას, რომელიც თესებს გადაცეცვს
მრავალპროფილიან საწარმოად, სადაც ელექტრო- და სითბური ენერგიების გარდა
შესაძლებელი იქნება სამშენებლო და საიზოლაციო მასალების, სასაქონლო
აზოტის, ენგებადის, არგონისა და გოგირდის, სხვადასხვა ლითონების და სხვა
მეორეული პროდუქტის წარმოება.

ბინარული ციკლის გამოყენება თანამედროვე თესებში ნახშირების
შიგატიკლური გაზიფიკაციით მნიშვნელოვნად ზრდის ელექტროენერგიის
გენერაციის პროცესის ეკონომიურობას. მათი მქ კოეფიციენტის მნიშვნელობა
42...46%-ია, მაშინ როცა ტრადიციული თესებისათვის ეს სიდიდე 33...35%-ს არ
აღემატება [149;151]. აშშ-ის ენერგეტიკის სამინისტროს ენერგეტიკული
ტექნოლოგიების ეროვნულ ლაბორატორიაში უკვე შექმნილია ახალი
ორთქლარიული დანადგარი შიგატიკლური გაზიფიკაციით, რომლის მქ
კოეფიციენტი 55,5%-ს აღწევს. მომავალი ხუთი წლის მანძილზე ეს მნიშვნელობა
არანაკლებ 61%-მდე გაიზრდება, ხოლო უახლოეს მომავალში – 66,6%-მდე [150].

აღსანიშნავია, რომ ჯერჯერობით კუთრი კაპიტალდაბანდება ორთქლარიულ
დანადგარებზე შიგატიკლური გაზიფიკაციით საკმაოდ მაღალია და შეადგენს
დაახლოებით 950...1400 \$/კვტ-ს (ბუნებრივი აირით მომშენებ ორთქლარიული
დანადგარებისათვის ეს სიდიდე 520...600 \$/კვტ-ია, ხოლო წვის აირადი ნაწარმის

საწმენდი და მფრინავი ნაცრის დამკვეთი დანადგარებით აღჭურვილი ნახშირით მომუშავე ორთქლტურბინული თესვისსათვის –1150...1200 \$/კვტ) [152;153]. მიუხედავად ამისა, უახლოეს მომავალში ეს დანადგარები კონკურენციას გაუწევს არათუ ნახშირზე მომუშავე ტრადიციულ თესებს, არამედ ბუნებრივ აირზე მომუშავე თესებსაც. ეს მოხდება მაშინ, როდესაც ბუნებრივი აირის ფასი ნახშირის ფასზე 2.27 \$/გვ-ით (66,7 \$/ტ.ს.-ით) გაიზრდება, რასაც ექსპერტები უკვე 2007 წლამდე ეარაუდობენ [150]. ორთქლარული დანადგარების შექმნა და დანერგვა შიგაოცკლური გაზიფიკაციით ყველაზე უფრო ხელსაყრელია იმ ქვეყნებისა და რეგიონებისათვის, სადაც ძვირად ღირებული სათბობი გამოიყენება, ან დადგენილია მკაცრი ეკოლოგიური შესაღწევები. ნებისმიერ შემთხვევაში, ნახშირების შიგაოცკლური გაზიფიკაცია ითვლება ყველაზე უფრო პერსპექტიულ მიმართულებად ენერგეტიკაში, ხოლო ნახშირი – XXI საუკუნის სათბობად.

8.1. ბინარული ციკლის ენერგოდანადგარების შერჩევა

ცნობილია, რომ მსოფლიოში თანამედროვე ელექტროენერგეტიკის საფუძველია თბოელექტროსადგურები (თესები), რომლებიც ელექტროენერგიის ძირითად რაოდენობას (~70-75%-ს) გამოიმუშავენ [149]. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ყოფილ საბჭოთა კავშირში მთლიანად გამოიმუშაებული ელექტროენერგიის დაახლოებით 75–80% თბოელექტროსადგურების წილად მოდიოდა [150]. აქედან გამომდინარე, ცხადია, რომ ტყიბული-შაორის საბადოს ნახშირზე მომუშავე ეკოლოგიურად სუფთა თბოელექტროსადგურის მშენებლობას და ამოქმედებას უდიდესი მნიშვნელობა ექნება ქვეყნის ბაზისური ელექტროენერგიით მომარაგების საქმეში. მით უმეტეს, რომ ეს იქნება ადგილობრივ რესურსებზე მომუშავე პირველი თესი და მას მნიშვნელოვანი წილის შეტანა შეეძლება ქვეყნის ენერგეტიკული უსაფრთხოების უზრუნველყოფის ბაზაში.

საქართველოში არსებული ენერგეტიკული კრიზისის დაძლევის მიზნით გადამწყვეტი მნიშვნელობა ენიჭება ქვეყანაში ახალი ბაზისური თბოელექტროსადგურების, მათ შორის ადგილობრივ ნახშირებზე მომუშავე თესის მშენებლობას და მისთვის ეკონომიკურად და ეკოლოგიურად გამართლებული მუშაობის რეჟიმების შემუშავებას.

ტყიბული-შაორის საბადოს დღევანდელი მდგომარეობა, უდავოდ, უმძიმესია. ფაქტობრივად ფუნქციონირებს ერთი შახტი, რომელიც ბოლო პერიოდში მომხდარი ავარიის შედეგად მნიშვნელოვნად დაზიანდა. აღნიშნულიდან გამომდინარე, თუ როგორი ტემპით მოხდება მომავალში საბადოს საშახტო მეურნეობის რეაბილიტაცია და, შესაბამისად, ნახშირის მოპოვების ზრდა, შესაძლებელია დაიგეგმოს მომხმარებლების სახეობები და მათი სიმძლავრეები. რადგანაც დღეისათვის შეუძლებელია განისაზღვროს მოპოვების დინამიკის ხასიათი, ამიტომ ტყიბული-შაორის საბადოს ნახშირზე მომუშავე ეკოლოგიურად სუფთა თბოელექტროსადგურის მშენებლობის ეკონომიკურ გაანგარიშება-დასაბუთებას საფუძვლად უნდა დაედოს ვარიანტული გათვლა. აქ მიხედველობაში გვაქვს სხვადასხვა სიმძლავრის თესის ეკონომიკური გაანგარიშება, გამომდინარე მომხმარებელი ნახშირების რაოდენობიდან.

მოპოვებული ინფორმაციის და შეფასებითი ანალიზის ჩატარების შედეგად მიზანშეწონილად ჩაითვალია ტყიბული-შაორის საბადოს ნახშირების ბაზაზე აშენებულყოფი კომბინირებული ციკლით მომუშავე ახალი თბოელექტროსადგური (Turnkey-ის ვარიანტი), დაახლოებით 30–77–100–130 მეგტ სიმძლავრით და ჩატარებულყოფი თესების ეკონომიკური გაანგარიშება-დასაბუთება.

ფურნალში Gaz Turbine World [154] წარმოდგენილია აირტურბინების და აირტურბინების ბაზაზე კომბინირებული ციკლით მომუშავე თესების ტექნიკურ-ეკონომიკური მონაცემების საფუძველზე ვარიანტული გათვლებისათვის

საორიენტაციოდ შერჩეულ იქნა თესის ტიპები, რომელთა ჩამონათვალი და ძირითადი მაჩასიათებლები წარმოდგენილია 8.1 ცხრილში.

ცხრილი 8.1

ბინარული ციკლით მომუშავე თბოელექტროსადგურების

ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩასიათებლები

№	სიდიდეთა დასახელება	განზომილება	სადგურის მოდელი (ტიპი)			
			FT8 PowerPac	KA8C - I	S - 260	2 x FT8 TwinPac
1	თბოელექტროსადგურის დამამზადებელი ფირმა		MAN (GHH BORSIG) (გერმანია)	ABB (შვეიცარია)	GE Power Sistem (აშშ)	Turbo Power (აშშ)
2	ამოქმედების წელი	—	1990	1994	1992	1990
3	სადგურის ელექტრული სიმძლავრე	მგვტ	32,28	77,7	105,0	2 x 67 = 134
4	სითბოს კუთრი ხარჯი	Btu/kwh კვ/კვტ.სთ	7010 7394	6640 7004	6510 6867	6800 7175
5	სადგურის მქ კოეფიციენტი	%	48,7	51,4	52,4	50,2
6	სიხშირე	ჰც	50/60	50/60	50/60	50/60
7	აირტურბინების რაოდენობა და ტიპი	—	1 x FT8 PowerPac	1xGT8C	2 x LM 6000 _{PA}	2 x FT8 TwinPac
8	აირტურბინების სიმძლავრე	მგვტ	25,47	52,8	75,0	2x50,43 = 100,86
9	ორთქლის ტურბინების რაოდენობა და სიმძლავრე	n x მგვტ	1x 6,81 (2P)*	1x24,9 (2P)*	1x30,0 (3P)**	2x16,57 = 33,14 (2P)*
10	სადგურის საბიუჯეტო (ჯამური) ფასი	მლნ აშშ დოლ.	25,8	54,0	73,0	2x41,0 = 82,0
11	კუთრი ღირებულება	აშშ.დოლ./კვტ	799	695	695	612

*ორწევნიანი ქვაბ-უტილიზატორით.

**სამწევნიანი ქვაბ-უტილიზატორით.

8.1 ცხრილში წარმოდგენილი ინფორმაციის თანახმად, ეკონომიკური ანალიზის ჩატარების მიზნით შეირჩა Turnkey-ის ვარიანტით განსახორციელებელი, ბინარული ციკლით მომუშავე სხვადასხვა ტიპის და სიმძლავრის თესები, კერძოდ: FT8 PowerPac-ის ტიპის თბოელექტროსადგური 32,28 მგვტ სიმძლავრით; KA8C-I ტიპის – 77,7 მგვტ სიმძლავრით; S-260 ტიპის–105 მგვტ და 2 x FT8 TwinPac-ის ტიპის – 134,0 მგვტ სიმძლავრეებით. აქვე აღსანიშნავია, რომ საანალიზოდ შერჩეული თბოელექტროსადგურების მქ კოეფიციენტები საკმაოდ მაღალია და შესაბამისად არის $\eta = 48,7\%$, $\eta = 51,4\%$, $\eta = 52,4\%$ და $\eta = 50,2\%$. სადგურების საბიუჯეტო ფასში ძირითადი ენერგოდანადგარების ღირებულებასთან ერთად იგულისხმება დანახარჯები მათ ტრანსპორტირებასა და მონტაჟზე. შერჩეული თესების ძირითადი და დამხმარე მოწყობილობების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩასიათებლები წარმოდგენილია 8.2 ცხრილში.

ცხრილი 8.2

ბინარული ციკლით მომუშავე თესების აირტურბინების მოდელები (ტიპები)

და მათი ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩასიათებლები

№	სიდიდეთა დასახელება	განზომილება	აირტურბინების მოდელები (ტიპები)			
			FT8 PowerPac	GT8C	LM6000 _{PA}	FT8 TwinPac
1	2	3	4	5	6	7
1	დამამზადებელი ფირმა	—	MAN (GHH BORSIG) გერმანია	ABB (შვეიცარია)	Stewart & Stevenson აშშ	MAN (GHH BORSIG) გერმანია

1	2	3	4	5	6	7
2	დამზადების წელი	-	1990	1994	1992	1990
3	ელექტრული სიმძლავრე, ბრუტო	მგებ	25,47	52,8	40,5	50,43
4	სითბური ენერგიის კუთრი ხარჯი ელექტროენერგიის გამოშვებებზე	Btu/kwh კვ/კვტ.სთ	8950 9440	9970 10516	8600 9071	8885 9372
5	ლილვის ბრუნვის სიხშირე	ბრ/წთ პც	3000 50	3000 50	3000 50	3000 50
6	წეის კამერების რაოდენობა	-	1	1	1	1
7	აირების მასური ხარჯი აირტურბინიდან გამოსვლისას	კგ/წმ	91,8	179	-	183,5
8	აირების ტემპერატურა აირტურბინიდან გამოსვლისას	°C	439	517	-	439
9	მქ კოეფიციენტი უღაბლესი დანჯის სითბოს დროს	%	38,1	34,4	39,7	38,4
10	აირის ტურბოგენერატორის საბოუჯეტო ფასი	მლნ აშშ დოლ.	9,2	18,4	22,7	30,0
11	დამუშავებული ელექტრული სიმძლავრის კუთრი ხარჯი	აშშ დოლ/კვტ	361,2	280,3	258,0	317,3

როგორც 82 ცხრილში წარმოდგენილი მონაცემებიდან ჩანს, თესების საერთო საბოუჯეტო ფასის 30-40% აირის ტურბოგენერატორებისა და მათი დამხმარე მოწყობილობების ღირებულებაა.

82 საგაზიფიკაციო ქვანახშირის ხარჯი და მეორეული პროდუქტის რაოდენობა და ღირებულება ტყიბული-შაორის საბადოს ქვანახშირების წიდის ნაღნობში გაზიფიკაციის დროს

მრავალპროფილიან თესებში სხვადასხვა სახის პროდუქტის ერთდროული წარმოება და მათი საშუალებით მომხმარებლის მომარაგება მოითხოვს საწარმოო ძალების და შრომის ორგანიზაციის დაგეგმვისა და რეგულირების შედარებით რთული სქემების შემუშავებას. ელექტრული და სითბური ენერგიების აკუმულირების შეუძლებლობის გამო, მათი მიწოდება მომხმარებელზე შეუზღუდავად უნდა მიმდინარეობდეს, ხოლო სამშენებლო მასალებისა და სხვა მეორეული პროდუქტის წარმოების დაგეგმვა უნდა განხორციელდეს წიდისა და ნაცრის საშუალო წლიური რაოდენობის გათვალისწინებით.

მრავალმიზნობრივი დანიშნულების ენერგოდანადგარების რეალიზაციის ოპტიმალური გარიანტების შერჩევისა და ამ გარიანტების ობიექტური შეჯერებისათვის საინვესტიციო პროექტების ეფექტურობა უნდა შეფასდეს ერთი და იმავე მეთოდით. ამასთან ერთად, აუცილებელია იმის გათვალისწინება, რომ ამ სახის დანადგარებისათვის ან ტექნოლოგიური პროცესის საერთო სხვადასხვა სახის პროდუქტის საწარმოებლად, ანდა მიმდინარეობს პროცესების ნაწილობრივი შერწყმა. მაგალითად, სათბობი საწყისი ნედლეულია როგორც ელექტროენერგიის, ისე სხვა მეორეული სასაქონლო პროდუქტის საწარმოებლად. ამიტომ გაანგარიშებების დროს სხვადასხვა ტექნოლოგიური პროცესების შერწყმის გათვალისწინებით დანახარჯები სათბობზე მხედველობაში მიიღება მხოლოდ ერთხელ.

აქედან გამომდინარე, უნდა გაეთვალისწინოთ, რომ საექსპლუატაციო ხარჯებისა და კაპიტალდაბანდების მნიშვნელოვანი ნაწილი (მაგალითად, სათბობზე, კირზე, აირგენერატორზე, საუნგებადვ სადგურზე და სხვა) საერთოა ყველა სახის პროდუქტისათვის. მაშასადამე, როგორც ელექტროენერგიის, ისე სხვა მეორეული პროდუქტის თვითღირებულების განსაზღვრის დროს საჭიროა საერთო დანახარჯების მკაფიო განაწილება მის ცალკეულ შემდგენებს შორის.

საბაზრო ეკონომიკის პირობებში საინვესტიციო პროექტის ეფექტურობის მაჩვენებლებად შეიძლება მივიჩნიოთ საკუთრებად (ცნობილი ძირითადი ინტერგალური კრიტერიუმები: სუფთა დისკონტირებული შემოსავალი (სშშ), შემოსავლიანობის შიგა ნორმა (შშნ) და კასიტალდაბანდების დისკონტირებული გამოსყიდვის ვადა [149;150].

82.1. საგაზიფიკაციო მყარი სათბობისა და გენერატორული აირის ხარჯები

წილის ნაღობში ქვანახშირების გაზიფიკაციის დროს გენერატორული აირის თბოუნარიანობის პროცენტული სიდიდე $K=0,60...0,68$ ფარგლებში იცვლება, ხოლო გენერატორული აირის კუთრი გამოსავლიანობა $M=1,45...1,55$ მ³/კვ ფარგლებში. თუ ტყიბული-შაირის ქვანახშირის გაზიფიკაციის შემთხვევისათვის დაეუყვებთ, რომ $K=0,65$ და $M=1,5$ მ³/კვ. (4.43) ფორმულით შეგვიძლია განვსაზღვროთ საგაზიფიკაციო ქვანახშირის როგორც საათური, ისე წლიური ხარჯები ბინარული ციკლით მომუშავე სემთი შერჩეული თესების თითოეული სიმძლავრისათვის. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ქვანახშირის გაზიფიკაციის დროს აირგენერატორზე დანახარჯების გათვალისწინებით შერჩეული თესების მქ კოეფიციენტების მნიშვნელობები მცირდება. გაანგარიშების შედეგები მოცემულია 83 ცხრილში.

ცხრილი 83

საგაზიფიკაციო მყარი სათბობისა და გენერატორული აირის ხარჯები, როდესაც $K=0,65$ და $M=1,5$ მ³/კვ

სიდიდის დასახელება	განზომილება	კომბინირებული ციკლით მომუშავე სადგურის მოცულობა			
		FT8 PowerPac	GT8C	LM6000	FT8 TwinPac
1	2	3	4	5	6
სადგურის ელექტრ. სიმძლავრე (ნეტო)	მგვტ	32,28	77,7	105,0	134
სადგურის მქ კოეფიციენტი აირგენერატორზე დანახარჯების გათვალისწინებით	%	40,4	42,7	43,5	41,7
პირობითი სათბობის კუთრი ხარჯი	გ/(კვტ.სთ)	304,4	288,1	282,7	295,0
პირობითი სათბობის სთ-ური ხარჯი	ტ/სთ	9,8	22,4	29,7	39,5
გაზიფიკაციის სასარგებლო სითბო	კვ/კვ	16900	16900	16900	16900
საგაზიფიკაციო ქვანახშირის საათური ხარჯი	ტ/სთ	17,0	38,8	51,4	68,5
ქვანახშირის საათური ხარჯი ტრადიციული თესში	ტ/სთ	18,51	44,57	60,22	76,86
გენერატორული აირის წვის სითბო	კვ/მ ³	11656	11656	11656	11656
გენერატორული აირის საათური ხარჯი	მ ³ /სთ	24650	56260	74530	99325
თესის მუშაობის ხანგრძლივობა წლის განმავლობაში $\tau=6000$ სთ					
საგაზიფიკაციო მყარი სათბობის წლიური ხარჯი	ტ/წლ	102000	232800	308400	411000
გენერატორული აირის წლიური ხარჯი	მლნ.მ ³ /წლ	147,9	337,6	462,6	596,0
ქვანახშირის წლიური ხარჯი ტრადიციული თესში	ტ/წლ	111060	267420	361620	461160
თესის მუშაობის ხანგრძლივობა წლის განმავლობაში $\tau=6500$					
საგაზიფიკაციო მყარი სათბობის წლიური ხარჯი	ტ/წლ	110500	252200	334100	445250
გენერატორული აირის წლიური ხარჯი	მლნ.მ ³ /წლ	160,2	365,7	501,2	645,6

1	2	3	4	5	6
ქენახშირის წლიური ხარჯი	ტ/წლ	120315	289705	391430	499590
ტრადიციული თესში					
თესის შუშაობის ხანგრძლივობა წლის განმავლობაში =7000სთ					
საგაზოფიკაციო მუარი სათბობის წლიური ხარჯი	ტ/წლ	119000	271600	359800	479500
გენერატორული აირის წლიური ხარჯი	მლნ.მ/წლ	172,6	393,8	539,7	695,3
ქენახშირის წლიური ხარჯი	ტ/წლ	129570	311990	421540	538020
ტრადიციული თესში					

8.3 ცხრილში ასევე მოცემულია ტყიბული-შაორის საბადოს ქენახშირის ხარჯები ამავე სიმძლავრის ტრადიციულ თესებში მათი დაწვის შემთხვევისათვის, როდესაც თესის მქ კოეფიციენტი $\eta_{\text{საღ}}=0,35\%$. ამავე ცხრილში წარმოდგენილია ტყიბული-შაორის საბადოს ქენახშირის გაზოფიკაციის სასარგებლო სითბოს მნიშვნელობები და გენერატორული აირის საათური და წლიური ხარჯები.

როგორც 8.3 ცხრილიდან ჩანს, საგაზოფიკაციო ქენახშირის საათური ხარჯი ბინარული ციკლით მომუშავე ზემოთ შერჩეული თესების თითოეული სიმძლავრისათვის ნაკლებია, ვიდრე ამავე სიმძლავრის ტრადიციულ ორთქლტარბინულ დანადგარებში. ამიტომ, სათბობის ფარდობითი ხარჯი B₃/B_{ტრ} ნაკლებია ერთზე (ნახ.4.13), რაც იმას ნიშნავს, რომ გაზოფიკაციის შერჩეული მეთოდი სრულიად შეესაბამება ტყიბული-შაორის საბადოს ქენახშირიდან, როგორც გენერატორული აირის საწვისი ნედლეულიდან, საჭირო დანიშნულებისა და ხარისხის ხელოვნური საწვავი აირის მიღებას.

8.2.2. მეორეული პროდუქტის რაოდენობა და ღირებულება

მრავალპროფილიანი ენერგეტიკული დანადგარების საერთო ეფექტურობა განისაზღვრება ამ დანადგარიდან მიღებული წმინდა შემოსავლის სიდიდით, რომლის გასაანგარიშებლად საჭიროაა ჯამური მანევრებლების ცოდნა და არ არის აუცილებელი საბოლოო პროდუქტის ცალკეული სახეების სრული თვითღირებულების დაზუსტება. ნებისმიერი სხვა თვისაგან განსხვავებით, მრავალპროფილიანი ენერგოდანადგარების ეფექტურობის ძირითადი მანევრებელია სხვაობა სადგურის საექსპლუატაციო დანახარჯების რაოდენობასა და მეორეული პროდუქტის რეალიზაციით მიღებულ მოგებას შორის, რაც, საბოლოო ჯამში, წარმოებული ელექტროენერგიის თვითღირებულების გაანგარიშებას უდევს საფუძვლად. აქედან გამომდინარე, მეორეული პროდუქტის ასოტირების, რაოდენობისა და ღირებულების დადგენას გადამწყვეტი გავლენის მოხდენა შეუძლია მრავალპროფილიანი თესის ეკონომიკური ეფექტურობის ინტეგრალურ მანევრებლებზე.

8.4 ცხრილში წარმოდგენილია წილის ნაღვოში ტყიბული-შაორის საბადოს ქენახშირის შიგაცოცხლები გაზოფიკაციის დროს წარმოებული ზოგადი საშენი მასალისა და ლითონის შესაძლო რაოდენობა და ღირებულება ბინარული ციკლით მომუშავე ზემოთ შერჩეული თესების თითოეული სიმძლავრისათვის. ცხრილში არ არის მოცემული სასაქონლო თხევადი ენერგობისა და აზოტის, აგრეთვე გოგირდისა და აირადი არგონის და შესაძლო რეალიზაციით მიღებული ეკონომიკური ეფექტი, რომელიც სამშენებლო მასალებისა და ლითონის რეალიზაციის პარალელურად შეიძლება გაწარმოთ. არ არის გათვალისწინებული აგრეთვე გრანულირებული წილის, წილის ბლოკების, წილის ბამბის, საიზოლაციო მასალების, კულტურულ-საყოფაცხოვრებო დანიშნულების ქაშანური ნაკეთობებისა და სხვა შესაძლო პროდუქტის წარმოება.

წიდასიტალის ფილების ასორტიმენტისა და რაოდენობის შერჩევის დროს წინასწარ დაშვებულია, რომ წიდასიტალში გადაღის გაზიფიკაციის დროს მიღებული წიდანაცრის მხოლოდ 50%, რომლისაგანც მიიღება 6,32 მ² 10 მმ სისქის ან 1,58 მ² 40 მმ სისქის ფილები. ერთი ტონა ქვანახშირისაგან მიღებული წიდის ლორღის რაოდენობად მიღებულია 0,31 მ³/(ტ ქვანახშირი), ხოლო თუჯის რაოდენობად - 25 კვ/(ტ ქვანახშირი) (შეღარებისათვის, თხევად წიდაში გაზიფიკაციის დროს 1 ტონა ანთრაციტის ღერძილისაგან მიიღება დაახლოებით 35 კვ თუჯი). რაც შეეხება მეორეული პროდუქტის სარგებლობად მიღებულას: 10 მმ სისქის წიდასიტალის ფილებისათვის მიღებულია 6 \$/მ², 40 მმ-იანი ფილისათვის-15 \$/მ², თუჯისათვის-120 \$/ტ და წიდის ლორღისათვის 5 \$/მ², რაც დღევანდელი საბაზრო კონიუნქტურის მინიმალურ სიდიდეებს შეესაბამება.

ცხრილი 8.4

მეორეული პროდუქტის რაოდენობა და ღირებულება

სიდიდის დასახელება	განზომილება	კომბინირებული ციკლით მომუშავე სადგურის მოცულობა			
		FT8 PowerPac	GT8C	LM6000 _{PA}	FT8 TwinPac
1	2	3	4	5	6
სადგურის ელექტრული სიმძლავრე (ნეტო)	მგვტ	32,28	77,7	105,0	134
საგაზიფიკაციო ქვანახშირის საათური ხარჯი	ტ/სთ	17,0	38,8	51,4	68,5
წიდანაცრის საათური რაოდენობა	კვ/სთ	4590	10476	13878	18495
წიდასიტალის საათური რაოდენობა	კვ/სთ	2295	5238	6939	9348
წიდასიტალის ფილა-10 მმ	მ²/სთ	107,4	245,2	324,8	432,9
მისი საათური რაოდენობის ღირებულება	აშშ \$/სთ	644,4	1471,2	1948,8	2597,4
წიდასიტალის ფილა-40 მმ	მ²/სთ	26,9	61,3	81,2	108,2
მისი საათური რაოდენობის ღირებულება	აშშ \$/სთ	403,5	919,5	1218,0	1623,0
თუჯი	კვ/სთ	425	970	1285	1713
მისი საათური რაოდენობის ღირებულება	აშშ \$/სთ	51,0	116,4	154,2	205,4
წიდის ლორღი	მ³/სთ	5,3	12,0	15,9	21,2
მისი საათური რაოდენობის ღირებულება	აშშ \$/სთ	26,5	60,0	79,5	106,0
თესის მუშაობის ხანგრძლივობა წლის განმავლობაში $\tau=6000$ სთ					
წიდანაცრის წლიური რაოდენობა	ტ/წლ	27540	62856	83268	110970
წიდასიტალის წლიური რაოდენობა	ტ/წლ	13730	31428	41634	55485
წიდასიტალის ფილა (10 მმ)	მ²/წლ	644640	1471296	1949088	2597520
მისი წლიური რაოდენობის ღირებულება	აშშ \$/წლ	3866400	8827200	11692800	15584400
წიდასიტალის ფილა (40 მმ)	მ²/წლ	161160	367824	487272	649380
მისი წლიური რაოდენობის ღირებულება	აშშ \$/წლ	2421000	5517000	7308000	9738000
თუჯი	ტ/წლ	2550	5820	7710	10275
მისი წლიური რაოდენობის ღირებულება	აშშ \$/წლ	306000	698400	925200	1232640
წიდის ლორღი	მ³/წლ	31620	72168	95604	127410

1	2	3	4	5	6
მისი წლიური რაოდენობის ღირებულება	აშშ \$/წლ	159000	360000	477090	636000
თესის მუშაობის ხანგრძლივობა წლის განმავლობაში t=6500სთ					
წიდანაცრის წლიური რაოდენობა	ტ/წლ	29835	68094	90207	120218
წიდასიტალის წლიური რაოდენობა	ტ/წლ	14918	34047	45104	60109
წიდასიტალის ფილა -10 მმ	მ²/წლ	698360	1593904	2111512	2813980
მისი წლიური რაოდენობის ღირებულება	აშშ \$/წლ	4188600	9562800	12667200	16883100
წიდასიტალის ფილა -40 მმ	მ²/წლ	174590	398476	527878	703495
მისი წლიური რაოდენობის ღირებულება	აშშ \$/წლ	2622750	5976750	7917000	10549500
თუჯი	ტ/წლ	2763	6305	8353	11131
მისი წლიური რაოდენობის ღირებულება	აშშ \$/წლ	331500	756600	1002300	1335360
წილის ღირებულება	მ²/წლ	34255	78182	103571	138028
მისი წლიური რაოდენობის ღირებულება	აშშ \$/წლ	172250	390000	516750	689000
თესის მუშაობის ხანგრძლივობა წლის განმავლობაში t=7000სთ					
წიდანაცრის წლიური რაოდენობა	ტ/წლ	32130	73332	97146	129465
წიდასიტალის წლიური რაოდენობა	ტ/წლ	16065	36666	48573	64733
წიდასიტალის ფილა -10 მმ	მ²/წლ	752080	1716512	2273936	3030440
მისი წლიური რაოდენობის ღირებულება	აშშ \$/წლ	4510800	10298400	13641600	18181800
წიდასიტალის ფილა -40 მმ	მ²/წლ	188020	429128	568484	757610
მისი წლიური რაოდენობის ღირებულება	აშშ \$/წლ	2824500	6436500	8526000	11361000
თუჯი	ტ/წლ	2975	6790	8995	11988
მისი წლიური რაოდენობის ღირებულება	აშშ \$/წლ	357000	814800	1079400	1438080
წილის ღირებულება	მ²/წლ	36890	84196	111538	148645
მისი წლიური რაოდენობის ღირებულება	აშშ \$/წლ	185500	420000	556500	742000

ცხრილში მოყვანილი მეორეული პროდუქტის ასორტიმენტიდან ეურადღებას იქცევს წიდასიტალის 10 მმ-იანი ფილები, რომლის რვალიზაციით შესაძლებელია მნიშვნელოვანი თანხების მოზიდვა. მაგალითად, 134 მეგტ სიმძლავრის მრავალპროფილიან თესში შესაძლებელია ერთი წლის მანძილზე დამზადდეს 18,2 მლნ დოლარის ღირებულების ასეთი ფილები, რაც საგრძნობლად გააუმჯობესებს სადგურის მუშაობის ეკონომიურობას.

მრავალპროფილიანი თესის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების დადგენის მიზნით ბინარული ციკლით მომუშავე ზემოთ შერჩეული თესების თითოეული სიმძლავრისათვის, 8,5 ცხრილში თავმოყრილია მონაცემები ტიპულ-შაორის საბადოს ქვანახშირის ხარჯებისა და ღირებულების შესახებ ტრადიციულ ორთქლტურბინულ დანადგარებში მათი დაწვისა და წილის ნაღვრებში მათი შლავაციური გაზოფიკაციის შემთხვევისათვის სადგურის მუშაობის სხვადასხვა ხანგრძლივობის დროს. ამავე ცხრილში მოცემულია წლის განმავლობაში თესიდან გაცემული ელექტროენერგიისა და წარმოებული წიდასიტალის 10 მმ-იანი ფილების რაოდენობა და მათი რვალიზაციის შედეგად მიღებული თანხები, ხოლო 8.1, 8.2, 8.3 და 8.4 ნახაზებზე - მათი გრაფიკული სქემები. ქვანახშირის შესასყიდ ფასად

მიღებულია 30 \$/ტ, ელექტროენერგიის სარეალიზაციო ფასად დღეებდღეობა ტარიფი-0,0665 \$/კვტ.სთ და წიდასიტადლის ფილების სარეალიზაციო ფასად-6 \$/მ².

ცხრილი 8.5

ძირითადი და მეორეული პროდუქციის ხარჯები და ღირებულება

სიდიდის დასახელება	განზომილება	კომბინირებული ციკლით მომუშავე საღებურის მოდელი			
		FT8 PowerPac	GT8C	LM6000 _{PA}	FT8 TwinPac
1	2	3	4	5	6
საღებურის ელექტრული სიმძლავრე (ნეტო)	მგვტ	32,28	77,7	105,0	134
საღებურის მქ კოეფიციენტი აირგენერატორზე დანახარჯების გათვალისწინებით	%	40,4	42,7	43,5	41,7
ქვანახშირის საათური ხარჯი ტრადიციული თესში	ტ/სთ	18,51	44,57	60,22	76,86
საგაზიფიკაციო ქვანახშირის საათური ხარჯი	ტ/სთ	17,0	38,8	51,4	68,5
წიდასიტადლის ფილა (10 მმ)	მ²/სთ	107,4	245,2	324,8	432,9
თესის მუშაობის ხანგრძლივობა წლის განმავლობაში $\tau = 6000$ სთ					
ქვანახშირის წლიური ხარჯი ტრადიციული თესში	ტ/წლ	111060	267420	361320	461160
დანახარჯები ქვანახშირზე	აშშ \$/წლ	3331800	8022600	10839600	13834800
საგაზიფიკაციო მყარი სათბობის წლიური ხარჯი	ტ/წლ	102000	232800	308400	411000
დანახარჯები სათბობზე	აშშ \$/წლ	3060000	6984000	9252000	12330000
თესიდან გაცემული ელექტროენერგიის რაოდენობა	მგვტ.სთ/წ	193,68	466,2	630,0	804,0
მისი რეალიზაციით შემოსული თანხა	აშშ \$/წლ	12890480	31028200	41930000	53510667
წარმოებული წიდასიტადლის ფილების რაოდენობა (10 მმ)	მ²/წლ	644640	1471296	1949088	2597520
მათი რეალიზაციით შემოსული თანხა	აშშ \$/წლ	3866400	8827200	11692800	15584400
თესის მუშაობის ხანგრძლივობა წლის განმავლობაში $\tau = 6500$ სთ					
ქვანახშირის წლიური ხარჯი ტრადიციული თესში	ტ/წლ	120315	289705	391430	499590
დანახარჯები ქვანახშირზე	აშშ \$/წლ	3609450	8691150	11742900	14987700
საგაზიფიკაციო მყარი სათბობის წლიური ხარჯი	ტ/წლ	110500	252200	334100	445250
დანახარჯები სათბობზე	აშშ \$/წლ	3315000	7566000	10023000	13357500
თესიდან გაცემული ელექტროენერგიის რაოდენობა	მგვტ.სთ/წ	209,8	505,1	682,5	871,0
მისი რეალიზაციით შემოსული თანხა	აშშ \$/წლ	13964687	33613883	45424167	57969889
წარმოებული წიდასიტადლის ფილების რაოდენობა (10 მმ)	მ²/წლ	698360	1593904	2111512	2813980
მათი რეალიზაციით შემოსული თანხა	აშშ \$/წლ	4188600	9562800	12667200	16883100
თესის მუშაობის ხანგრძლივობა წლის განმავლობაში $\tau = 7000$ სთ					
ქვანახშირის წლიური ხარჯი ტრადიციული თესში	ტ/წლ	129570	311990	421540	538020
დანახარჯები ქვანახშირზე	აშშ \$/წლ	3887100	9359700	12646200	16140600
საგაზიფიკაციო მყარი სათბობის წლიური ხარჯი	ტ/წლ	119000	271600	359800	479500

1	2	3	4	5	6
დანახარჯები სათბობზე	აშშ \$/წლ	3570000	8148000	10794000	14385000
თესიდან გაცემული ელექტროენერგიის რაოდენობა	მლნ კვტ.სო/წ	226,0	543,9	735,0	938,0
მისი რეალიზაციით შემოსული თანხა	აშშ \$/წლ	15038893	36199567	48918333	62429111
წარმოებული წიდასიტადლის ფილების რაოდენობა (10 მმ)	მ/წლ	752080	1716512	2273936	3030440
მათი რეალიზაციით შემოსული თანხა	აშშ \$/წლ	4510800	10298400	13641600	18181800

როგორც ცხრილიდან ჩანს, ტყიბული-შაორის საბადოს ქვანახშირების შიგთავსი გაზიფიკაციის დროს, როდესაც მათი შესასყიდი ფასი 30 \$/ტ-ის ტოლია, ყოველწლიურად შეიძლება დაიზოგოს 9000.58520 ტონა სათბობი, ანუ 271.8 ათასიდან 1,85 მლნ-მდე ამერიკული დოლარი. ქვანახშირის შესასყიდი ფასის გაზრდის შემთხვევაში ეს დანახარჯები უფრო მასშტაბური ხდება. მაგალითად, 105 მეტრ სიმაღლის ბინარული ციკლით მომუშავე თესში ქვანახშირზე დანახარჯების ყოველწლიურმა დანახარჯმა შეიძლება 3,1 მლნ ამერიკულ დოლარს მიაღწიოს (ცხრილი 8.6).

ცხრილი 8.6

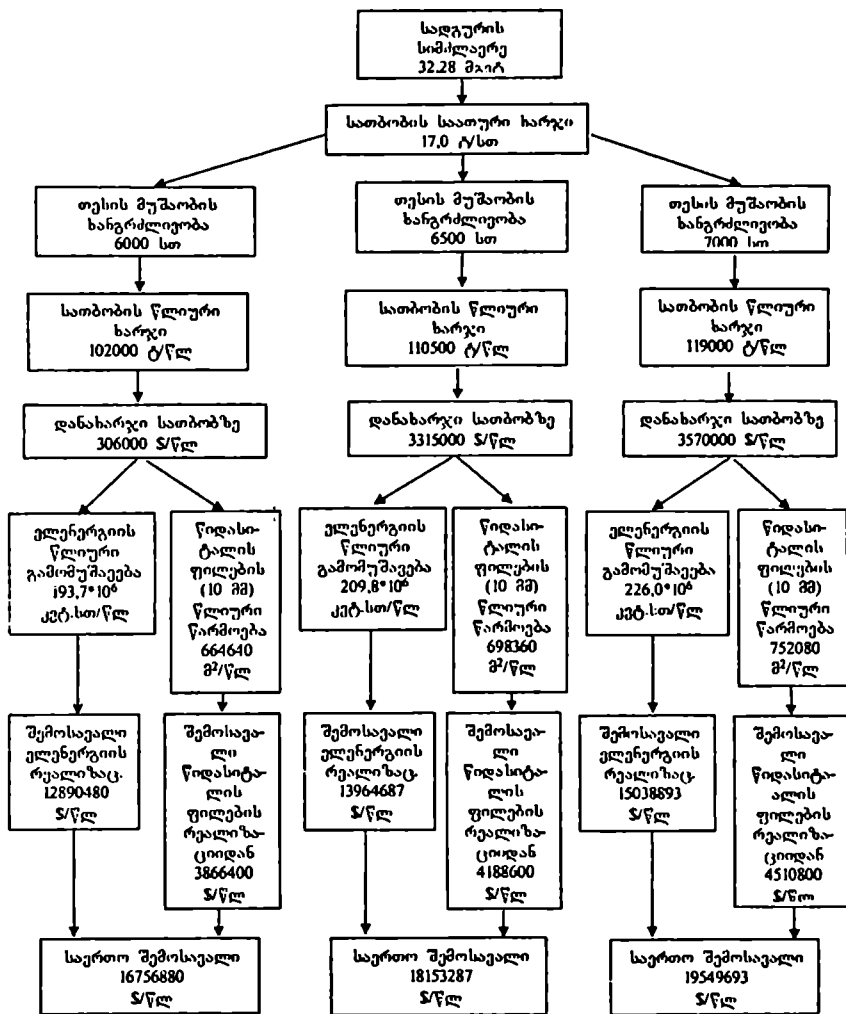
ტყიბული-შაორის საბადოს ქვანახშირზე დანახარჯების ყოველწლიური დანახარჯი წიდასიტადის ნაღვალში მათი გაზიფიკაციის დროს, აშშ \$/წლ

სადგურის სიმაღლე	ქვანახშირზე დანახარჯების ყოველწლიური დანახარჯი, აშშ \$/წლ			
	სათბობის ლირებულე-ბის დროს 30 აშშ \$/ტ	სათბობის ლირებულე-ბის დროს 35 აშშ \$/ტ	სათბობის ლირებულე-ბის დროს 40 აშშ \$/ტ	სათბობის ლირებულე-ბის დროს 50 აშშ \$/ტ
32,28 მეტრ				
6000 სთ	271800	31700	362400	453000
6500 სთ	294450	343525	392600	490750
7000 სთ	317100	369950	422800	528500
77,7 მეტრ				
6000 სთ	1038600	1211700	1384800	1731000
6500 სთ	1125150	1312675	1500200	1875250
7000 სთ	1211700	1413650	1615600	2019500
105,0 მეტრ				
6000 სთ	1587600	1852200	2116800	2646000
6500 სთ	1719900	2006550	2293200	2866500
7000 სთ	1852200	2160900	2469600	3087000
134,0 მეტრ				
6000 სთ	1504800	1756600	2006400	2508000
6500 სთ	1630200	1901900	2173600	2717000
7000 სთ	1755600	2048200	2340800	2926000

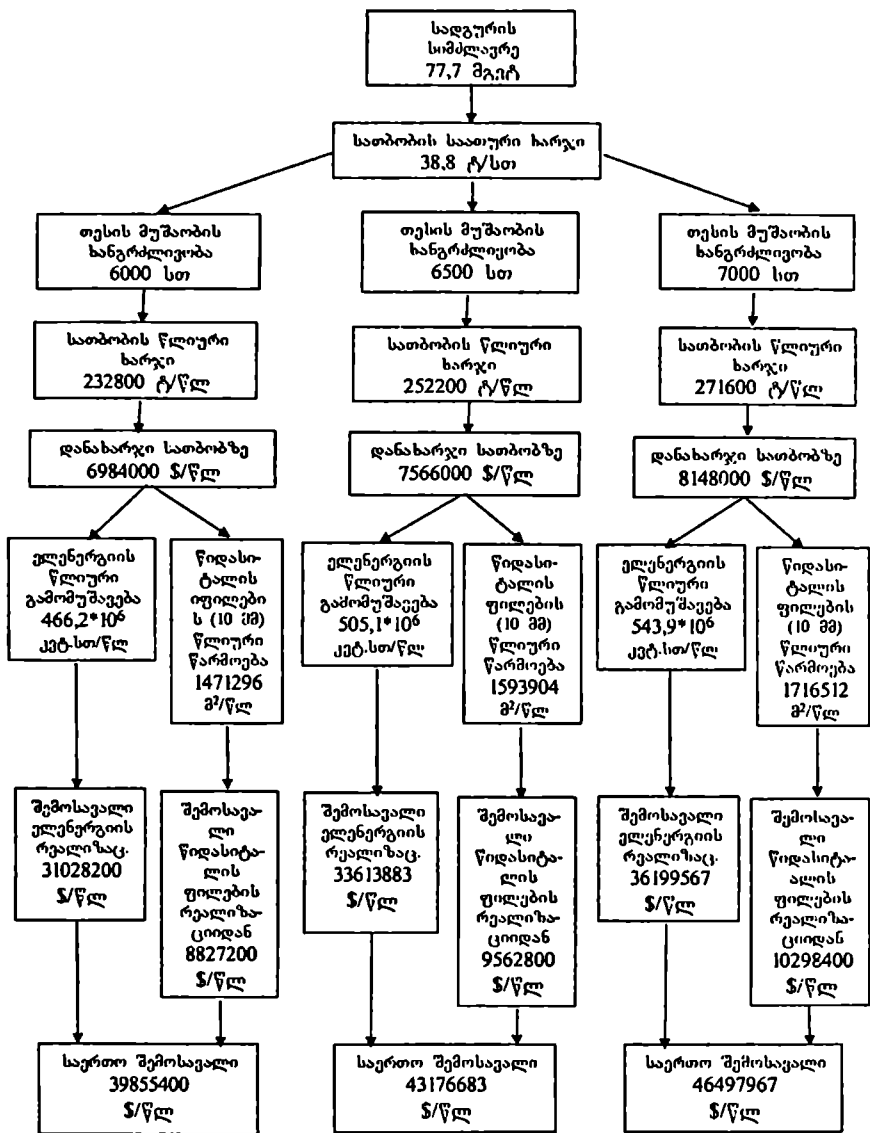
ამრიგად, როგორც 8.7 ცხრილში წარმოდგენილი მასალიდან ჩანს, ტყიბული-შაორის საბადოს ქვანახშირზე დანახარჯების ყოველწლიური დანახარჯი წიდასიტადის ნაღვალში მათი გაზიფიკაციის დროს სათბობის ლირებულეების და სადგურის სიმაღლის ზრდასთან ერთად იზრდება. მაგალითად, თუ 32,28 მეტრ სიმაღლის სადგურში, სათბობის ლირებულეების დროს 30 აშშ \$/ტ, ქვანახშირზე დანახარჯების ყოველწლიური დანახარჯი 271800 აშშ \$/წლ იყო, მაშინ სათბობის ლირებულეების დროს 50 აშშ \$/ტ დანახარჯი, შესაბამისად, 453000 აშშ \$/წლ ტოლია. იმ შემთხვევაში კი, როდესაც სადგურის სიმაღლე 134 მეტრ-ია სათბობის ლირებულეების 30 აშშ \$/ტ ქვანახშირზე დანახარჯების ყოველწლიური

დანაზოგი 1504800 აშშ დოლ/წლ-ია, ხოლო სათბობის ღირებულებისა 50 აშშ \$-ტ - შესაბამისად 2508000 აშშ დოლ/წლ.

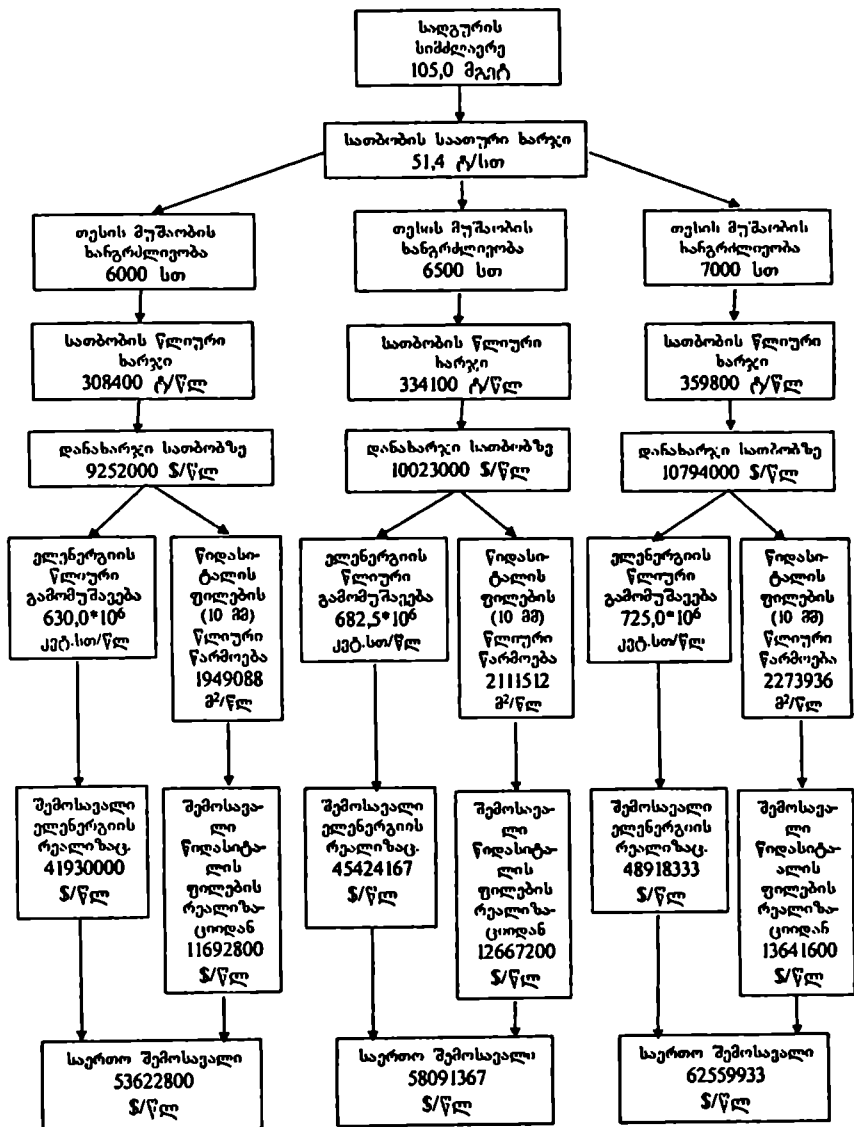
აქვე აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ ტყიბული-შაორის საბადოს ქვანახშირზე დანახარჯების ყოველწლიური დანაზოგი წილის ჩაღრნობში მათი გაზიფიკაციის დროს წლის განმავლობაში სადგურის მუშაობის ხანგრძლივობის გადიდებასთან ერთად იზრდება.



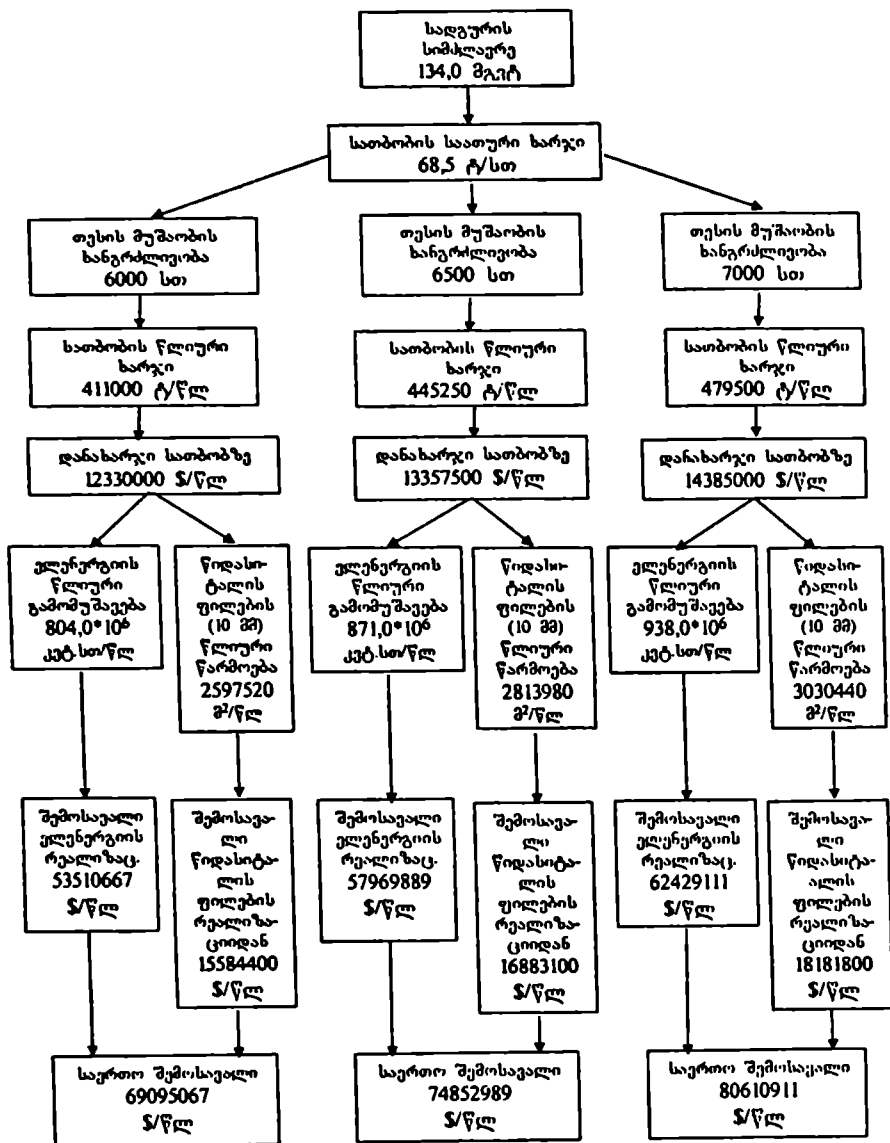
ნახ.8.1. ძირითადი და მეორეული პროდუქტის რაოდენობა და ღირებულება 32.28 მგეტ სიმძლავრის მრავალპროფილიანი თესისათვის



ნახ.8.2. ძირითადი და მეორეული პროდუქტის რაოდენობა და ღირებულება 77,7 მგ/ტ სიმძლავრის მრავალპროფილიანი თესისათვის



ნახ.8.3. ძირითადი და მეორეული პროექტის ხარჯები და ღირებულება 105,0 მგ/ტ
სიმძლავრის მრავალპროფილიანი თესისათვის



ნახმ.4. ძირითადი და შერეული პროდუქტის რაოდენობა და ღირებულება 134,0 ჰეკტ სიმაღლერის მრავალპროფილიანი თესისათვის

8.3. ტყიბული-შაორის ქვანახშირზე მომუშავე სხვადასხვა ტიპის თესების ენერგოეკონომიკური მაჩვენებლები

მსოფლიო წამყვანი ქვეყნების გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ აირტურბინების ბაზაზე შექმნილი ან პერსპექტივაში ასაგები თესების ღირებულება ორთქლტურბინული თესების ღირებულების 50...60%-ს შეადგენს, ხოლო ორთქლაირული თესების ღირებულება - ორთქლტურბინულის 70...80%-ს. დადგენილია ისიც, რომ ნახშირზე მომუშავე მრავალპროფილიანი ენერგოტექნოლოგიურ კომპლექსს არსებითი უპირატესობა აქვს ქვანახშირის გამოყენების ყველა ალტერნატიულ ტექნოლოგიასთან შედარებით და შეუძლია წარმატებით გაუწიოს კონსერვაცია ბუნებრივ აირზე მომუშავე ორთქლაირულ დანადგარებსაც სათბობის ღირებულების ფართო დიაპაზონში [154].

თავის მხრივ, ნახშირზე მომუშავე ტრადიციული ორთქლტურბინული თესები მოითხოვს 20...25%-ით მეტ კუთრ კაპიტალდაბანდებას, ბუნებრივი აირით მომუშავე თესებთან შედარებით, რაც განპირობებულია ნახშირის მტერის დასაწესადებელი, მტერის მიმწოდებელი სისტემების, წეის აირადი ჩაწარმის საწმენდი და წილისა და ნაცრის მოსაცილებელი მოწყობილობების არსებობით. წილის ნაღობში ნახშირების შიგაგოქმედი გაზოციკაციის დროს ეს სისტემები და მოწყობილობები კარგავს თავის ფუნქციას, რადგან ამ შემთხვევაში მყარი სათბობი არ მოითხოვს წინასწარ მომზადებას, ხოლო წიდანაცარი გამოიყენება როგორც მეორეული პროდუქტის საწარმოო საწყისი ნედლეული. ამავე დროს, მრავალპროფილიანი ორთქლაირული თესის ტექნოლოგიურ სქემას ემატება ნახშირების საგაზიფიკაციო დანადგარი, საცანგბადე სადგური და მეორეული პროდუქტის საწარმოო სხვა მოწყობილობები, რაც მრავალპროფილიანი ენერგოტექნოლოგიური კომპლექსის ღირებულებას 30...40%-ით ზრდის, ბუნებრივი აირით მომუშავე ორთქლაირული თესების ღირებულებასთან შედარებით.

ტრადიციული თესებისაგან განსხვავებით, ექსპლუატაციაში შესული მრავალპროფილიანი ენერგოდანადგარების ეფექტურობის შესაფასებლად საკმარისი არ არის მხოლოდ ძირითადი მაჩვენებლების (თბური მქ კოეფიციენტის, ელექტროენერგიის წარმოების ღირებულების, დადგმული ელექტრული სიმძლავრის თითოეულ კეპტ-ზე კუთრი კაპიტალდანადების) ცოდნა. ენერგეტიკული მაჩვენებლები უნდა შეივსოს მეორეული პროდუქტის წარმოების სახარჯო მახასიათებლებით, მათ შორის, დანახარჯებით დამატებით მასალებზე (მაგალითად, კირზე). აუცილებელია საბოლოო პროდუქტის ცალკეული სახეების სრული თეითღირებულების დაზუსტება და წლიური საწარმოო დანახარჯების გადანაწილება მეორეული პროდუქტის წარმოების ცალკეული ეტაპების მიხედვით. მაგალითად, დანახარჯები მყარი სათბობიდან წიდანაცრის, როგორც მეორეული პროდუქტის საწარმოო ნედლეულის, მიღებაზე და დამატებითი დანახარჯები წიდანაცრიდან საბოლოო პროდუქტის ცალკეული სახეების წარმოებაზე. მყარი სათბობის დაბალი თბოუნარიანობისა და მაღალი ნაცრინობის შემთხვევაში მრავალპროფილიანი ენერგოდანადგარის ძირითად პროდუქტად შეიძლება ჩაითვალოს არა ელექტროენერგია, არამედ სათბობის მინერალური შემადგენიდან წარმოებული პროდუქტი.

რაც შეეხება მრავალპროფილიანი თესის მშენებლობის საინვესტიციო პროექტის საუნიანსო-კომერციული ეფექტურობის ვარიანტულ შეფასებას, იგი არ მოითხოვს სადგურის საერთო-საექსპლუატაციო დანახარჯების გადანაწილებას ცალკეული პროდუქტის წარმოებაზე და ელექტროენერგიის თეიღირებულება შეიძლება განისაზღვროს სადგურის საექსპლუატაციო დანახარჯების საერთო რაოდენობასა და მეორეული პროდუქტის რეალიზაციის შედეგად მიღებულ მოგებას შორის სხვაობის მიხედვით [55;155].

83.1. თესვის ენერგოეკონომიკური მაჩვენებლების გაანგარიშების მეთოდოლოგია

დასაპროექტებელი ენერგობლოკების სრული საექსპლუატაციო ციკლის ეკონომიკური შეფასების დროს ძირითადი საშუალებების (ძირითადი ფონდების) ღირებულება განისაზღვრება მშენებლობისა და შეძენის წლის ფასების მიხედვით. თავდაპირველ ღირებულებაში შედის ყველა ის დანახარჯი, რაც დაკავშირებულია ძირითადი საშუალებების მშენებლობასთან, შეძენასთან, ტრანსპორტირებასა და მონტაჟთან, ხოლო მათი ღირებულება განისაზღვრება დადგმული სიმძლავრის ერთეულზე მოსული კუთრი ხარჯების შესაბამისად [156-159]. მაშასადამე, ძირითადი საშუალებების ღირებულება $K = k_p \cdot P$, სადაც k_p დადგმული სიმძლავრის ერთეულზე მოსული კუთრი კაპიტალური ხარჯებია, აშშ \$/კვტ, ხოლო P - თესის დადგმული სიმძლავრე, კვტ.

ელექტროენერგიის ტარიფის განსაზღვრის დროს გადამწვევტი მნიშვნელობა აქვს თესის საექსპლუატაციო (მიმდინარე) დანახარჯების სწორად შეფასებას. ძირითადი საშუალებების ამორტიზაციაზე გაწეული დანახარჯები განისაზღვრება ამორტიზაციის ნორმის მიხედვით, რომელიც გვიჩვენებს, ძირითადი ფონდების ღირებულების რა ნაწილი გადადის პროდუქციის თვითღირებულებაში წლიური საამორტიზაციო ანარიცხების სახით. ამორტიზაციის წლიური თანხა გაიანგარიშება ფორმულით $U_{\text{ა}} = K \cdot H_{\text{ა}}$, სადაც K ძირითადი საშუალებების ღირებულებაა, ხოლო $H_{\text{ა}}$ - ამორტიზაციის ნორმა. საქართველოს საგადასახადო კოდექსის თანახმად, ჩამოყალიბებული ხუთი საამორტიზაციო ჯგუფიდან ენერგოკომპანიები მიეკუთვნება III და IV ჯგუფებს, სადაც ამორტიზაციის საშუალო ნორმა 6.5%-ია (III ჯგუფი - ძალური დანადგარები, თბოტექნიკური მოწყობილობა, ტურბინები, გენერატორები, ელექტროგადამცემი ხაზები და კავშირგაბმულობის საშუალებები, მილსადენები - 8%; IV ჯგუფი - შენობები, ნაგებობები - 5%). მაშასადამე, ენერგოკომპანიების ძირითადი ფონდების ღირებულების 6.5% ყოველწლიურად გადადის ელექტროენერგიის თვითღირებულებაში საამორტიზაციო ანარიცხების სახით [160;161].

ძირითადი საშუალებების რემონტზე გაწეული დანახარჯები გაიანგარიშება ფორმულით $U_{\text{რ}} = K \cdot H_{\text{რ}}$, სადაც $H_{\text{რ}}$ ხარემონტო სამუშაოებზე გაწეული დანახარჯების ნორმაა, რომელიც გვიჩვენებს, ძირითადი ფონდების ღირებულების რა ნაწილი გადადის პროდუქციის თვითღირებულებაში წლიური სარემონტო ხარჯების სახით. საქართველოს საგადასახადო კოდექსის თანახმად, ძირითადი ფონდების რემონტისათვის გათვალისწინებული წლიური ხარჯების რაოდენობა დასაშვებია 5%-მდე.

დანახარჯები სათბობზე, რომელიც თესის საექსპლუატაციო დანახარჯების 60-70%-ს შეადგენს, დამოკიდებულია გამოყენებული სათბობის რაოდენობასა და ფასზე. ნატურალურ სათბობზე გაწეული დანახარჯები გაიანგარიშება ფორმულით $S_{\text{სა}} = B_{\text{წ}} \cdot S_{\text{სა}}$, სადაც $B_{\text{წ}}$ ნატურალური სათბობის წლიური ხარჯია, ც/წლ., ხოლო $S_{\text{სა}}$ - ნატურალური სათბობის ღირებულება, აშშ \$/ტ.

დანახარჯები სამრეწველო-საწარმოო პერსონალის ხელფასზე ($S_{\text{ხელ}}$) განისაზღვრება საშტატო $k_{\text{სა}}$ კოეფიციენტების გამოყენებით და შედგება საწარმოში მომუშავე პერსონალის გასასტუმრებელი თანხის წლიური რაოდენობისაგან $S_{\text{წ}} = 12 \cdot P \cdot k_{\text{სა}} \cdot S_{\text{ხელ}}$, სადაც P თესის დადგმული სიმძლავრეა, მეგვტ, ხოლო $S_{\text{ხელ}}$ - მომსახურე პერსონალის საშუალო თვიური ხელფასი, აშშ \$, და სოციალური გადასახადისაგან (დანარიცხები ხელფასის ფონდზე $S_{\text{დნა}}$), რომელიც ხელფასის წლიური რაოდენობის 20%-ია, ე.ი. $S_{\text{ხელ}} = S_{\text{წ}} + S_{\text{დნა}}$, აშშ \$. სხვადასხვა დანახარჯები (საიჯარო ქირა, კრედიტის პროცენტი, შენობის დაცვა, სწრაფცვთადი და მცირეფასიანი საგნების, მასალის, ნედლეულის და ფულადი

საშუალებების ანაზღაურების ხარჯები) აიღება წარმოების დანახარჯების ჯამის 5%-მდე, მაშასადამე, $S_{სხ} = (S_{აფ} + P_{აფ} + S_{საო} + S_{სეფ}) \cdot 5\%$, აშშ \$.

საბოლოოდ, თესის საექსპლუატაციო (მიმდინარე) დანახარჯების წლიური რაოდენობა განისაზღვრება როგორც საწარმოო დანახარჯების ყველა ძირითადი მუხლის ჯამი $S_{საქს} = S_{აფ} + P_{აფ} + S_{საო} + S_{სეფ} + S_{სხ}$, აშშ \$, რაც ენერგოკომპანიის მიერ გამოშვებული ან განაწილებული ელექტროენერგიის ერთეულის $S_{თე}$ თვითღირებულების გაანგარიშებას უდევს საფუძვლად: $S_{თე} = S_{საქს} / W_{სასაო}$, \$/(კეტ*სთ), სადაც $W_{სასაო}$ თესის მიერ წლის განმავლობაში გამოშვებული ელექტროენერგიის რაოდენობაა, კეტ*სთ [164].

ელექტროენერგიის ტარიფის განსაზღვრის დროს მხედველობაში მიიღება ის ფაქტი, რომ ელექტროენერგეტიკა მიეკუთვნება ბუნებრივ მონოპოლიას, სადაც ფასები მკაცრ კონტროლს ექვემდებარება სახელმწიფოს მხრიდან სპეკიალური მარეგულირებელი ორგანოების მეშვეობით, ამიტომ ფასწარმოქმნა რეგულირდება „საქართველოს კანონით ელექტროენერგეტიკისა და ბუნებრივი გაზის შესახებ“ საფუძველზე [162]. თითოეული ენერგოკომპანიისათვის წინასწარ იგეგმება და მტკიცდება ისეთი ტარიფი, რომელიც გაწეული დანახარჯების და აუცილებელი გადასახადების დაფარვისა და მოგების გარკვეული რაოდენობის მიღების საშუალებას იძლევა.

თანამედროვე ეკონომიკურ ლიტერატურაში მოგება განიხილება, როგორც კაპიტალის მფლობელის „ჯილდო“ გაწეული რისკისათვის [160]. ე.ი ინვესტორი, რომელიც კაპიტალს აბანდებს ძირითად საშუალებებში, გარკვეულწილად მიდის რისკზე, რადგანაც მის მიერ გაწეული დანახარჯების მომგებიანობა არის ალბათობა. მოგება (ფონდამოღება) განკუთვნილია ენერგოკომპანიის მენეჯერისათვის, იქნება ეს კერძო პირი თუ სახელმწიფო. ენერგოკომპანიის წმინდა მოგების M სიდიდე, რომელიც არ უნდა იყოს იმ თანხაზე ნაკლები, რომელსაც ინვესტორი მიიღებდა საქართველოს ბანკში საანბნო პროცენტის სახით (დღეისათვის გრძელვადიან ანბანზე 12%-ია განსაზღვრული), შეადგენს ძირითადი საშუალებების (ძირითადი ფონდების) ღირებულების 20%-ს, ე.ი. $M = K \cdot 20\%$, სადაც K ძირითადი საშუალებების ღირებულებაა.

საქართველოს საგადასახადო კოდექსის თანახმად, მოგების გადასახადის $G_{მოგ}$ განაკვეთი წმინდა მოგების 20%-ია და განისაზღვრება როგორც $G_{მოგ} = M \cdot 20\%$. ქონების $G_{ქონ}$ გადასახადის განაკვეთია ძირითადი საშუალებების ღირებულების 1% და გამოითვლება გამოსახულებით $G_{ქონ} = K \cdot 1\%$. ე.წ. საჭირო შემოსავლები, ანუ წლიური მოთხოვნილებების „აერთო თანხა (საჯო), რომლის მიღების უფლება აქვს საწარმოს მომხმარებლებისაგან ხარჯების ასანაზღაურებლად, გაიანგარიშება თესის საექსპლუატაციო დანახარჯების წლიური რაოდენობის ($S_{საქს}$) გათვალისწინებით: $საჯო = S_{საქს} \cdot M + G_{მოგ} + G_{ქონ}$, აშშ \$. დამატებითი ღირებულების გადასახადი (დღგ) არის საქართველოს ტერიტორიაზე წარმოების პროცესში შექმნილი პროდუქციის ან საქართველოს ტერიტორიაზე შემოტანილი საქონლის ღირებულების ნაწილის ბიუჯეტში საეკონომიკურ შენატანი. ენერგეტიკული საწარმოებისათვის დაბეგერის ობიექტია წმინდა სარეალიზაციო პროდუქციის მოცულობა ღირებულებით გამოსახულებით (ელექტროენერგიის წარმოების მოცულობას მინუს მისი დანაკარგები). დამატებითი ღირებულების გადასახადის $G_{დღგ}$ განაკვეთია 18% და გამოითვლება ფორმულით $G_{დღგ} = საჯო \cdot 18\%$. წლიური მოთხოვნილების საერთო თანხა ($საჯო$) დამატებითი ღირებულების გადასახადის გათვალისწინებით ასე გამოითვლება: $საჯო = S_{საქს} \cdot M + G_{მოგ} + G_{ქონ} + G_{დღგ}$, აშშ \$.

დასასრულად, ენერგოკომპანიის მიერ გამოშვებული ან განაწილებული ელექტროენერგიის ერთეულის სარეალიზაციო ფასი ანუ ტარიფი გაიანგარიშება გამოსახულებით $T = საჯო / W_{სასაო}$, აშშ \$/(კეტ*სთ), სადაც $W_{სასაო}$ თესის მიერ წლის განმავლობაში გამოშვებული ელექტროენერგიის რაოდენობაა.

8.3.2. ბუნებრივ აირზე მომუშავე ტრადიციული ორთქლტურბინული თესის ენერგოეკონომიკური მაჩვენებლები თბილისის მაგალითზე

მრავალპროფილიანი ორთქლაირული თესის მშენებლობის საინვესტიციო პროექტის ეფექტურობის ინტეგრალური მაჩვენებლების დასადგენ საინფორმაციო ბაზად გამოყენებული იყო სს „თბილისრესის“ ენერგობლოკების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების საპროგნოზო მონაცემები 2005–2006 წლებისათვის და გაცემული ელექტროენერგიის ტარიფების გაანგარიშების მეთოდოლოგია, რომელიც საქართველოს ენერგეტიკის მარეგულირებელი ეროვნული კომისიის (სემგეის) მიერ იყო დამტკიცებული [163...166]. ამ მონაცემების თანახმად, №4 ენერგობლოკს მუშაობა უნდა დაეწყო 2005 წლის 20 სექტემბერს, ხოლო №3 ენერგობლოკს – 20 ოქტომბერს და ორივე ბლოკს მუშაობა უნდა გაეგრძელებინა 2006 წლის 1 მაისამდე. ამ პერიოდში უნდა გამოიმუშაებულებოდა 1115,5 მლნ.კვტ.სთ ელექტროენერგია. ენერგობლოკების შესაძლო არაგეგმიური გაჩერებების გათვალისწინებით, რომელიც გარე ფაქტორების გამო არ იყო გამორიცხული, პირობითი სათბობის კუთრი ხარჯი 1 კვტ.სთ გაცემულ ელექტროენერგიაზე საშუალოდ მიაღწევდა 410 გ.კ.ს/(კვტ.სთ), რაც შეადგენს 429914 ტ.კ.ს/წლ., ანუ 376174488 მ³ ბუნებრივ აირს წელიწადში (ცხრილი 8.7).

ცხრილი 8.7

სს „თბილისრესის“ ენერგობლოკების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების საპროგნოზო მონაცემები 2005-2006 წლებისათვის

№	მაჩვენებლები და დანახარჯები	განზომილება, ერთეული	საპროგნოზო მონაცემები
1	2	3	4
1	გამომუშაებული ელექტროენერგიის რაოდენობა	მლნ.კვტ.სთ	1115.5
2	გაცემული ელექტროენერგიის რაოდენობა	მლნ.კვტ.სთ	1048.57
3	მაღალი ძაბვის ქსელში გაცემული ელექტროენერგიის რაოდენობა (0,62% დანაკარგების გათვალისწინებით)	მლნ.კვტ.სთ	1042.06
4	პირობითი სათბობის კუთრი ხარჯი	გ.კ.ს/(კვტ.სთ)	410
5	პირობითი სათბობის წლიური ხარჯი	ტკ.ს/წლ	429914
6	ბუნებრივი აირის წეის სიბო	კვ/მ³	33520
7	ბუნებრივი აირის წლიური ხარჯი	მ³/წლ	376174488
8	ბუნებრივი აირის ფასი დღეს-გარეშე	აშშ დოლ./1000მ³	72,707
9	შემოსავალზე მოსოფენილება, მათ შორის:	ათასი აშშ \$	37630,12
	• ძირითადი საშუალებების ამორტიზაციაზე	ათასი აშშ \$	1770,39 (4,71%)
	• ძირითადი საშუალებების მიმდინარე რემონტზე	ათასი აშშ \$	1111,11 (2,95)
	• ელექტროენერგიაზე საწარმოო საჭიროებისათვის	ათასი აშშ \$	222,22 (0,59%)
	• მასალებზე და დამხმარე ნაწილებზე	ათასი აშშ \$	482,22 (1,28%)
	• ხელფასის ფონდზე	ათასი აშშ \$	1750,0 (4,65%)
	• დანარიცხი ხელფასის ფონდზე	ათასი აშშ \$	350,0 (0,93%)
	• ქონების დაზღვევაზე	ათასი აშშ \$	75,56 (0,2%)
	• მკორფუასიანი საგნების ცვეთაზე	ათასი აშშ \$	11,11 (0,03%)
	• ოფისის ხარჯებზე	ათასი აშშ \$	55,56 (0,15%)
	• მეფლისების ხარჯებზე	ათასი აშშ \$	1,11 (0,003%)
	• კაფარების მომსახურებაზე	ათასი აშშ \$	5,56 (0,02%)
	• სემგეის რეგულირების საფასური	ათასი აშშ \$	150,52 (0,4%)

1	2	3	4
	• სესხის საწვევრო	ათასი აშშ \$	248,36 (0,66%)
	• საწარმოს დაცვის ხარჯები	ათასი აშშ \$	111,11 (0,3%)
	• კრედიტის პროცენტი	ათასი აშშ \$	888,89 (2,36%)
	• სხვა დანარჩენი ხარჯები	ათასი აშშ \$	466,67 (1,24%)
	• ქონების გადასახადი	ათასი აშშ \$	286,13 (0,76%)
	• მიწის გადასახადი	ათასი აშშ \$	98,39 (0,26%)
10	ხარჯები, სულ	ათასი აშშ \$	35435,68 (94,17%)
11	სათბობის ფასის შემცირებით მიღებული შედეგით	ათასი აშშ \$	558,89 (1,49%)
12	საბოლოო ხარჯები	ათასი აშშ \$	34876,79 (92,68%)
13	ელექტროენერგიის თვითღირებულება	ცენტ/კეტ.სთ	3,347
14	რესტაურაცია	ცენტ/კეტ.სთ	0,264
15	ელექტროენერგიის ტარიფი (დღეს გარეშე) მათ შორის:		
	• ელექტროენერგიაზე	(ცენტ/კეტ.სთ)	3,61
	• სიმძლავრისათვის	ათასი აშშ \$/თვ	3,227
			333,73
16	მოგება(დასაბეგრო)	ათასი აშშ \$	2753,33 (7,32%)
17	მოგების გადასახადი (20%)	ათასი აშშ \$	550,67
18	წმინდა მოგება	ათასი აშშ \$	2202,66

8.7 ცხრილში მოყვანილი საპროგნოზო მონაცემების მიხედვით, სს „თბილსრესის“ №3 და №4 ენერგობლოკების მიერ გამოშვებული ელექტროენერგიის თვითღირებულებამ უნდა შეადგინოს 3,347 ცენტ/კეტ.სთ, ხოლო ტარიფმა 3,61 – ცენტ/კეტ.სთ. საწარმოო დანახარჯების ძირითადი შემდგენია ბუნებრივი აირის ღირებულება (72,68%). ფიქსირებულ დანახარჯებზე მოდის შემოსავალზე მოთხოვნილების 4,71%, ცუდად დანახარჯებზე (მიმდინარე რემონტი, ჭირთადი და დამხმარე მასალა, სათადარიგო ნაწილები, ელექტროენერგიის მოხმარება) – 4,82%, სახელფასო ფონდზე – 4,65%, გადასახადებზე (დანარიცხი სახელფასო ფონდზე, ქონებისა და მიწის გადასახადები) – 1,95% და სხვა დანახარჯებზე – 11,19%. სს „თბილსრესის“ მონაცემების თანახმად, საწარმოში მომუშავე პერსონალის რაოდენობაა 404 კაცი, აქედან 113 ადმინისტრაციული პერსონალი ხელფასის ფონდით 1387,3 ათასი ლარი, 46 ინჟინერ-ტექნიკური პერსონალი ხელფასის ფონდით 532,7 ათასი ლარი და 245 საექსპლუატაციო პერსონალი ხელფასის ფონდით 1230 ათასი ლარი. ხელფასის ფონდი სულ 3150 ათასი ლარია, რაც №3 და №4 ენერგობლოკების დადგმული ჯამური სიმძლავრის (2543 მგვტ) პროცენტში 1,6 საშუალო კოეფიციენტსა და 649 ლარ საშუალო ხელფასს შეესაბამება. სწორედ ეს საბაზანსო მონაცემები დაედგა საფუძვლად სხვადასხვა სიმძლავრის კომბინირებული ენერგობლოკების ასაშენებლად და ექსპლუატაციაში გასაშვებად საჭირო ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების დადგენას.

8.3.3. ბუნებრივ აირზე მომუშავე Turkey-ის ვარიანტით დასაპროექტებელი ორთქლადიერი თესის ენერგოეკონომიკური მაჩვენებლების დადგენა

ბუნებრივ აირზე მომუშავე Turkey-ის ვარიანტით განსახორციელებელი ორთქლადიერი თესის ენერგოეკონომიკური მაჩვენებლების გაანგარიშება ჩატარებულია მოცემული მეთოდოლოგიის მიხედვით და სს „თბილსრესის“ საპროგნოზო მონაცემების გათვალისწინებით საორიენტაციოდ შერჩეული თესების თითოეული სიმძლავრისათვის (ცხრილში 8.8).

როგორც 8.8 ცხრილში მოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს, ბუნებრივ აირზე მომუშავე სხვადასხვა სიმძლავრის ორთქლადიერი თესებში, წლის განმავლობაში მათი სხვადასხვა ხანგრძლივობით მუშაობის დროს, გამოშვებული

ელექტროენერგიის თვითღირებულება იცვლება 2,792...3,419 ცენტრ/(კვტ.სთ) ფარგლებში. თვითღირებულების ეს მნიშვნელობები ნაკლებია სს „თბილისრესის“ №3 და №4 ენერგობლოკების მიერ გამოშვებულ ელექტროენერგიის თვითღირებულებაზე (3,347 ცენტრ/(კვტ*სთ). გარდა ერთი შემთხვევისა (32,28 მგეტ სიმძლავრის თესის 6000 საათი მუშაობის დროს – 3,419).

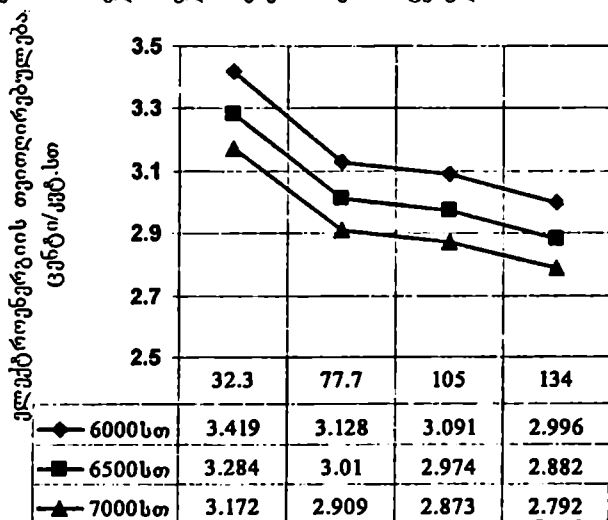
(ცხრილი 8.8

ბუნებრივი აირზე მომუშავე Turnkey-ის ფარიანტით განსახორციელებელი ორთქლაირული თესის ენერგოეკონომიკური მაჩვენებლები

სიდიდის დასახელება	განზომილება	კომბინირებული ციკლით მომუშავე სადგურის მოდელი			
		FT8 Power Pac	GT8C	LM6000 _{PA}	FT8 Twin Pac
1	2	3	4	5	6
სადგურის ელექტრული სიმძლავრე	მგეტ (ნეტო)	32,28	77,7	105,0	134
სადგურის კუთრი ღირებულება	აშშ \$/კვტ	799	698	695	612
სადგურის მქ. კოეფიციენტი	%	48,7	51,4	52,4	50,2
პირითი სათბობის კუთრი ხარჯი	გ.პ.ს/(კვტ.სთ)	252,6	239,3	234,7	245,0
პირითი სათბობის საათური ხარჯი	კვ.პ.ს/სთ	8153	18594	24647	32702
ბუნებრივი აირის წვის სითბო	კვ/მ³	33520	33520	33520	33520
ბუნებრივი აირის საათური ხარჯი	მ³/სთ	7126	16253	21544	28585
ბუნებრივი აირის ფასი	აშშ \$/მ³	0,72707	0,72707	0,72707	0,72707
კაპიტალდაბანდება	მლნ აშშ \$	25,8	54,2	73,0	82,0
თესის მუშაობის ხანგრძლივობა წლის განმავლობაში $\tau=6000$ სთ					
ელექტროენერგიის წლიური გამოშვება	მლნ.კვტ.სთ/წ	193,7	466,2	630,0	804,0
ბუნებრივი აირის წლიური ხარჯი	მლნ მ³/წლ	42,76	97,52	129,26	171,51
დანახარჯები სათბობზე	აშშ \$/წლ	3108660	7090241	9398398	12469978
ძირითადი ფონდ. ამორტიზაც. (6,5%)	აშშ \$/წლ	1676462	3525249	4743375	5330520
ძირითადი ფონდების რემონტი (5%)	აშშ \$/წლ	1289586	2711730	3648750	4100100
ხელფასის საშუალო წლიური ფონდი (250 აშშ \$/კვ.სთ)	აშშ \$/წლ	193680	466200	630000	804000
დანარიცხ.ხელფასის ფონდზე (20%)	აშშ \$/წლ	38736	93240	126000	160800
სხვადასხვა დანახარჯები (5%)	აშშ \$/წლ	315356	694333	927326	1143285
საექსპლუატაციო წლიური დანახარჯები	აშშ \$/წლ	6622481	14580993	19473849	24008982
ელექტროენერგიის თვითღირებულება	ცენტრ/კვტ.სთ	3,419	3,128	3,091	2,986
თესის მუშაობის ხანგრძლივობა წლის განმავლობაში $\tau=6500$ სთ					
ელექტროენერგიის წლიური გამოშვება	მლნ.კვტ.სთ/წ	209,8	505,1	682,5	871,0
ბუნებრივი აირის წლიური ხარჯი	მლნ მ³/წლ	46,32	105,64	140,04	185,80
დანახარჯები სათბობზე	\$/წლ	3367716	7681095	10181597	13509142
ძირითადი ფონდ. ამორტიზაც. (6,5%)	აშშ \$/წლ	1676462	3525249	4743375	5330520
ძირითადი ფონდების რემონტი (5%)	აშშ \$/წლ	1289586	2711730	3648750	4100100
ხელფასის საშუალო წლიური ფონდი (250 აშშ \$/კვ.სთ)	აშშ \$/წლ	193680	466200	630000	804000
დანარიცხ.ხელფასის ფონდზე (20%)	აშშ \$/წლ	38736	93240	126000	160800
სხვადასხვა დანახარჯები	აშშ \$/წლ	328306	723876	966486	1195243
საექსპლუატაციო წლიური დანახარჯები	აშშ \$/წლ	6894488	15201389	20296209	25100105
ელენერგიის თვითღირებულება	ცენტრ/კვტ.სთ	3,286	3,010	2,974	2,882
თესის მუშაობის ხანგრძლივობა წლის განმავლობაში $\tau=7000$ სთ					
ელექტროენერგიის წლიური გამოშვება	მლნ.კვტ.სთ/წ	226,0	543,9	735,0	938,0

1	2	3	4	5	6
ბუნებრივი აირის წლიური ხარჯი	მლნ მ/წლ	49,88	113,77	150,81	200,1
დანახარჯები სათბობზე	აშშ \$/წლ	3626771	8271948	10964797	14548307
ძირითადი ფონდ. ამორტიზაც. (6,5%)	აშშ \$/წლ	1676462	3525249	4743375	5330520
ძირითადი ფონდების რემონტი (5%)	აშშ \$/წლ	1289586	2711730	3648750	4100400
ხელფასის საშუალო წლიური	აშშ \$/წლ	193680	466200	630000	804000
უონდი (220 აშშ \$/კვ.ტმ)					
დანარჩენ. ხელფასის უონდზე (20%)	აშშ \$/წლ	38736	93240	126000	160800
სხვადასხვა დანახარჯები	აშშ \$/წლ	341262	753418	1005646	1247201
საექსპლუატაციო წლიური დანახარჯები	აშშ \$/წლ	7146496	15821785	21118568	26191229
ელექტროენერგიის თეითლირებულება	ცენტ/კვტ.სთ	3,172	2,909	2,873	2,792

ელექტროენერგიის თეითლირებულება ბუნებრივ აირზე მომუშავე სხვადასხვა სიმძლავრის ორთქლარიული თესებისათვის მოცემულია 8.5 ნახაზზე.



ორთქლარიული თესის სიმძლავრე, მეგტ

ნახ. 8.5. ელექტროენერგიის თეითლირებულება ბუნებრივ აირზე მომუშავე Turkey-ის ვარიანტით განსახორციელებელ სხვადასხვა სიმძლავრის ორთქლარიული თესებისათვის

8.3.4. ტყიბული-შაორის ქვანახშირზე მომუშავე ტრადიციული ორთქლტურბინული თესის ენერგოეკონომიკური მაჩვენებლების დადგენა

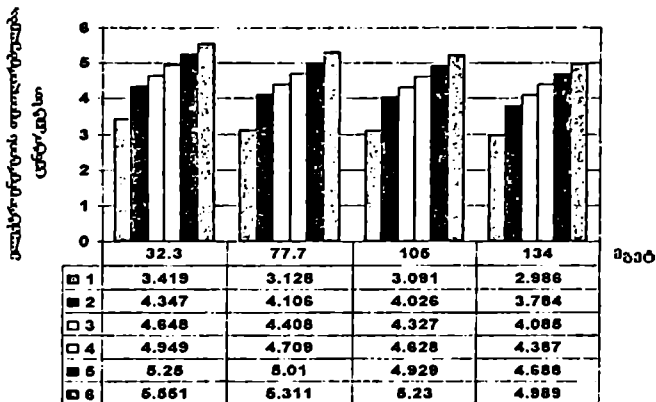
ტყიბული-შაორის ქვანახშირზე მომუშავე ტრადიციული ორთქლტურბინული თესების ენერგოეკონომიკური მაჩვენებლების გაანგარიშების დროს, ზემოთ შერჩეული თითოეული სიმძლავრისათვის დაშვებულია, რომ მათი კუთრი ღირებულება მნიშვნელოვნად აღემატებოდეს ბუნებრივ აირზე მომუშავე ორთქლარიული თესების კუთრი ღირებულებას და, შესაბამისად, შეადგენს 1200, 1080, 1040 და 920 \$/კვტ (ცხრილი 8.9).

ტყეული-შაორის ქვანახშირზე მომუშავე ტრადიციული ორთქლტურბინული
თესის ენერგოეკონომიკური მაჩვენებლები

სიდიდის დასახელება	განზომილება	კომბინირებული (ციკლით მომუშავე სადგურის მოდელი)			
		FT8 Power Pac	GT8C	M6000 _{PA}	FT8 Twin Pac
1	2	3	4	5	6
სადგურის ელექტრული სიმძლავრე	მეგტ (ნეტო)	32,28	77,7	105,0	134
სადგურის კუთრი ღირებულება	აშშ \$/კვტ	1200	1080	1040	920
სადგურის შპ კოეფიციენტი	%	35,0	35,0	35,0	35,0
პირობითი სათბობის კუთრი ხარჯი	გ.პ.ს/კვტ.სთ	351,4	351,4	351,4	351,4
პირობითი სათბობის საათური ხარჯი	ტ.პ.ს/სთ	11,3	27,3	36,9	47,1
ქვანახშირის წყის სითბო	კვტ/კმ	17933	17933	17933	17933
ქვანახშირის საათური ხარჯი	ტ/სთ	18,51	44,57	60,22	76,86
ქვანახშირის ფასი	აშშ \$/ტ	30	30	30	30
კაპიტალდაზანდება	მლნ აშშ \$	38,7	83,9	109,2	123,3
თესის მუშაობის ხანგრძლივობა წლის განმავლობაში t=6000					
ელექტროენერგიის წლიური გამომუშავება	მლნ კვტ.სთ/წ	193,7	466,2	630,0	804,0
ქვანახშირის წლიური ხარჯი	ტ/წლ	111060	267420	361320	461160
დანახარჯები სათბობზე	აშშ \$/წლ	3331800	8022600	10839600	13834800
ძირითადი ფონდ. ამორტიზაც. (6,5%)	აშშ \$/წლ	2517840	5454540	7098000	8013200
ძირითადი ფონდების რემონტი (5%)	აშშ \$/წლ	1936800	4195800	5460000	6164000
ხელფასის საშუალო წლიური ფონდი (250 \$/კვტ.სთ)	აშშ \$/წლ	193680	466200	630000	804000
დანარიცხ. ხელფასის ფონდზე (20%)	აშშ \$/კვტ	38736	93240	126000	160800
სხვადასხვა დანახარჯები	აშშ \$/წლ	400943	911619	1207680	1448840
საექსპლუატაციო წლიური დანახარჯები	აშშ \$/წლ	8419799	19143999	25361280	30425640
ელექტროენერგიის თვითღირებულება	კენტ/კვტ.სთ	4,347	4,106	4,026	3,784
თესის მუშაობის ხანგრძლივობა წლის განმავლობაში t=6500					
ელექტროენერგიის წლიური გამომუშავება	მლნ კვტ.სთ/წ	209,8	505,1	682,5	871,0
ქვანახშირის წლიური ხარჯი	ტ/წლ	120315	289705	391430	499590
დანახარჯები სათბობზე	აშშ \$/წლ	3609450	8691150	11742900	14987700
ძირითადი ფონდ. ამორტიზაც. (6,5%)	აშშ \$/წლ	2517840	5454540	7098000	8013200
ძირითადი ფონდების რემონტი (5%)	აშშ \$/წლ	1936800	4195800	5460000	6164000
ხელფასის საშუალო წლიური ფონდი (250 \$/კვტ.სთ)	აშშ \$/წლ	193680	466200	630000	804000
დანარიცხ. ხელფასის ფონდზე (20%)	აშშ \$/წლ	38736	93240	126000	160800
სხვადასხვა დანახარჯები	აშშ \$/წლ	414825	945047	1252845	1506485
საექსპლუატაციო წლიური დანახარჯები	აშშ \$/წლ	8711331	19845977	26309745	31636185
ელექტროენერგიის თვითღირებულება	კენტ/კვტ.სთ	4,152	3,930	3,855	3,632
თესის მუშაობის ხანგრძლივობა წლის განმავლობაში t=7000სთ					
ელექტროენერგიის წლიური გამომუშავება	მლნ კვტ.სთ/წ	226,0	543,9	735,0	938,0
ქვანახშირის წლიური ხარჯი	ტ/წლ	129570	311990	421540	538020
დანახარჯები სათბობზე	აშშ \$/წლ	3887100	9359700	12646200	16140600
ძირითადი ფონდ. ამორტიზაც. (6,5%)	აშშ \$/წლ	2517840	5454540	7098000	8013200
ძირითადი ფონდების რემონტი (5%)	აშშ \$/წლ	1936800	4195800	5460000	6164000
ხელფასის საშუალო წლიური ფონდი (250 \$/კვტ.სთ)	აშშ \$/წლ	193680	466200	630000	804000
დანარიცხ. ხელფასის ფონდზე (20%)	აშშ \$/წლ	38736	93240	126000	160800
სხვადასხვა დანახარჯები	აშშ \$/წლ	428708	978474	1298010	1564130

1	2	3	4	5	6
საექსპლუატაციო წლიური დანახარჯი	აშშ \$/წლ	9002864	20547954	27258210	32846730
ელექტროენერგიის თვითღირებულება	ცენტ/კვტ.სთ	3,984	3,778	3,709	3,502

8.9 ცხრილში წარმოდგენილი ინფორმაციის თანახმად, ტყიბული-შაორის ქვანახშირზე მომუშავე ტრადიციულ ორთქლტურბინულ თესებში გამოიშვება ელექტროენერგიის თვითღირებულება აღმატება როგორც სს „თბილისრესის“ №3 და №4 ენერგობლოკების მიერ გამოიშვებულ, ისე ბუნებრივ აირზე მომუშავე ორთქლარიულ თესებში გამოიშვებულ ელექტროენერგიის თვითღირებულებას, მაშინაც კი, როდესაც ქვანახშირის საწყისი ფასი მხოლოდ 30 \$/ტ-ს შეადგენს. ბუნებრივია, რომ ქვანახშირის საწყისი ფასის გაზრდის შემთხვევაში გამოიშვება ელექტროენერგიის თვითღირებულება კიდევ უფრო გაიზრდება (ნახ. 8.6).



ნახ. 8.6. ელექტროენერგიის თვითღირებულება ტყიბული-შაორის საბადოს ქვანახშირზე მომუშავე სხვადასხვა სიმძლავრის ტრადიციულ ორთქლტურბინულ თესებში:
 1-ბუნებრივი აირით მომუშავე ორთქლარიულ თესი $S_{\text{საბ}}=72,707$ აშშ \$/1000მ³;
 2-ქვანახშირის ფასი: $S_{\text{საბ}}=30$ აშშ \$/ტ; 3- $S_{\text{საბ}}=35$ აშშ \$/ტ; 3- $S_{\text{საბ}}=40$ აშშ \$/ტ;
 4- $S_{\text{საბ}}=45$ აშშ \$/ტ; 5- $S_{\text{საბ}}=50$ აშშ \$/ტ

ელექტროენერგიის თვითღირებულების მნიშვნელობები ტყიბული-შაორის ქვანახშირზე მომუშავე სხვადასხვა სიმძლავრის ტრადიციულ ორთქლტურბინულ თესებში, მათი მუშაობის სხვადასხვა ხანგრძლივობისა და ქვანახშირის საწყისი ფასის სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის მოცემულია 8.10 ცხრილში.

ცხრილი 8.10

ელექტროენერგიის თვითღირებულება ტყიბული-შაორის ქვანახშირზე მომუშავე სხვადასხვა სიმძლავრის ტრადიციულ ორთქლტურბინულ თესებში

სადგურის სიმძლავრე	ქვანახშირის ფასი				
	30 აშშ \$/ტ	35 აშშ \$/ტ	40 აშშ \$/ტ	45 აშშ \$/ტ	50 აშშ \$/ტ
1	2	3	4	5	6
32,28 მგვტ	ცენტ/კვტ.სთ	ცენტ/კვტ.სთ	ცენტ/კვტ.სთ	ცენტ/კვტ.სთ	ცენტ/კვტ.სთ
6000 სთ	4,347	4,648	4,949	5,250	5,551
6500 სთ	4,152	4,453	4,754	5,055	5,356
7000 სთ	3,984	4,285	4,586	4,887	5,188

1	2	3	4	5	6
77,7 მგ/ტ	ცერტოკეტ. სი	ცერტოკეტ. სი	ცერტოკეტ. სი	ცერტოკეტ. სი	ცერტოკეტ. სი
6000 სი	4,106	4,408	4,709	5,010	5,311
6500 სი	3,930	4,231	4,532	4,833	5,134
7000 სი	3,778	4,079	4,380	4,681	4,982
105,0 მგ/ტ					
6000 სი	4,026	4,327	4,628	4,929	5,230
6500 სი	3,855	4,156	4,457	4,758	5,059
7000 სი	3,709	4,010	4,311	4,612	4,913
134,0 მგ/ტ					
6000 სი	3,784	4,085	4,387	4,688	4,989
6500 სი	3,632	3,933	4,234	4,536	4,837
7000 სი	3,502	3,803	4,104	4,405	4,706

8.3.5. ტციბული-შაორის ქეანახშირზე მომუშავე Tumkey-ის ვარიანტიო განსახორციელებელი მრავალპროფილიანი ორთქლაირული თესის ენერგოეკონომიკური მარევენებლება

ტციბული-შაორის ქეანახშირზე მომუშავე Tumkey-ის ვარიანტიო განსახორციელებელი მრავალპროფილიანი ორთქლაირული თესის კუთრი ღირებულება ზემოთ შერჩეული თითოეული სიმძლავრისათვის შესაბამისად არის 1400, 1220, 1215 და 1070 აშშ \$/კეტ (ცხრილი 8.11).

ცხრილი 8.11

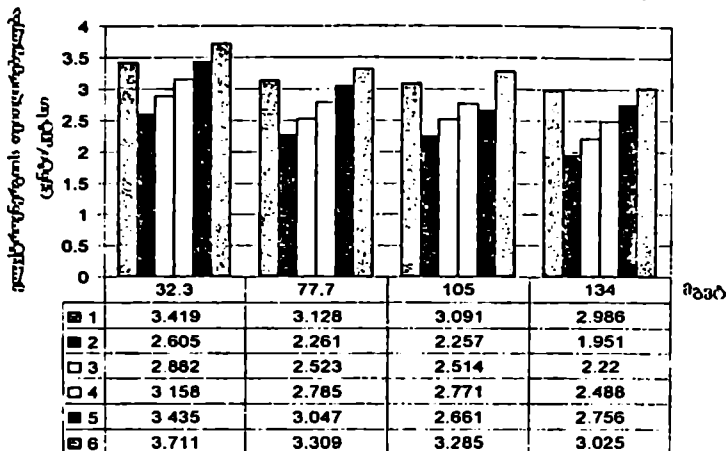
ტციბული-შაორის ქეანახშირზე მომუშავე Tumkey-ის ვარიანტიო განსახორციელებელი მრავალპროფილიანი ორთქლაირული თესის ენერგოეკონომიკური მარევენებლება

სიდიდის დასახელება	განზომილება	კომპონირებული ციკლით მომუშავე სადგურის მოცულობა			
		FTB Power Pac	GT8C	LM6000 _{PA}	FTB Twin Pac
1	2	3	4	5	6
სადგურის ელექტრული სიმძლავრე	მგეტ (ნეტო)	32,28	77,7	105,0	134
სადგურის კუთრი ღირებულება	აშშ \$/კეტ	1400	1220	1215	1070
სადგურის მქ კოეფიციენტი	%	40,4	42,7	43,5	41,7
პირობითი სათბობის კუთრი ხარჯი	გ.კ.ს/(კეტ.სი)	304,4	288,1	282,7	295,0
პირობითი სათბობის საათური ხარჯი	კგ.კ.ს/სი	9,8	22,4	29,7	39,5
საგაზოფიკაციო ქეანახშირის საათური ხარჯი	ტ/სი	17,0	38,8	51,4	68,5
ქეანახშირის ფასი	აშშ \$/ტ	30,0	30,0	30,0	30,0
წიდასიტალის ფილების (10 მმ) საათური რაოდენობა	მ/სი	107,4	245,2	324,8	432,9
მისი საათური რაოდენობის ღირებულება	აშშ \$/სი	644,4	1471,2	1948,8	2597,4
კაპიტალდაზანდება	მლნ აშშ \$	45,2	94,8	127,6	143,4
თესის მუშაობის ხანგრძლივობა წლის განმავლობაში $t=6000$ სი					
ელექტროენერგიის წლიური გამომუშავება	მლნ.კეტ.სი/წ	193,7	466,2	630,0	804,0
საგაზოფიკაციო ქეანახშირის წლიური ხარჯი	ტ/წ	102000	232800	308400	411000
დანახარჯები სათბობზე	აშშ \$/წ	3060000	6984000	9252000	12330000
წარმოებული წიდასიტალის ფილების რაოდენობა (10 მმ)	მ/წ	644640	1471296	1949088	2597520
ძირითადი ფონდ. ამორტიზაც. (6,5%)	აშშ \$/წ	2937480	6161610	8292375	9319700
ძირითადი ფონდების რემონტი (5%)	აშშ \$/წ	2259600	4739700	6378750	7169000

1	2	3	4	5	6
ხელფასის საშუალო წლიური ფონდი (250 აშშ დოლ./კაცი.თე)	აშშ \$/წლ	193680	466200	630000	804000
დანართი.ხ. ხელფასის ფონდზე (20%)	აშშ \$/წლ	38736	93240	126000	160800
სხვადასხვა დანახარჯები	აშშ \$/წლ	424475	922238	1233956	1489175
საექსპლუატაციო წლიური დანახარჯები	აშშ \$/წლ	8913971	19366988	25913081	31272675
წიდასიტალის ფილების რეალიზაც. შემოსული თანხა	აშშ \$/წლ	3867840	8827776	11694528	15585120
სხვაობა დანახარჯებსა და შემოსავალს შორის	აშშ \$/წლ	5046131	10539212	14218553	15687553
ელექტროენერგიის თეილირებულება	ცენტ/კვტ.სთ	2,605	2,261	2,257	1,951
თესის მუშაობის ხანგრძლივობა წლის განმავლობაში t=6500სთ					
ელექტროენერგიის წლიური გამოშვება	მლნ.კვტ.სთ/წ	209,8	505,1	682,5	871,0
სავაზოფიკაციო ქვანახშირის საათური ხარჯი	ტ/წლ	110500	252200	334100	445250
დანახარჯები სათბობზე	აშშ \$/წლ	3315000	7566000	10023000	13357500
წარმოებულ წიდასიტალის ფილების რაოდენობა (10 მმ)	მ/წლ	578360	1593904	2111512	2813980
ძირითადი ფონდ. ამორტიზაც. (6,5%)	აშშ \$/წლ	2937480	6161610	8292375	9319700
ძირით. ფონდების რემონტი 5%)	აშშ \$/წლ	2259600	4739700	6378750	7169000
ხელფასის საშუალო წლიური ფონდი (250 აშშ დოლ./კაცი.თე)	აშშ \$/წლ	193680	466200	630000	804000
დანართი.ხ. ხელფასის ფონდზე (20%)	აშშ \$/წლ	38736	93240	126000	160800
სხვადასხვა დანახარჯები	აშშ \$/წლ	437225	951338	1272506	1540550
საექსპლუატაციო წლიური დანახარჯები	აშშ \$/წლ	9181721	19978088	26722631	32351550
წიდასიტალის ფილების რეალიზაც შემოსული თანხა	აშშ \$/წლ	4190160	9563424	12669072	16883880
სხვაობა დანახარჯებსა და შემოსავალს შორის	აშშ \$/წლ	4991561	10414664	14053559	15467670
ელექტროენერგიის თეილირებულება	ცენტ/კვტ.სთ	2,379	2,062	2,059	1,776
თესის მუშაობის ხანგრძლივობა წლის განმავლობაში t=7000სთ					
ელექტროენერგიის წლიური გამოშვება	მლნ.კვტ.სთ/წ	226,0	543,9	735,0	938,0
სავაზოფიკაციო ქვანახშირის საათური ხარჯი	ტ/წლ	119000	271600	359800	479500
დანახარჯები სათბობზე	აშშ \$/წლ	3570000	8148000	10794000	14385000
წარმოებულ წიდასიტალის ფილების რაოდენობა (10 მმ)	მ/წლ	752080	1716512	2273936	3030440
ძირითადი ფონდ. ამორტიზაც. (6,5%)	აშშ \$/წლ	2937480	6161610	8292375	9319700
ძირით. ფონდების რემონტი 5%)	აშშ \$/წლ	2259600	4739700	6378750	7169000
ხელფასის საშუალო წლიური ფონდი (220\$/კაცი.თე)	აშშ \$/წლ	193680	466200	630000	804000
დანართი.ხ. ხელფასის ფონდზე (20%)	აშშ \$/წლ	38736	93240	126000	160800
სხვადასხვა დანახარჯები	აშშ \$/წლ	449975	980438	1311056	1591925
საექსპლუატაციო წლიური დანახარჯები	აშშ \$/წლ	9449471	20589188	27532181	33430425
წიდასიტალის ფილების რეალიზაც შემოსული თანხა	აშშ \$/წლ	4512480	10299072	13643616	18182640
სხვაობა დანახარჯებსა და შემოსავალს შორის	აშშ \$/წლ	4936991	10290116	13888565	15247785
ელექტროენერგიის თეილირებულება	ცენტ/კვტ.სთ	2,185	1,892	1,890	1,626

8.11 ცხრილში წარმოდგენილი მონაცემების თანახმად, ტყიბული-შაორის ქვანახშირზე მომუშავე მრავალპროფილიან თესებში წიდასიტალის ფილების წარმოება და მათი რეალიზაცია, მიუხედავად სადგურის მაღალი კუთრი

ლირებულებისა, მნიშვნელოვნად ამცირებს გამოუმუშავებული ელექტროენერგიის თვითღირებულებას. მათი მნიშვნელობები სხვადასხვა სიმძლავრის მრავალპროფილიან თესებში, როდესაც ქვანახშირის საწყისი ფასი 30 აშშ \$/ტ-ია, იცვლება 1.626..2.605 ცენტრ/(კვტ.სთ) ფარგლებში. ქვანახშირის საწყისი ფასის გაზრდასთან ერთად ელექტროენერგიის თვითღირებულების მნიშვნელობები იზრდება, მაგრამ მხოლოდ იმ შემთხვევაში აჭარბებს ბუნებრივი აირით მომუშავე ორთქლადირულ თესებში გამოუმუშავებულ ელექტროენერგიის თვითღირებულებას, როდესაც ქვანახშირის საწყისი ღირებულება 50 აშშ \$/ტ-ს უტოლდება (ნახ. 8.7)



ნახ. 8.7. ელექტროენერგიის თვითღირებულება ტყიბული-შაირის საბადოს ქვანახშირზე მომუშავე Turkey-ის ვარიანტით განსახორციელებელი სხვადასხვა სიმძლავრის მრავალპროფილიან ორთქლადირულ თესებში:
 1-ბუნებრივი აირით მომუშავე ორთქლადირული თესი $S_{\text{საბ}}=72,707$ აშშ \$/1000გ;
 2-ქვანახშირის ფასი: $S_{\text{საბ}}=30$ აშშ \$/ტ; 3- $S_{\text{საბ}}=35$ აშშ \$/ტ; 4- $S_{\text{საბ}}=40$ აშშ \$/ტ;
 5- $S_{\text{საბ}}=45$ აშშ \$/ტ; 6- $S_{\text{საბ}}=50$ აშშ \$/ტ

ელექტროენერგიის თვითღირებულების მნიშვნელობები ტყიბული-შაირის ქვანახშირზე მომუშავე Turkey-ის ვარიანტით განსახორციელებელ ორთქლადირული ენერგოდანადგარების ბაზაზე შექმნილ სხვადასხვა სიმძლავრის მრავალპროფილიან თესებში მოცემულია 8.12 ცხრილში.

ცხრილი 8.12

ელექტროენერგიის თვითღირებულება ტყიბული-შაირის საბადოს ქვანახშირზე მომუშავე Turkey-ის ვარიანტით განსახორციელებელი სხვადასხვა სიმძლავრის მრავალპროფილიან ორთქლადირულ თესებში:

სადგურის სიმძლავრე	ქვანახშირის ფასი				
	30 აშშ \$/ტ	35 აშშ \$/ტ	40 აშშ \$/ტ	45 აშშ \$/ტ	50 აშშ \$/ტ
1	2	3	4	5	6
32,28 მგვტ	ცენტრ/კვტ.სთ	ცენტრ/კვტ.სთ	ცენტრ/კვტ.სთ	ცენტრ/კვტ.სთ	ცენტრ/კვტ.სთ
6000 სთ	2,605	2,882	3,158	3,435	3,711
6500 სთ	2,379	2,655	2,932	3,208	3,485
7000 სთ	2,185	2,461	2,738	3,014	3,291

1	2	3	4	5	6
77,7 მგ/ტ	ცენტრ/კვტ.სთ	ცენტრ/კვტ.სთ	კერტრ/კვტ.სთ	კერტრ/კვტ.სთ	კერტრ/კვტ.სთ
6000 სთ	2,261	2,523	2,785	3,047	3,309
6500 სთ	2,062	2,324	2,586	2,849	3,111
7000 სთ	1,892	2,154	2,416	2,678	2,941
105,0 მგ/ტ					
6000 სთ	2,257	2,514	2,771	2,661	3,285
6500 სთ	2,059	2,316	2,573	2,830	3,087
7000 სთ	1,890	2,147	2,404	2,661	2,918
134,0 მგ/ტ					
6000 სთ	1,951	2,220	2,488	2,756	3,025
6500 სთ	1,776	2,044	2,313	2,581	2,849
7000 სთ	1,626	1,894	2,162	2,431	2,699

8.3.6. ტყიბული-შაორის ქვანახშირზე მომუშავე რუსული წარმოების ენერგოდანადგარების ბაზაზე შექმნილი მრავალპროფილიანი თესის ენერგოეკონომიკური მაჩვენებლები

რუსული წარმოების ენერგოდანადგარებში იგულისხმება ღია სააქციო საზოგადოება „Иркутский Тепловая Энергетическая“-ისა (ТЭП) და წამყვანი საზღვარგარეთული ფირმების („სიმენსი“, „ჯენერალ ელექტრიკი“, „ვესტინგაუსი“ და სხვ.) ერთობლივი პროექტების მიხედვით შესრულებული თანამედროვე ორთქლიან რუსული ენერგობლოკები, რომელთა შემადგენლობაში შედის როგორც აღნიშნული ფირმების, ისე რუსეთის ქარხნების მიერ დამზადებული ცალკეული მოწყობილობები. მაგალითად, ნოვოროდის სრესის ორთქლიან დანადგარისათვის ПГУ-380 გათვალისწინებულია ფირმა „სიმენსი“ აირის ტურბოდანადგარი V94.3A, სააქციო საზოგადოებაში „ЗНО“ დამზადებული სამკონტურიანი ქვაბ-უტილიზატორი და სააქციო საზოგადოება „ЛМЗ“-ს ორთქლის ტურბინა K-120-9,8, ხოლო კალინინგრადის ТЭЦ-2 ორთქლიან დანადგარისათვის ПГУ-450 - ერთობლივი საწარმოს „Иркутский“ (სს „ЛМ“ და ფირმა „სიმენსი“) ორი აირის ტურბოდანადგარი V94.2, სააქციო საზოგადოება „Энергострой“-ს ელექტროგენერატორი ТГФ-160, სააქციო საზოგადოებაში „ЗНО“ დამზადებული ორი ქვაბ-უტილიზატორი П-96 და სააქციო საზოგადოება „ЛМЗ“-ს ორთქლის ტურბინა Т-150-767 [167].

ტყიბული-შაორის ქვანახშირზე მომუშავე რუსული წარმოების ენერგოდანადგარების ბაზაზე შექმნილი მრავალპროფილიანი თესის კუთრი ღირებულება ზემოთ შერჩეული თითოეული სიმძლავრისათვის, შესაბამისად, შეადგენს 800, 750, 700 და 650 აშშ \$/კვტ (ცხრილი 8.13).

ცხრილი 8.13

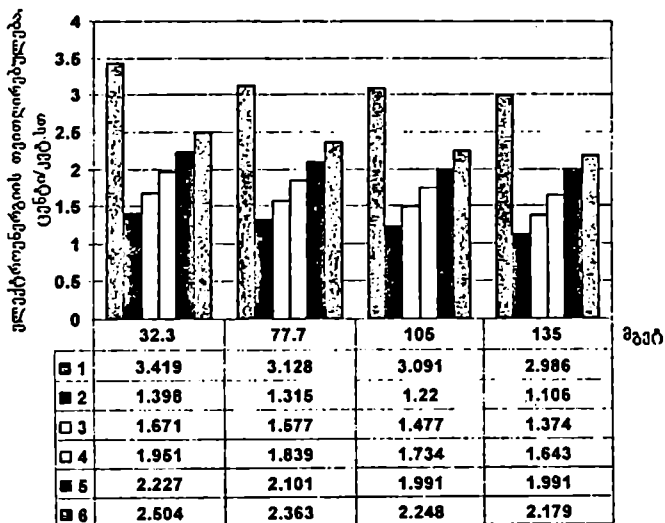
ტყიბული-შაორის ქვანახშირზე მომუშავე რუსული წარმოების ენერგოდანადგარების ბაზაზე შექმნილი მრავალპროფილიანი თესის ენერგოეკონომიკური მაჩვენებლები

სიდიდის დასახელება	განზომილება	კომბინირებული ციკლით მომუშავე სადგურის მოცულობა			
		FT8 Power Pac	GT8C	LM6000 _{PA}	FT8 Twin Pac
სადგურის ელექტრული სიმძლავრე	მგ/ტ (ნეტო)	32,28	77,7	105,0	134
სადგურის კუთრი ღირებულება	აშშ \$/კვტ	800	750	700	650
სადგურის მქ. კოეფიციენტი	%	40,4	42,7	43,5	41,7
პირობითი სათბობის კუთრი ხარჯი	გ.კ.ს/(კვტ.სთ)	304,4	288,1	282,7	295,0
პირობითი სათბობის საათური ხარჯი	კგ.კ.ს/სთ	9,8	22,4	29,7	39,5

1	2	3	4	5	6
საგაზიფიკაციო ქანახშირის სათური ხარჯი	ტ/სთ	17,0	38,8	51,4	68,5
ქანახშირის ფასი	აშშ \$/ტ	30,0	30,0	30,0	30,0
წიდასიტალის ფილებების (10 მმ) სათური რაოდენობა	მ²/სთ	107,4	245,2	324,8	432,9
მისი სათური რაოდენობის ლირებულება	აშშ \$/სთ	644,4	1471,2	1948,8	2597,4
კაპიტალდაბარდება	მლნ აშშ \$	25,8	58,3	73,5	87,1
თესის მუშაობის ხანგრძლივობა წლის განმავლობაში t=6000სთ					
ელექტროენერგიის წლიური გამოიშვება	მლნ.კვტ.სთ/წ	193,7	466,2	630,0	804,0
საგაზიფიკაციო ქანახშირის წლიური ხარჯი	ტ/წლ	102000	232800	308400	411000
დანახარჯები სათობზე	აშშ \$/წლ	3060000	6984000	9252000	12330000
წარმოებული წიდასიტალის ფილების რაოდენობა (10 მმ)	მ²/წლ	644640	1471296	1949088	2597520
ძირითადი ფონდ. ამორტიზაცია (6,5%)	აშშ \$/წლ	1678560	3787875	4777500	5661500
ძირითადი ფონდების რემონტი (5%)	აშშ \$/წლ	1291200	2913750	3675000	4355000
ხელფასის საშუალო წლიური ფონდი (250 აშშ დოლ./კაცი.თე)	აშშ \$/წლ	193680	466200	630000	804000
დანარიცხ. ხელფასის ფონდზე (20%)	აშშ \$/წლ	38736	93240	126000	160800
სხვადასხვა დანახარჯები	აშშ \$/წლ	313109	712253	923025	1165565
საექსპლუატაციო წლიური დანახარჯები	აშშ \$/წლ	6575285	14957318	19383525	24476865
წიდასიტალის ფილების რეალიზაც. შემოსული თანხა	აშშ \$/წლ	3867840	8827776	11694528	15585120
სხვაობა დანახარჯებსა და შემოსულობებს შორის	აშშ \$/წლ	2707445	6129542	7688997	8891745
ელექტროენერგიის თვითღირებულება	კენტ/კვტ.სთ	1,398	1,315	1,220	1,106
თესის მუშაობის ხანგრძლივობა წლის განმავლობაში t=6500სთ					
ელექტროენერგიის წლიური გამოიშვება	მლნ.კვტ.სთ/წ	209,8	505,1	682,5	871,0
საგაზიფიკაციო ქანახშირის წლიური ხარჯი	ტ/წლ	110500	252200	334100	445250
დანახარჯები სათობზე	აშშ \$/წლ	3315000	7566000	10023000	13357500
წარმოებული წიდასიტალის ფილების რაოდენობა (10 მმ)	მ²/წლ	698360	1593904	2111512	2813980
ძირითადი ფონდ. ამორტიზაცია (6,5%)	აშშ \$/წლ	1678560	3787875	4777500	5661500
ძირითადი ფონდების რემონტი (5%)	აშშ \$/წლ	1291200	2913750	3675000	4355000
ხელფასის საშუალო წლიური ფონდი (250 აშშ დოლ./კაცი.თე)	აშშ \$/წლ	193680	466200	630000	804000
დანარიცხ. ხელფასის ფონდზე (20%)	აშშ \$/წლ	38736	93240	126000	160800
სხვადასხვა დანახარჯები	აშშ \$/წლ	325859	741353	961575	1216940
საექსპლუატაციო წლიური დანახარჯები	აშშ \$/წლ	6843035	15568418	20193075	25555740
წიდასიტალის ფილების რეალიზაც. შემოსული თანხა	აშშ \$/წლ	4190160	9563424	12669072	16883880
სხვაობა დანახარჯებსა და შემოსულობებს შორის	აშშ \$/წლ	2652875	6004994	7524003	8671860
ელექტროენერგიის თვითღირებულება	კენტ/კვტ.სთ	1,264	1,189	1,102	0,996
თესის მუშაობის ხანგრძლივობა წლის განმავლობაში t=7000სთ					
ელექტროენერგიის წლიური გამოიშვება	მლნ.კვტ.სთ/წ	226,0	543,9	735,0	938,0
საგაზიფიკაციო ქანახშირის წლიური ხარჯი	ტ/წლ	119000	271600	359800	479500
დანახარჯები სათობზე	აშშ \$/წლ	3570000	8148000	10794000	3850000
წარმოებული წიდასიტალის ფილების რაოდენობა (10 მმ)	მ²/წლ	752080	1716512	2273936	3030440

1	2	3	4	5	6
ძირითადი ფონდ. ამორტიზაც. (6.5%)	აშშ \$/წლ	1678560	3787875	4777500	5661500
ძირითადი ფონდების რემონტი (5%)	აშშ \$/წლ	1291200	2913750	3675000	4355000
ხელფასის საშუალო წლიური ფონდი (250 აშშ დოლ./კაცი.თვე)	აშშ \$/წლ	193680	466200	630000	804000
დანარიცხ. ხელფასის ფონდზე (20%)	აშშ \$/წლ	38736	93240	126000	160800
სხვადასხვა დანახარჯები	აშშ \$/წლ	338609	770453	1000125	1268315
საექსპლუატაციო წლიური დანახარჯები	აშშ \$/წლ	6710785	16179518	21002625	26634615
წიდასიტარის ფილების რეალიზაც შემოსული თანხა	აშშ \$/წლ	4512480	10299072	13643616	18182640
სხვაობა დანახარჯებსა და შემოსავალს შორის	აშშ \$/წლ	2598305	5880446	7359009	8451975
ელექტროენერგიის თვითღირებულება	ცენტ/კვტ.სთ	1,150	1,081	1,001	0,901

ტყეული-შაორის ქვანახშირზე მომუშავე რუსული წარმოების ენერგოდანადგარების ბაზაზე შექმნილ მრავალპროფილიან თესვებში წიდასიტარის ფილების წარმოება და მათი რეალიზაცია, დაბალ კუთრ ღირებულებასთან ერთად, მნიშვნელოვნად ამცირებს გამომუშაებული ელექტროენერგიის თვითღირებულებას. იმ შემთხვევაშიც კი, როდესაც ქვანახშირის საწყისი ფასი 50 აშშ \$/ტ-აა, გამომუშაებული ელექტროენერგიის თვითღირებულება 2,5 ცენტ/კვტ.სთ-ს არ აღემატება, რაც ნათლად ჩანს 8.8 ნახაზზე წარმოდგენილი ინფორმაციიდან.



ნახ. 8.10 ელექტროენერგიის თვითღირებულება ტყეული-შაორის საბადოს ქვანახშირით მომუშავე რუსული წარმოების ენერგოდანადგარების ბაზაზე შექმნილ სხვადასხვა სიმძლავრის მრავალპროფილიან თესვებში;

1-ბუნებრივ აირზე მომუშავე ორთქლძაბურ თესი $S_{\text{საბ}}=72,707$ აშშ \$/1000შტ;
 2-ქვანახშირის ფასი: $S_{\text{საბ}}=30$ აშშ \$/ტ; 3- $S_{\text{საბ}}=35$ აშშ \$/ტ; 4- $S_{\text{საბ}}=40$ აშშ \$/ტ;
 5- $S_{\text{საბ}}=45$ აშშ \$/ტ; 6- $S_{\text{საბ}}=50$ აშშ \$/ტ

ელექტროენერგიის თვითღირებულების მნიშვნელობები ტყიბული-შაორის ქვანახშირზე მომუშავე რუსული წარმოების ენერგოდანადგარების ბაზაზე შექმნილ მრავალპროფილიან თესებში მათი მუშაობის სხვადასხვა ხანგრძლივობისა და ქვანახშირის საწყისი ფასის სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის მოცემულია 8.14 ცხრილში.

ცხრილი 8.14

ელექტროენერგიის თვითღირებულება ტყიბული-შაორის ქვანახშირზე მომუშავე რუსული წარმოების ენერგოდანადგარების ბაზაზე შექმნილ მრავალპროფილიან თესებში, ცენტრ/კვტ.სთ

სადგურის სიმძლავრე	ქვანახშირის ფასი				
	30 აშშ \$/ტ	35 აშშ \$/ტ	40 აშშ \$/ტ	45 აშშ \$/ტ	50 აშშ \$/ტ
1	2	3	4	5	6
32,28 მვტ	ცენტრ/კვტ.სთ	ცენტრ/კვტ.სთ	ცენტრ/კვტ.სთ	ცენტრ/კვტ.სთ	ცენტრ/კვტ.სთ
6000 სთ	1,398	1,674	1,951	2,227	2,504
6500 სთ	1,264	1,541	1,817	2,094	2,370
7000 სთ	1,150	1,426	1,703	1,979	2,246
77,7 მვტ					
6000 სთ	1,315	1,577	1,839	2,101	2,363
6500 სთ	1,189	1,451	1,713	1,975	2,238
7000 სთ	1,081	1,343	1,605	1,868	2,130
105,0 მვტ					
6000 სთ	1,220	1,477	1,734	1,991	2,248
6500 სთ	1,102	1,359	1,616	1,873	2,130
7000 სთ	1,001	1,258	1,515	1,772	2,029
134,0 მვტ					
6000 სთ	1,106	1,374	1,643	1,911	2,179
6500 სთ	0,996	1,264	1,532	1,801	2,069
7000 სთ	0,901	1,169	1,438	1,706	1,975

ელექტროენერგიის თვითღირებულების მნიშვნელობები ბუნებრივ აირზე და ტყიბული-შაორის საბადოს ქვანახშირზე მომუშავე სხვადასხვა ტიპისა და სიმძლავრის ზემოთ განხილული ყველა თვისისათვის თავმოყრილია 8.11 ნახაზზე.

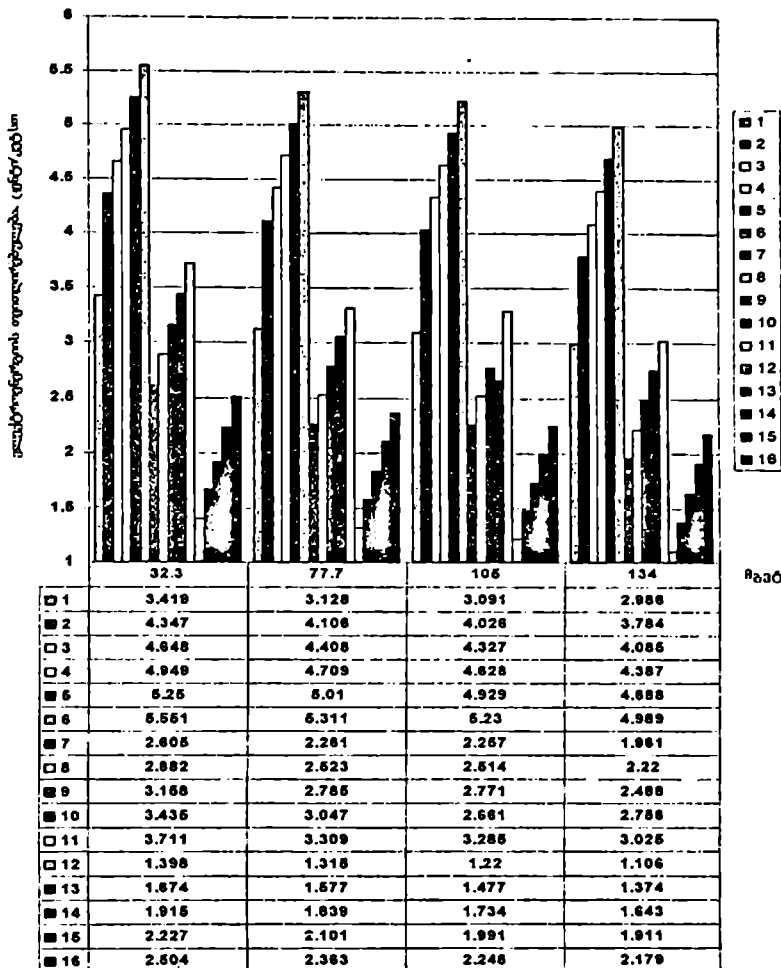
8.4. საინვესტიციო პროექტის რენტაბელურობის შეფასება

საინვესტიციო პროექტის რენტაბელურობის შესაფასებლად აუცილებელია ძირითადი ეკონომიკური პარამეტრების განსაზღვრა და რენტაბელურობის კრიტერიუმების დადგენა. რენტაბელურობის გამოთვლა წარმოებს ENSI-ის (Energy Saving International) ეკონომიკური პროგრამული უზრუნველყოფის საშუალებით [168].

ძირითად ეკონომიკურ პარამეტრებში იგულისხმება ინვესტიცია I_0 , აშშ \$; სუფთა წლიური ეკონომია B , აშშ \$/წ; ტექნიკური (ეკონომიკური) მომსახურების ვადა n , წელი; ნომინალური საპროცენტო განაკვეთი $n \cdot 100\%$; რეალური საპროცენტო განაკვეთი $r \cdot 100\%$ და ინფლაციის დონე $b \cdot 100\%$. რეალური საპროცენტო განაკვეთი განისაზღვრება ნომინალური საპროცენტო განაკვეთისა და ინფლაციის დონის გათვალისწინებით $r = (n - b) / (1 + b)$.

საერთაშორისო ნორმებისა და სტანდარტების შესაბამისად რენტაბელურობის კრიტერიუმებად მიღებულია:

- ინვესტიციის ამოგების ვადა $(PV) = I_0/B$, წელი;
- წმინდა დაყვანილი ღირებულება $(NPV) = B \cdot [1 - (1+r)^{-n}] / r - I_0$, აშშ დოლარი;
- წმინდა დაყვანილი ღირებულების კოეფიციენტი $(NPVQ) = (NPV) / I_0$;
- რენტაბელურობის შიგა ნორმა (IRR) ;



ნახ.8.11. ელექტროენერგიის თვითღირებულების მნიშვნელობები ბუნებრივ აირზე და ტვიბული-შაორის საბადოს ქვანახშირზე მომუშავე სხვადასხვა ტაისისა და სიმძლავრის ზემოთ განხილული თესებისათვის:

1-ბუნებრივ აირზე მომუშავე ორთქლადირული თესი, $S_{\text{საბ}}=72,707$ აშშ $\$/1000\text{კვტ}$;
 (2-6)-ქვანახშირზე მომუშავე ტრადიციული თესი: 2- $S_{\text{საბ}}=30$ აშშ $\$/\text{კვტ}$; 3- $S_{\text{საბ}}=35$ აშშ $\$/\text{კვტ}$;
 4- $S_{\text{საბ}}=40$ აშშ $\$/\text{კვტ}$; 5- $S_{\text{საბ}}=45$ აშშ $\$/\text{კვტ}$; 6- $S_{\text{საბ}}=50$ აშშ $\$/\text{კვტ}$. (7-11)-ქვანახშირზე მომუშავე მრავალპროფილიანი თესი Turkey-ის ვარიანტი: 7- $S_{\text{საბ}}=30$ აშშ $\$/\text{კვტ}$; 8- $S_{\text{საბ}}=35$ აშშ $\$/\text{კვტ}$;
 9- $S_{\text{საბ}}=40$ აშშ $\$/\text{კვტ}$; 10- $S_{\text{საბ}}=45$ აშშ $\$/\text{კვტ}$; 11- $S_{\text{საბ}}=50$ აშშ $\$/\text{კვტ}$; (12-16)-ქვანახშირზე მომუშავე მრავალპროფილიანი თესი (რუსული ვარიანტი): 12- $S_{\text{საბ}}=30$ აშშ $\$/\text{კვტ}$; 13- $S_{\text{საბ}}=35$ აშშ $\$/\text{კვტ}$;
 14- $S_{\text{საბ}}=40$ აშშ $\$/\text{კვტ}$; 15- $S_{\text{საბ}}=45$ აშშ $\$/\text{კვტ}$; 16- $S_{\text{საბ}}=50$ აშშ $\$/\text{კვტ}$

- უკუგების პერიოდი (PO);
- მაქსიმალური დაბანდება.

საინვესტიციო პროექტის რენტაბელურობის შესაფასების მიზნით ზემოთ შერჩეული სხვადასხვა ტიპისა და სიმძლავრის თითოეული თესისათვის დადგინდა გამოუმუშავებული ელექტროენერგიის ტარიფი ინტეგრალური მანევრებლების ერთი და იმავე მნიშვნელობებისათვის ანუ რენტაბელურობის კრიტერიუმების ერთი და იმავე სიდიდეებისათვის. კერძოდ: ტექნიკური (ეკონომიკური) მომსახურების ვალა $n=10$ წელი; ნომინალური საპროცენტო განაკეთი $n_r=13\%$; ინფლაციის დონე $b=5\%$; ინვესტიციის ამოგების ვალა (PV)=6 წელი; უკუგების პერიოდი (PO)=8,4 წელი; რენტაბელურობის შიგა ნორმა (IRR)=10%; წმინდა დაყვანილი ლირებულების კოეფიციენტი (NPVQ)=0.13; ქვანახშირის საწყისი ღირებულება $S_{\text{ახ}}=30$ აშშ \$/ტ და თესის მუშაობის ხანგრძლივობა $\tau=6000$ სთ. გაანგარიშების შედეგები მოცემულია 8.15 ცხრილში.

ცხრილი 8.15

ელექტროენერგიის ტარიფის მნიშვნელობები ბუნებრივ აირზე და ტყიბული-შაორის საბადოს ქვანახშირზე მომუშავე სხვადასხვა ტიპისა და სიმძლავრის თესებისათვის, ცენტრ/კვტ.სთ

სადგურის ტიპი და სიმძლავრე	ინვესტიცია, აშშ \$	წლიური ეკონომია, აშშ \$	(NPV) აშშ \$	მაქსიმალურ. ინვესტიცია, აშშ \$	ტარიფი, ცენტრ/კვტ.სთ
1	2	3	4	5	6
32,28 მგვტ					
ტრადიციული	38.736.000	6.430.176	5.162.421	43.921.967	7,67(4,347)
ბუნებრ. აირი	25.791.720	4.281.426	3.437.315	29.244.713	5,63(3,419)
რუსული	25.824.000	4.286.784	3.441.614	29.281.312	3,61(1,398)
"Turkney"	45.192.000	7.501.872	6.022.824	51.242.295	6,48(2,605)
77,7 მგვტ					
ტრადიციული	83.916.000	13.930.056	11.183.646	95.150.656	7,09(4,106)
ბუნებრ. აირი	54.234.600	9.003.944	7.234.778	61.502.350	5,06(3,128)
რუსული	58.275.000	9.673.650	7.766.421	66.076.844	3,39(1,315)
"Turkney"	94.794.000	15.735.804	12.633.378	107.485.000	5,64(2,261)
105,0 მგვტ					
ტრადიციული	109.200.000	18.127.200	14.553.293	123.819.672	6,9(4,026)
ბუნებრ. აირი	72.975.000	12.113.850	9.725.518	82.744.877	5,01(3,091)
რუსული	73.500.000	12.201.000	9.795.485	83.340.164	3,16(1,220)
"Turkney"	127.575.000	21.177.450	17.002.164	144.654.713	5,62(2,257)
134,0 მგვტ					
ტრადიციული	123.280.000	20.464.480	16.429.761	139.784.700	6,33(3,784)
ბუნებრ. აირი	82.008.000	13.613.328	10.929.363	92.967.213	4,68(2,986)
რუსული	87.100.000	14.458.600	11.607.983	98.760.929	2,90(1,106)
"Turkney"	143.380.000	23.801.080	19.108.527	162.575.683	4,91(1,951)

8.15 ცხრილში წარმოდგენილი ინფორმაციის თანახმად საინვესტიციო პროექტების რენტაბელურობის შენარჩუნების მიზნით ტყიბული-შაორის საბადოს ქვანახშირზე მომუშავე სხვადასხვა სიმძლავრის ტრადიციული თესებისათვის ტარიფი გამოუმუშავებული ელექტროენერგიის თითოეულ კვტ.სთ-ზე არ უნდა იყოს 6,33–7,67 ცენტზე ნაკლები. ბუნებრივ აირზე მომუშავე Turkney - ის ვარიანტით განსახორციელებელი ორთქლბრუნული თესებისათვის ეს სიდიდე 4,68...5,63 ცენტრ/კვტ.სთ ფარგლებში იცვლება. ელექტროენერგიის ტარიფი ტყიბული-შაორის ქვანახშირზე მომუშავე Turkney - ის ვარიანტით განსახორციელებელი

ორთქლაირული ენერგოდანადგარების ბაზაზე შექმნილ სხვადასხვა სიმძლავრის მრავალპროფილიან თესებში 4,91...6,48 ცენტ/კეტ.სთ-ის ტოლია.

როგორც მოსალოდნელი იყო, გამომუშავებული ელექტროენერგიის ტარიფი ყველა დაბალია ტყიბული-შაორის ქვანახშირზე მომუშავე რუსული წარმოების ენერგოდანადგარების ბაზაზე შექმნილ მრავალპროფილიან თესებისათვის. ტარიფის მნიშვნელობები სხვადასხვა სიმძლავრის მრავალპროფილიან თესებში, მათი ექსპლუატაციის სხვადასხვა ხანგრძლივობისა (6000, 6500 და 7000 სთ) და ქვანახშირის სხვადასხვა საწყისი ღირებულებისათვის (30,40,50 და 60 აშშ დოლ/ტ), მოცემულია 8.16. ცხრილში. ამავე ცხრილში ნაჩვენებია საწყისი ინვესტიციები (I₀) თითოეული სიმძლავრის მრავალპროფილიანი თესისათვის.

ცხრილი 8.16

ელექტროენერგიის ტარიფი ტყიბული-შაორის ქვანახშირზე მომუშავე რუსული წარმოების ენერგოდანადგარების ბაზაზე შექმნილ მრავალპროფილიან თესებში, ცენტ/კეტ.სთ

სადგურის სიმძლავრე	ქვანახშირის საწყისი ღირებულება, აშშ დოლ/ტ			
	30	40	50	60
32,28 მგეტ				
I ₀ =25,8 მლნ აშშ დოლ				
6000 სთ	3,61(1,398)	4,16(1,951)	4,72(2,504)	5,27(3,057)
6500 სთ	3,31(1,264)	3,86(1,817)	4,41(2,370)	4,97(2,923)
7000 სთ	3,05(1,150)	3,60(1,703)	4,15(2,256)	4,71(2,809)
77,7 მგეტ				
I ₀ =58,3 მლნ აშშ დოლ				
6000 სთ	3,39(1,315)	3,91(1,839)	4,44(2,363)	4,96(2,888)
6500 სთ	3,10(1,189)	3,63(1,713)	4,15(2,238)	4,68(2,762)
7000 სთ	2,86(1,081)	3,38(1,605)	3,91(2,130)	4,43(2,654)
105,0 მგეტ				
I ₀ =73,2 მლნ აშშ დოლ				
6000 სთ	3,16(1,220)	3,63(1,734)	4,19(2,248)	4,70(2,762)
6500 სთ	2,89(1,102)	3,40(1,616)	3,92(2,130)	4,43(2,644)
7000 სთ	2,66(1,001)	3,18(1,515)	3,69(2,029)	4,20(2,543)
134,0 მგეტ				
I ₀ =87,1 მლნ აშშ დოლ				
6000 სთ	2,90(1,106)	3,44(1,643)	3,98(2,179)	4,51(2,716)
6500 სთ	2,66(0,996)	3,19(1,532)	3,73(2,069)	4,27(2,606)
7000 სთ	2,44(0,901)	2,98(1,438)	3,52(1,975)	4,05(2,511)

როგორც ცხრილიდან ჩანს, ელექტროენერგიის ტარიფი რუსული წარმოების ენერგოდანადგარების ბაზაზე შექმნილ მრავალპროფილიან თესებში 2,44-5,27 ცენტ/კეტ.სთ ფარგლებში იცვლება.

გამოკლებული და გაანალიზებულია საქართველოს სათბობ-ენერგეტიკის სექტორის კრიზისული მდგომარეობა და მისი გამოწვევი ძირითადი მიზეზები; მსოფლიო ენერგეტიკული ბალანსის და ნახშირზე მომუშავე თბოელექტროსადგურების დღევანდელი მდგომარეობისა და მათი განვითარების პერსპექტივების შესწავლის საფუძველზე შემუშავებულია საქართველოში ადგილობრივი მყარი სათბობის ექსპლუატაციის გამოყენების გრძელვადიანი სტრატეგია.

მყარი სათბობის მინერალური ნაწილის უტილიზაციის შესაძლებლობის და ნახშირების კომპლექსური გამოყენების პერსპექტივების შესწავლის საფუძველზე გაკეთებულია დასკვნა, რომ საქართველოს სხვადასხვა საბადოში მოპოვებული ნახშირების მინერალური კომპონენტების ქიმიური შედგენილობა, მყარი სათბობის გაზიფიკაციის თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენების შემთხვევაში, სრულად დააკმაყოფილებს წიდანაცრის, როგორც მეორეული (თანმდგვე) პროდუქციის საწარმოო საწყისი ნედლეულის, ხარისხს.

გაკეთებულია დასკვნა, რომ დღეისათვის მყარი სათბობის დაწვის ეკოლოგიურად სუფთა, უნარჩუნო, მაღალეკონომიური და მრავალმიზნობრივი დანიშნულების ერთ-ერთი ყველაზე უფრო პერსპექტიული ტექნოლოგიების რიცხვს მიეკუთვნება ნახშირების გაზიფიკაციის პროცესი, რომელიც უზრუნველყოფს არა მარტო დაბალხარისხიანი ნახშირების სრულ ტექნოლოგიურ გაამდიდრებას და წიდანაცრის ნარჩენების ფართომასშტაბიან გამოყენებას მეურნეობის სხვადასხვა დარგებში, არამედ როგორც სასათბურე და აკვალის აირების გამოწარმოების, ისე გოგირდისა და აზოტის ჟანგეულების შემცირებასაც დასაშვებ ფარგლებში.

დადგენილია, რომ ნახშირზე მომუშავე თესებში მეორეული პროდუქტების წარმოების ორგანიზაცია მნიშვნელოვნად გააუმჯობესებს ელექტროენერგიის გამომუშავების ეკონომიურ მაჩვენებლებს, რამეთუ ნახშირის მინერალური კომპონენტებიდან თანაპროდუქტების მიღების შესაძლებლობა მნიშვნელოვანი ენერგეტიკული და მატერიალური დანახარჯების გარეშე და მათი შემდგომი რეალიზაცია უზრუნველყოფს უნარჩუნო ენერგეტიკული კომპლექსის შექმნის შესაძლებლობას.

შესწავლილია მყარი სათბობის გაზიფიკაციის ქიმიური პროცესების თერმოდინამიკა; გამოვლენილია ტყიბული-შაორის საბადოს ქვანახშირებისაგან მიღებული გენერატორული აირების ენერგეტიკულ სათბობად გამოყენების შესაძლებლობები (პერსპექტივები); შემუშავებულია ტყიბული-შაორის საბადოს ქვანახშირების, როგორც საწვავი აირების საწყისი ნედლეულის, შეფასების მეთოდიკა; გენერატორული აირების მიღების კომბინირებული გაანგარიშების მეთოდის გამოყენებით დადგენილია ტყიბულ-შაორის საბადოს ქვანახშირების გაზიფიკაციის დროს მიღებული გენერატორული აირის ძირითადი თბოტექნიკური მაჩვენებლები; შემოთავაზებულია საგაზიფიკაციო მყარი სათბობის ხარჯის გასაანგარიშებელი ფორმულა.

ტყიბული-შაორის საბადოს ქვანახშირზე მომუშავე თესების ეკოლოგიური სისუფთავის უზრუნველყოფის მიზნით, შესწავლილია გენერატორული აირის წვის ნაწარმში ნახშირბადის, გოგირდის და აზოტის ჟანგეულების ემისიებისა და ბუნებრივი რადიოაქტიური ნივთიერებებისა (ბრნ) და მიკროელემენტების (მკე) რაოდენობების დადგენის და მათი შემცირების ღონისძიებები. ნაჩვენებია, რომ მყარი სათბობის შიდაციკლური გაზიფიკაციის ყველა გავრცელებული მეთოდი ითვალისწინებს გენერატორული აირების გაწმენდას როგორც აზოტისა და გოგირდის ნაერთებისაგან, ისე მუდრინავი ნაცრისაგან, ამიტომ გენერატორის აირის გაწმენდილი სისტემები მთლიანად უზრუნველყოფენ მკენე ნივთიერებების გამოწარმოების დასაშვებ ზღვრებში შენარჩუნებას.

განხილულია წიდის ნადნობში ნახშირების გაზიფიკაციის ტექნოლოგიური სქემა, აღწერილია მიმდინარე ტექნოლოგიური პროცესები და ძირითადი დანადგარების მოქმედების პრინციპები. ნახევრებია ნახშირის შემდგენი მინერალური კომპონენტებიდან მეორეული პროდუქტების მიღების მექანიზმი, ჩატარებულია ტყიბული-შაორის საბადოს ნახშირის გაზიფიკაციის, მისგან მეორეული პროდუქტების წარმოებისა და საქართველოში ნახშირზე მომუშავე თბოელექტროსადგურის აშენების შესაძლებლობის ანალიზი. წინასწარი გაანგარიშებების საფუძველზე დადგენილია, რომ მეორეული პროდუქტების რეალიზაციის შედეგად მიღებულმა შემოსავალმა შეიძლება უნარჩუნო ენერგეტიკული კომპლექსის საერთო შემოსავლის რამდენიმე ათეული პროცენტი შეადგინოს.

შერჩეულია ბინარული ციკლის ძირითადი ენერგოდანადგარები. დადგენილია ტყიბული-შაორის საბადოს ქვანახშირზე მომუშავე სხვადასხვა ტიპის თბოელექტროსადგურების ენერგოეკონომიკური მაჩვენებლები. დასაბუთებულია ტყიბული-შაორის საბადოს ქვანახშირების შიგაციკლური გაზიფიკაციის ბაზაზე მრავალპროფილიანი ორთქლადირული თესის შექმნის შესაძლებლობა, რაც უზრუნველყოფს თანამედროვე თესებისადმი წაყენებული ისეთი მოთხოვნების შესრულების შესაძლებლობებს, როგორიცაა: ნებისმიერი სათბობის, მათ შორის, ყველაზე დაბალი ხარისხის ნახშირების, ეფექტური გამოყენება; ნახშირის მინერალური კომპონენტებიდან თანაპროდუქტების მიღება მცირე ენერგეტიკული და მატერიალური დანახარჯებით და მათი შემდგომი რეალიზაცია, ანუ უნარჩუნო ენერგეტიკული კომპლექსის შექმნა; წვის აირადი ნაწარმის გამონაბოლქების, ასევე გოაირდისა და აზოტის ჟანგულების შემცირება დასაშვებ ფარგლებამდე და ამით ელექტროენერგიის წარმოების ეკოლოგიური სისუფთავის გაუმჯობესება; ბინარული ციკლის გამოყენება, რომელიც თავისი მაღალი ეკონომიურობით გამოირჩევა ტრადიციულ ორთქლტურბინიან დანადგარებთან შედარებით და, შესაბამისად, სათბობის კუთრი ხარჯის შემცირება.

გამოთქმულია აზრი, რომ გარკვეული პერიოდის შემდეგ, რომელიც საჭიროა ნახშირზე მომუშავე თესების განვითარების ძირითადი ტენდენციებისა და თანამედროვე ენერგობლოკების ექსპლუატაციის მსოფლიო გამოცდილების ასათვისებლად, სათანადო ეკონომიკურ-ფსიქოლოგიური გარემოს შექმნის პირობებში, შესაძლებელი გახდება საქართველოში დაინერგოს ტყიბული-შაორის საბადოს ქვანახშირზე მომუშავე მრავალპროფილიანი კომბინირებული ორთქლადირიანი თესი.

ელექტროენერგიის წარმოების მიზნით ადგილობრივი ქვანახშირების ეფექტური გამოყენების შესაძლებლობა, განხილულია, როგორც ენერგეტიკული უსაფრთხოების ერთ-ერთი ძირითადი ინდიკატორი, რაც მნიშვნელოვან როლს შეასრულებს ჩვენი ქვეყნის ეკონომიკური განვითარების საქმეში.

Progressive technologies of solid fuel burning and perspectives of Georgia power-producing development

A crisis situation of the fuel and energy complex of Georgia and long-term strategy of the solid fuel use are considered. The information on the proved extracted coal reserves and their probable resources in Georgia are shown. Dynamics of coal production and sphere of their application is shown. The main reasons of coal production reduction and its competitiveness are presented. The perspectives ecological and economically justified application of country coal deposits are investigated. The analysis of capabilities of increase energy efficient TPP is conducted. The problems of interaction with an environment ecological pure TPP on Tkibuli-Shaori coal deposit are analyzed. The judgment is expressed that the effective utilization of Tkibuli-Shaori coal deposit and overcome of a coal industry of Georgia from steep crisis can be executed by introduction in power-producing of our country of non-traditional coal technologies of energy efficient gas and steam turbines installations.

The monography is recommended by "Independent Energy Association" and is intended for a wide range of the readers, first of all, energy engineers and experts interested in a overcoming of the coal and power-producing industry of Georgia from steep crisis and their further development. The monography is based on the doctoral thesis of Mr. T. Jishkariani.

Кипшидзе М.Е., Арвеладзе Р.И., Джигшкарини Т.С., Арабидзе Г.О.

Прогрессивные технологии сжигания твёрдого топлива и перспективы развития энергетики Грузии

Рассмотрены кризисное положение топливно-энергетического комплекса Грузии и долгосрочная стратегия использования твёрдого топлива. Представлена информация о доказанных извлекаемых запасах углей и их прогнозных ресурсах в Грузии. Показана динамика добычи углей и сферы их применения. Приведены основные причины снижения темпов добычи угля и его конкурентноспособности. Изучены перспективы экологически и экономически обоснованного применения добываемых на месторождениях страны углей. Проведен анализ возможностей повышения энергоэффективности ТЭС. Проанализированы проблемы взаимодействия с окружающей средой экологически чистой ТЭС на углях Ткибули-Шаорского месторождения. Высказано мнение, что эффективное использование углей Ткибули-Шаорского месторождения и вывод угольной промышленности Грузии из глубокого кризиса можно осуществить внедрением в энергетику нашей страны нетрадиционных угольных технологий многоцелевого назначения на базе применения современных энергоэффективных газотурбинных и парогазовых установок.

Монография рекомендована к изданию «Независимой ассоциацией энсгетиков» и предназначена для широкого круга читателей, в первую очередь, инженеров-энергетиков и лиц, заинтересованных выводом угольной промышленности и энергетики Грузии из глубокого кризиса и их дальнейшего развития. Монография создана на основе докторской диссертации Джигшкарини Т.С

1. Ларин В.С. Противостояние // Энергия (экономика, техника, экология). 1991. №2. с.12-16.
2. Кипшидзе М. И., Арабидзе Г.О., Верулава Н.Д. Анализ основных проблем, стоящих перед энергетикой Грузии, и пути преодоления кризиса // Энергия. №1-2. Тбилиси. 2001. с. 88-92.
3. Поддубский А.П. О создании нового поколения газотурбинных установок и их использовании при сооружении новых и реконструкции действующих электростанций // Электрические станции. 1991. №4. с.2-9.
4. Первый международный конгресс памяти А.Д. Сахарова «Мир, прогресс и права человека» // Энергия (экономика, техника, экология). 1991. №10. с.38-41.
5. Mqiashvili T., Jishkariani T., Chkhaidze B., Kiguradze O. Socio-economical Effectiveness of the Structural Adjustments in Energy Sector of Georgia. Great Britain charity organization "OXFAM". 2003. Tbilisi. -24 p.
6. არაბიძე გ. „საქართველოს სათბო-ენერგეტიკის კომპლექსის ძირითადი პრობლემების ოპტიმალური გადაწყვეტა თანამედროვე ენერგოეფექტური ტექნოლოგიების და ეკონომიკური მექანიზმების გამოყენებით“. სადოქტორო დისერტაცია, 2003, -372 გვ.
7. ყიფშიძე მ., ჯამარჯაშვილი ე., არაბიძე გ. თბილისრესში არსებული მდგომარეობის ანალიზი და მისი რაციონალური განვითარების გზები // ენერგია, №4. თბილისი. 2001. გვ. 7-14.
8. ყიფშიძე მ., არაბიძე გ. საქართველოს სითბური და ელექტროენერგიის გენერაციის წყაროების მდგომარეობის შედარებითი ანალიზი. // მეცნიერება და ტექნოლოგიები, №7-9. თბილისი. 2002. გვ. 32-36.
9. ყიფშიძე მ., ჯამარჯაშვილი ე., არაბიძე გ. აირტურბინული ტექნოლოგიების გამოყენების საფუძველზე „თბილისრესი-150“-ის რეკონსტრუქცია-გაფართოების ეარიანტების შედარებითი ანალიზი // სტუ-ს სამეცნიერო შრომები, №4(443). თბილისი. 2002. გვ. 53-59.
10. ყიფშიძე მ., ჯამარჯაშვილი ე., არაბიძე გ. მოხმარებული ელექტროენერგიის აღრიცხვიანობის მოწესრიგება საფასურის ამოღების გაუმჯობესების მიზნით // ენერგია, №1. თბილისი. 2002. გვ. 92-98.
11. ერისთავი ე., ჩომახიძე დ., ცინცაძე პ. ენერგეტიკის რეგულირების საფუძვლები. წიგნი 1. თბილისი: თერგი, 2000. გვ. 53-54.
12. ყიფშიძე მ., დვალი დ., ჯამარჯაშვილი ე., არაბიძე გ. საქართველოს ენერგოსისტემის მუშაობის მდგომარეობის გაუმჯობესების, საიმედო ტრანზიტის განხორციელების და ელექტროენერგიის მოხმარების ეფექტიანობის გაზრდის ღონისძიებები //მეცნიერება და ტექნოლოგიები, №10-12. თბილისი. 2002. გვ.82-86.
13. ევზირიშვილი ო., ჯიშარიანი თ. ადგილობრივი სათბობის წყის რეჟიმის ოპტიმიზაცია არსებულ და ახალ თბოსადგურებში ენერგოეკოლოგიური მახასიათებლების გაუმჯობესებასთან ერთად. სამეცნიერო-კვლევითი ანგარიში №40/93. თბილისი. 1993. -178 გვ.
14. ევზირიშვილი ო., ჯიშარიანი თ. მყარი სათბობის წყის პროგრესული ტექნოლოგიები და ენერგეტიკის განვითარების პერსპექტივები // აკადემიკოს ვახტანგ გომელაურის და არჩილ გომელაურის ხსოვნისადმი მიძღვნილი სამეცნიერო კონფერენციის მოხსენებათა კრებული. თბილისი. 2000. 18-19 მაისი, გვ. 20-22.
15. Мадоян А.А., Кушнарев Ф.А. Комплексное использование угля - основа экологически чистых и безотходных технологий в энергетике // Теплоэнергетика. 1999. №11. с.6-8.
16. ენერგოკომპანიების და პირდაპირი მომხმარებლების ელექტროენერგიაზე დარცხული და ამოღებული თანხები 1999 წლის ივნის-დეკემბერში, ფორმბ-2ი. საქართველოს ელექტროენერგიის საბითუმო ბაზარი / შემსრულებლები: მურადიანი, ჩაღუნელი, ვარდოსანიძე. დეკემბერი, 1999. - 6 გვ.

17. ენერგოკომპანიების და პირდაპირი მომხმარებლების ელექტროენერგიაზე დარიცხული და ამოღებული თანხა 2000 წლის 12 თვეში, ფორმა-2ი. საქართველოს ელექტროენერგიის საბითუმო ბაზარი / შემსრულებლები: მურადიანი, ჩადუნელი, ვარდოსანიძე. დეკემბერი, 2000. - 7 გვ.
18. რეალიზაციაზე დარიცხული და გადახდილი თანხები 2001 წლის 12 თვის, ACS - 04 ver 2.20. საქართველოს ელექტროენერგიის საბითუმო ბაზარი. 2/2001. - 5 გვ.
19. რეალიზაციაზე დარიცხული და გადახდილი თანხები 2002 წლის 12 თვის, ACS-04 ver 2.20. საქართველოს ელექტროენერგიის საბით. ბაზარი. 12/2002 -3 გვ.
20. საქართველოს ეროვნული ბანკის ოფიციალური მონაცემებზე დაყრდნობით მოწოდებული ინფორმაცია აშშ დოლარის და რუსული "რუბლის" გაცვლითი კურსის შესახებ ლართან მიმართებაში. საქართველოს სტატისტიკური სახელმწიფო დეპარტამენტი. თავმჯდომარის პირველი მოადგილე ი. არჩვაძე. 16.04.03. - 1 გვ.
21. საქართველოს ელექტროენერგიის საბითუმო ბაზრის 2003 წლის ანგარიში. სესბ, წლიური ანგარიში. 2003. - 60 გვ.
22. Malkhaz Kipshidze, Georgi Turkia. Economic Crime in the Energy Sector (Power Engineering). American University. Transnational Crime & Corruption Center. Georgian Money Laundering Project. 'Economic Crime & Money Laundering in Georgia -, Tbilisi, 2004, 29-30 June. - p.26-29.
23. ყოფშიძე მ., არაბიძე გ. ქვეყნის ელექტროენერგეტიკული სექტორის ფინანსური მდგომარეობა და მისი გაუმჯობესების გზები // სტუ-ს სამეცნიერო შრომები, №7(446). თბილისი. 2003. გვ. 50-52.
24. ყოფშიძე მ., არაბიძე გ. მანაწილებელი ენერგოკომპანიების გამოსვლილება და მათი პოზიტიუზება // ენერგია, №1. თბილისი. 2003. გვ. 1-6.
25. Галеев В.В. Экологически чистая тепловая электростанция – одно из основных направлений государственной научно-технической программы «Экологически чистая энергетика» // Электрические станции. 1991. №5. С. 2-6.
26. Нечаев В.В. Чистая угольная технология для ТЭС в США. Электрические станции. 1991. №5, - с. 6-11.
27. Вольфберг Д.Б. Современное состояние и перспективы развития энергетики мира // Теплоэнергетика. 1999. №8, - с. 5-12.
28. ჩხაიძე ბ., ჯიშყარიანი თ., არაბიძე გ. მსოფლიო ენერგეტიკული ბალანსის დღევანდელი მდგომარეობა და მისი განვითარების პერსპექტივები // აკადემიკოს ვახტანგ გომელაურის და არჩილ გომელაურის ხსოვნისადმი მიძღვნილი სამეცნიერო კონფერენციის მოხსენებათა კრებული. თბილისი. 2000. 18-19 მაისი. - გვ. 9-15.
29. «Survey of Energy Resources» - Мировой энергетический совет (МИРЭС), 1998.
30. "Oil Information" – Международное энергетическое агентство (МЭА), 1998.
31. «Global Energy Perspectives» – Международный институт прикладного системного анализа (МИПСА) и Мировой энергетический совет (МИРЭС), 1998.
32. Путь к экологически чистой и приемлемой энергии в XXI веке» - Доклад Минэнерго США, 1998.
33. «Энергетические технологии для 21-го века» - Международное энергетическое агентство (МЭА), 1997.
34. «Перспективы мировой энергетики» - Международное энергетическое агентство (МЭА), 1998.
35. Прогноз Международного энергетического агентства (МЭА). "World Energy Outlook", 1997.
36. Прогноз Европейского Союза, "Energy in Europe, European Energy to 2020", 1997.

37. Кизильштейн Л.Я., Левченко С.В. Элементы-примеси и экологические проблемы угольной энергетики // Теплоэнергетика. 2003. №12.- с. 14-19.
38. 28-ая международная конференция по использованию угля и топливным системам. (В.Е. Мессерле, А.Б. Устименко. ОЦПЭТ РАО «ЕЭС России») // Теплоэнергетика. 2004. №1. с.73-76.
39. ყიფშიძე მ., ჯიშკარიანი თ. ნახშირით მომუშავე თბოელექტროსადგურების დღევანდელი მდგომარეობა და მათი განვითარების პერსპექტივები // მეცნიერება და ტექნოლოგიები. 2003. №10-12, გვ. 93-96.
40. Ольховский Г.Г. Технологии для тепловых электростанций// Теплоэнергетика. 1999. №8, с.20-25.
41. Брумелъ Х.Г. Направление и эффективность реконструкции тепловых электростанций // Теплоэнергетика. 1999. №11, с.78-80.
42. ჯიშკარიანი თ., გოჩიაშვილი თ., კიდურაძე ო., მიქიაშვილი თ., ყიფშიძე მ. მყარი სათბობის გამოყენების თანამედროვე ტექნოლოგიები ენერგეტიკაში // სამთო ჟურნალი, 2004, №1(12), გვ.42-51.
43. Макаров Н.М., Прутковский У.Н., Корсов Ю.Г. Чавчанидзе Е.К. Опытнo-промышленная парогазовая установка с внутрицикловой газификацией угля // Теплоэнергетика. 1985. №9, с. 18-23.
44. Альтшулер В.С., Большедворский А.Д. Газификация углей на тепловых электростанциях // Теплоэнергетика.1988 №8, с. 26-30.
45. Разработка парогазовых установок с внутрицикловой газификацией твердого топлива. Тр. ЦКТИ. 1982. вып.197. - 108 с.
46. Проектирование парогазовых ТЭЦ с внутрицикловой газификацией твердого топлива. Тр. ВНИПИэнергопром. 1985. - 187 с.
47. Березинец П.А., Горин В.И., Нестеров Ю.В., Семенов В.П., Егоров А.И., Иванников В.М., Благородов В.Н., Косинский Г.Е., Мешалкин В.С. Перспективные парогазовые установки с газификацией канско-ачинского угля для экологически чистой Березовской ГРЭС-2 // Теплоэнергетика.1991. №6, с. 18-24.
48. Шакарян Р.Ю., Березинец П.А., Петросян Р.А., Щукин Е.В., Надыров И.И. Парогазовая установка с котлом ЦКС под давлением для сжигания низкосортных углей // Теплоэнергетика. 1991. №6, с.24-29.
49. Киселев В.А. Подготовка и подача известняка в виде водонизвестняковой суспензии а котлы с циркулирующим кипящим слоем // Электрические станции. 1991. №6, с.41-44
50. Гансев В.В. Экологически чистая тепловая электростанция – одна из основных направлений государственной научно-технической программы «Экологически чистая энергетика» // Электрические станции. 1991. №5, с.2-8
51. კანდელაკი რ., კიდურაძე ო., ჯიშკარიანი თ. თბოელექტროსადგურების ტექნიკურად ხელახალი აღჭურვის კონცეფცია და სათბობ-ელემენტები (FUEL CELLS)// ენერგია, 2003, №4(28), გვ.67-71.
52. Канделаки Р.Д. Топливные элементы: технология и применение //Труды Горно-геологической секции международной научно-инженерной конференции «Новейшие технологии и Грузия». Тбилиси 2002, с.92-96.
53. ყიფშიძე მ., ჯიშკარიანი თ. ნახშირების კომპლექსური გამოყენების პერსპექტივები// ენერგია. 2004. №1(29), გვ.3-7.

54. Бухонов Д.Ю., Морозов В.В. Эффективность многоцелевого использования твердого топлива на ТЭС// Теплоэнергетика. 2003. №12, с.65-67.
55. Кобзаренко Л.Н. Экологическая и экономическая эффективность инвестиционных проектов энергоустановок многоцелевого назначения с газификацией угля в шлаковом расплаве// Теплоэнергетика. 2004. №2, с.58-63.
56. Левченко Г.И., Балтян В.Н., Христич Л.М. Энергетический котел с утилизацией минеральной части твердого топлива// Теплоэнергетика, 1999, №11, с.9-11.
57. Мадоян А.А. Ведущая роль журнала «Теплоэнергетика» в развитии энергетики страны// Теплоэнергетика.2004. №1, с.15-16.
58. Баласанов А.В., Усачев А.Б., Роменец В.А., Веренин В.Г. Опыт сжигания угля в металлургии// Теплоэнергетика. 2003. №8, с.32-38.
59. Федоренко Г.С. Разработка и внедрение новых энергетических технологий и оборудования в ОАО «Ростовэнерго»// Теплоэнергетика. 1999. №11, с.20-21.
60. Дроздник И.Д., Кафтан Ю.С., Должанская Ю.Б. Новые направления использования углей (обзор)// Кокс и химия. 1999. №1, с.4-16.
61. Сучков С.И., Блейкин В.З., Папушин Ю.Л., Абросимов А.А. Экспериментальная проработка подготовки и газификации низкорекционных углей и отходов на воздушном дутье// Теплоэнергетика, 2003, №8, с.9-11.
62. ყუშიტაშვილი ა. ქვანახშირის მრეწველობის განვითარება საქართველოში. თბილისი: საბჭოთა საქართველო. 1997. - 138 გვ.
63. Чухин И.М., Рыжкин В.Я., Цанев С.В. Методика определения энергетических показателей обобщенной парогазовой ТЭС // Теплоэнергетика. 1982. №3, с. 65-67.
64. Тайц Е.М., Титов П.Г., Шишаков Н.В. Методы анализа и испытания углей как сырья для промышленного использования.М.:Госгортехиздат, 1961. - 316 с.
65. Шишаков Н.В. Основы производства горючих газов. М-Л.: Госэнергоиздат, 1948. - 479 с.
66. Рабинович О. М. Сборник задач по технической термодинамике. М.: Машиностроение, 1973. - 344 с.
67. Карапетянц М.Х. Химическая термодинамика. М.: Химия. 1975. -584 с.
68. Глинка Н.Л. Общая Химия. Л.: Химия. 1987.-704с.
69. Дешалит Г. И. Расчеты процессов газификации топлива. Харьков: Издательство Харьковского Ордена Трудового Красного Знамени Государственного Университета им. А. М. Горького, 1959. -167 с.
70. ყიფშიძე მ., ჯიშკარიანი თ., არაბიძე გ., ახალაია გ. საქებად დანადგარები. თბილისი: ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2000. -392გვ.
71. ყიფშიძე მ., ჯიშკარიანი თ. სათბობი, წვის თეორია და საქებად დანადგარები. ტომი I. სახელმძღვანელო. თბილისი: ტექნიკური უნივერსიტეტი, 1997. -196გვ.
72. ყიფშიძე მ., ჯიშკარიანი თ. სათბობი, წვის თეორია და საქებად დანადგარები. ტომი II. სახელმძღვანელო, თბილისი: ტექნიკური უნივერსიტეტი, 1997. -195გვ.
73. ყიფშიძე მ., ჯიშკარიანი თ. სათბობი, წვის თეორია და საქებად დანადგარები. ტომი III. სახელმძღვანელო, თბილისი: ტექნიკური უნივერსიტეტი, 1998. -204გვ.
74. ყიფშიძე მ., არაბიძე გ., ჯიშკარიანი თ. სათბობი, წვის თეორია და საქებად დანადგარები. (ამოცანათა კრებული). სახელმძღვანელო. თბილისი: ტექნიკური უნივერსიტეტი, 1999. -178გვ.
75. Gumz. Gas Produces and Blast Furnaces. 1953.
76. Шишаков Н.В. В помощь газогенераторщику. Москва.: Металлургиядат, 1945. - 72 с.
77. Альштулер В.С. Новые процессы газификации твердого топлива. Москва: НЕДРА, 1976
78. Труды третьей научно-технической конференции. Газификация твердого топлива. Под ред. Гинзбурга Д.Б. Москва: Государственное научно.-техническое издательство нефтяной и горно-топливной литературы.1957. -375 с.

79. Ольховский Г.Г., Тумановский А.Г. Применение новых технологий при техническом перевооружении угольных ТЭС//Теплоэнергетика. 2003. №9, с.7-18.
80. Степанов С.Г. Развитие технологий и новые подходы к газификации угля// Теплоэнергетика. 2004. №9, с. 40-43.
81. Ольховский Г.Г., Беренинцев П.А. Парогазовые установки с газификацией угля в пылегазовом потоке// Энергохозяйство за рубежом (приложение к журналу Электрические станции).1991. №5, с. 1-10.
82. Coal gasification progress. Salvador L.A., Rath L.P., Carteta E.J. Vidi E.J. PACE. 1981. №2. - p. 18-30.
83. Лейкин В.З., Лузин П.М., Маслов В.Е. Система подготовки твердого топлива для ПГУ-250 с внутрицикловой газификацией твердого топлива// ЦКТИ. 1982. вып.197. - с.71-77
84. Брандт Х.,Шингиниц М., Гудымов Э.А.,Соляков В.К., Федотов В.Г. Процесс ГСП-высокопроизводительный способ газификации угольной пыли в энергетике// Теплоэнергетика.1988. №8, с.74-76.
85. Deer Park unit points the way. Modern Power Systems. 1988. №8. - p.53-59.
86. Comet M.S. Process improvements make integrated gasification combined cycle viable. Modern Power Systems. 1987. №10. - p.25-31.
87. Hell is building prototype SCGP coal gasification plant. Gas Turbin World. 1985. №4. p.16-18.
88. Glark W.N., Shorter V.R. Cool Water Mid Term Performance Assess meut. Turbomachinery Internations. 1986. V.11-12. №6. p.20-27.
89. Gerstbrein E.O. Latest developemetic and performance of Texaco coal gasification process for electric power plante. Industrial Heating. 1986. №11. p.36-43.
90. Sundstrom D.G. Early operation of Dow IGCC looks good. Modern Power Systems. 1987. №8. p. 39-43.
91. Манушин Э. А.. Газовые турбины: проблемы и перспективы. М.: Энергоиздат, 1986.
92. ყიფშიძე მ., ჯამარჯაშვილი ე., ჯიშკარიანი თ., არაბიძე გ. საქართველოში ნახშირით მომუშავე ეკოლოგიურად სუფთა თბოელექტროსადგურის კონცეფცია// ენერგია, 2004, №3, გვ. 25-29.
93. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод). Под ред. Н. В. Кузнецова и др., М.: Энергия, 1973. - 296 с.
94. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции. М.: Энергоатомиздат, 1987. - 328 с.
95. ყიფშიძე მ., ჯამარჯაშვილი ე., ჯიშკარიანი თ., არაბიძე გ. ნახშირბადის ჟანგბულის (CO₂) ემისია ტყიბულის ნახშირისა და მისი გაზიფიკაციით წარმოქმნილი აირების წვის დროს// ენერგია, საქართველოს ენერგეტიკის აკადემიის დაარსების 10 წლისთავისადმი მიძღვნილი საიუბილეო გამოცემა, 2004, გვ. 29-34.
96. Мессерле В.Е., Устименко А.Б. 28 -я Международная конференция по использованию угля и топливным системам// Теплоэнергетика, 2004, №1, с. 73-76.
97. ყიფშიძე მ., ჯიშკარიანი თ., არაბიძე გ. გოგირდის ჟანგბულის ემისია ტყიბულ-შაორის ქვანახშირებისა და მათი გაზიფიკაციით მიღებული საწვავი აირების წვის დროს// ენერგია, 2005, №2(34), გვ.16-21.
98. Белков С.Е., Котлер В.Р.Нулевые выбросы в атмосферу// Теплоэнергетика, 2004, №1, с. 69-72.
99. ყიფშიძე მ., ჯიშკარიანი თ. ნახშირების გაზიფიკაცია წილის ნაღობში// ენერგია, 2004, №3, გვ.17-25.
100. Рихтер Л. А., Волков Э. П., Покровский В. Н. Охрана водного и воздушного бассейнов от выбросов ТЭС. М.: Энергоиздат, 1981. – 296 с.
101. ყიფშიძე მ., ჯიშკარიანი თ., არაბიძე გ. აზოტის ჟანგბულის ემისია ტყიბულის ნახშირისა და მისი გაზიფიკაციით მიღებული საწვავი აირების წვის დროს, ენერგია, 2005, №3(35), გვ.20-24.
102. ყიფშიძე მ., არაბიძე გ., ახალაია გ. თბოენერგეტიკული დანადგარების

გაგლეზა გარემოზე და მისი დაცვა. თბილისი: ტექნიკური უნივერსიტეტი, 1999. -240 გვ.

103. Давидов М.Г., Тимонина Ю.А. Радиационная обстановка в районе расположения ГРЭС Ростовской области// Теплоэнергетика. 2003. №12, с.8-13.
104. Буддаков Л.А. Радиоактивные вещества и человек. М.: Энергоатомиздат, 1990.
105. Источники, эффекты и опасность ионизирующей радиации // Доклад НКДАР на Генеральной ассамблее ООН. 1988. Т.1. М.: Мир, 1992.
106. Ионизирующее излучение: источники и биологические эффекты // Доклад НКДАР на Генеральной ассамблее ООН. 1982. Т.2. Нью-Йорк, 1986.
107. Кныжников В.А., Бархударов Р.М. Сравнительная оценка радиационной опасности для населения от выбросов в атмосферу тепловых и атомных электростанций // Атомная энергия. 1977. Т.43. Вып. 3, с. 191-196.
108. Голиков В.Я., Коваленко Ю.М., Лошак А.Я. Радиация и окружающая среда. М.: ВНИИ медицинской и медико-технической информации, 1981.
109. Мель Н. Уровни естественного и техногенного облучения человека // Атомная техника за рубежом. 1979. №5, с.40-45.
110. ყოფშიძე მ., ჯამარჯაშვილი ვ., ჯიშკარიანი თ., არაბიძე გ. ტყიბულ-შაორის ქუჩაახშირებისა და მათი გაზიფიკაციით მიღებული აირების წვის შედეგად ატმოსფეროში გამოტყორცნილი რადიოაქტიური ნივთიერებების შედარებითი ანალიზი// ენერგია, 2005, №1(33), გვ.12-16.
111. Давидов М.Г., Мадоян А.А. Радиоактивные выбросы Новочеркасской и Невскайской ГРЭС и радиэкологическая обстановка в районах их размещения// Сб. Проблемы развития атомной энергетики на Дону. материалы научно-практической конференции. Ростов- на-Дону, 18-19 ноября 1997. СКНЦВШ, 1998.
112. Баляев В.В., Угоров Ю.А., Казаков С.В. Охрана окружающей среды при эксплуатации АЭС. М.: Энергоатомиздат, 1990.
113. Козлов В.П. Справочник по радиационной безопасности. М.: Энергоатомиздат, 1991.
114. Мадоян А.А., Власик В.Т. Вентиляция атомных электростанций. М.: Энергоатомиздат, 1984.
115. Kizilshstein L. Ya., Kholodkov Y.I. Ecologically hazardous element in coals of the Donets Basin // International Journal of Coal Geology. 40(1999).- P. 189-197.
116. Элементы-примеси и экологические в углях, продуктах сжигания, растениях, почвах и атмосфере района тепловой электростанции / Л.Я. Кизильштейн, Г.И. Гофен, А.Г. Перетятко, С.В. Левченко // Изв. СКНЦВШ. Естественные науки. 1990. №2, с.42-52.
117. Кизильштейн Л.Я., Перетятко А.Г., Гофен Г.И. Новые данные о распределении элементов-примесей между компонентами угольного вещества // Литология и полезные ископаемые. 1989. №6, с.29-38.
118. Кизильштейн Л.Я., Перетятко А.Г., Гофен Г.И. Концентрирование элементов-примесей в углях с позиции концепции жестких и мягких кислот и оснований // Химия твердого топлива. 1989. №2, с.132-138.
119. Кизильштейн Л.Я., Перетятко А.Г., Левченко С.В. Формирование газовой фазы элементов-примесей при сжигании углей на ТЭС // Химия твердого топлива. 1990. №6. - с.36-39
120. Кизильштейн Л.Я. Концентрация элементов-примесей при сжигании углей на поверхности твердых частиц дымовых уносов // Химия твердого топлива. 1993. №6, с.91-96.
121. ჯიჯეშვილი ნ., დგებუაძე მ., გეგენავა თ., ჯაფარიძე გ., ქერქაძე ჯ. მინერალური კომპონენტების როლი ტყიბულის ნახშირის კატალიზური გათხევადების პროცესში// საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მაგნე. 2003. ტ.29. №1-2, გვ.131-133.
122. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ,

содержащихся в выбросах предприятия. Л.: Госкомгидромет, 1987.

123. ყიფშიძე მ., ჯიშკარიანი თ. საქებაუ დანადგარების ხერხების ზედაპირები, თბური სქება და აირბაერული ტრაქტის აეროდინამიკა. დამხმარე სახელმძღვანელო. თბილისი: ტექნიკური უნივერსიტეტი, 1997.
124. ყიფშიძე მ., ჯიშკარიანი თ. საქებაუ დანადგარების მახასიათებლები და კონსტრუქციები. დამხმარე სახელმძღვანელო. თბილისი: ტექნიკური უნივერსიტეტი, 1996, გვ.82.
125. რაზმაძე გ., ლეკიშვილი პ., ქუთათელაძე ნ., გოდერძიშვილი ქ., ჯაფარიძე კ. ლიპტობიოლოგიის ჟანგის მყარი პროდუქტის მიკროელემენტური შედგენილობა// საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე. 1992. ტ.145. №2, გვ.370-373.
126. ყიფშიძე მ., ჯამარჯაშვილი ე., ჯიშკარიანი თ., არაბიძე გ. ტიპულის ნახშირისა და მისი გაზოფიკაციით მიღებული აირების წვის შედეგად ატმოსფეროში გამოტოვრცნილი მიკროელემენტების შედარებითი ანალიზი// ენერგია, საქართველოს ენერგეტიკის აკადემიის დაარსების 10 წლისთავისადმი მიძღვნილი საუბილეო გამოცემა, 2004, გვ.34-39.
127. Глинка Н. Л. Общая химия. – Ленинград: Химия, 1987. -702 с.
128. Котлер В. Р. Европейский Союз ужесточает нормы по допустимым выбросам в атмосферу// Тел:оэнегретика. 2003. №12, с.71-74.
129. Cassidy P. New European laws target Power plant pollution // Modern Power Systems. March 2002, p. 18-21.
130. კანდელაკი რ., ჯიშკარიანი თ., მიქიაშვილი თ., კილურაშე დ. ენერგოეფექტური ტექნოლოგიების დანერგვის პრაქტიკა და პერსპექტივები საქართველოში// ენერგია. 2005. №1(33), გვ.17-20.
131. ნოზაძე დ. საქართველოს ენერგეტიკული პოტენციალის გამოყენების ეკონომიკურ-ეკოლოგიური პრობლემები. თბილისი: თერგი 2002. - 275 გვ.
132. Least Cost Plan for Energy Sector in Georgia. Final Report. Energy Efficiency and Market Reform Project. 1998.
133. Jishkariani T. Arabidze G., Chkhaidze B., Gogshelidze G., Laoshvili D., Mikiashvili T., Tavartkiladze L. Energi-Saving Activities in Some Regions of Georgia. International Conference Sopron, Hungari June 13- 15, 2001.
134. Кигурაძე О., Джишкаринани Т. Энергоэффективность при использовании тепловых насосов в системах теплоснабжения теплиц// Georgian Engineering News. 2001. №3, с 90-93.
135. Кигурაძე О., Джишкаринани Т., Арабидзе Г. Энергосбережение при применении тепловых насосов в области сушки лесоматериалов// Second International Energi Conference in Armenia Yerevan, September 24-28. 2001. - с.62-64.
136. ჯიშკარიანი თ., მიქიაშვილი თ., კილურაშე დ. ენერგიის სამომხმარებლო მოთხოვნილებათა მართვის პროგრამები// ენერგია. 2003. №4(28), გვ. 5-9.
137. ჯიშკარიანი თ., მიქიაშვილი თ., კილურაშე დ., ჩხაიძე ბ. საქართველოს ენერგოუსაფრთხოება. მდგრადი განვითარების ეროვნული შეფასების ანგარიში. თბილისი, 2002. - 35 გვ.
138. ჯიშკარიანი თ., მიქიაშვილი თ. ენერგიის სამომხმარებლო მოთხოვნილებათა მართვის პროგრამები/ გაზეთი „24 საათი“. 2005. №102, გვ. 8.
139. ყიფშიძე მ., ჯამარჯაშვილი ე., ჯიშკარიანი თ., არაბიძე გ. ნახშირების ენერგეტიკული მიზნით გამოყენების პერსპექტივები// ენერგია. 2004. №3(31), გვ.11-16.
140. Природные ресурсы Грузии и проблемы их рационального использования (Гл. редактор акад. АНГССР А.А. Дзидзигури). Тбилиси: Мешинереба. 1991,- 702 с.
141. ყიფშიძე მ., ჯიშკარიანი თ. სათბობი, წვის თეორია და საქებაუ დანადგარები. I ნაწ. თბილისი: ტექნიკური უნივერსიტეტი. 1997. - 195 გვ.

142. Показатели грузинских углей и продуктов обогащения департамента «Грузуголь». Письмо директора Управления по контролю качества угля и стандартам департамента «Грузуголь» В.Л. Фурштейна от 21.03. 2004, 1с.
143. Качественная характеристика рядового угля марки «ДГ» шахты им. Миндели АО «Ткибулуголь» до конца 2002 года. Информация директора Управления по контролю качества угля и стандартов АО „Ткибулуголь“. 2002.
144. Качественные характеристики рядовых бурых углей марки «БП» Ахалцихского месторождения на 1999 год. Информация директора Управления по контролю качества угля и стандартам АО «Ткибулуголь» В.Л. Фурштейна от 21.03. 2004..
145. Энергетические ресурсы Грузии и проблемы их рационального использования (Гл. редактор акад. АН ГССР А.А. Дзидзигури). Тбилиси: Мецниსერბა, 1992.-200 с.
146. Семенов Ю.К., Дьяков А.Ф., Доброхотов В.И., Мадоян А.А. Перспективы развития тепловых электростанций на твердом топливе// Теплоэнергетика, 1992, №1, с.2-7.
147. Путилов Ю. К, Бурмакин С. В., Сизых В. Я. Концепция системы золошлакоудаления „экологически чистой ТЭС“ на экибастузских каменных углях// Электрические станции. 1993, №7, с.37-40. .
148. სამშენებლო რესურსების ფასები (2000 წლის IV კვარტლის დონეზე). საქართველოს ურბანიზაციისა და მშენებლობის სამინისტრო, 2000, - 51გე.
149. Саламов А.Г. Тепловые электростанции с газификацией топлива// Теплоэнергетика. 2004. №5, с.75-77.
150. Phillips G. Gasification offers integration opportunities and refinery modernization // London: Fortes Wheeler Energy Ltd, Oct, 2001.
151. World Energy Outlook-2001 Insights: Assessing Todays Supplies to Fuel Tomorrows Growts. OECD Organization for Economic Cooperatoin and Development Source // Energy. 2001. Vol.1. #11. P. 422.
152. Масленников В.М. Проблемы развития энергетики России// Теплоэнергетика. 2003. №9, с. 22-25.
153. Gaz Turbine World. For Project Planing, Design and Construction. Handbook, volum 17, 1996. 204 p.
154. Батенин В.М., Масленников В.М. О некоторых нетрадиционных подходах к разработке стратегии развития энергетики России// Теплоэнергетика. 2000. №10, с.5-13.
155. Мадоян А.А., Кобзаренко Л.Н. Методические особенности определения экономической эффективности многоцелевых энергоустановок на твердом топливе// Теплоэнергетика, 2004, №8, с.53-55.
156. ბაქრაძე თ. სამრეწველო წარმოების ეკონომიკა. საქართველოს ფინანსთა სამინისტროს გამომცემლობა. თბილისი. 1995.
157. გოლეთიანი თ., შენგელია თ. საწარმოს ეკონომიკა. თბილისი: მერანი. 1999.
158. გუდიაშვილი მ. ორგანიზაცია და დაგეგმვა ენერგეტიკაში. თბილისი: ტექნიკური უნივერსიტეტი. 2001.
159. სამსონია ნ., ჩომახიძე დ., გუდიაშვილი მ. სათბო-ენერგეტიკული კომპლექსის საწარმოთა ეკონომიკა. თბილისი: ტექნიკური უნივერსიტეტი. 2003.
160. გუდიაშვილი მ. მეთოდური მითითებები საკურსო პროექტის შესასრულებლად საგანში “ეკონომიკა და მართვა ენერგეტიკაში”. თბილისი: ტექნიკური უნივერსიტეტი. 2005. -25 გვ.
161. საქართველოს საგადასახადო კოდექსი. „პარლამენტის უწყებანი“, გაზეთი №9. 2004. თბილისი.
162. საქართველოს კანონის ელექტროენერგეტიკისა და ბუნებრივი გაზის შესახებ// ენერგია, №3(11). თბილისი, 1999.
163. ელექტროენერგიის ტარიფების მეთოდოლოგია, დადგენის წესები და პროცედურები. საქართველოს ელექტროენერგეტიკის მარეგულირებელი ორგანული კომისიის (სემეკი) 1998 წლის I ივლისის დადგენილება №3.

164. ელექტროენერგიის ტარიფების შესახებ. საქართველოს ელექტროენერგეტიკის მარეგულირებელი ეროვნული კომისიის (სემეკი) 2003 წლის 15 აგვისტოს დადგენილება №14.
165. ელექტროენერგიის ტარიფების შესახებ სემეკის 2003 წლის 15 აგვისტოს №14 დადგენილებაში ცვლილებების შეტანის შესახებ. საქართველოს ელექტროენერგეტიკის მარეგულირებელი ეროვნული კომისიის (სემეკი) 2005 წლის 29 ივნისის დადგენილება №12.
166. ელექტროენერგიის ტარიფების შესახებ სემეკის 2003 წლის 15 აგვისტოს №14 დადგენილებაში ცვლილებებისა და დამატებების შეტანის შესახებ. საქართველოს ელექტროენერგეტიკის მარეგულირებელი ეროვნული კომისიის (სემეკი) 2005 წლის ოქტომბრის დადგენილება.
167. Земцов А.С. Основные направления при проектировании новых и реконструкции существующих электростанций с применением газотурбинных и парогазовых технологий// Теплоэнергетика. 2000. №10. с.19-22.
168. ENSI-Energy Saving International. ეკონომიკური პროგრამული უზრუნველყოფა. ოსლო, ნორვეგია. სოფიის ტექნიკური უნივერსიტეტი, ბულგარეთი. ვერსია 6.26. 2005 წ.

ድ ሐ ነ ሐ ጥ ጥ ይ ዐ

დანართი 1.
საქართველოს ელექტროსადგურების მახასიათებლები 1990 - 2004 წლების მდგომარეობით

1	2	3	4				5	6				7	8
			თბილისის სასადგურები					დადგენილი სიმძლავრის გამოყენების უზრუნველყოფის ვაჭრობები					
			დადგენილი სიმძლავრე, მგვტ	გაოს საპროექტო გამოყენება, მგვტ	გაოს საპროექტო გამოყენება, მგვტ	გაოს საპროექტო გამოყენება, მგვტ		საპროექტო, %	გაოს, %	საპროექტო, %	გაოს, %		
1	სს.თბილისი	1100	840	6600	5040	215	68,49	68,49	45,48	89,409	0	2004	
2	გს.მკეცარი	300	600	1800	3600	791,7		68,49		15,06	0		
3	ტყეარტლისი	220	0	1120	0	970,7	0	68,49	0	50,36	0	0	
4	თბილისი	18	18	108	108	96,2	0	68,49	0	61,0	0	375765 (437015)	
ჯამური სიმძლავრე			1638	1458	9828	8748	6645	813,2	68,49	46,31	6,36	463175 (540997)	
ჯგერის სასადგურები													
5	ქვემოთაღნიშნული-1	1300	1300	4340	4340	4340	1579,3	2728,1	38,11	38,11	31,43	23,96	-
6	ქვემოთაღნიშნული-2	220	220	700	700	700	643,6	384,2	36,32	36,32	33,99	19,93	-
7	ქვემოთაღნიშნული-3	40	40	127	127	127	116	0	36,24	0	33,11	0	-
8	ქვემოთაღნიშნული-4	40	40	127	127	127	112,9	0	36,24	0	32,22	0	-
9	ქვემოთაღნიშნული-5	40	40	137	137	137	112,5	0	39,09	0	32,10	0	-
10	ქვემოთაღნიშნული-6	113,4	113,4	317	317	317	198,2	238,8	31,90	31,90	19,94	24,04	-
11	ქვემოთაღნიშნული-7	110	110	370	370	370	285,3	3,0	38,39	38,39	29,60	0,31	-
12	ქვემოთაღნიშნული-8	130	130	500	500	500	361,6	437,9	43,90	43,90	31,75	38,45	-
13	ქვემოთაღნიშნული-9	38,4	38,4	148	148	148	134,7	97,1	43,99	43,99	40,04	28,86	-
14	ქვემოთაღნიშნული-10	80	80	165	165	165	165,9	111,7	23,54	23,54	23,67	15,93	-
15	ქვემოთაღნიშნული-11	48	48	325	325	325	247,2	238,8	77,29	77,29	58,78	67,28	-
16	ქვემოთაღნიშნული-12	44	44	256	256	256	141	210	66,41	66,41	36,58	33,88	-
17	ქვემოთაღნიშნული-13	22,8	22,8	138	138	138	70,7	69,09	69,09	69,09	35,99	-	-
18	ქვემოთაღნიშნული-14	184	184	1000	1000	1000	851,4	680,3	62,04	62,04	57,82	42,21	-
19	ქვემოთაღნიშნული-15	111,8	111,8	505	505	505	371,9	186,3	51,54	51,54	36,44	8,81	-
20	ქვემოთაღნიშნული-16	36,8	36,8	210	210	210	137,9	167,7	65,14	65,14	42,77	52,02	-
21	ქვემოთაღნიშნული-17	18	18	90	90	90	69,2	81,8	57,07	57,07	43,88	51,88	-
22	ქვემოთაღნიშნული-18	16	16	97	97	97	63,1	51,6	69,20	69,20	45,01	38,24	-
ჯამური სიმძლავრე			2593,3	2594,3	9352,0	9352,0	7305,2	5569,3	42,04	42,03	32,15	24,31	-
მცირე სიმძლავრის ობიექტები			135,8	115,8	547	547	280,8	327,7	46,0	46,0	24,29	27,54	-
სულ ქვემოთაღნიშნული			4167,1	4188,1	19977	18847	14299	6706	57,09	57,37	37,22	18,27	-

თბოელექტროსადგურების ძირითადი აგრეგატები და მათი პარამეტრები 1990-2004 წლების მდგომარეობით (ტურბინები)

- 214 -

თხოველქპტროსადგურების ძირითადი ავრჯებები და მათი პარამეტრები 1990-2004 წლების მდგომარეობით (ორთლის ქაზები)

- 215 -

დანართი 4

თბოელექტროსადგურების ძირითადი აგრეგატები და მათი პარამეტრები 1990-2004 წლების დრომანობით (განმარტორები)

N	დასახელება	საერთო ელექტროლი სიმძლავრე მგბ	საერთო ელექტროლი სიმძლავრე მგბ		აგროლი სიმძლავრე მგბ		რეაქტიული სიმძლავრე მგბ		ძაბვა მოცულობა კვ		COSφ	მკ კუთხე- ციწები		ბლოკის სამუშაობა %		საბრტების წილი %			
			1990	2004	1990	2004	1990	2004	1990	2004		1990	2004	1990	2004	1990	2004		
1	სს "მთიანეთი"	1	1	176,5	0	150	0	93	0	18	0	0,85	0	98,5	0	38,8	0	26	0
			2	176,5	0	150	0	93	0	18	0	0,85	0	98,5	0	38,8	0	26	0
			3	176,5	176,5	150	150	93	93	18	18	0,85	0,85	98,5	98,5	38,8	33,8	26	22,87
			4	176,5	176,5	150	150	93	93	18	18	0,85	0,85	98,5	98,5	38,8	33,8	26	22,87
			5	176,5	176,5	150	150	93	93	18	18	0,85	0,85	98,5	98,5	38,8	33,8	26	22,87
			6	176,5	176,5	150	150	93	93	18	18	0,85	0,85	98,5	98,5	38,8	33,8	26	22,87
			7	176,5	176,5	150	150	93	93	18	18	0,85	0,85	98,5	98,5	38,8	33,8	26	22,87
			8	176,5	176,5	150	150	93	93	18	18	0,85	0,85	98,5	98,5	38,8	33,8	26	22,87
			9	376	376	320	320	250	250	20	20	0,85	0,85	98,5	98,5	37,7	37,7	26	28,9
			10		376			250			20		0,85		98,5		37,7		0
3	სს "მთიანეთი"	1	1	7,5	7,5	6	6	4,5	4,5	6,3	6,3	0,8	0,8	97,6	97,6	33,2	33,2	29,8	0
			2	7,5	7,5	6	6	4,5	4,5	6,3	6,3	0,8	0,8	97,6	97,6	33,2	33,2	29,8	0
			3	7,5	7,5	6	6	4,5	4,5	6,3	6,3	0,8	0,8	97,6	97,6	33,2	33,2	29,8	0
			4	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	29,8	0
4	სს "მთიანეთი"	1	1	0	0	120	0	0	0	18	0	0,85	0	98,43	0	31,1	0	20,5	0
			2	0	0	0	0	0	0	6,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			3	0	0	120	0	0	0	6,3	0	0,85	0	98,43	0	31,1	0	20,5	0
			4	0	0	0	0	0	0	6,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0

დანართი 5

პირობულმეცნიერებადგურების ძირითადი აგრეგატები და მათი პარამეტრები 1990-2004 წლების მდგომარეობით

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
აღნიშნული ფაქტობრივი მნიშვნელობა	აღნიშნული მნიშვნელობა	აღნიშნული მნიშვნელობა	აღნიშნული მნიშვნელობა	აღნიშნული მნიშვნელობა	აღნიშნული მნიშვნელობა	აღნიშნული მნიშვნელობა	აღნიშნული მნიშვნელობა	აღნიშნული მნიშვნელობა	აღნიშნული მნიშვნელობა
1	1978 (წ)	1990	2004	1990	2004	1990	2004	1990	2004
2	1971	260	260	0,346	0,346	0,346	449,8	1,26	1,26
3	1971 (წ)	3	73,33	220	220	1,95	429	7,02	7,02
4	1971 (წ)	2	20	40	40	10,62	425	38,25	38,25
5	1971 (წ)	2	20	40	40	10,62	425	38,25	38,25
6	1947 (წ)	3	37,6	113,45	113,45	0,416	47,2	1,51	1,51
7	1963 (წ)	2	55	110	110	0,39	42,9	1,4	1,4
8	1985 (წ)	4	32,5	130	130	0,9	117	3,24	3,24
9	1955 (წ)	4	9,6	38,4	38,4	0,3	11,44	1,07	1,07
10	1956 (წ)	4	20	80	80	0,47	37,2	1,67	1,67
11	1933 (წ)	4	31,1	12	48	2,08	99,84	7,48	7,48
12	1958 (წ)	4	11	44	44	4,9	215,6	17,6	17,6
13	1956 (წ)	3	7,6	22,8	22,8	10	228	36	36
14	1976 (წ)	8	23	184	184	7,6	350	27,36	27,36
15	1960 (წ)	3	37,28	111,84	111,84	0,89	99,54	3,2	3,2
16	1927 (წ)	4+2	413,2+	36,8	36,8	6,4	235,32	23	23
17	1954 (წ)	3	6	18	18	12,5	225	45	45
18	1937 (წ)	2	8	16	16	3	48	10,8	10,8

აღნიშვნა: 1 - წლიური აგრეგატების ჯამი; 2 - საბაზისო წელიწადის აგრეგატების ჯამი; 3 - საბაზისო წელიწადის აგრეგატების ჯამი; 4 - საბაზისო წელიწადის აგრეგატების ჯამი; 5 - საბაზისო წელიწადის აგრეგატების ჯამი; 6 - საბაზისო წელიწადის აგრეგატების ჯამი; 7 - საბაზისო წელიწადის აგრეგატების ჯამი; 8 - საბაზისო წელიწადის აგრეგატების ჯამი; 9 - საბაზისო წელიწადის აგრეგატების ჯამი; 10 - საბაზისო წელიწადის აგრეგატების ჯამი

პილოტული ექსპერსადგურების ძირითადი აგრეგატები და მათი პარამეტრები 1990-2004 წლების მდგომარეობით
 (ტურბინები)
 დანართი 6

მანქანის ოთქების დასახელება	ტური (კარბანა დამზადებელი)	ტურბინა					მე კოეფიციენტი	
		ნომინალური სიმძლავრე მეგატ	4	5	6	წელის საანგარიშობა მე / წმ	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	ენერგეტიკა	გერმანია (XIT3 - ბარკი)	260	260	1990	2004	1990	2004
2	გარდნილესი-1	გერმანია (XIT3 - ბარკი)	73,3	73,3	142	-	95	95
3	გარდნილესი-2	კავსკული (JIM3 - ს. პეტროვ)	20,7	0	206	0	89	0
4	გარდნილესი-3	კავსკული (JIM3 - ს. პეტროვ)	20,7	0	206	0	89	0
5	გარდნილესი-4	კავსკული (JIM3 - ს. პეტროვ)	20,7	0	206	0	89	0
6	სრამესი-1	კავსკული (JIM3 - ს. პეტროვ)	38,0	38,0	12,0	-	89	89
7	სრამესი-2	კავსკული (JIM3 - ს. პეტროვ)	56,5	56,5	21,5	-	92	92
8	ფინანსიკა	კავსკული (JIM3 - ს. პეტროვ)	33,0	-	29,25	-	93	93
9	ზორბესი	კავსკული (ASC - ბარკი)	10	10	2,45	-	88	88
10	ტერმალესი	კავსკული (FOIT - ბარკი)	38,6	38,6	9,3	-	90	90
11	რომბესი	კავსკული (JIM3 - ს. პეტროვ)	12,5	12,5	1,34-25,0	-	87	87
12	გუბატესი-1	კავსკული (TAMPELA - ფინეთი)	11,5	11,5	51,5	-	90	90

1	2	3	4	5	6	7	8	9
13	ბუნობესი-2	პრე (FOIT - ვაქცინა)	7,95	7,95	71,3	-	89	89
14	გარდისბესი	პრე (XIT3 - ხარკი)	23,8	23,8	175	-	91	91
15	ლაგანდურესი	პრე (FOIT - ვაქცინა)	38,6	38,6	33,3	-	87	87
16	ზაქესი	პრე (JIM3 - (1-4) ს. პეტერბურგი)	3,312 (1-4) 12,5 (5-6)	3,312 (1-4) 12,5 (5-6)	21 (1-4) 75	-	85 90	85 90
17	ორთაგალესი	პრე (JIM3 - ს. პეტერბურგი)	6,3	6,3	76	-	87	87
18	აქესი	პრე (JIM3 - ს. პეტერბურგი)	6,3	6,3	24	-	86	86

დანართი 7

პილოტული ტესტირების პროგრამის მიზანშეწონიერების და მათი პარამეტრები 1990-2004 წლების მდგომარეობით
(გვერდითი)

№	გვერდითი ტესტირების დასახელება	გვერდითი										დადგენილი სიმაღლის გამოცდების კოეფიციენტი (ტესტირების პროგრამა)			
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	2														
1	ენგუგესი	CB - 712 / 227 -24	260	260	15,75	15,75	0,85	0,85	250	250	38,11	31,43	23,96		
2	გარდნილესი-1	CB - 780 / 190 -32	77	77	13,75	13,75	0,85	0,85	165	165	36,32	33,39	19,93		
3	გარდნილესი-2	CTKB-1480/115-64	20	0	3,15	0	0,8	0	0	0	36,24	0	33,11	0	
4	გარდნილესი-3	CTKB-1480/115-64	20	0	3,15	0	0,8	0	0	0	36,24	0	32,22	0	
5	გარდნილესი-4	CTKB-1480/115-64	20	0	3,15	0	0,8	0	0	0	39,09	0	32,1	0	
6	ბრამესი-1	CS2528	260	260	10,5	10,5	0,8	0,8	230	230	21,83	19,94	24,04		
7	ბრამესი-2	CB-4302/10-14	77	77	10,5	10,5	0,8	0,8	175	175	38,39	29,6	0,31		
8	ფინანსი	CB-425/135-1497X	260	260	10,5	10,5	0,8	0,8	175	175	43,9	43,9	31,75	38,45	
9	პარკესი	CS-1910	77	77	10,5	10,5	0,8	0,8	115	115	43,99	40,04	28,86		
10	ქვერულესი	SPFL-706/50-24	260	260	10,5	10,5	0,8	0,8	165	165	23,54	23,07	15,93		

დანართი 7 (გაგრძელება)																
1	2	10	11	12	13	14	15	16								
11	როსნესი	CB-1571/61 (3C- ს. პეტერბურგი)	12	12	6,6	6,6	0,8	115	115	77,25	77,25	58,76	67,28			
12	გუშაბესი-1	SPFL-666/39-28 (SSCH-აესტრია)	11	11	6,3	6,3	0,8	187	187	66,41	66,41	36,58				
13	გუშაბესი-2	SPFL-676/37-40 (SSCH-აესტრია)	7,6	7,6	6,3	6,3	0,8	200	200	69,09	69,09	35,39	35,38			
14	გარცხანისი	CB-866/70-52 (XTT3-ბარკოვი)	23	23	10,5	10,5	0,8	200	200	86,85	86,85	52,82	42,21			
15	ლაგანაურ-პესი	SPFL-706/50-24 (SSCH-აესტრია)	37,28	37,28	10,5	10,5	0,8	245	245	51,54	51,54	36,44	8,81			
16	ზაქესი	BB-400 (3C- ს. პეტერბურგი)	3,2	3,2	6,4	6,4	0,8	110	110	65,14	65,14	42,77	52,02			
17	ორთაბაღაქისი	BTC-525-65-24 (Y3A - სუენდელესკი)	6	6	6,6	6,6	0,8	220	220	57,07	57,07	43,88	51,88			
18	აქესი	CB-475/60-24 (3C- ს. პეტერბურგი)	8	8	6,6	6,6	0,8	220	220	69,2	69,2	45,01	38,24			
19	დადგენილი სიმძლავრის გამოყენების კოეფიციენტის წლიური მნიშვნელობა												42,04	42,03	32,15	24,51

ადრეგები: C3TM - სიმბოლურ-ტექნიკური მონაცემები (სრული სიდიდის); SSCH - SIEMENS - SCHUKERT (საქართველო);

შინაარსი

წინათქმა	3
შესავალი	5

თავი პირველი

საძირკველად სატოგო-ენერგეტიკული სექტორის კრიზისული მდგომარეობა და მხარი სატოგოს ბაზოქენების ბოქმელვადიანი სტრატეგია	7
1.1. საქართველოს ენერგეტიკული კრიზისის გამოწვევები ძირითადი მიზეზების გამოქვლევა-ანალიზი და მათი დაქვლევის გზები	7
1.2. მხარი სატოგოს გამოქვლენების გრძელვადიანი სტრატეგია	18
1.2.1. ΓKHT-ს მიერ შემუშავებული სახელმწიფო სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრამა „ეკოლოგიურად სუფთა თბოელექტროსადგურები“	18
1.2.2. აშშ-ს ენერგეტიკის სამინისტროს მიერ შემუშავებული პროგრამა “ნახშირების სუფთა ტექნოლოგია თესებისათვის”	20

თავი მეორე

მსოფლიო ენერგეტიკული ბალანსის და ნახშირზე მომუშავე თბოელექტროსადგურების დღევანდელი მდგომარეობა და მათი განვითარების პერსპექტივები	23
2.1. მსოფლიო ენერგეტიკული ბალანსის დღევანდელი მდგომარეობა	23
2.2. მსოფლიო ენერგეტიკის სარესურსო ბაზის დღევანდელი მდგომარეობა	26
2.3. მსოფლიო ენერგეტიკის განვითარების პერსპექტივები უახლოეს მომავალში	28
2.4. ნახშირზე მომუშავე თბოელექტროსადგურების დღევანდელი მდგომარეობა და მათი განვითარების პერსპექტივები	30
2.4.1. ორთქლტურბინიანი ენერგობლოკები ზეკრიტიკული პარამეტრებით	30
2.4.2. კომბინირებული ორთქლარიანი თბოელექტროსადგურები შიგაცოკლური გაზიფიკაციით	32
2.4.3. კომბინირებული ორთქლარიანი თბოელექტროსადგურები წნევის ქვეშ ცირკულირებადი მდულარე შრით	35
2.5. თბოელექტროსადგურების ტექნიკურად ხელახალი აღჭურვის კონცეფცია და სატოგო-ელემენტები (Fuel Cells)	38

თავი მესამე

მხარი სატოგოს მინერალური ნაწილის უტილიზაცია და ნახშირების კომპლემენტური ბაზოქენების პერსპექტივები	42
3.1. მხარი სატოგოს მინერალური ნაწილის უტილიზაცია	42
3.2. ნახშირების კომპლემენტური გამოქვლენების პერსპექტივები	44
3.2.1. ნახშირების გაზიფიკაცია წილის ნადნობში	46
3.3. ნახშირების კომპლემენტური გამოქვლენების ტექნიკურ-ეკონომიკური საფუძვლები	51
3.4. ნახშირების გრანულაცია და დაბრიკეტება	53
3.4.1. ნახშირების გრანულაცია	53
3.4.2. ნახშირების დაბრიკეტება	56

თავი მეოთხე

მხარი სატოგოს გაზიფიკაცია თბოელექტროსადგურებში	59
4.1. კიმიური პროცესების თერმოდინამიკა	59

4.1.1.	ქიმიური რეაქტივების სითბური ეფექტი	60
4.1.2.	ქიმიური რეაქტივების სიჩქარე და რეაქტივის წონასწორობის კონსტანტა	63
4.2.	აირგენერატორებში მიმდინარე მყარი სათბობის გაზიფიკაციის პროცესის სქემები	72
4.2.1.	გაზიფიკაციის პროცესის პირდაპირი სქემა	74
4.2.2.	გაზიფიკაციის პროცესის შებრუნებული სქემა	75
4.2.3.	გაზიფიკაციის პროცესის პორისონტალური სქემა და მიწისქვეშა გაზიფიკაცია	77
4.3.	მყარი სათბობის გაზიფიკაციის პროცესების გაანგარიშება	79
4.3.1.	საძაქრო გენერატორული აირის მიღება	79
4.3.2.	შერეული გენერატორული აირის მიღება კომბინირებული გაანგარიშების მეთოდით	82
4.3.3.	შერეული გენერატორული აირის მაჩვენებლების სანიმუშო გაანგარიშება	84
4.4.	გენერატორული აირის ენერგეტიკულ სათბობად გამოყენების პერსპექტივები	95

თავი მხუთე

მყარი სათბობის გაზიფიკაციის თანამედროვე ტექნოლოგიები

ენერგეტიკაში	104
5.1. ნახშირების გაზიფიკაცია მეორე და მდუღარე შრეებში	105
5.2. მშრალი ნახშირის მტერის გაზიფიკაცია აირმტერიან ნაკადში	108
5.3. ნახშირწყლიანი სუსპენზიის გაზიფიკაცია	114

თავი მამუხე

ტყიბულის ნახშირზე მომუშავე ეკოლოგიურად სუფთა

თბოელექტროსადგომის ურთიერთმომავალ გარემოსთან	119
6.1. წვის აირად ნაწარმთან ერთად მაგნე-ტოქსიკური აირების გამოტყორცნა ატმოსფეროში	119
6.2. ნახშირბადის ჟანგეულების (CO_x) ემისია ტყიბულის ნახშირის და მისი გაზიფიკაციით წარმოქმნილი აირების წვის დროს	123
6.3. გოგირდის ჟანგეულების (SO_x) ემისია ტყიბულის ნახშირის და მისი გაზიფიკაციით წარმოქმნილი აირების წვის დროს	127
6.4. აზოტის ჟანგეულების (NO_x) ემისია ტყიბულის ნახშირისა და მისი გაზიფიკაციით წარმოქმნილი აირების წვის დროს	131
6.5. ტყიბულის ნახშირისა და მისი გაზიფიკაციით მიღებული აირების წვის შედეგად ატმოსფეროში გამოტყორცნილი მყარი ნაწილაკების შედარებითი ანალიზი	134
6.6. ტყიბულის ნახშირისა და მისი გაზიფიკაციით მიღებული აირების წვის შედეგად ატმოსფეროში გამოტყორცნილი რადიოაქტიური ნივთიერებების შედარებითი ანალიზი	136
6.7. ტყიბულის ნახშირისა და მისი გაზიფიკაციით მიღებული აირების წვის შედეგად ატმოსფეროში გამოტყორცნილი მიკროელემენტების შედარებითი ანალიზი	139
6.8. ატმოსფეროში გამოტყორცნილი მაგნე მინარევების დასაშვები ნორმები	144

თავი მამუილე

საქართველოს საბაღოვაში მოაწესრიგებული ჟვანახშირების უმეტესი

გამოყენების ტექნიკურ-მოქმედებითი საფუძვლები	152
7.1. ნახშირების ენერგეტიკული მიზნით გამოყენების პერსპექტივები საქართველოში	153

7.2.	საქართველოს ნახშირების მახასიათებლები	157
7.3.	საქართველოში ნახშირზე მომუშავე ეკოლოგიურად სუფთა თბოელექტროსადგურის კონცეფცია	159
7.3.1.	მეორეული პროდუქციის წარმოების ტექნოლოგია წილის ნაღობში ნახშირების გაზიფიკაციის დროს	160
7.3.2.	მეორეული პროდუქციის წარმოების ეკონომიკური ეფექტურობა წილის ნაღობში ნახშირების გაზიფიკაციის დროს	164

თავი მერვე

მრავალპროფილიანი ორთქლიან რეაქტორულ თბოელექტროსადგურის შემდგომი ენერგოეკონომიკური დასაბუთება ტყიბული-შაორის საბადოს ქვანახშირების შიბაციკლური ბაზიფიკაციის ბაზაზე		167
8.1.	ბინარული ციკლის ენერგოდანადგარების შერჩევა	168
8.2	საგაზიფიკაციო ქვანახშირის ხარჯი და მეორეული პროდუქციის რაოდენობა ტყიბული-შაორის საბადოს ქვანახშირების წილის ნაღობში გაზიფიკაციის დროს	170
8.2.1	საგაზიფიკაციო მყარი სათბობისა და გენერატორული აირის ხარჯები	171
8.2.2.	მეორეული პროდუქციის რაოდენობა და ღირებულება	172
8.3	ტყიბული-შაორის ქვანახშირზე მომუშავე სხვადასხვა ტიპის თესების ენერგოეკონომიკური მაჩვენებლები	181
8.3.1	თესების ენერგოეკონომიკური მაჩვენებლების გაანგარიშების მეთოდოლოგია	182
8.3.2	ბუნებრივი აირით მომუშავე ტრადიციული ორთქლტურბინული თესის ენერგოეკონომიკური მაჩვენებლები თბილისის მაგალითზე	184
8.3.3.	ბუნებრივი აირით მომუშავე Turkey-ის ვარიანტით დასაპროექტებელი ორთქლიანი თესის ენერგოეკონომიკური მაჩვენებლების დადგენა	185
8.3.4.	ტყიბული-შაორის ქვანახშირზე მომუშავე ტრადიციული ორთქლ-ტურბინული თესის ენერგოეკონომიკური მაჩვენებლების დადგენა	187
8.3.5	ტყიბული-შაორის ქვანახშირზე მომუშავე Turkey-ის ვარიანტით განსახორციელებელი მრავალპროფილიანი ორთქლიანი თესის ენერგოეკონომიკური მაჩვენებლები	190
8.3.6	ტყიბული-შაორის ქვანახშირზე მომუშავე რუსული წარმოების ენერგოდანადგარების ბაზაზე შექმნილი მრავალპროფილიანი თესის ენერგოეკონომიკური მაჩვენებლები	193
8.4	საინვესტიციო პროექტის რენტაბელობის შეფასება	196
9.	რეზიუმე	200
10.	აწოტავი	202
11.	ლიტერატურა	203
12.	დანართები	212
13.	შინაარსი	222

იბეჭდება ავტორთა მიერ წარმოდგენილი სახით

გადაეცა წარმოებას 21.12.2006. ხელმოწერილია დასაბეჭდად
19.11.2007. ქალაქის ზომა 60X84 1/16. პირობითი ნაბეჭდი
თაბახი 14. ტირაჟი 100 ეგზ.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“,

თბილისი, კოსტავას 77

