



საქართველოს სოფლის მეურნეობის
მეცნიერებათა აკადემია

GEORGIAN ACADEMY OF
AGRICULTURAL SCIENCES

ალტერნატიული ენერჯია - ბიოგაზის ბენეკატორი

(რეკომენდაციები)



თბილისი
2015

UDC (უკ)734.6:641.6(489.445)

რეკომენდაციების ავტორები:

- რ. მახარობლიძე – სსმმ აკადემიის აკადემიკოსი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი;
- რ. ჯაფარიძე - აკადემიური დოქტორი;
- ი. აფციაური - აკადემიური დოქტორი;
- გ. მოსაშვილი - აკადემიური დოქტორი;
- კ. მჭედლიშვილი - აკადემიური დოქტორი.

რეკომენდაციები გათვალისწინებულია ფერმერების, ფერმერთა კოოპერატივების, დაინტერესებულ ფიზიკურ ან იურიდიულ პირთათვის. მისი გამოყენება სასარგებლო იქნება აგრარული მომართულების მაგისტრებისა და დოქტორანტებისათვის.

რეკომენდაცია განხილულია და მოწონებულია საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის აგროსაინჟინრო სამეცნიერო განყოფილების სსდომაზე და რეკომენდებულია დასაბეჭდად.

რედაქტორი:

ელგუჯა შაფაქიძე – სსმმ აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი.

ISBN 978-9967-2-8743-7

შესავალი

საქართველოს გააჩნია მსოფლიო პრიორიტეტი ბიოგაზის დანადგარების კვლევის საკითხში.

1946-47 წლიდან გიორგი ანანიაშვილის ჯგუფმა და უკვე შემდეგ გერმანელმა მეცნიერებმა დაიწვეს ამ დარგში კვლევები. 1956, 1957, 1958 წლებში კვლევების შედეგები მოხსენდა გაეროს ეკონომიკურ კომისიას უენევაში და მიიღო მაღალი შეფასება.

ამჟამად დამფინანსებელი ორგანიზაციები რატომღაც გაურბიან მეცნიერულ მიდგომას, კუსტარული ან მოძველებული კონსტრუქციებით ცდილობენ დანადგარების გავრცელებას. ეს ცდა საფუძველშივე მცდარია; იხარჯება თანხები, შედეგი კი უარყოფითია. ხდება მთლიანად მიმართულების დისკრედიტაცია. საკითხი მოითხოვს სერიოზულ მეცნიერულ მიდგომას.

თანამედროვე მდგომარეობა

მსოფლიო ენერგომოხმარება პერმანენტულად იზრდება და მიაღწია უზარმაზარ ნიშნულს – $4,77 \cdot 10^{20}$ ჯოულს. ჩინეთის (წელიწადში ეკონომიკის ზრდა 11,1%, ნავთობის იმპორტის - 5,5%), ინდოეთის (ეკონომიკის ზრდა 8,6%), ბრაზილიის და სხვა ქვეყნების სწრაფი განვითარება და ენერგოამბიციები მსოფლიო ენერგომოხმარებას უფრო გაზრდის. ფასების ზრდა ენერგომატარებლებზე ნეგატიურად აისახება გლობალურ ეკოლოგიაზე, ეკონომიკაზე და

პოლიტიკაზე. პრობლემის სიმწვავის შემცირების გზებია: 1. ენერგოდამზოვი ტექნოლოგიები და 2. განახლებადი ენერგეტიკა. მაღალი ტექნოლოგიების დანერგვით განვითარებულმა ქვეყნებმა მნიშვნელოვნად შეამცირეს ენერჯის მოხმარების ზრდის ტემპები. ამ ფონზე განახლებადი ენერგეტიკის მიღწევები მოკრძალებით გამოიყურება. მისი წვლილი საერთო ენერგობალანსში უმნიშვნელოა (3,5% აშშ, 6,0% ევროგაერთიანება). ობიექტური რეალობა გვაიძულებს აქაც ჩავრთოთ მაღალი ტექნოლოგიები, რათა უახლოეს მომავალში ეს მაჩვენებელი ავიყვანოთ 30-40%-მდე.

მსოფლიო ენერგეტიკული საბჭოს სცენარით 2050 წლისათვის განახლებადი ენერგეტიკის წვლილი საერთო ენერგობალანსში აყვანილ უნდა იქნეს 40% - მდე.

ეს გარემოება ცხადსყოფს რომ ალტერნატიული ენერჯის განვითარება არა თუ აქტუალური, არამედ პრიორიტეტული იქნება უახლესი მომავლის მსოფლიოში

საქართველოს არ გააჩნია საკუთარი ნავთობისა და გაზის მარაგი. ამდენად ენერგეტიკული თვალსაზრისით საქმე უფრო რთულადაა, ვიდრე ზოგადად მსოფლიოში. ენერგეტიკულად ქვეყანა დამოკიდებულია მეზობელ მომწოდებლებზე, რაც ართულებს ეკონომიკურ და პოლიტიკურ ურთიერთობებს, განსაკუთრებით რუსეთთან. იმპორტული გაზი ხმარდება ძირითადად ქალაქის მოსახლეობას. სოფლის მოსახლეობის ენერჯის წყაროა შეშა. ზარალდება ეკოლოგია - იჩეხება ტყე. გახშირდა

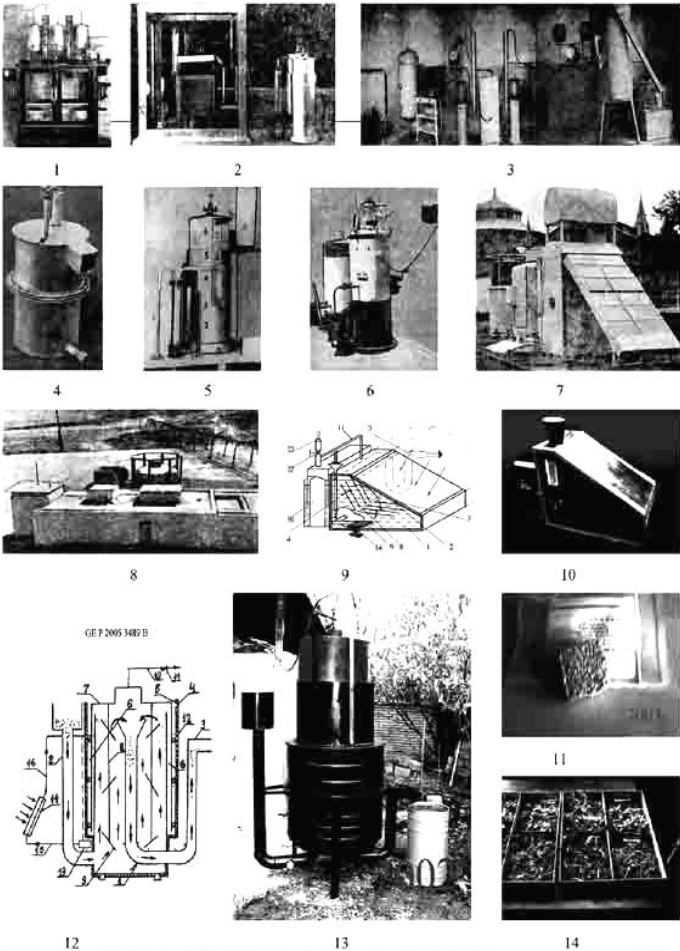
ეკოკატასტროფები და მათ გამო ეკოლოგიური პრობლემების რაოდენობა. ამავე დროს არსებობს ალტერნატიული ენერჯის რეზერვები. მაგალითად ბიოგაზი.

ორგანიკის ლპობის პროცესში (ჭაობში) გამოყოფილი გაზის წვას ადამიანმა ყურადღება მიაქცია ათასწლეულების წინ. არსებობს მონაცემები, რომ ბიოგაზს იყენებდნენ ჩინელები და გერმანელები ათასი წლის წინ. 1808 წელს სერ ხემფრი დევიმ ბიოგაზში აღმოაჩინა მეთანი. პირველი ბიოგაზის დანადგარი აიგო ბომბეში 1859 წელს. 1895 წლიდან ბიოგაზს იყენებდნენ დიდ ბრიტანეთში ქუჩების გასანათებლად. 1930 წელს აღმოაჩინეს მეთანგამომყოფი ბაქტერიები, მაგრამ ბიოგაზის დანადგარების რეალური მეცნიერული კვლევა-ძიება-კონსტრუირება დაიწყო მხოლოდ მეორე მსოფლიო ომის შემდგომ.

საქართველოს სოფლის მეურნეობის მექანიზაციისა და ელექტრიფიკაციის ინსტიტუტი მსოფლიოში ერთ-ერთი პირველი და საქართველოში ერთადერთი სამეცნიერო-კვლევითი ცენტრი იყო, სადაც 60 წლის მანძილზე გრძელდებოდა ბიორეაქტორების თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევები.

საილუსტრაციოდ სურათზე მოყვანილია ზოგიერთი საცდელი დანადგარი და სქემა.

ინსტიტუტში დამუშავებული ლაბორატორიული სტენდები, საცდელი დანადგარები და სასუქის გრანულდები



1,2-საცდელი სტენდები, 1948-1949წ; 3-ლაბორატორია, 1950წ; 4-7 - საცდელი დანადგარები; 8-კრწანისის ბიოკომპლექსი (ბიოგაზი-1000 მ³დღე, 1956წ; 9-10 ქელო-ბიორეაქტორის სქემა და შაკეტი, 2005წ; 11,14-ბრიკეტრებული ბიო-მინერალური სასუქი და მისი გამოცდა 2005წ; 12-13 გადასატანი ბიორეაქტორი, (პატენტი GE P 2005 3489 B) 2002წ.

მსოფლიოში, დღევანდელ პირობებში
 ნარჩენებიდან საწვავი ბიოგაზის მიღების
 ტექნოლოგიებში გამოიკვეთა ახალი ტენდენციები-

პრიმიტიული, კუსტარული კონსტრუქციებიდან მაღალტექნოლოგიურ სისტემებზე გადასვლა; პროცესის გაზრდილი კონტროლი და ავტომატური მართვა; მეზოფილურიდან (30-35⁰ C) თერმოფილურ რეჟიმზე (50-55⁰ C) გადასვლა; მომსახურების კომფორტის გაზრდა და სხვა. ერთი სიტყვით სახეზეა სერიოზული მეცნიერული მიდგომა. პრობლემის ზოგადი აქტუალობაზე მეტყველებს ისიც, რომ ინტერნეტ გვერდებზე ბიოგაზის დანადგარებს ეძღვნება 6 მილიონზე მეტი სტატია. აღინიშნება, რომ ჩინეთში 20 მლნ-მა დანადგარმა გამოიმუშავა 12 მლნ.ტ პირობითი საწვავის ეკვივალენტი ბიოგაზი. სერიოზული სამეცნიერო-პრაქტიკული სამუშაოები სრულდება აშშ-ში, გერმანიაში, დანიაში, იტალიაში, ავსტრიაში, ისრაელში, უკრაინაში, და სხვაგან.

განსახდვრულია, რომ ევროგაერთიანების ქვეყნებში ბიომასიდან გამოიმუშავდება 100 მლნ. ტ ნავთობის ეკვივალენტი ენერჯია, მათ შორის 15 მლნ. ტ ბიოგაზის სახით.

ბიოგაზის დანადგარების მთავარი მაჩვენებელია მისი მოცულობის 1 მ³/დღეში გენერირებული გაზის რაოდენობა. ექსპერიმენტულ დანადგარებში მიღწეულია 6 მ³/მ³ თუმცა სარეკლამო ინფორმაციაში 2 მ³/მ³ მეტი იშვიათად რეგისტრირდება.

საქართველოში 90-იანი წლების სოციალურ პოლიტიკური მოვლენების შემდეგ მოიშალა მსხვილი საზოგადოებრივი მეურნეობები. განადგურდა 500-1500 სულიანი მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის ფერმები. შეწყდა დიდი ბიოგაზის კომპლექსების საპროექტო

სამუშაოები. აქცენტებმა გადაინაცვლა წვრილ ფერმერულ და ოჯახურ მეურნეობებზე. სტატისტიკის დეპარტამენტის ოფიციალური მონაცემებით ოჯახურ მეურნეობებში იმყოფება 1,27 მლნ პირუტყვი (ძირითადად 4-6 სული 1 ოჯახურ მეურნეობაზე), 0,4 მლნ ღორი, 0,8 მლნ ცხვარი, 7,5 მლნ ფრინველი. მათი ნარჩენებიდან ბიორეაქციით თეორიულად შეიძლება მივიღოთ მილიარდი მ³ საწვავი გაზი ($2.2 \cdot 10^{16}$ ჯ, ან $6.1 \cdot 10^3$ კვტ.სთ ან 700000 მ³ შეშის ეკვივალენტი). პოტენციალის თუნდაც ნაწილობრივი ათვისება შეაფასებდა სოფლად გაზის დეფიციტს.

შინაურ პირობებში კუსტარულად დამზადებული ბიოგაზდანადგარებმა შედეგი ვერ მოიტანა. ამის გათვალისწინებით სხვადასხვა ორგანიზაციების (PCC, UMCOR, MERCY CORPS MNTZY) და მსოფლიო ბანკის თანადგომით (ARETP პროგრამა) დაიწყო გრანტებით მცირე მოცულობის ბიოდანადგარების დანერგვა.

საქართველოს სოფლის მეურნეობის განვითარების საკოორდინაციო ცენტრის მონაცემებით 2000 - 2010 წლებში აიგო 500-მდე ბიოგაზდანადგარი. დანადგარების მოცულობაა 6 მ³, განლაგება - მიწის ქვეშა, კონსტრუქცია - მტკიცე გუმბათიანი, მასალა – ფოლადი, საამშენებლო ბლოკი და ბეტონი, ფასი 4700 ლარი.

მიწისქვეშა დანადგარები მუშაობენ ფსიქროფილურ რეჟიმში (18 – 25°C) და შესაბამისად გამოყოფილი გაზის რაოდენობა არ შეიძლება აღემატებოდეს 0,25 – 0,35 მ³/მ³ დღეში. შეზღუდული ეკონომიკური შესაძლებლობების სოფლის

მოსახლეობისათვის დანადგარის მაღალი ფასი, დიდი მოცულობის მიწის სამუშაოების ჩატარება, აგების და მომსახურების შრომატევადობა, დაბალი ეფექტურობა და თვითგამოსყიდვის დიდი დრო, შეუძლებელს ხდის დანადგარების ფართო მასშტაბიან თვითგავრცელებას (გრანტების და სპონსორების თანადგომის გარეშე).

მსოფლიო ბანკის პროექტებისადმი მოძღვნილ ეროვნულ კონფერენციაზე როგორც მეცნიერებმა ისე კერძო ფირმების წარმომადგენლებმა, გამოთქვეს მოსაზრება, რომ საჭიროა ახალი თაობის მეცნიერებატევადი, მაღალტექნოლოგიური ბიოგაზის დანადგარების მეცნიერული კვლევა და შემუშავება.

ბიოგაზის ენერგეტიკის თვითგავრცელება საქართველოში შესაძლებელია მხოლოდ დანადგარების ფასის, შრომითი დანახარჯების, თვითგამოსყიდვის დროის მკვეთრი შემცირების და ეფექტურობის ასევე მკვეთრი გაზრდის შემთხვევაში.

აღნიშნულს გათვალისწინებით საქართველოს მექანიზაციის და ელექტრიფიკაციის სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტში დამუშავდა გადასატანი ბიოგაზის დანადგარი ბგ-4, რომლის გავრცელება საგრძნობლად გააუმჯობესებს სოფლად ენერგეტიკულ მდგომარეობას.

საოჯახო ბიოღანაღბარის ტექნიკური დახასიათება და ექსპლუატაციის წესები

1. ბიოგაზგენერატორ ბგგ-4-ის დანიშნულება.

ბიოენერგეტიკული ტექნოლოგია, ანუ ტექნიკური ბიოენერგეტიკა ენერგეტიკის შედარებით ახალი დარგია, რომელიც ბიომასიდან საწვავის მიღებისა და გარემოს დაცვის პრობლემებს აერთიანებს. ბიოენერგეტიკა, როგორც ენერგეტიკის ახალი დარგი, გასული საუკუნის 50-იანი წლებიდან დებულობს სახალხო მეურნეობაში პრაქტიკულ გამოყენებას, როდესაც მეცნიერულ დონეზე იქნა დამუშავებული სოფლის მეურნეობის ორგანული ანარჩენებიდან ბიოგაზისა და სრულფასოვანი ორგანული სასუქის ერთდროული წარმოება.

ბიოენერგეტიკული დანადგარების გამოყენება განსაკუთრებით ფართო მასშტაბებს დებულობს 70-იანი წლებიდან, როდესაც შესამჩნევი ხდება ენერგეტიკული კრიზისი და დღის წესრიგში დგება გარემოს დაცვის პრობლემები.

დღეისათვის ათობით მილიონი დანადგარი ფუნქციონირებს მსოფლიოში, რომელთა უმრავლესობა საოჯახო მეურნეობებისთვისაა გათვალისწინებული. მცირე სიმძლავრის დანადგარები, რომელთა ტევადობა 8-10 მ³-ს არ აღემატება, ძირითადად განვითარებად ქვეყნებშია გავრცელებული, თუმცა ევროპისა და ამერიკის განვითარებულ ფერმერულ მეურნეობებშიც ხშირად საკმაოდ ეფექტურ ენერგეტიკულ წყაროდ გვევლინებიან.

მცირე სიმძლავრის ბიოენერგეტიკული დანადგარები გვხვდება მიწისზედა ან მიწაში ჩაფლულ მდგომარეობაში. მიწისზედა განლაგების დანადგარები ძირითადად ქარხნული წესით დამზადებული ლითონის კონსტრუქციის დანადგარებია, ხოლო მიწაში განლაგებული დანადგარები სხვადასხვა სამშენებლო მასალებით არის დამზადებული.

საქართველოს სოფლის მეურნეობის მექანიზაციისა და ელექტრიფიკაციის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის ალტერნატიული ენერგეტიკის ლაბორატორიაში 2000-2004 წლებში დამუშავდა გადასატანი ბიოგაზის დანადგარი, რომლის დანიშნულებაა გლეხური, მცირე ფერმერული მეურნეობის საყოფაცხოვრებო და ზოგიერთი საწარმოო პროცესის სითბური ენერგიით დაკმაყოფილება საკუთარი განახლებადი ენერგეტიკული რესურსების გამოყენებით.

განახლებად ენერგეტიკულ რესურსებს განეკუთვნება მეურნეობაში დაგროვილი მემცენარეობისა და მეცხოველეობის ორგანული ნარჩენები, როგორცაა: მარცვლეული და ბოსტნეული კულტურების ანარჩენები, მეცხოველეობის ფერმის საწარმოო და საყოფაცხოვრებო ორგანული ნარჩენები.

წარმოდგენილი დანადგარი გათვალისწინებულია ძირითადად უწყვეტი სამუშაო რეჟიმისათვის, რომელშიც ყოველდღიურად იტვირთება ბიოგენერატორის მუშა მოცულობის 5 - 6% თხევადი ნაკელი და მიიღება 2 - 4 მ³ ბიოგაზი, რაც საშუალებას იძლევა სრული მომსახურება გაუწიოთ მსხვილფეხა რქოსანი

პირუტყვის 3 - 10 სულიან ფერმას და დაკმაყოფილდეს საშუალო ოჯახის მოთხოვნილება გაზზე. ბიოგაზის მიღების პარალელურად მიიღება ეკოლოგიურად სუფთა ორგანული სასუქი, რომელიც თავისი თვისებებით ბევრად უკეთესია ჩვეულებრივ ნაკელთან შედარებით.

ბიოდანადგარიდან გამოსულ სასუქზე გარკვეული რაოდენობის მინერალური კომპონენტების დამატებით შესაძლებელია ორგანულ-მინერალური სასუქის მიღება, რომლის გამოყენებით კიდევ უფრო იზრდება მისი ეფექტურობა და მცირდება ერთეულ ფართობზე შესატანი მინერალური სასუქების რაოდენობა.

2. ბიოგაზგენერატორ ბგვ-4-ის ტექნიკური დახასიათება

1. ტიპი – სტაციონარული (ცილინდრული ფორმის);
2. მუშა მოცულობა, მ³ ----- 4
3. დღეღამური მწარმოებლურობა, მ³
 ბიოგაზი - - - - - -----2÷4
 ორგანული სასუქი - - - - - -----0,15÷0,2
4. ნედლეულის ჩასატვირთი დოზა, ლ/დღე - - 150÷200
5. გაბარიტული ზომები მ:
 სიმაღლე ---- 2; დიამეტრი ---- 1,6
6. ექსპლუატაციის პერიოდი, წელი - - - - - 10÷15
7. წონა, კგ - - - - - 400÷500
8. მომსახურე პერსონალის რაოდენობა - - - - - 1
9. შრომის დანახარჯები, დღიური, კაც/დღე - - 0,25
10. ბიოგაზის თბოუნარიანობა, კკალ/მ³ ----- 5000
11. საშუალო წლიური ენერჯია, გკალ (კვტ.სთ.) 5,5 (6380)

- 12. წელიწადში გამომუშავებული ბიოგაზის ღირებულება (ელ. ენერჯის მიხედვით) ლარი - - - 1000
- 13. პირობითი საწვავის ეკონომია ტ/წელ. - - - - - 0,78
- 14. გამოსყიდვის დრო, წელი - - - - - 3÷4.

3. ბიოგაზგენერატორი ბგგ-4-ის ექსპლუატაციის პირობები

იმისათვის, რომ უზრუნველყოთ ბიოგენერატორში ნედლეულის (თხევადი ნაკელის) მიკრობიოლოგიური გაზიფიკაციის ნორმალური რეჟიმი, საჭიროა:

1. დანადგარში ყოველდღიურად ჩაიტვირთოს ბიოგენერატორის მუშა მოცულობის 5-6% მოცულობა თხევადი ნაკელი;
2. თხევადი ნაკელის ტენიანობა უნდა იყოს 92-95%;
3. ბიოგენერატორში მუშა მასის ტემპერატურა უნდა იყოს 30-35°C მეზოფილური რეჟიმი, ან 50-55°C თერმოფილური რეჟიმი;
4. ბიოგენერატორში ბიოლოგიური ქერქის წარმოქმნის თავიდან აცილების მიზნით ბიომასის არევა უნდა მოხდეს პერიოდულად (სასურველია ყოველდღიურად);
5. ბიოდანადგარში მუდმივი ტემპერატურული რეჟიმი უნდა უზრუნველყოს გათბობის სისტემამ.

6. დაცული უნდა იყოს დანადგარის სრული ჰერმეტიულობა, რათა არ მოხდეს ატმოსფერული ჰაერის დანადგარში შეღწევა (ანაერობული გარემო);
7. ბიოგენერატორში ჭარბი წნევა უნდა იყოს მუდმივი;
8. მიმღები და შუალედური რეზერვუარები, მილსადენები და ყველა დამხმარე მოწყობილობა, რომლებიც ეხებიან ბიონედლეულს და გაზიფიცირებულ მასას, უნდა გაირეცხოს მასის გამომშვების შემდეგ და აივსოს წყლით;
9. გასაშვები ჩატვირთვის ყველა ოპერაცია უნდა ვაწარმოთ წინასწარ მომზადებული მასით;
10. ბიოგენერატორის გასაშვები ჩატვირთვა სასურველია მოხდეს თბილ ამინდში.

4. ბიოგაზგენერატორ ბგგ-4-ის დახასიათება და მუშაობის პრინციპი

ბიოდანადგარის ექსპერიმენტული ნიმუში წარმოადგენს ცილინდრული ფორმის ორკედლიან ჭურჭელს (სურ. 1), რომელსაც ზემოდან ეხურება მცურავი ზარხუფი, მასზე მყარად დამაგრებული ამრევი ფრთებით და ბიოგაზის გამომყვანი მილსადენით.



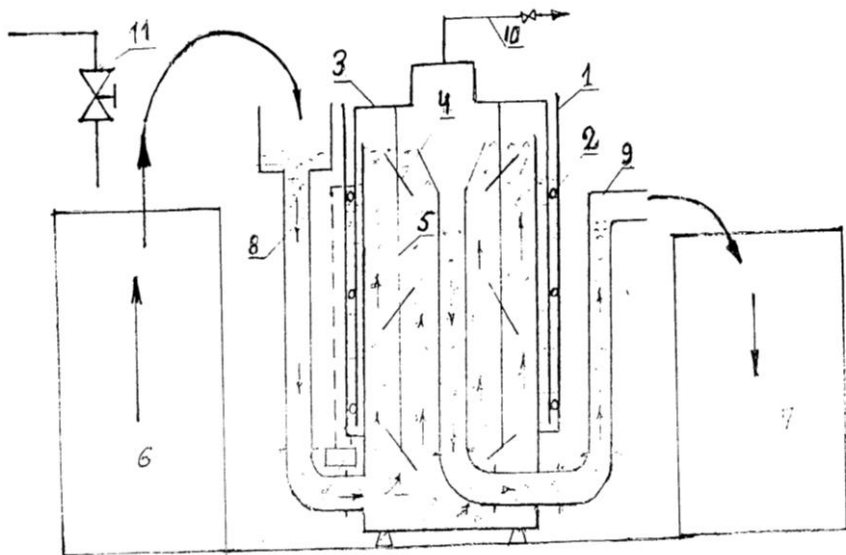
სურ. 1. ბიოგაზის დანადგარის ექსპერიმენტული ნიმუში

ბიოდანადგარებში გაზოგენერაციის პროცესის ნორმალური მსვლელობის ერთ-ერთ დამაბრკოლებელ ფაქტორად ითვლება დანადგარში წარმოქმნილი ბიოლოგიური ქერქი, რომლის თავიდან ასაცილებლად წარმოდგენილ დანადგარში ბიომასის არევა ხორციელდება ავტომატურად, გამომუშავებული გაზის

დაგროვებისა და ხარჯვის ცვალებადობის მეშვეობით, რომლის პრინციპული სქემა მოცემულია სურ. 2-ზე.

ბიოგაზის დანადგარის მუშაობის პრინციპი მდგომარეობს შემდეგში:

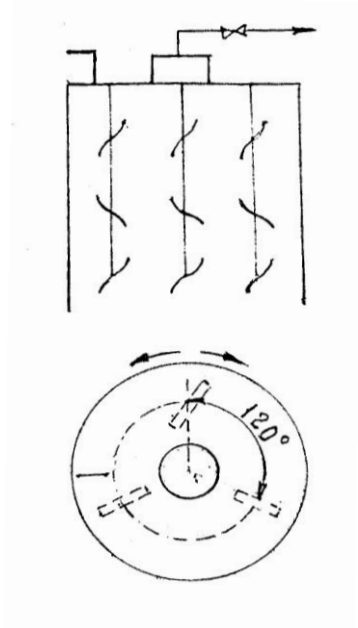
ბიოდანადგარის კორპუსი 1, სადაც საგაზიფიცირებო ბიომასაა მოთავსებული, წარმოადგენს ორკედლიან ცილინდრული ფორმის ჭურჭელს. კედლებს შორის არე 2 ივსება წყლით, სადაც ჩაშვებულია ცილინდრული ფორმის ხუფი 3 მასზე დამაგრებულ ამრევე ფრთებთან 4 ერთად, რომლებიც ბიომასაში დანადგარის ძირამდეა ჩაკიდებული. ამით ბიოგენერატორის შიგა არე 5, რომელიც ბიომასითაა შევსებული იზოლირებულია ატმოსფერული ჰაერისაგან. გაზოგენერაციის პროცესის დაწყების მომენტიდან ბიოგენერატორის შიგა არეში გაზის წნევა თანდათან იზრდება და წარმოიქმნება ამწევი ძალა, რომელიც ხუფს სწევს მაღლა და თან აიყოლიებს მასზე დამაგრებულ ამრევე ფრთებს. გაზის მოხმარების დროს კი ბიოგენერატორში წნევა ეცემა და მოძრავი ხუფი სიმძიმის ძალის გავლენით ეშვება დაბლა და ამრევი ფრთებიც ბიომასაში გადაადგილდება ზევიდან ქვემოთ. ბიომასის არევის პროცესი ავტომატურად მიმდინარეობს დანადგარის მთელი ექსპლუატაციის პერიოდში, ხოლო რაც შეეხება ბიოგაზის პარალელურად მიღებულ ორგანულ სასუქს, გროვდება რეზერვუარში 7.



სურ. 2. ცვალებადკამერიანი ბიოგაზის დანადგარის

ბიომასის არევის ეფექტურობა დამოკიდებულია ამრევი ფრთების ფორმაზე, განლაგებაზე და რაც მთავარია, მოძრაობის მიმართულების შეცვლის სიხშირეზე, მცურავი ზარხუფების გადაადგილების სიჩქარეზე. გაზოგენერაციის პროცესის ნორმალური მსვლელობისა და დაგროვილი გაზის ყოველდღიური ხარჯვის (მოხმარების) შემთხვევაში ამრევი ფრთების მოძრაობის მიმართულება იცვლება ერთხელ დღე-ღამის განმავლობაში. რაც შეეხება გადაადგილების სიჩქარეს, იგი არათანაბარია და დამოკიდებულია გაზის გამომუშავებისა და მისი ხარჯვის ინტენსივობაზე. გარდა ამისა, მცურავ ზარხუფს გააჩნია ჰორიზონტალურ სიბრტყეში ბრუნვის (რხევის)

შესაძლებლობა, რითაც კიდევ უფრო იზრდება ბიომასის არევის ეფექტურობა (სურ. 3).



სურ. 3. ბიოდანადგარში ბიომასის ამრევის პრინციპული სქემა

5. ბიოდანადგარის აწყობა და სამუშაოდ მომზადება

ქარხნული წესით დამზადებული ლითონის კონსტრუქციის ბიოდანადგარი შედგება შემდეგი ძირითადი კვანძებისაგან (სურ. 2): კორპუსი 1, მცურავი ზარხუფი 3, ჩასატვირთი ნაკელის მიმღები (მოსამზადებელი) რეზერვუარი 6, გაზიფიცირებული მასის (სასუქის) შესანახი რეზერვუარი 7, ჩასატვირთი 8

და განმტვირთავი 9 მილები, გაზის გამომყვანი 10. პრინციპული სქემის (სურ. 2) მიხედვით აწყობილი ბიოდანადგარი გადაიტანება ფერმაში და იდგმება წინასწარ მომზადებულ ადგილზე ფერმასთან ახლოს. სასურველია დანადგარის აწყობა მოხდეს გამოყენების ადგილზე. დანადგარის აწყობამდე მისი ყველა კვანძის ზედაპირი უნდა დაიფაროს ანტიკოროზიული საღებავის მყარი შრით.

ჩასატვირთი მასის მოსამზადებელი რეზერვუარი იდგმება ბიოდანადგარის ჩამტვირთავ მილთან, ხოლო სასუქის შესანახი რეზერვუარი გამომყვან მილთან. მოსამზადებელ რეზერვუართან მიყვანილი უნდა იყოს წყალი 11.

წინასწარ მონიშნულ ადგილზე ჯერ იდგმება მთავარი კვანძი – ორკედლიანი ბიოგენერატორი, რომელსაც უერთდება ჩამტვირთავ-გადმომტვირთავი მილები. ბიოგენერატორის კედლებს შორის არეში ისხმება წყალი შიდა კედლის სიმაღლეზე. ვინაიდან ბიოდანადგარში მცურავი ზარხუფი ასრულებს გაზგოლდერის ფუნქციას, ის უნდა გამოიცადოს ჰერმეტიულობაზე, რისთვისაც ჩამტვირთ-განმტვირთავ მილებში ისხმება წყალი იმ რაოდენობით, რომ არ მოხდეს ჰაერის შეღწევა ბიოგენერატორში. შემდეგ ესურება მცურავი ზარხუფი, რომელზეც დამონტაჟებულია გაზის გამომყვანი მილი გაზის ონკანით. გაზის გამომყვან მილსადენზე დაყენებული გაზის ონკანი დანადგარის გამოცდისას დაკეტილ მდგომარეობაში რჩება.

მცურავი ზარხუფი საკუთარი წონის გავლენით ბიოდანადგარში ქმნის ჭარბ წნევას, რის გამოც ის აწეულ მდგომარეობაში ტივტივებს ბიოგენერატორში ჩასხმულ წყალში. ჰერმეტიზაციის დარღვევის შემთხვევაში ის იწყებს დაბლა დაშვებას და ჰაერის გაპარვის გამოვლენა ხდება მასზე წასმული საპნის ქაფით, ხოლო სრული ჰერმეტიზაციის შემთხვევაში ის რჩება აწეულ მდგომარეობაში, რაც იმას ნიშნავს, რომ ბიოგაზის დანადგარი აწყობილია და მომზადებულია სამუშაოდ.

6. ბიოგაზგენერატორ ბგგ-4-ის მუშაობის თანმიმდევრობა

ფერმიდან გამოტანილი ნაკელი იყრება მოსამზადებელ რეზერვუარში, ემატება წყალი ისეთი რაოდენობით, რომ ჩასატვირთი მასის ტენიანობა იყოს 92-95%. პრაქტიკულად ნაკელის ერთეულ მასას ემატება $1\pm 1,5$ ერთეული წყალი. არევა წარმოებს ერთგვაროვანი თხევადი მასის მიღებამდე.

იმისათვის, რომ უზრუნველყოთ ბიოგენერატორში გაზიფიკაციის რეჟიმი, საჭიროა დავიცვათ ჩატვირთვის დოზა, მუშა მასის ტემპერატურა და ტენიანობა.

ბიოგენერატორში ნედლეულის ნორმალური ჩატვირთვა ხდება ყოველდღიურად. ყოველდღიური ჩასატვირთი დოზა შეიძლება იყოს ბიოგენერატორის მუშა მოცულობის $5\pm 6\%$ მეზოფილური $30\pm 35^{\circ}\text{C}$ რეჟიმის დროს. შესაძლებელია ჩატვირთვა მოხდეს 2 ± 3 დღეში

ერთხელ, შესაბამისად იზრდება ჩასატვირთი დოზა 2-3-ჯერ.

ბიოგენერატორში მუშა მასის შერევა ხდება მექანიკურად, მცურავ ზარსუფზე დამაგრებული ფრთებით. სასურველია არევა მოხდეს ყოველდღიურად.

ბიოგენერატორში ნედლეულის ჩატვირთვის დაწყებიდან მის შევსებამდე, ბიოგაზის გამომყვან მილზე დაყენებული ვენტილი რჩება ღია მდგომარეობაში, რის შემდეგ ვენტილი იკეტება. როდესაც ბიოგენერატორი შევსებულია, ახალი დოზის ჩატვირთვისთანავე განმტვირთავი მილიდან თვითდინებით გამოედინება იმავე რაოდენობის ორგანული სასუქი და ჩაედინება სასუქის საცავში, საიდანაც შეიძლება მისი გატანა ნაკვეთში.

7. ბიოგაზგენერატორ ბგგ-4-ის ტექნიკური მომსახურება

დანადგარის ლითონის ნაწილების ბიომასისა და ბიოგენერატორული გაზის შემადგენელი აგრესიული კომპონენტების მოქმედების შედეგად გამოწვეულ კოროზიისაგან დაცვის მიზნით, გაზგოლდერის კედლები უნდა დაიფაროს კოროზიის საწინააღმდეგო საღებავის მყარი შრით, რომელიც ამავე დროს აირეკლავს მზის სხივებს, რათა გაზგოლდერი ზედმეტად არ გაცხელდეს. დანადგარის ლითონის კედლების შეღებვა-ექსპლუატაციის პროცესი პერიოდულად უნდა განახლდეს, რაც თავისთავად დამოკიდებულია კოროზიის ინტენსივობაზე.

ბიოგაზგენერატორის მუშაობის ნებისმიერი დროისათვის უნდა იყოს უზრუნველყოფილი ვენტილაციის ნორმალური მუშაობა.

8. ბიოგაზგენერატორ ბგგ-4-ის ტრანსპორტირება

ბიოგაზის დანადგარის ტრანსპორტირება შესაძლებელია ნებისმიერი სატრანსპორტო საშუალებით, რომელიც იძლევა საშუალებას მისი დანიშნულების ადგილამდე მიტანისა. სასურველია ბიოგაზის დანადგარის ადგილზე დაშლილი კვანძების სახით მიტანა და იქ აწყობა-დამონტაჟება, რითაც გამოირიცხება სპეციალური დამტვირთავი მოწყობილობის გამოყენების საჭიროება.

9. ბიოგაზგენერატორ ბგგ-4-ის ეკონომიკური და ენერგეტიკული მაჩვენებლები

ბიოგაზგენერატორ ბგგ-4 ეფექტურია როგორც ეკონომიკური, ენერგეტიკული, ასევე ეკოლოგიური თვალსაზრისითაც, რადგან საქართველოს მასშტაბით შეშის მომხმარებელ რეგიონებში (63093 ოჯახი) დანერგვის შემთხვევაში ყოველწლიურად არ მოიჭრება 536290 მ³ ხე-ტყე. ასეთი დიდი რაოდენობის ტყის შენარჩუნებას, როგორც ეკონომიკური, ასევე

ეკოლოგიურ თვალსაზრისით უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭება.

ბიომასის გადამუშავების შედეგად მიიღება ორგანული სასუქი, რომელიც როგორც ეკოლოგიური, ასევე ეკონომიკური თვალსაზრისით ბევრად ეფექტურია ჩვეულებრივ ორგანულ სასუქთან შედარებით, ხოლო მასზე მინერალური სასუქების 25-30%-ით შემცირებული დოზების დამატებით ვიღებთ სრულიად ახალი ტიპის ორგანულ-მინერალურ სასუქს. ასეთი შემადგენლობის კომბინირებული სასუქის გამოყენებით ყოველ 1 ჰა-ზე იზოგება ძვირადღირებული მინერალური სასუქის 70—75%.

შეშის მომხმარებელ ოჯახებში დანადგარის დანერგვის შემთხვევაში ყოველწლიური ეკონომია შეადგენს 4218814 ლარს, ელექტროენერგიასთან შედარებით 3968087 ლარს, ბუნებრივ გაზთან შედარებით 3343929 ლარს.

10. ბიოგაზგენერატორ ბგგ-4-ის უსაფრთხოების წესები

ბიოგაზის დანადგარის გაშვების და გენერატორული გაზის გამოშვების წინ უნდა გამოიცადოს დანადგარის საგაზო მეურნეობის ყველა კვანძი:

1. ზედმიწევნით უნდა შემოწმდეს ბიოგაზის დანადგარი და გაზგოდღერი ჰერმეტიულობაზე;

2. შემოწმდეს ყველა დამცველი მოწყობილობა და დანადგარის ჰიდრავლიკური სისტემა – მოქმედების გამართულობაზე;
3. გაზის საკვეთლები ადვილად უნდა იკეტებოდეს და იხსნებოდეს;
4. ბიოგენერატორები უნდა აღიჭურვოს სამუშაო მასის ტემპერატურის გასაზომი თერმომეტრებით. საკონტროლო-საზომი ხელსაწყოები განლაგებული უნდა იქნეს მეთვალყურეობისათვის მოხერხებულ ადგილზე;
5. ბიოგენერატორულ დანადგარზე უნდა გამოიკრას: დანადგარების მოქმედების პრინციპიალური სქემა, ინსტრუქცია პირველადი დახმარების აღმოჩენის შესახებ ბიოგენერატორული გაზით მოწამვლის შემთხვევაში, ინსტრუქცია ცეცხლსაწინააღმდეგო ღონისძიებათა და გაზსაშიშ სამუშაოთა შესახებ. გაზსაზომი სამუშაოები უნდა წარმოებდეს იმ პირის თანდასწრებით, რომელიც პასუხისმგებელია უსაფრთხოების ტექნიკაზე;
6. ბიოგენერატორულ დანადგარზე საჭიროა ვიქონიოთ საშუალებანი პირველადი დახმარების აღმოსაჩენად უბედური შემთხვევის დროს.

11. ბიოგაზგენერატორ ბგგ-4-ის შენახვა

ხანგრძლივი დროით შენახვის წინ ბიოდანადგარის მუშა ზედაპირები გულმოდგინედ უნდა გაიწმინდოს და გაირეცხოს სათანადო სითხით, ლითონის ზედაპირები დაიფაროს ანტიკოროზიული ფენით. საჭიროა ჩაუტარდეს სრული ტექნიკური მომსახურება, გამოვლინდეს შესაცვლელი ან გასარემონტებელი ნაწილები და საჭიროების შემთხვევაში ჩაუტარდეს სარემონტო სამუშაოები. დანადგარი უნდა შევინახოთ გადახურულ და მშრალ შენობაში, რათა დაცული იქნეს გარემოს მავნე ზემოქმედებისაგან.

12. ბიოგაზგენერატორ ბგგ-4-ის გამოყენების ენერგეტიკული შეფასება

ენერჯის განახლებადი წყაროს პრაქტიკული გამოყენება მოითხოვს არა მარტო მიღებული ენერჯის რაოდენობისა და თბოფიზიკური თვისებების (ენერგოშემცველობის) ზუსტ განსაზღვრას, არამედ აგრეთვე დანადგარის ენერგეტიკული ეფექტურობის შეფასებას, მისი ტექნოლოგიურ პროცესში ჩართვის მიზანშეწონილობის განსაზღვრისათვის. საჭიროა შემუშავებული იქნას მეთოდური გადაწყვეტა და მოხდეს ახალი ტექნოლოგიების და ტექნიკის მატერიალურ-ენერგეტიკული ხარჯის შეფასება და არსებულ ტექნოლოგიებთან შედარება.

ენერგეტიკული ანალიზისათვის პირველ რიგში საჭიროა შემუშავდეს დანადგარის კონსტრუქცია და ჩატარდეს პროექტის მიხედვით ტექნიკური პროცესების სრული ანალიზი.

საჭიროა შემუშავდეს ენერგომატარებლების გამოყენების ტექნოლოგია და გაკეთდეს ენერგეტიკული ანალიზი ყველა ცალკეული პროცესისათვის. ალტერნატიული ენერგომატარებლების (მზე, ქარი, ბიომასა) ეფექტური შეფასებისათვის მიზანშეწონილია განისაზღვროს ენერგოხარჯის ეფექტურობის ხვედრითი მაჩვენებელი:

$$K = E_T / E_m \quad (1)$$

სადაც: K - არის ენერგოხარჯის ეფექტურობის ხვედრითი მაჩვენებელი;

E_T - ექსპლოატაციის პერიოდში აგრეგატის დამზადება-მომსახურებაზე დახარჯული ენერჯის სრული ტექნოგენური ხარჯია, ჯ;

E_m - სასარგებლო ალტერნატიული ენერჯის ის ნაწილია, რომელიც გამოიყენება მიზნობრივი დანიშნულებისათვის, ჯ;

სასარგებლოდ გამოყენებულ (ტექნოლოგიურ პროცესში მიღებულ) ერთეულ ენერჯიაზე ტექნიკის დამზადება-ექსპლოატაციაში დახარჯული ენერჯის ეფექტურობის მაჩვენებელი - ანალოგიაშია ენერგეტიკულ მაჩვენებლებზე (კვტს, ჯ) მოსული ღირებულებისა ფულად გამოსახულებაში (ლარი/ჯ, ლარი/კვტს). ყველა სახის ალტერნატიული ენერგეტიკული წყაროს გამოყენების მიზანშეწონილობა განისაზღვრება დამოკიდებულებით $K < 1$, რაც იმას

ნიშნავს, რომ დახარჯული ტექნოგენური ენერგია ნაკლები უნდა იყოს ალტერნატიული ენერგოწყაროდან მიღებულ ენერგიაზე.

ახალი სათბობის (მაგ. ბიოგაზის) მიღების ტექნოლოგიის დამუშავებისას მისი ეფექტურობის შეფასებას ახდენენ აგრეთვე ენერგოხარჯის კოეფიციენტით, რომელიც გამოიხატება მოცემული ენერგოშემცველობის ერთეულ სათბობზე დახარჯული ერთეული ტექნოგენური ენერგიით:

$$K_1 = \Delta E_{Ti} / \Delta E_{mi} \quad (2)$$

სადაც: ΔE_{Ti} -არის სათბობის ერთეულზე მოსული ტექნოგენური ხარჯი, ჯ/კვ, ჯ/ლ;

ΔE_{mi} - ენერგოშემცველობა ერთეულ სათბობში (ჯ/ლ, ჯ/კვ).

ამასთან, ახალი სათბობის ერთეულის ენერგია მეტი უნდა იყოს მის წარმოებაზე დახარჯულ ტექნოგენურ ენერგიაზე:

$$\Delta E_{mi} > E_{Ti}, \quad 1 < 1 .$$

ალტერნატიული ენერგიის წყაროს მიღების ტექნიკურ საშუალებათა გაანგარიშებისათვის ძირითადი მახასიათებელი პარამეტრია W - მისი საათობრივი ან წლიური მწარმოებლურობა:

$$W = \frac{E_{mi}}{t} \quad (3)$$

სადაც: t - საანგარიშო დროა (საათი, დღე-ღამე, წელი).

ყველა სახის ალტერნატიული ენერგია თხოვლობს ტექნოგენურ დანახარჯებს: ტექნიკურ მომსახურებაზე გაწეული სამუშაო ენერგიის, ელექტრული ენერგიის, თბური ენერგიის სახით. ეს დანახარჯები პირდაპირი დანახარჯებია. პირდაპირი დანახარჯების გარდა განსაზღვრული უნდა იყოს წარსულში ობიექტის აგებაზე და აგრეთვე მის მომსახურებაზე გაწეული ენერგიის განივთებული დანახარჯები.

საანგარიშო პერიოდში გაწეული პირდაპირი და ენერგიის განივთებული დანახარჯების ჯამი წარმოადგენს ტექნოგენურ დანახარჯებს და გაიანგარიშება ფორმულით (1,2):

$$\mathbf{E}_T = \sum_{i=1}^n \mathbf{M} \mathbf{a}_i + t(\sum_{i=1}^n \mathbf{N}_1 \mathbf{a}_1 + \sum_{i=1}^n \mathbf{N}_2 \mathbf{a}_2), \quad (4)$$

სადაც: \mathbf{M} - ტექნიკური საშუალების აგებისათვის გამოყენებული სხვადასხვა მასალების მასა, კგ;

\mathbf{a} - მასალების წარმოების ენერგეტიკული ექვივალენტი, (ჯ/კგ);

\mathbf{N}_1 - აგრეგატის მომსახურებაზე დახარჯული საწვავის რაოდენობა, კგ, ლ;

\mathbf{a}_1 - მისი ენერგოშემცველობა, ჯ/კგ, ჯ/ლ;

\mathbf{N}_2 - აგრეგატის მომსახურებაზე მუშა ძალის პირდაპირი შრომითი დანახარჯები, კაცსთ/დღე;

\mathbf{a}_2 - შრომითი დანახარჯების ენერგეტიკული ექვივალენტი, ჯ/სთ.

ინსტიტუტში დამუშავებულია ლითონის კონსტრუქციის, გადასატანი ტიპის ბიოგაზის დანადგარის ახალი, გაუმჯობესებული ვარიანტი. ენერგეტიკული ეფექტურობის წინასწარი შეფასებისთვის გაანგარიშებული იქნა ენერგოხარჯის ეფექტურობის ხვედრითი მაჩვენებელი. აგრეგატის გაბარიტებია 1,2X1,2X2,0 მ, მასა 320 კგ (დამხმარე მოწყობილობებით), რეჟიმი – თერმოფილური (გარეშე ენერგიის – ჰელიო და გამომუშავებული ბიოგაზის გამოყენებით), დანადგარის საშუალებით ბიომასიდან დღეში გამომუშავდება 3,5 მ³ ბიოგაზი, საიდანაც საშუალოდ 0,2 მ³ დაიხარჯება დანადგარის გათბობაზე (მზის ენერგიასთან ერთად), 3,3 მ³ სასარგებლო ალტერნატიული ენერგიის ის ნაწილია, რომელიც გამოიყენება მიზნობრივი დანიშნულებისათვის ფერმერის ოჯახში. აგრეგატის საქსპლოატაციო ვადა განსაზღვრულია 15 წლით.

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n Ma + Wt(\sum_{i=1}^n N_1 a_1 + \sum_{i=1}^n N_2 a_2)}{Wt a_1} = \tag{4}$$

$$\frac{320*104 + 15*365(0.2*21 + 0.13*1.26)}{3.3*15*365*21} = 0.15$$

სადაც: **M=320** კგ – არის ლითონზე დაყვანილი, დანადგარის მასალების ჯამური მასა;
a=104 მჯ/კგ – ლითონის მასალების წარმოების ენერგეტიკული ექვივალენტი;
W=3.3მ³ – აგარეგატის მიერ დღეში გამომუშავებული

ბიოგაზის ის რაოდენობა, რომელიც გამოიყენება ფერმერის ოჯახში მიზნობრივი დანიშნულებისათვის;

$t=15*365=5475$ დღე - აგრეგატის საექსპლუატაციო ვადა;

$N_1=0.2\text{მ}^3$ - აგარეგატის მომსახურებაზე დახარჯული ბიოგაზის რაოდენობა;

$a_1=21\text{მჯ/მ}^3$ - ბიოგაზის ენერგოშემცველობა;

$N_2=1\text{კაც/სთ/დღე}$ - აგარეგატის მომსახურებაზე დახარჯული შრომის რაოდენობა;

$a_2=1.26\text{მჯ/სთ}$ - მესამე კატეგორიის მუშის ენერგეტიკული ექვივალენტი;

ჩატარებული ანალიზი მიახლოებითია და ასახავს პროექტის ეფექტურობის ზოგად ტენდენციას. დეტალური ანგარიში ჩატარდება უშუალოდ პროექტირების პარალელურად ოპტიმალური გადაწყვეტილების მიღების მიზნით.

ანალიზმა გვიჩვენა, რომ ენერგოხარჯის ეფექტურობის ხვედრითი მაჩვენებელი $=0.166$, ე.ი. საექსპლუატაციო პერიოდში მის მიერ გამოიმუშავებული ენერგია დაახლოებით 6-ჯერ აღემატება წარმოება-ექსპლუატაციაზე გაწეულ ტექნოგენურ ენერგოდანახარჯებს. ეს მეტყველებს აგრეგატის ეფექტურობაზე და იძლევა ეფექტურობის შემდგომი ამაღლების საშუალებას.

დასკვნა

გადასატანი ტიპის, ლითონის კონსტრუქციის მცურავ ზარხუფიანი ბიოგაზის დანადგარი, რომელიც გათვალისწინებულია 4-5 სული პირუტყვის ნაკელის ბიოგენერატორული გადამუშავებისათვის, უზრუნველყოფს საოჯახო და მცირე ფერმერული მეურნეობების მოთხოვნებს საწვავ აირზე. საქართველოს კლიმატურ პირობებში დანადგარის მეზოფილურ რეჟიმში მუშაობა შესაძლებელია წელიწადში 7-8 თვის განმავლობაში 0,6-1,0 მ³/მ³ ბიოგაზის გამოსვლით დღეში, ხოლო 4-5 თვე 0,2-0,4 მ³/მ³ მწარმოებლურობით დღეში.



საქართველო, თბილისი,
0102, ივანე ჯავახიშვილის ქ.# 51.

ქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა
აკადემია.

www.gaas.dsl.ge

E-mail: acad.as@gaas.dsl.ge

Tel/Fax: (+995 32) 294 13 21