

**Б.Т. Бахтияр, Г.А. Манапова, А.К. Мерғалимова,
М.А. Маханова, Г.У. Турсунбаева**

С. Сейффуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан

E-mail: manapova_gulzagira@mail.ru

АУЫЛ ШАРУЫШЫЛЫҒЫНЫҢ ҚАЛДЫҚТАРЫНАН БИОГАЗ АЛУ

Андатпа. Мақалада өндірілетін биогазбен өндірістің қажеттіліктерін жабу мүмкіндігін есептеу үшін әдістемесіне сәйкес есептеу жүргізілді. Қазіргі уақытта жаңартылатын энергия көздерін түрлендірудің жаңа технологиялары өзекті болып табылады, бұл дәстүрлі биомассаны тұтынудың төмендеуімен дәлелденеді. Өңдеу нұсқаларының бірі биомассаның әртүрлі түрлерінен сұйық және газ күйінде де биоотын өндіруді қарастыруға болады. Биоотынды пайдалану бірқатар экологиялық мәселелерді шешуге көмектеседі, олардың негізгісі қазба байлықтарды пайдалану. Қазіргі уақытта биоотын жылу энергиясына айналуы мүмкін кез келген биомассадан алынатын отын болып саналады. Есептеу барысында қондырғыдан бөлінетін биогаз мөлшері, сонымен қатар өз қажеттіліктеріне жұмсалатын газ мөлшері есептелді. Биогаздың жиынтық шығымы және қондырғыны енгізудің орындылығын көрсеткен өз қажеттіліктеріне жұмсалатын шығындар есептелген.

Түйінді сөздер. Ыстық су қазандығы, биогаз, биогаз қондырғылары, қалдықтар, биогаз технологиясы, жылу жүйесі.

Кіріспе.

Биогаз баламалы энергия көзі ретінде табиғи ыдырау ерекшеліктері арқылы қалдықтарды түрлендіруге көмектеседі. Кез-келген ауылшаруашылық қалдықтары өңдеуге жарамды. Биогаз-органикалық қалдықтардың ыдырау процесінде табиғи түрде пайда болатын биоотын түрі. Оттегімен байланысқан кезде био қалдықтар ыдырап, газдардың қоспасын шығарады. Бұл негізінен метан және көмірқышқыл газы. Биогазды тек анаэробты ортада, яғни оттегі бар жерде алуға болады, сондықтан бұл процесс "анаэробты ашыту" деп аталады. Бұл органикалық заттарды ыдырату үшін ашыту қолданылатын қалдықтарды энергияға айналдырудың табиғи түрі.

Алғашқы биогаз қондырғылары ХХ ғасырдың ортасында шығарыла бастады. 1960 жылдары Үндістан мен Қытай фермерлерге аудандардың бір бөлігін қол жетімді отынмен қамтамасыз етуге көмектесетін шағын қондырғылар жасай бастады. Соңғы 15 жылда Еуропаның көптеген елдері биогаз қондырғыларын белсенді қолдана бастады. Баламалы энергия көздерін қолдану бойынша жетекші орынды Германия алады. Биогазды сол жерден және басқа да бірқатар Еуропа елдерінен тіпті автомобиль жанармай құю станцияларынан сатып алуға болады. Германия, Голландия, Бельгия тұрғындары биогазды тамақ дайындау, электр генераторларына жанармай құю, жылыту қазандықтары үшін пайдаланады.

Биогаздың құрамы және оның сапасы келсек, биогаз негізінен метаннан (60-90%), көмірқышқыл газынан (20-45%) және күкіртсутек, аммиак, азот және фосфор оксидтерінің қоспаларынан (1% - дан аз) тұрады. Газдың сапасы метан құрамы бойынша бағаланады. Терең тазарту кезінде биогазда 90% - дан астам метан болуы мүмкін, бұл табиғи газдың сапасынан кем түспейді.

Энергия көзі ретінде биогаз ең тиімді емес, ол көмір, отын, мұнай және оны қайта өңдеу өнімдерінен асып түседі. Алайда, бұл шымтезек брикеттері мен сабанға қарағанда әлдеқайда жақсы. Бір текше метрді жағу кезінде биогаздың жылу энергиясы 0,7 литр

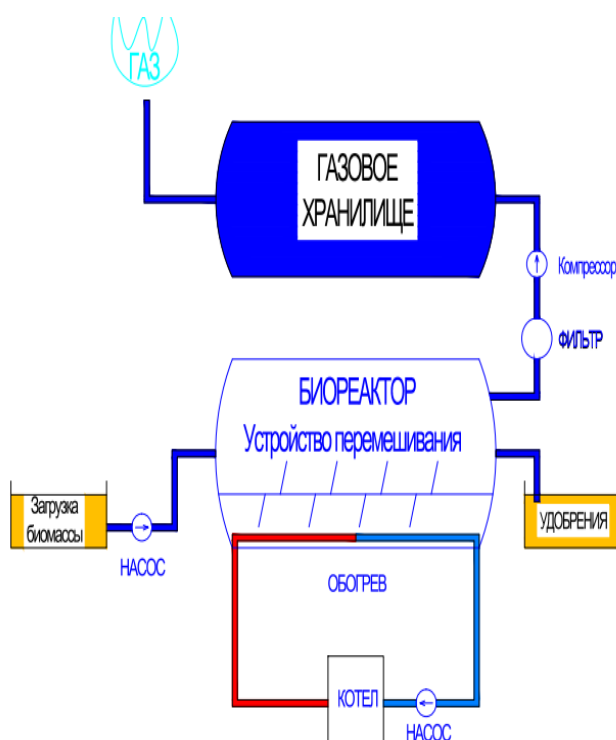
мазутқа, 1,5 килограмм құрғақ отынға немесе ағаш қалдықтарына тең. Биогаз алуға арналған шикізат ретінде і үшін кез-келген тамақ, өсімдік және жануарлар қалдықтары қолайлы. шикізат ретінде көбінесе қолданылады:

Үлкен айналымы бар ірі мал шаруашылығы кешендерінің жанында көңден биогаз өндіру тиімді. Сондай-ақ, бұл құс фабрикалары, қант және сыра қайнату зауыттары, фермалар үшін қалдықтарды қайта өңдеудің тамаша шешімі.

Биогаз алу процесі қарапайым биогаз қондырғысы биогаз өндірілетін реактордан тұрады. Бұл тұрақты жоғары температура сақталатын оқшауланған резервуар. Биогаз қондырғысы туралы толығырақ мына жерден біле аласыз. Биогаз станциясы биогаз алу үшін реакторға биомасса беріледі, ал шіндегі бактериялар оны биогазға айналдырады.

Бактериялардың 3 түрі өңдеу үшін қолданылады:

- Гидролиз;
- қышқыл түзуші;
- метан түзгіштер.



1 сурет - Биогаздың жұмыс істеу сұлбасы

Бактериялардың биомассаны белсенді түрде өңдеуі үшін шикізатты үнемі беру, температура 35-38 °С және мезгіл-мезгіл араластыру қажет. Бұл жағдайда анаэробты ашыту процесі басталады. Нәтижесінде биогаз және тыңайтқыштар пайда болады. Биогаз реактор күмбезінің астына жиналады, содан кейін кейіннен тазарту үшін арнайы резервуарларға айдалады. Биогаз алу әдістері туралы толығырақ мына жерден оқыңыз.

Биогаз алу процесінің өнімділігі баламалы энергия көзі ретінде биогаз өндірісі барлығына: инвесторларға, фермерлік шаруашылықтарға, тіпті мемлекетке де тиімді. Биогаз қондырғысы қалдықтарды толығымен қайта өңдеуге және оларды энергия мен отынға айналдыруға мүмкіндік береді. Өндірілген биогаздан электр немесе жылу алуға болады. Қосымша ретінде өңдеу нәтижесінде жоғары тиімді тыңайтқыштар алынады. Бұл өндірістік кешен орналасқан елді мекенді жылу және электр энергиясымен қамтамасыз етуге, сондай - ақ жергілікті фермаларды өсімдік тыңайтқыштарымен қамтамасыз етуге

мүмкіндік береді. Мемлекет үшін бұл бюджетке түсетін жүктемені азайтуға, сондай-ақ ауыл шаруашылығының беделін арттыруға мүмкіндік береді [1].

Биогаз энергиясы көп мөлшерде өндіріледі және кәсіпорынның өзін де, жақын маңдағы елді мекендерді де жылу мен электрмен қамтамасыз етуге жеткілікті. Сонымен қатар, өңдеуге арналған шикізат тегін, бұл мұндай кешендерді өте тиімді етеді. Технология үлкен инвестиция мен ауқымды құрылысты қажет етпейді. Өтеу мерзімі-3-5 жыл. Алынған биогаздың мөлшері өңдеу үшін қолданылатын шикізатқа тікелей байланысты.

Биогаздың негізгі артықшылықтары қоқыс полигондарды азайту, өйткені барлық зиянды органикалық қалдықтарды қайта өңдеуге болады. Қайта өңдеу нәтижесінде жылу мен электр энергиясын, сұйытылған газды алуға болады. Қалдықсыз өндіріс - ашытудан кейін масса тыңайтқышқа айналады. Кез келген органикалық шикізат өңдеуге жарамды: көң, тамақ қалдықтары, өлексе, ағынды сулар, сүрлем. Қайта өңдеуге арналған шикізат ешқашан бітпейді. Сонымен қатар арнайы пештер арқылы ауыл шаруашылығы қалдықтарын пайдаланып отын ретінде де қарастыруға болады.

Биогаз қондырғылары қалдықтарды кәдеге жаратудың кешенді шешімі тамақ өнеркәсібі, агроөнеркәсіптік кешен, өндіріс жылу, электр энергиясы, және тыңайтқыштар. Метан өндірісі биогаз өндіруге арналған қондырғы-биологиялық процесс. Неміс компаниясы жиынтықты әзірлейді және шығарады биогаз өндіруге арналған қондырғылар және оларды бүкіл әлемде сатады. Биогаз өндіретін 300-ден астам зауыт іске қосылды және табысты жұмыс істеуде Германия, Франция, Нидерланды, Греция, Ұлыбритания, Швеция, Испания, Люксембург, Чехия, Литва, АҚШ, Жапония және Кипрде. Ұсынылған қондырғылар эксперименттік емес, жұмыс істейді, ISO сертифициатталған дәлелденген және сенімді неміс жабдықтары және өз зауытында жиынтықта жасалған.

Биогазды қолдану бүгінгі күнге дейін өте маңызды, табиғи газ, мұнай және көмір қоры шексіз емес. Биогаз қондырғыларының арқасында құрылысы мен жұмысын ұйымдастыруға болады. Экологиялық таза отын ғана емес, сонымен қатар органикалық қалдықтар ретінде, сонымен қатар олар тыңайтқыш ретінде қызмет ете алады. Кейбір түрлерде өндірісте - бұл оңтайлы шешім, айтарлықтай үнемдеуге әсер етеді және өзіндік құнын төмендетуге мүмкіндік береді. Бұл қондырғылардан басқа, биологиялық газ өндіретін, сондай-ақ кешенде орнатуға болады және газды түрлендіретін когенерациялық жабдық өндірісті қамтамасыз ететін энергия. Қазіргі уақытта биогаз саласы Қазақстан іс жүзінде дамымаған, бірақ қолда бар Қазақстанның биогаз әлеуеті ішінара болуы мүмкін [2]. Негізінен биотын технологиясы тереңінен дамытсақ ҚР экологиялық әл-аухаты мен отын тапшылығы, экологиялық бірнеше мәселелер шешілетіні сөзсіз. Мақалада ауыл шаруашылық қалдықтарынан биотын алу перспективті әдістері мен тәсілдері ұсынылып қарастырылған

Материалдар мен тәсілдер.

Биогаз өндіруге арналған шикізат агроөнеркәсіп кешенінің қалдықтары болуы мүмкін. Ауыл шаруашылығы дамыған аймақтардың көпшілігі биогаз өндіру үшін ресурстардың жоғары концентрациясына ие [1] және сонымен бірге энергия тапшылығына ие, сондықтан мұндай аймақтардағы ауыл шаруашылығы тауарын өндірушілерді энергиямен қамтамасыз ету қалдық принцип бойынша жүзеге асырылады.

Дегенмен, еліміздің агроөнеркәсіптік кешені қалдықтарының жалпы энергетикалық потенциалы экономиканың электр энергиясына деген қажеттілігін 23%-ға қанағаттандыруға мүмкіндік береді. Ал биогазды когенерациялық қондырғыларда нақты ауылшаруашылық өндірісінде өңдеу өзінің электр энергиясына деген қажеттілігін өтеп қана қоймай, шағын елді мекенді қамтамасыз етеді.

Бұрын айтылғандай, жеткізуге байланысты жанармай бағасының өсуі жылу тарифтерінің өсуіне әкеледі, соның салдарынан шалғай елді мекендер орталық энергиямен жабдықтауды пайдалану мүмкіндігінен айырылады. Осы жағдайларда ауыл шаруашылығы үшін жаңартылатын энергия көздерін пайдаланатын қуатты аз энергия қондырғыларына негізделген жергілікті энергия желілері арқылы энергиямен қамтамасыз ету маңызды болып табылады [4].

Қазіргі уақытта жаңартылатын энергия көздерін түрлендірудің жаңа технологиялары өзекті болып табылады, бұл дәстүрлі биомассаны тұтынудың төмендеуімен дәлелденеді [2]. Өңдеу нұсқаларының бірі биомассаның әртүрлі түрлерінен сұйық және газ күйінде де биоотын өндіруді қарастыруға болады. Биоотынды пайдалану бірқатар экологиялық мәселелерді шешуге көмектеседі, олардың негізгісі қазба байлықтарды пайдалану [3]. Қазіргі уақытта биоотын жылу энергиясына айналуы мүмкін кез келген биомассадан алынатын отын болып саналады.

Басқа жаңартылатын энергия секторларымен салыстырғанда биогаз қондырғылары қалыпты су мен электр энергиясын тұтынуды қажет етеді [5], бұл оларға күн және жел электр станцияларына қарағанда артықшылық береді. Биогаз алудың тағы бір перспективті бағыты энергетикалық мақсатта арнайы өсірілген микробалдырларды өңдеу болып табылады. Микробалдырларды өсіру дәстүрлі дәнді дақылдармен салыстырғанда төмен шығындармен қатар жүреді [10] және сонымен бірге олардың биомассасы бірқатар артықшылықтарға ие [1]. Қазіргі уақытта ыстық су қазандықтарымен, жел және күн қондырғыларымен, сондай-ақ жылу утилизаторларымен бірге жұмыс істейтін биогаз өндіру қондырғыларының бірнеше нұсқалары бар [4]. Жазда артық биогаз түзілетіні тұжырымдалған, оны сұйық метанолға өңдеу ұсынылады [12]. Дегенмен, дұрыс есептегенде биогазды когенерациялық қондырғыларда пайдалануға жақын маңдағы ауылды энергиямен қамтамасыз етуге болады.

Сонымен қатар, қыста биогазды өнеркәсіптік қазандықтарда қосымша қуат көзі ретінде пайдалануға болады. Бұл тек оттық құрылғысын қайта құруды қажет етеді. Солай бола тұра биогаз кейбір сипаттамалары бойынша табиғи газдан басымырақ [3]. Нәтижесінде биогаз қондырғыларын құру өзекті болып табылады және энергетика саласындағы бірқатар мәселелерді шешуге көмектеседі: ескірген аймақтық қазандықтарды ішінара немесе толықтай ауыстыру және жақын орналасқан елді мекендерді электр және жылумен қамтамасыз ету деп айта аламыз. Сонымен қатар, мұндай қондырғылардың бірқатар артықшылықтары бар:

1) Шағын когенерациялық қондырғылардағы газды пайдалану коэффициенті ірі жылу электр станцияларына қарағанда айтарлықтай жоғары.

2) Биогаз қондырғылары қымбат газ құбырларын салуды қажет етпейді және электр энергиясының жоғалуын болдырмайды [4].

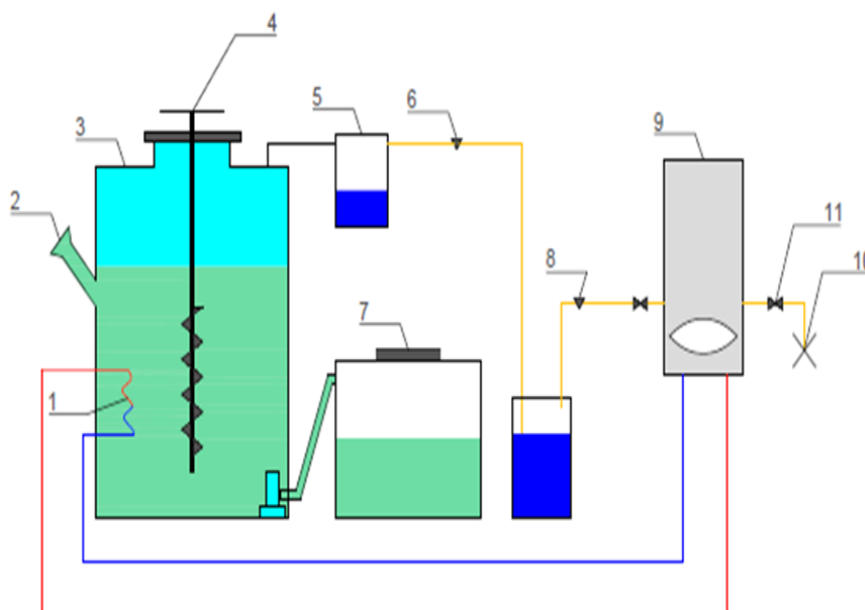
Нәтижелер мен талқылау.

Пайдалы қазбаларды тұтыну проблемасы бүкіл әлемдегі ең маңызды мәселелердің бірі болып табылады. Бұл жоба гибридті электрмен жабдықтау жүйесін қарастырады. Электрмен жабдықтау биогаз қондырғысы арқылы жұмыс істейтін когенерациялық қондырғы арқылы қамтамасыз етіледі. Жылыту биогаз қондырғысын ыстық сумен қамтамасыз ететін ыстық су қазандығы арқылы қамтамасыз етіледі. Биогаз компост, сұйық көң және басқа да энергетикалық шикізаттан (биомасса) өндіріледі.

Ең алдымен, қондырғы жаңартылатын энергия көздерінде (ЖЭК) жұмыс істеуді қарастырады. Бұл түрдегі қондырғыларды ауыл шаруашылығы кәсіпорындарында қолдануға болады, бұл олардың автономиясын және электр станцияларынан тәуелсіздігін қамтамасыз етеді. Оның үстіне, жоғары экономикалық тиімділік және қысқа өтелу мерзімі бар.

Қоршаған ортаның құрамдас бөлігі де жақсы суретке ие екенін ұмытпаңыз. Жану өнімдерінің құрамында қатты заттар аз (CO_2 , NO_x және т.б.), бұл булы әсерді азайтуға көмектеседі. Бұл қондырғының тағы бір артықшылығы – биогаз өндіруден кейін қалған құрғақ шламды ауылшаруашылық тыңайтқышы ретінде пайдалануға болады.

Маңызды кемшілігі биомассаны қайта өңдеудің термофильді режимін ұстап тұру өндірілетін биогаздың жоғары шығыны арқылы қамтамасыз етіледі (шамамен 1/3). Бұл жабдықты қыс мезгілінде пайдалану кезінде қосымша үй-жайлар, демек микроклиматты ұстап тұруға қосымша энергия талап етіледі.



1- субстратты жылыту; 2 -толтырғыш мойын; 3- биореактордың сыйымдылығы; 4 - араластырғыш 6 - газ клапаны; 7 –резервуар 8- сақтандырғыш клапаны; 9 - газ қазандығы 10- тұтынушы 11- газды витель

2 сурет - Технологиялық сұлба

Өнертабыс энергетика саласына жатады. Қондырғы негізгі құрылғылардан тұрады: биогаз қондырғысы, биогазды тазалауға арналған сүзгі, биогаз, компрессор, , когенерациялық қондырғы, жинақтау жүйесі, су жылытатын қазан. Жұмыс принципі биомасса биогаз қондырғысына түседі, одан әрі су моншасы арқылы биогаз өндіріледі, оған өз кезегінде су жылыту қазандығынан ыстық су түседі. Әрі қарай биогаз сүзгіден өтіп, ГНД-ға, содан кейін ГВД-ға, содан кейін жылу энергиясы өндірілетін когенерациялық қондырғыға түседі. Осылайша, қондырғы жаңартылатын энергия көздерінде (ЖЭК) жұмыс істеуді қамтамасыз етеді. Бұл түрдегі қондырғыларды ауыл шаруашылығы кәсіпорындарында қолдануға болады, бұл олардың автономиясын және электр станцияларынан тәуелсіздігін қамтамасыз етеді. Оның үстіне, жоғары экономикалық тиімділік және өзін-өзі ақтаудың қысқа мерзімдері байқалады.

Жүктеу жүйесінен биомасса тікелей биогаз қондырғысына түседі. Қондырғыда бөлінетін газ төмен қысымды газгольдерге, ал одан кейін сүзгі арқылы жоғары қысымды газгольдерге түседі. Алынған газ өз қажеттіліктері үшін де, тұтынушының қажеттіліктері үшін де ыстық су және газдың өзі түрінде пайдаланылады.

Өндірілетін биогазбен өндірістің қажеттіліктерін жабу мүмкіндігін есептеу үшін [1-3] әдістемесіне сәйкес есептеу жүргізілді. Есептеу барысында қондырғыдан бөлінетін биогаз мөлшері, сонымен қатар өз қажеттіліктеріне жұмсалатын газ мөлшері есептелді.

Биогаздың жылу өндіруге жұмсалатын шығыны:

$$B_T = \frac{Q_{\text{тех}} + Q_{\text{от}} + Q_{\text{БГУ}}}{Q_N^p * \eta_{\text{ГТ}}} * 10^3 = 141,15 \text{ М}^3 / \text{тәу.}$$

Мұнда: $Q_{\text{тех}}=50\text{кВт}\cdot\text{сағ}/\text{тәу}$ – мал шаруашылығы кешенінің технологиялық қажеттіліктеріне жұмсалатын жылу энергиясы [3];

$Q_{\text{от}} = 2000 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}/\text{тәу}$ - мал шаруашылығы кешенін жылытуға жұмсалатын жылу энергиясы [3];

$Q_{\text{БГУ}} = 900 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}/\text{тәу}$ – биогаз қондырғысын тұтынуға жұмсалатын жылу энергиясы [3];

$Q_N^p = 22000 \text{ кДж}/\text{м}^3$ - биогаздың төмен жану жылуы [3];

$\eta_{\text{ГТ}} = 0,95$ – Жылу генерациялайтын қондырғының ПӘК-і

Электр энергиясын өндіруге биогаздың шығыны:

$$B_3 = \frac{\mathcal{E}_{\text{тех}} + \mathcal{E}_{\text{БГУ}}}{Q_N^p * \eta_a^{\text{КГУ}}}$$

Мұнда: $\mathcal{E}_{\text{тех}} = 40 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}/\text{тәу}$ - технологиялық қажеттіліктерге жұмсалатын электр энергиясының шығыны [3];

$\mathcal{E}_{\text{БГУ}} = 13 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}/\text{тәу}$ - биогаз қондырғысына жұмсалатын электр энергиясының шығыны [3];

$\eta_a^{\text{КГУ}} = 0,35$ - когенерациялық қондырғының ПӘК.

Сондай-ақ қондырғыдан шығарылатын биогаздың орташа тәуліктік мөлшері де есептелді, ол $V_{\text{б.г.}} = 289\text{м}^3/\text{тәу}$ құрады. Осылайша, биогазды үнемдеу тәулігіне 141 м³, ал жылына 51 000 м³ құрайды, бұл ауылдың бір бөлігін жылу және электр энергиясымен қамтамасыз етеді және осылайша қондырғының өзін-өзі ақтайтын мерзімін, сонымен қатар қазандықтың шығындарын қысқартады.

Қорытынды

1) Ауылдық өңірлерде орнатуға арналған биогаз қондырғысының нұсқасы ұсынылды.

2) Биогаздың жиынтық шығымы және қондырғыны енгізудің орындылығын көрсеткен өз қажеттіліктеріне жұмсалатын шығындар есептелген;

3) Жалпы үнемдеу мен өтелу кезеңдерінің нақты мәндерін анықтау үшін биогаз қондырғысын салу құнын бағалауды қамтитын экономикалық есеп күтілуде.

Қаржыландыру.

Мақала Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі Ғылыми комитетінің қаржылық қолдауымен, IRN AP13068541 «Биоотын пайдаланатын модернизацияланған қазандық қондырғысы негізінде тәжірибелік энергетикалық кешенді дамыту» жобасы аясында жүзеге асырылды. 2022 жылғы 20 мамырдағы № 126-КМУЗ шарты бойынша.

ӘДЕБИТТЕР

[1] Чернова Н.И. и др. Использование биомассы для производства жидкого топлива: современное состояние и инновации // Теплоэнергетика. 2010. №11. С. 28–35.

[2] Щегольников Н.М. Основные направления и перспективы развития биоэнергетики // Теплоэнергетика. 2010. №4. С. 36–44.

[3] Самылин А., Яшин М. Современные конструкции газогенераторных установок // ЛесПромИнформ. – 2010. – № 1. – С. 78–86.

[4] Сигал И.Я. Экспериментальное исследование горения биогаза и его использование в промышленных котлах // Альтернативная энергетика и экология. 2013. №17. С. 84–89.

[5] Амерханов Р.А. Оптимизация сельскохозяйственных энергетических установок с использованием возобновляемых видов энергии. М.: КолосС, 2003. 532 с.

[6] .Концепция развития топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан. Республики Казахстан до 2030 года. Утверждено постановлением Правительства Республики Казахстан от 28 июня 2014 года №. 724. <https://policy.asiapacificenergy.org/node/369>; 2021 г. [доступен] 03.09.2021].

[7] . Сомчарт Чантасириван, Оптимальная установка осушителя дымовых газов и дополнительный воздухонагреватель для повышения эффективности работы угольной электростанции котел, Энергетика, Том 221, 2021, 119769, ISSN 0360-5442, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.119769>.

[8] Хари Б. Вуталуру, Дэвид Х. Френч, Исследования воздухонагревателя образование зольных отложений в крупномасштабном пылеугольном котле, Топливо, Том 140, 2015 г., страницы 27–33, ISSN 0016–2361, <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2014.09.040>.

[9] Роберт Вейковски, Вацлав Войнар, Селективное каталитическое восстановление ротационный воздухонагреватель (RAH-SCR), Энергия, Том 145, 2018, Страницы 367- 373, ISSN 0360-5442, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.12.077>.

[10] Шэн Шан, Сяньтин Ли, Вэй Чен, Баолун Ван, Вэньсин Ши, А система полной рекуперации тепла между дымовыми газами и окислительным воздухом газовый котел с бесконтактным тотальным теплообменником, Применяется Энергетика, Том 207, 2017 г., страницы 613–623, ISSN 0306–2619, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.05.169>.

[11] Цзысян Ли, Синьци Цяо, Чжэнцин Мяо, производительность при низкой нагрузке котел тангенциального типа с кольцевым объединением нескольких потоков воздуха, Энергетика, Том 224, 2021, 120131. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120131>

[12] . Дж. Сурандхар, Дж. Шринивасан, П. Мутхукумар, С. Сентилмуруган, Анализ производительности дугового ребра, встроенного в солнечный воздухонагреватель, Прогресс теплотехники и техники, том 23, 2021, 100891, ISSN 2451-9049, <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2021.100891>.

[13] . ндерджит Сингх, Сачит Вардхан, Экспериментальное исследование солнечный воздухонагреватель с вакуумным трубчатый коллектором и спиральными вставками, возобновляемый источник энергии Энергия, том 163, 2021 г., страницы 1963–1972, ISSN 0960–1481, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.10.114>

[14] . Гаган Бансал, Чандра Кишор, Р. Меби Селварадж, Виджай Кумар Двиведи, Экспериментальное определение эффекта изменения относительной шаг шероховатости на теплогидравлические характеристики воздухонагревателя Работаем с солнечной энергией, Материалы сегодня: Труды, 2021, ISSN. 2214-7853, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.406>.

[15] Рефат Мошери, Тан Ён Чай, Камаруззаман Сопиан, Ахмад Фудхоли, Али Х.А. Аль-Ваэли, Термические характеристики столкновения струи солнечный воздухонагреватель с поглощающей пластиной с поперечными ребрами, Solar Energy, Том 214, 2021 г., страницы 355–366, ISSN 0038–092X, <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.11.059>

[16] Агарвал, Шиванш Агарвал, Оценка эффективности арочного пластинчатый солнечный воздухонагреватель с цилиндрическими ребрами из пористой алюминиевой проволоочной сетки, Энергетические отчеты, том 6, Приложение 9, 2020 г., страницы 627–633, ISSN 2352-4847, <https://doi.org/10.1016/j.egy.2020.11.177>

[17] Йогеш Агравал, Дж. Л. Бхагория, Экспериментальное исследование смолы и угол дугового воздействия дискретной искусственной шероховатости на Нуссельта количество и характеристики потока жидкости солнечного воздухонагревателя, Материалы Сегодня: Труды, 2020, ISSN 2214-7853, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.09.249>

[18] Наеф А.А. Касем, Мохамед Н. Арнус, Сайед М. Зубайр, А. комплексная теплогидравлическая оценка солнечного плоского воздуха нагревателя, Преобразование энергии и управление ею, Том 215, 2020 г., 112922, ISSN 0196-8904, <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.112922>.

[19] Анил Кумар, Р.П. Сайни, Дж.С. Сайни, Экспериментальное исследование тепла. Передаточные и жидкостные характеристики воздушного потока в прямоугольном воздуховоде с Multi v-образным ребром с шероховатостью зазора на нагреваемой пластине, Solar Энергия, том 86, выпуск 6, 2012 г., страницы 1733–1749, ISSN 0038-092X, <https://doi.org/10.1016/j.solener.2012.03.014>

[20] Лунь Ма, Циньянь Фан, Чунген Инь, Хуацзянь Ван, Чэн Чжан, Ган Чен, новая котельная с угловым нагревом и повышенной эффективностью. гибкость использования угля и сокращение выбросов NOx, Прикладная энергетика, Том 238, 2019 г., страницы 453–465, ISSN 0306–2619, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.01.084>.

[21] Ячэн Лю, Вэйдун Фань, Юй Ли, Численное исследование авиационных постановок сжигание с акцентом на газификацию угля и температуру газа отклонение в крупногабаритном пылеугольном котле с тангенциальной топкой, Прикладная энергетика, Том 177, 2016 г., страницы 323–334, ISSN 0306–2619, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.05.135>.

[22] Юкунь Ху, Хайлун Ли, Цзиньюэ Ян, Численное исследование тепла передаточные характеристики в котлах кислородно-угольного сжигания, Прикладная энергетика, том 130, 2014 г., страницы 543–551, ISSN 0306–2619, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.03.038>.

[23] . Суварно Суварно, Гири Нугрохо, Андик Сантосо, Витантио, Провал анализ трубок воздухоподогревателя котла с циркулирующим кипящим слоем, Анализ инженерных отказов, том 124, 2021, 105380, ISSN 1350-6307, <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2021.105380>

[24] Цяньнань Чжан, Фэнчжун Сунь, Чансянь Чен, Исследование трехмерное распределение температуры стенок и низкотемпературная коррозия четырехсекционного воздухоподогревателя в котлах крупных электростанций, Международный журнал тепломассообмена, том 128, 2019 г., Страницы 739-747, ISSN 0017-9310, <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2018.09.006>

[25] Субраманьян, С. Венкатачалапати, Исследования теплопередачи при различных скорости и нагрузки регенеративного подогревателя воздуха на ТЭЦ, Тепловая наука и инженерный прогресс, Том 22, 2021, 100814, ISSN 2451-9049, <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2020.100814>

[26] . Статистический ежегодник 2020 года. Агентство по статистике Республики Казахстан. www.stat.gov.kz. [дата обращения: 10.02.2021]

[27] Журавов А. А. Реконструкция котлов ПТВМ-100 и ПТВМ-50 – реальный путь решения проблемы дефицита тепловой энергии в городе. Обогревности поставок. 2000 г.; 1, с.22-23. Энергетика 5, 1980, 1-30-02.

REFERENCES*

[1] Chernova N.I. and others. Use of biomass for the production of liquid fuel: current state and innovations // Thermal power engineering. 2010. No. 11. pp. 28–35

- [2] Shchegolnikov N.M. Main directions and prospects for the development of bioenergy // Thermal energy. 2010. No. 4. pp. 36–44
- [3] Samylin A., Yashin M. Modern designs of gas generator installations // LesPromInform. – 2010. – No. 1. – P. 78–86
- [4] Seagal I.Ya. Experimental study of biogas combustion and its use in industrial boilers // Alternative energy and ecology. 2013. No. 17. pp. 84–89.
- [5] Amerkhanov R.A. Optimization of agricultural power plants using renewable energy. M.: KolosS, 2003. 532 p.
- [6] Concept of development of the fuel and energy complex of the Republic of Kazakhstan until 2030. Approved by the decree of the Government of the Republic of Kazakhstan dated June 28, 2014 No. 724. <https://policy.asiapacificenergy.org/node/369>; 2021 [accessed 09.03.2021].
- [7] Somchart Chantasiriwan, Optimum installation of flue gas dryer and additional air heater to increase the efficiency of coal-fired utility boiler, Energy, Volume 221, 2021, 119769, ISSN 0360-5442, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.119769>.
- [8] Hari B. Vuthaluru, David H. French, Investigations into the air heater ash deposit formation in large scale pulverised coal fired boiler, Fuel, Volume 140, 2015, Pages 27-33, ISSN 0016-2361, <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2014.09.040>.
- [9] Robert Wejkowski, Wacław Wojnar, Selective catalytic reduction in a rotary air heater (RAH-SCR), Energy, Volume 145, 2018, Pages 367-373, ISSN 0360-5442, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.12.077>.
- [10] Sheng Shang, Xianting Li, Wei Chen, Baolong Wang, Wenxing Shi, A total heat recovery system between the flue gas and oxidizing air of a gas-fired boiler using a non-contact total heat exchanger, Applied Energy, Volume 207, 2017, Pages 613-623, ISSN 0306-2619, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.05.169>.
- [11] Zixiang Li, Xinqi Qiao, Zhengqing Miao, Low load performance of tangentially-fired boiler with annularly combined multiple airflows, Energy, Volume 224, 2021, 120131. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120131>
- [12] G Surendhar, G Srinivasan, P Muthukumar, S Senthilmurugan, Performance analysis of arc rib fin embedded in a solar air heater, Thermal Science and Engineering Progress, Volume 23, 2021, 100891, ISSN 2451-9049, <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2021.100891>
- [13] Inderjeet Singh, Sachit Vardhan, Experimental investigation of an evacuated tube collector solar air heater with helical inserts, Renewable Energy, Volume 163, 2021, Pages 1963-1972, ISSN 0960-1481, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.10.114>
- [14] Gagan Bansal, Chandra Kishore, R. Meby Selvaraj, Vijay Kumar Dwivedi, Experimental determination of the effect of change in relative roughness pitch on the thermo-hydraulic performance of air heater working with solar energy, Materials Today: Proceedings, 2021, ISSN 2214-7853, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.406>.
- [15] Refat Moshery, Tan Yong Chai, Kamaruzzaman Sopian, Ahmad Fudholi, Ali H.A. Al-Waeli, Thermal performance of jet-impingement solar air heater with transverse ribs absorber plate, Solar Energy, Volume 214, 2021, Pages 355-366, ISSN 0038-092X, <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.11.059>
- [16] Agarwal, Shivansh Aggarwal, Performance evaluation of an arched plate solar air heater with porous aluminum wire mesh cylindrical fins, Energy Reports, Volume 6, Supplement 9, 2020, Pages 627-633, ISSN 2352-4847, <https://doi.org/10.1016/j.egy.2020.11.177>
- [17] Yogesh Agrawal, JL Bhagoria, Experimental investigation for pitch and angle of arc effect of discrete artificial roughness on Nusselt number and fluid flow characteristics of a solar air heater, Materials Today: Proceedings, 2020, ISSN 2214-7853, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.09.249>

[18] Naef A.A. Qasem, Mohamed N. Arnous, Syed M. Zubair, A comprehensive thermal-hydraulic assessment of solar flat-plate air heaters, *Energy Conversion and Management*, Volume 215, 2020, 112922, ISSN 0196-8904, <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.112922>.

[19] Anil Kumar, R.P. Saini, J.S. Saini, Experimental investigation on heat transfer and fluid flow characteristics of air flow in a rectangular duct with Multi v-shaped rib with gap roughness on the heated plate, *Solar Energy*, Volume 86, Issue 6, 2012, Pages 1733-1749, ISSN 0038-092X, <https://doi.org/10.1016/j.solener.2012.03.014>

[20] Lun Ma, Qingyan Fang, Chungen Yin, Huajian Wang, Cheng Zhang, Gang Chen, A novel corner-fired boiler system of improved efficiency and coal flexibility and reduced NOx emissions, *Applied Energy*, Volume 238, 2019, Pages 453-465, ISSN 0306-2619, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.01.084>.

[21] Yacheng Liu, Weidong Fan, Yu Li, Numerical investigation of airstaged combustion emphasizing char gasification and gas temperature deviation in a large-scale, tangentially fired pulverized-coal boiler, *Applied Energy*, Volume 177, 2016, Pages 323-334, ISSN 0306-2619, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.05.135>.

[22] Yukun Hu, Hailong Li, Jinyue Yan, Numerical investigation of heat transfer characteristics in utility boilers of oxy-coal combustion, *Applied Energy*, Volume 130, 2014, Pages 543-551, ISSN 0306-2619, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.03.038>.

[23] Suwarno Suwarno, Giri Nugroho, Andik Santoso, Witantyo, Failure analysis of air preheater tubes in a circulating fluidized bed boiler, *Engineering Failure Analysis*, Volume 124, 2021, 105380, ISSN 1350-6307, <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2021.105380>.

[24] Qiannan Zhang, Fengzhong Sun, Changxian Chen, Research on the three-dimensional wall temperature distribution and low-temperature corrosion of quad-sectional air preheater in larger power plant boilers, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Volume 128, 2019, Pages 739-747, ISSN 0017-9310, <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2018.09.006>

[25] Subramaniyan, S. Venkatachalapathy, Heat transfer studies at different speeds and loads of regenerative air preheater in thermal power plant, *Thermal Science and Engineering Progress*, Volume 22, 2021, 100814, ISSN 2451-9049, <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2020.100814>

[26] Statistical yearbook of 2020. Statistical Agency of the Republic of Kazakhstan. www.stat.gov.kz. [accessed 10.02.2021]

[27] Zhuravov A. A., PTVM-100 and PTVM-50 boilers reconstruction – the real way to solve the problem of city heat power deficiency. *Heating supply news*. 2000; 1, p.22-23. *Power engineering* 5, 1980, 1-30-02

Balzhan Bakhtiyar, candidate of technical sciences, associate professor, Kazakh agrotechnical research university named after S. Seifullin, Astana, Kazakhstan, bahtyar.baljan@mail.ru

Gulzagira Manapova, doctoral student, Kazakh agrotechnical research university named after S. Seifullin, Astana, Kazakhstan, manapova_gulzagira@mail.ru

Almagul Mergalimova, PhD, associate professor, S. Seifullin Kazakh agrotechnical research university, Astana, Kazakhstan, almagul_mergalimova@mail.ru

Makhmuda Makhanova, candidate of economics sciences, senior lecturer, Kazakh agrotechnical research university named after S. Seifullin, Astana, Kazakhstan, murassayahat@mail.ru

Gulzhamal Tursunbaeva, master, senior lecturer S. Seifullin Kazakh agrotechnical research university, Astana, Kazakhstan, t.gulzhamal@outlook.com

OBTAINING BIOGAS FROM AGRICULTURAL WASTE

Abstract. The article carried out a calculation according to the methodology of calculating the possibility of covering the production needs of the produced biogas. Currently, new technologies for the transformation of renewable energy sources are becoming relevant, which is reflected in the decrease in the consumption of traditional biomass. One of the processing options can be considered the production of biofuels in liquid and gaseous form from various types of biomass. The use of biofuels helps to solve a number of environmental problems, the main of which is the use of fossil sources. Currently, biofuels are considered fuel from any biomass that can be converted into thermal energy. During the calculation, the amount of biogas released from the plant was calculated, as well as the amount of gas used for its own needs. The total output of biogas and the costs for their own needs, which showed the feasibility of implementing the unit, are calculated.

Keywords. Boiler house, biogas, biogas plants, waste, biogas technology, thermal system.

Балжан Бахтияр, к.т.н., ассоциированный профессор, Казахский агротехнический исследовательский университет им. С.Сейфуллина, Астана, Казахстан, bahtyar.baljan@mail.ru

Гүлзагира Манапова, докторант, Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан, manarova_gulzagira@mail.ru

Алмагуль Мергалимова, PhD, ассоциированный профессор, Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан, almagul_mergalimova@mail.ru

Махмуда Маханова, к.э.н., старший преподаватель, Казахский агротехнический исследовательский университет им. С.Сейфуллина, Астана, Казахстан, murassayahat@mail.ru

Гулжамал Турсунбаева, магистр, старший преподаватель Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан, t.gulzhamal@outlook.com

ПОЛУЧЕНИЕ БИОГАЗА ОТХОДОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Анотация. В статье проведен расчет по методике расчета возможности покрытия потребностей производства производимым биогазом. В настоящее время актуальны новые технологии преобразования возобновляемых источников энергии, о чем свидетельствует снижение потребления традиционной биомассы. Одним из вариантов переработки можно считать производство биотоплива как в жидком, так и в газовом состоянии из различных видов биомассы. Использование биотоплива помогает решить ряд экологических проблем, основными из которых являются использование ископаемых источников. В настоящее время биотопливо считается топливом, получаемым из любой биомассы, которая может быть преобразована в тепловую энергию. В ходе расчета было рассчитано количество биогаза, выделяемого из установки, а также количество газа, расходуемого на собственные нужды. Рассчитаны совокупный выход биогаза и затраты на собственные нужды, показавшие целесообразность внедрения установки.

Ключевые слова. Котельная, биогаз, биогазовые установки, отходы, технология биогаза, тепловая система.
