Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально-науковий інститут комп'ютерної фізики та енергетики
Кафедра фізики нетрадиційних енерготехнологій та екології

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

за освітньо-кваліфікаційним рівнем «магістр»

Використання біопаливних технологій для підвищення енергоефективності виробництва.

Виконав: студент 2 курсу, групи НФ-61
Резван Д.А. _____
Спеціальність 105 Прикладна фізика
та наноматеріали
Освітня програма:
Прикладна фізика енергетичних систем

Керівник: доц. Кошельник О.В. _____

Рецензент: _____

Харків - 2019

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна

Факультет _____фізико-енергетичний_____
Кафедра __ фізики нетрадиційних енерготехнологій та екології ____
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) _магістр
Спеціальність _105 прикладна фізика та наноматеріали_____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ __Ткаченко В.І.___
підпис ініціали, прізвище

“____”_____20___року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ)

_____Резвана Дмитра Андрійовича_____
(прізвище, ім’я, по батькові студента)

1. Тема роботи «Використання біопаливних технологій для підвищення енергоефективності виробництва»,

керівник роботи ___Кошельнік Олександр Вадимович, доцент _
(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “_”_____

2. Строк подання студентом роботи _____
3. Перелік питань, які потрібно розробити
4. План роботи

Огляд загальних станів та перспектив використання біопалива;
Аналіз технологій отримання біопалива;
Аналіз обладнання для вирбництва біогазу;

Розробка заходів з метою зменшення витрати природного газу з використанням біопалива

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Огляд загальних станів та перспектив використання біопалива.
2	Аналіз технологій отримання біопалива
3	Розробка заходів з метою зменшення витрати природного газу з використанням біопалива
4	Висновки.

5. Дата видачі завдання_____

Студент _____ Резван Д.А_____
підпис
ініціали, прізвище

Керівник роботи _____ Кошельнік О. В._____
підпис
ініціали, прізвище

Реферат

Дипломная работа на тему «Использование биотопливных технологий для повышения энергоэффективности производства» выполнена студентом Резваном Дмитрием Андреевичем.

Целью данной дипломной работы - разработка и исследование эффективности использования биогазовой установки для пивного производства, работающего на его отходах.

Основными задачами работы являются: анализ типов и конструкции установок для получения биотоплива, изучение аппаратурно-технологической схемы производства пива и его основных этапов, конструкций и режимов работы основного теплотехнологического оборудования, проведение расчета теплового баланса с целью определения необходимого расхода пара и выбор котельной установки для обеспечения заданной производительности цеха; выбор и расчеты биогазовой установки, работающей на отходах пивного виробництва.проведення технико-экономического анализа работы биогазовой установки, обеспечивает экономию природного газа.

Дипломный проект содержит 64 страниц, 6 рисунков, 2 таблиц,

26 источников.

Ключевые слова: БИОГАЗОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, пивного производства, котельные установки, ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ.

Реферат

Дипломна робота на тему «Використання біопаливних технологій для підвищення енергоефективності виробництва» виконана студентом Резваном Дмитром Андрійовичем .

Метою даної дипломної роботи - розробка та дослідження ефективності використання біогазової установки для пивного виробництва, що працює на його відходах.

Основними задачами роботи є :аналіз типів та конструкції установок для отримання біопалива;вивчення апаратурно-технологічної схеми виробництва пива та його основних етапів, конструкцій та режимів роботи основного теплотехнологічного обладнання;проведення розрахунку теплового балансу з метою визначення необхідної витрати пари та вибір котельної установки для забезпечення заданої продуктивності цеху; вибір та розрахунки біогазової установки, що працює на відходах пивного виробництва.проведення техніко-економічного аналізу роботи біогазової установки, що забезпечує економію природного газу.

Дипломний проект містить: 64 сторінок, 6 рисунків, 2 таблиць,

26 джерел.

Ключові слова: БІОГАЗОВІ ТЕХНОЛОГІЇ, ПИВНЕ ВИРОБНИЦТВО, КОТЕЛЬНА УСТАНОВКА, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ.

Abstract

The thesis on "The use of biofuel technologies to improve energy efficiency of production" was performed by student Rezvan Dmitry Andreevich.

The purpose of this thesis is to develop and research the efficiency of using a biogas plant for beer production, working on its waste.

The main tasks of the work are: analysis of types and design of installations for production of biofuel; study of the equipment and technological scheme of production of beer and its main stages, designs and modes of operation of the main heat-technological equipment; preset productivity of the shop; selection and calculations of a biogas plant operating on the waste of beer production. Carrying out a feasibility study of the operation of a biogas plant providing natural gas savings.

The diploma project contains: 64 pages, 6 drawings, 2 tables,

26 sources.

Keywords: BIOGAS TECHNOLOGIES, BREW PRODUCTION, BOILER PLANT, ENERGY EFFICIENCY.

ЗМІСТ

ВСТУП..... 2

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БІОПАЛИВА..... 2

1.1 Загальні відомості про біопаливо 3

1.2 Класифікація біопалива 7

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОТРИМАННЯ БІОПАЛИВА 14

2.1 Отримання твердого біопалива..... 14

2.2 Отримання рідкого біопалива 18

2.3 Технології отримання біогазу 20

РОЗДІЛ 3. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ..... 24

3.1 Конструкція установок для отримання біогазу..... 24

3.2 Обладнання для керування та контролю процесів 29

3.3 Накопичення газу та його очищення..... 36

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З МЕТОЮ ЗМЕНШЕННЯ ВИТРАТИ ПРИРОДНОГО ГАЗУ З ВИКОРИСТАННЯМ БІОПАЛИВА 42

4.1 Вихідні дані для розрахунку 42

4.2 Технологічна схема виробництва пива 42

4.3 Визначення витрати пари на окремих етапах виробництва пива..... 47

4.4 Визначення загальної витрати пари та вибір котельної установки 49

4.5 Інтеграція біопаливної установки в котельну пивзаводу..... 51

4.6 Техніко-економічна ефективність застосування біопалива..... 54

ВИСНОВКИ..... 64

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ ……...65

ВСТУП

Біомаса - термін, що об'єднує всі органічні речовини рослинного і тваринного походження. Біомаса поділяється на первинну (рослини, тварини, мікроорганізми тощо) і вторинну - відходи при переробці первинної біомаси і продукти життєдіяльності людини й тварин. У свою чергу відходи також поділяються на первинні - відходи при переробці первинної біомаси (солома, бадилля, тирса, тріска, спиртова барда тощо) і вторинні - продукти фізіологічного обміну тварин і людини.

Використання біомаси та біопалива в якості акумуляторів енергії має фундаментальне значення. Мета всіх процесів – забезпечити виробництво різних видів палив, придатних для найрізноманітнішого застосування, включаючи рідке паливо для транспорту. Чистий питома енергія, яку можна отримати при спалюванні, варіюється від 10 МДж/кг (сира деревина) до 40 МДж/кг (жири, нефтеподобные речовини) і 55 МДж/кг для метану. Теплота згоряння сухої біомаси, що є але переважно вуглеводами, становить близько 20 МДж/кг.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БІОПАЛИВА

1.1 Загальні відомості про біопаливо

Термін біогаз означає суміш газів, які в процесі анаеробної ферментації органічних матеріалів рослинного або животного походження. Майже на кожному сільському господарстві на протязі року виробляється немала кількість стеблиння рослин, гною, різного типу органічніх перероблених матеріалів. В основному після розщеплення їми користуються як природним добривов. Однак майже ніхто не здогадується, скільки саме біогазу і теплоти створюється при ферментації. Але насправді ця потужність теж може послужити непогану службу сільскому люду.

Біогаз – розмаїття газів. Його основні інгрідієнти: метан (CH_4) - 58-72% і вуглекислий газ (CO_2) – 29-44 %, а також деякі інши гази.

Зазвичай з 1 кг рослинної речовини при 70% біологічному розщепленні виробляється 0,32 кг вуглекислого газу, 0,18 кг метану, 0,2 кг водню та 0,3 кг нероздрібленого залишку [1, 2]..

Незайманий гній тваринницьких сільских господарств і рідкі складові гною разом зі стічними водами є шкідними для навколишнього середовища. Підняття чутливості сільських культур до первинного гною призводить до знечищення ґрунтових вод і повітрянної межі, створює таке середовище,яке здатно до зараження ґрунту дуже шкідливими бактеріями. У тваринному гної життя хвороботворних бактерій та яєць гельмінтів не зупиняється, в нього також входять насіння смітних трав, які зберігають свої властивості.

Для зупинення цих поганих для Землі явищ необхідна дуже чітка технологія обробки гною, що дозволяє підвищити рівень концентрації

живильних речовин і одночасно знищити неприємні запахи, придушити патогенні мікробактерії, знизити вміст канцерогенних речовин. Найкращою, екологічно безпечною і економічно вигідною стратегією вирішення цієї проблеми є анаеробна переробка гною і відходів в біогазових установках з отриманням біогазу. За допомогою великої концентрації метану (50-70 %) біогаз має властивість займатися. Органічна маса, яка залишається внаслідок таких деформацій, відноситься до природніх добрив.

Для обробки беруть дешеві відходи господарства - гній животини, послід птиці, трава, відходи деревини, смітна рослинність, побутові відходи і органічне сміття, відходи життєдіяльності чоловіка і т. п.

Створений біогаз може йти на топку для тваринницьких приміщень, житлових будинків, теплиць, на отримання сировини для приготування їжі, сушку сільських продуктів гарячим паром, підігрів води, вироблення електричества завдяки генераторам [3, 4].

Після утилізації вміст речовин в виробленному добриві примножується більш ніж на 15 % у порівнянні зі звичайним гноєм. При цьому в новому добриві нейтралізовані гельмінти і хвороботворні бактерії, насіння смітникових трав. Такий гній приміняється без традиційних витягів і утримання. При утилізації вироляється також рідкий екстракт, який використовується для поливу кормових рослин, овочів і т.п. Сухе добриво застосовується за прямим призначенням, при цьому врожайність люцерни збільшується на 55%, кукурудзи на 11, овочів на 25-30%.

З гною однієї корови можна виробити добову норму до 4,2 м3 біогазу. Енергія, вмістима в одному $м^3$ біогазу, дорівнює енергії 0,6 $м^3$ природного горючого газу, 0,74 л нафти, 0,65 л дизельного палива, 0,48 л бензину і т.п. При використанні біогазу дуже економляться також мазут, вугілля, електроенергія та інші енергитичні матеріали. Введення біогазових установок підвищує рівень екологічної обстановки на тваринницьких фермах,

птахофабриках і на прилеглих територіях, запобігають шкідливі впливи на Землю [1, 7].

Спираючисі на деякі факти внесок біомаси в світовий енергетичний баланс виріс десь близько до 12 %, хоча значна частка біомаси, впроваджена для енергетичних потреб, та не являє собой комерційний продукт і, як результат, до уваги береться міжнародною статистикою. У країнах Європейського Союзу, в середньому, вклад біомаси в енергетичний баланс складає близько 3%, але з деякими варіаціями: в Австрії - 13%, в Швеції - 19%, у Фінляндії – 25 % [4, 8].

Початковою біомасою є рослини, які ростуть на суші і в воді. Біомаса виробляється за допомогою фотосинтезу, за рахунок якого сонячна енергія зберігається в зростаючої маси рослин. Енергетичний ККД фотосинтезу доходить до 8%. Взалежності від породи рослин і кліматичних зон зростання довело до деякої продуктивності в численнях на одиницю площі, зайнятої кущами.

Для енергетичних цілей початкова біомаса береться в першу чергу як паливний віход, що заміщає традиційне паливо. Тож мова, як правило, йдеться про відходи лісової і деревинної промисловості, а також про відходи рільництва (солома, сіно). Теплоутворність сухої деревини дуже ефектива, дорівнює в середньому 22 ГДж / т. Нижче теплотворення соломи, наприклад, для соломи з пшена вона становить близько 19,4 ГДж / т.

У той же час основне значення має потрібний обсяг палива, який передбачає собою розміри відповідного обладнання і технологію спалювання. В цих розрахунках деревина значно програє вугіллю. Для вугілля питомий обсяг становить близько 31 дм^3/ ГДж, тоді як для тріски, в залежності від породи дерева, цей показник лежить в межах 253 - 360 дм^3 / ГДж; для соломи питома обсяг ще більше, досягаючи 1,2м^3 / ГДж. Тому спалювання біомаси

являє або її попередньої підготовки, або спеціалізованих для цього топкових пристроїв для обробки [5].

Зокрема, в деяких країнах поширення набуває спосіб ущільнення деревних відходів з перетворенням їх у брикети. Обидва способи дозволяють отримати паливо з питомим об'ємом близько 50 дм^3/ ГДж, що цілком прийнятно для звичайного кульового спалювання. Наприклад, в США річне виробництво батогів становить близько 0,7 млн. т, а їх ринкова ціна - близько 6 дол. / ГДж при теплотворення близько 17 ГДж / т.

У виді палива може використовуватися дуже великий об’ем біомаси. Деревина та сухий гній є доволі нормальними сільськими видами палива і продовжують використовуватися в багатьох регіонах світу в величезних розмірах. Основні види перераховані в таблиці разом з технікою їх використання.

Спалювання біомаси є нейтральним процесом якщо подивитись на це з боку виділення вуглекислого газу. Рослини використовують вуглекислий газ в циклі фотосинтезу. Потім він виділяється при горінні речовини. Отже, вирощений ліс і енергетичні культури є енергетичним ресурсом, який не призводить до концентрації вуглекислого газу в атмосфері [https://pidruchniki.com/72983/ekologiya/energiya_biomasi].

[https://knowledge.allbest.ru/ecology/2c0a65625b2bd68b4c43a88521206c37_0.html].

Таблица 1.1. Классификация биотоплива

Біомаса	**Опис**	**Використання енергії**
Відходи лісоматеріалів	Обрізання і тирса від переробки деревини	В основному як паливо для котелень
сільськогосподарські відходи	Солома, послід, цукрова багасса і т.п.	а) Як паливо для котелень або для вироблення енергії б) Виробництво біоетанолу для транспортного палива, наприклад, використання цукру в Бразилії.
Енергетичні сільськогосподарські культури	Швидкозростаюча біомаса, яку вирощують спеціально на паливо, наприклад, верба або міскантус	Отримання електроенергії (всього кілька комерційних прикладів)
Тверді міські відходи	Домашні та комерційні відходи	а) Широкомасштабне спалювання з отриманням енергії, що використовується для вироблення електроенергії б) Уловлювання метану зі звалищ, використовується для вироблення електроенергії і промислового нагріву.
Стічні води	Опади від переробки міських стічних вод	Анаеробне зброджування осадів стічних вод виробляє метан. Використовується для вироблення електроенергії.

1.2 Класифікація біопаліва

1.2.1. Тверді біопалива

Спираючись на класифікації, за допомогою твердих біопалив створюють з будь-якої сировини біологічного походження (рис. 1.1). Кількість твердих біопалив становть близько 10 видів. Найбільш широко використовують такі тверді біопалива, як дрова і - останнім часом - деревні гранули (пелети). Теплота переробки пелет 18-19 МДж / кг. Необхідно сказати, що сушений гній та стічні вод найбільш ефективні, як паливо; їх теплота горіння 20-22 і 17-26 МДж / кг відповідно.

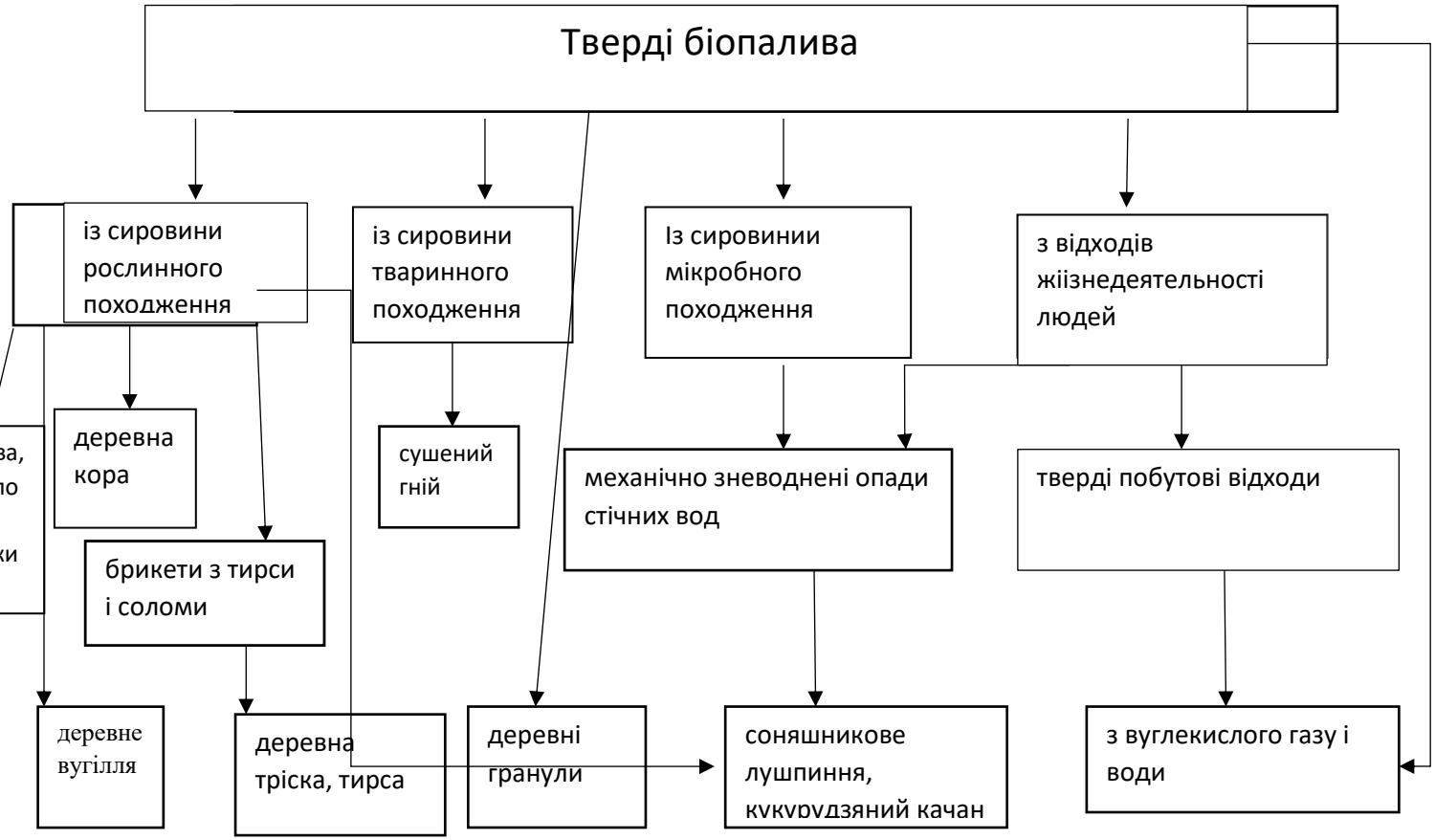

Тверді біопалива
із сировини рослинного походження
із сировини тваринного походження
Із сировинии мікробного походження
з відходів жіізнедеятельності людей
деревна кора
брикети з тирси і соломи
сушений гній
механічно зневоднені опади стічних вод
тверді побутові відходи
деревне вугілля
деревна тріска, тирса
деревні гранули
соняшникове лушпиння, кукурудзяний качан
з вуглекислого газу і води

Рисунок 1.1. Класифікація твердого біопалива

Навища теплота згорання у вугілля – до 33 -36 МДж/кг. Самим екологічно незабрудненим твердим біопаливом є деревне вугілля. Його застосовують і як промислову, і як побутову сировину. Для побутових потреб – це найдорожче паливо, вироблене у формі брикетів з широким набором заданих характеристик, таких як швидкість їх горіння (швидке або – навпаки – повільне), димність (або – навпаки – бездымность) при згоранні, запах диму та ін. Вугільні брикети вживаються більшим попитом у дачників, в особливості, як паливо для печей.

Брикети – це вироби форми циліндру, спресовані спосібом екструзії з попередньо подрібненої і висушеної рослинної сировини. Діаметр пелет I класу 7-9 мм, насипна щільність 700 кг/м3, присутність кори і сполучних неприпустимо. Теплота горіння близько 18 МДж/кг, Діаметр промислових

гранул 9-13 мм. В якості сировини можливо брати деревину, соняшникове лушпиння, лушпиння насіння, суху траву злакових культур, очерет, підстилковий гній і послід від утримання тварин і птахів, тверді побутові відходи, осади стічних вод.

Тверді біопалива із сировини тваринного походження. В даному випадку сировиною є конячий, коров'ячий, свинячий гній або пташиний послід.

Кінський гній здавнапереробляють у природньому вигляді для обігріву теплиць, розміщують його в теплицях певним чином. Поступово гній самонагрівається (внаслідок розвитку в ньому біометричних процесів) до 70-800 і протягом деякого часу виробляє тепло, що сприяє росту рослинності. Подібним же чином пристосовують коров'ячий гній, додаючи до нього тирса, торф або всілякі трави.

При промисловому утриманні ВРХ гній переробляють на паливо також промисловим способом: його висушують і брикетують. Теплота горіння брикетів близько 8 МДж/кг

При промисловому утриманні птахів виробляється так званий підстилковий гній (суміш курячого посліду з тирсою або соломою), який використовують в якості палива в природному вигляді у власних котелень птахофабрик. Теплота горіння його близько 11 МДж/кг.

https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D1%96%D1%87%D0%BD%D1%96_%D0%B4%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B8%D0%B2%D0%B0]

1.1.2 Рідкі біопалива

Перелік рідких біопалив включає більше 10 найменувань. Найбільш широко вироблених і застосовуваних рідким біопаливом є біоетанол, що використовується в основному як компоненти моторних палив. Теплота згоряння у біоетанолу значно нижче, ніж у бензину – 19,6 проти 32 МДж/л. На

другому місці за обсягом виробництва після біоетанолу – біодизель (теплота згоряння – 31 МДж/кг).

Серед усіх видів біопалив біоетанол є самим многотоннажным продуктом. Світовий обсяг виробництва паливного етанолу становить близько 60 млн. т/рік і щорічно збільшується приблизно на 5%. За оцінками фахівців, стійке зростання виробництва паливного етанолу збережеться принаймні до 2020-2030 років. Основним напрямком використання паливного етанолу є використання як компоненти моторних палив або навіть – самостійного моторного палива.

Враховуючи важливість паливного етанолу як продукту, уряди багатьох держав прийняли і реалізують національні програми розвитку власного виробництва етанолу, згідно з якими всі виробники етанолу отримують податкові пільги і преференції.

Найбільших успіхів у виробництві паливного етанолу домоглися Бразилія і США, на частку яких припадає 70 % вироблюваного в світі етанолу.

Виробництво метанолу в якості рідкого палива з сировини біологічного походження представляє скоріше теоретичний, ніж практичний інтерес. Обумовлено це тим, що як компоненти моторних палив він значно поступається етанолу (низька теплота згоряння – близько 16 МДж/л, висока гігроскопічність, здатність до утворення азеотропних сумішей з окремими компонентами бензину, підвищена корозійна агресивність, висока токсичність парів); крім цього, на відміну від етанолу, метанол виробляється у великих обсягах синтетичним шляхом і виробництво його з біологічної сировини на навряд чи може бути конкурентоспроможним.

1.1.3 Газоподібні біопалива

Класифікація газоподібних біопалив представлена на малюнку 1.1. Перелік біопалив включає 4 найменування. Головне з вироблених газових біопалив – це біогаз. Його теплота згоряння – 22 МДж/ м3. В принципі всі газоподібні біопалива можна отримувати з біологічної сировини будь-якого походження.

Біометан виробляють з біогазу шляхом його очищення від вуглекислого газу та інших домішок, що обумовлюють неприємний запах. Зміст власне метану в очищеному продукті становить 92-97%, теплота згоряння 35-40 МДж/м3.

Фахівці вважають, що у стисненому або зрідженому вигляді біометан може бути гарною заміною бензину, оскільки екологічно він чистіше, теплота згоряння і октанове число у нього вище, ніж у бензину (50-55 МДж/кг та 110 відповідно).

Диметиловий ефір – це безбарвний газ з характерним запахом. Щільність 2,1 кг/м3, теплота згоряння 30 МДж/кг Його можна скраплювати і використовувати як моторне бензин подібно зрідженому природному газу; для заправки автомобілів можна використовувати автозаправні станції для рідкого природного газу.

В даний час диметиловий ефір з рослинної сировини не проводиться, але в принципі це можливо – через проміжний продукт – биометанол, який, у свою чергу, можливо виробляти з рослинної сировини двома шляхами.

Конверсії метанолу у диметиловий ефір проводять при температурі 300-400 і тиску 2-3 МПа в присутності каталізаторів; ступінь конверсії може досягати 60-100% (теоретичний вихід 72% - одна молекула диметилового ефіру утворюється з двох молекул спирту). Екологічне перевагу перед бензином – різко зменшується вміст оксидів азоту у вихлопних газах.

Біоводень. Теплота згоряння біоводню становить 141,8 МДж/кг, що в 2,55 рази вище, ніж у метану, але щільність його в 80 разів менше, ніж у

метану. Обсяг виробництва водню в світі – близько 50 млн. т / рік; приблизно половину водню виробляють з природного газу, близько 30% - з нафти, решта – з вугілля.

Водень із сировини рослинного походження поки не проводиться, але дослідження в цьому напрямку ведуться. Основний напрямок досліджень –це виявлення мікроорганізмів, здатних зброджувати органічні речовини з досить високим виходом водню.

Встановлена бактерія Enterobacter aerogenes, здатна зброджувати вуглеводи з виділенням водню, причому, інтенсивність виділення водню може досягати 400 мл/год на 1г сухої біомаси бактерій, але вихід водню не перевищує 30 % від маси зброджених цукрів.Значно більш високий вихід водню може бути досягнутий при використанні системи «мікроводоросты – бактерія». У цій системі культивують фотоавтотрофные мікроводорості, здатні накопичувати крохмальні полісахариди, а потім біомасу мікроводоростей зброджують спеціально підібраними штамами термостабільних бактерій, що генерує водень з виходом 83 % від полісахаридів.

Встановлені також бактерії, здатні зброджувати не тільки вуглеводи, але й інші органічні сполуки з виділенням тільки водню і вуглекислого газу, або тільки водню і метану (в тому числі, при культивуванні на стічних водах), але вихід водню при цьому малий.

[http://ekmair.ukma.edu.ua/bitstream/handle/123456789/16427/Riabtsev_Vysokoefektyvni_zasoby_pryhotuvannia_biopalyva.pdf?sequence=1&isAllowed=y]

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОТРИМАННЯ БІОПАЛИВА

2.1 Основні технології отримання біопалива

Пряме спалювання. Це традиційний і простий в апаратурному оформленні спосіб. Біомасу здавна спалюють в топках парових і водогрійних котлів, у технологічних топках і побутових печах. При цьому пряме спалювання в енергетичному відношенні є найбільш ефективним способом.

Для топок і котлів малої потужності (менше 10 МВт) розроблені вдосконалені топки з нерухомим шаром, з похилою переталкивающей ґратами, т топки швидкісного горіння з вихровою камерою допалювання, не

поступаються за технічними характеристиками зарубіжним аналогам. Пряме спалювання біомаси в топках парових котлів (або, як іноді кажуть, «під. котлом») дозволяє отримати пар, який може використовуватися як в технологічному виробництві, так і для вироблення електричної енергії. При цьому вироблення електричної енергії пов'язана з необхідністю застосування паротурбінного циклу, так як завдання спалювання твердого палива в циліндрах двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) і камерах згоряння газотурбінних установок (ГТУ) поки викликає непереборні технічні труднощі. Однак при потужності менше 5 – 10 МВт паросилові установки суттєво програють по рентабельності ДВС, які до того ж і більш економічні. Перспективи розвитку енергетичних установок великої потужності пов'язують із застосуванням парогазових циклів, в яких газоподібне та рідке паливо володіє певними перевагами. Зазначені фактори викликають необхідність розвитку технологій отримання з біомаси рідкого і газоподібного палива.

Газифікація. За основу термохімічної конверсії прийняті процеси піролізу (або пирогенизации), які відбуваються в рослинній біомасі при температурі вище 270 °С в умовах дефіциту окислювача (кисню). При піролізі утворюються газоподібні і рідкі горючі речовини, а також вуглистий залишок. Залежно від скорости166 нагрівання, тиску, температури і часу процесу, способу подачі окислювача, організації процесу, наявності каталізаторів, а також ряду інших факторів склад і властивості продуктів піролізу коливаються в значних межах. В даний час ідентифіковано кілька сотень продуктів піролізу, серед яких – цінні хімічні речовини.

При температурах піролізу вище 800 °С в умовах дефіциту кисню до 80 – 85 % рослинної біомаси маси переходить в газоподібний стан. Залишається вуглистий залишок, за рахунок згоряння якого підтримується температура, необхідна для здійснення процесу. Тому процеси піролізу біомаси при таких температурах прийнято називати газифікацією. Одним з параметрів, що характеризують схильність до газифікації твердих палив, є

вихід летких. Основні горючі компоненти утворюється генераторного газу – водень і окис вуглецю CO. В залежності від типу і параметрів процесу газифікації калорійність одержуваного газу знаходиться в межах 4 – 15 МДж/м^3 , а при непрямому нагріванні або готівки каталізаторів може досягати 22 МДж/м^3 і за певних умов навіть 35 МДж/м^3 .

Процес газифікації палива близький процесу горіння. За основу обох процесів прийнято хімічна сполука відновника (вуглецю і водню) з окислювачем (киснем). Відмінність полягає в тому, що при згорянні відбувається повне окислення палива в умовах надлишку кисню, а газифікація здійснюється в умовах дефіциту кисню, при цьому повного окислення палива не відбувається. Відповідно подібні і конструкції апаратів, де реалізуються зазначені процеси.

Головна перевага термохімічної газифікації палива перед його прямим спалюванням полягає в можливості використання більш економічних термодинамічних циклів при виробленні електроенергії. Замість традиційного при прямому спалюванні твердого палива паросилового циклу для установок малої потужності (нижче 1,5 МВт) відкривається можливість використання дизельного циклу, а для великих потужностей – газотурбінного і комбінованих парогазових циклів.

Відомо багато різних видів апаратурного оформлення процесів газифікації, серед яких можна виділити два основних: газифікація в щільному шарі та газифікація в потоці у зваженому стані.

Апарати для газифікації в щільному шарі прості і надійні в експлуатації. Проте, працюючи на атмосферному повітряному або паровоздушном дуття, вони дозволяють одержати газ з невисокою теплоємністю (4,2 – 7,5 МДж/нм^3), крім того, із-за низької інтенсивності процесу такі апарати мають великі габарити, що обмежує їх одиничну потужність на рівні 5 – 10 МВт.

В залежності від напрямку потоків газу та палива розрізняють прямий і обернений процеси газифікації. Порівняльний аналіз складу генераторних газів при прямому та оберненому процесах газифікації деревного палива і торфу показав, що вміст парів піролізних смол, оцтової кислоти і інших хімічно активних домішок в генераторному газі оберненого процесу набагато менше, ніж в газі прямого процесу.

Це досягається організацією процесу газифікації, при якій продукти термолізу вихідного палива розкладаються, проходячи через високотемпературні зони горіння (зона часткового згоряння палива) і зону відновлення (зона протікання відновних реакцій). В результаті застосування оберненого процесу газифікації при спалюванні газу в топці значно спрощуються технологічні схеми використання газу за рахунок виключення обладнання для очищення газу від смол та пилу, а при подачі такого газу в дизельний двигун потрібна мінімальна доочищення. Газ прямого процесу має калорійністю на 10 – 15 % вище, але з-за великого вмісту смол його енергетичне використання можливе лише безпосередньо на місці виробництва і тільки для спалювання в топках.

Піроліз. Термохімічний процес, аналогічний газифікації, але реалізований в інтервалі температур приблизно 350 – 800 °С, в техніці прийнято називати піролізом (або пирогенезацией). Залежно від температури процесу, швидкості нагріву, тиску, природи палива та ряду інших параметрів при піролізі утворюються численні тверді, рідкі і газоподібні речовини. Всього в даний час ідентифіковано більше сотні з них, причому більшість цих речовин існують як проміжні продукти реакцій і їх виділення з реакційного об'єму пов'язане зі значними технічними труднощами. Піроліз рослинної сировини є одним з основних технологічних процесів лісохімічних виробництв.

Флеш-піроліз. Швидкість нагріву є одним з найважливіших факторів, що визначають кількість і якість продуктів розкладання при піролізі. При

швидкості нагрівання 103 – 105 °С/с відкривається можливість регулювання виходу і складу продуктів піролізу та отримання окремих продуктів в чистому вигляді. Подібний процес називають флеш-піролізом (або швидким піролізом). Головна перевага флеш-піролізу у порівнянні з звичайним (повільним) піролізом полягає в тому, що при температурі 450 – 600 °З флеш-піроліз дозволяє отримати високоякісне рідке паливо (пиротопливо) з теплотою згоряння приблизно 30 МДж/кг При цьому вихід пиротоплива може досягати 75 % вихідної маси органічної речовини. Якщо процес флеш-піролізу проводиться при температурі 900 – 1400 °С, то можна отримати синтез-газ (Н 2 + 2СО), який є високоякісним газоподібним паливом.

Наголошується, що при температурі приблизно 1400 °С вихід газоподібних продуктів по масі практично дорівнює органічній масі палива.

2.2 Отримання рідкого біопалива

Головна перевага синтез-газу полягає в тому, що він сировиною для отримання всієї гами хімічних органічних сполук, що виробляються в даний час з нафти.

Однак більшість запатентованих технологій поки не досягли комерційного рівня, та діючі установки пілотні або демонстраційні.

Необхідною умовою реалізації процесу флеш-піролізу є рівномірність температури частинки палива в процесі її нагрівання, що вимагає наявності частинок досить малих розмірів. Крім того, вологість частинки палива при флеш-піролізі повинна бути рівномірною і знаходиться на рівні приблизно 12 %. Обидва процеси (здрібнення та сушіння) для деревини енергоємні.

Каталітичний реформінг. Це технології отримання з деревини та органосодержащих відходів рідкого палива з застосуванням різних каталізаторів. Зазначені технології часто поєднуються з піролізом або

газифікацією. Вони розроблялися для переробки вугілля. В останні десятиліття з'явилися їхні модифікації для переробки рослинної біомаси. На жаль, зазвичай для реалізації більшості таких процесів потрібні дуже високі тиск і температура.

Розроблений процес зрідження рослинної біомаси методом гідрогенізації під тиском водню 6,4 МПа і при температурі 350 °С. В результаті з 1 т біомаси отримують 24 кг синтетичної нафти і 160 кг асфальту.

Перераховані (і подібні) технології відрізняються многостадийністю. Їх реалізація в межах окремих енергетичних установок малої потужності навряд чи коли-небудь виявиться рентабельною. Спорудження подібних підприємств буде пов'язане із нерентабельністю транспортування деревини на великі відстані. Тому в перспективі мова може йти про створення спеціальних енерготехнологічних комплексів, що поєднують комплексну переробку деревини з новими термодинамічними циклами вироблення електричної енергії.

Гідроліз. В загальному випадку називають гідролізом реакції обмінного розкладання між речовиною і водою при наявності каталізатора. На першій стадії, власне гідролізі, здійснюється варіння біомаси парою при тиску 1,2 – 1,4 МПа в розчині 2 – 3 %-ної H_2SO_4 , яка триває декілька годин. На цій стадії утворюється гідролізат (розчин містяться в біомасі полісахаридів) і виділяється гідролізний лігнін. Після охолодження і облагороджування гідролізату він надходить на наступну технологічну стадію бродіння. Ця стадія вимагає введення певного микробиологичес-кого штаму і поживних речовин. В процесі бродіння мікро-організми виробляють спирт. Заключна стадія полягає в ректифікації спирту, для якої потрібна пара при тиску приблизно 0,2 – 0,3 МПа. В результаті отримують два продукти, які можуть використовуватися як гіпотетичні палива: рідке паливо – етанол, теплота згоряння якого становить 22 – 24 МДж/кг, та тверде паливо – гідролізний лігнін, теплота згоряння якого на суху масу приблизно така ж. З 1 т рослинної

біомаси можна отримати приблизно 160 -180 кг спирту і 300 – 400 кг гідролізного лігніну. Енергоємність розглянутого процесу достатньо велика і балансує з енергоємністю одержуваного лігніну.

Біоконверсія. Для останніх десятиліть XX століття були характерни швидкі темпи впровадження біотехнології та генної інженерії

різні галузі господарської діяльності. Практична основа біотехнології базується на використанні спеціальних штамів мікроорганізмів з спрямованими властивостями, орієнтованими на отримання певних корисних речовин. Такими речовинами можуть бути і речовини паливного призначення, передусім етанол, метанол та метан.

В апаратурному оформленні процесу біоконверсії простіше гідролізу, так як відсутня стадія власне гідролізу. Рослинну біомасу зазвичай попередньо подрібнюють і промивають, для біомаси тваринного походження попередньої підготовки не потрібно. Для початку процесу бродіння у ферментер вводиться штам мікроорганізмів.

В процесі розмноження відбувається мутація мікроорганізмів, і їх здатність до зброджування знижується.Тому періодично потрібно вводити в ферментер так звану чисту культуру, тобто спеціально вирощений в лабораторних умовах штам мікроорганізмів.

Існуючий набір штамів дозволяє реалізувати спиртове або метан бродіння. У першому випадку продуктом життєдіяльності мікроорганізмів можуть бути етанол або метанол, у другому - метан. Спиртове бродіння найбільш ефективно відбувається на сировину рослинного походження (цукровій тростині, кормової буряках, пшениці). Вихід спирту з 1 т сухої маси вихідної сировини знаходиться в межах 150 - 200 кг, тобто приблизно такий же, як і в гідролізної технології. Так само як і

гидролизная технологія, биоконверсия біомаси супроводжується утворенням значної кількості відходів, які треба утилізувати.

2.3 Технології отримання біогазу

Велика розмаїтість різних методів видобутку біогазу можна звести до кількох варіантів з точки зору технічних характеристик процесу. Принципова відмінність в методах роботи різних установок полягає в способі подачі (методи порціонної подачі / проточний), за типом змішування (повне змішування або пробковий проштовхування), одно- або багатоступенева система і / або по консистенції субстрату (тверде сир'е або метод переробки в текучому / мокрому вигляді).

Метод періодичної подачі Для методу порціонної подачі (в цьому випадку термін з англійської "batch" означає завантаження, наповнення, порція) характерно наповнення бродильной камери за один прийом. Порція проходить бродіння до кінця заданого для цього часу, на протязі якого субстрат не додають і не виймають. Виробництво газу починається після наповнення, досягає максимальної продуктивності, після чого починає падати. Під кінець, по закінченню заданого часу бродіння, бродильна камера спустошується також за один прийом. При це м частина бродильного шламу повертають назад щоб прищепити «розроблені» бактерії.

Для методу порціонної подачі характерні:

• крім рідких субстратів можна також переробляти тверді субстрати з високим вмістом сухої речовини. • профілактичні огляди і ремонт ферментатора можна проводити після кожного циклу • необхідно мати масу для щеплення, яка в окремих випадках може досягати великих порцій • нерівномірна вироблення газу, якщо не використати більше резервуарів • надійний гігієнізірующій ефект.

Проточний метод По такому методу працюють майже всі сільськогосподарські біогазові установки. Ферментатори повинні бути постійно заповнені. При подачі свіжого субстрату рівне йому кількість виштовхується з ферментатора. Проточний метод характеризується: послідовної подачею, постійним процесом гниття, стабільної виробленням газу, профілактика і ремонт наповненого ферментатора можливі не в повному обсязі.

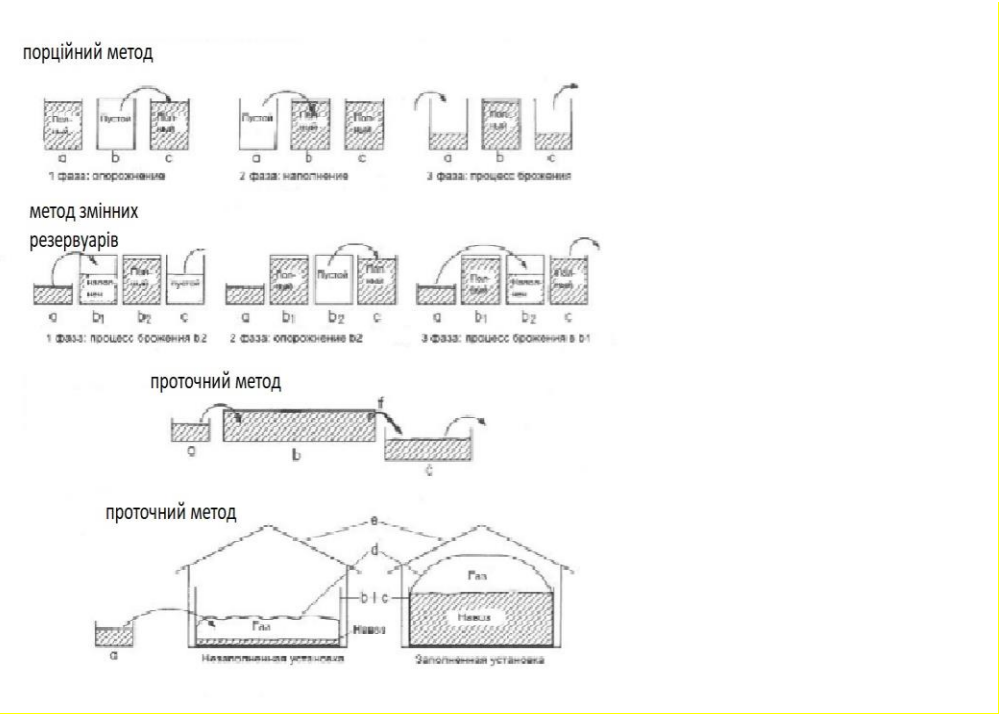


Рисунок 2.1. Опис методів змішування.

Метод повного змішування Установки, в яких субстрат повністю перемішується як у котлі, часто встречются у сільськогосподарській практиці. Новий вступник матеріал перемішується з одержимим ферментатора, так що відпадає необхідність в затравливании і процес межет починається безпосередньо після внесення. Зрозуміло в проточних установках час бродіння субстрату тоді відповідає расчитанному середнього часу бродіння, оскільки внаслідок змішування частина свіжого матеріалу залишає ферментатор. При

плануванні цього фактору необхідно також приділ увагу. Завантаження бродильної камери установок повного змішування може досягати до 4 кг сухого органічного субстрату на м^3 об'єму в день.

Метод пробочною проштовхування субстрату В установках, що використовують пробочное проштовхування, субстрат просувається як пробка в поздовжньому напрямку по ферментатори. Діаметр такого резервуара повинен бути набагато менше ніж його довжина, слід розраховувати співвідношення діаметра до довжині, як мінімум, 1:4.

Мішалку необхідно встановити поперечно до напрямку течії, вона може також підігрівати протягом. Перемішування переважно буде відбуватися в поперечному напрямку. Те, що свіжий матеріал буде перемішуватися з перебродженым буде регулюватися названим способом аж до його припинення. Завдяки такій роботі в цих установках вдається досягти високого гігієнізуючого ефекту. При певних обставинах може виникнути потреба в затравливании з метою якнайшвидшого приведення процесу в дію. Важливо відзначити, що така конструкція займає багато місця.

В залежності від виконання мішалки, установки такого типу можна завантажувати істотно вище ніж становлення повного змішування. На практиці відома завантаження 5-10 кг органічного сухої речовини/м3 об'єму ферментатора в день. Як правило після описаного типу ферментатора встановлюють великий доброживатель, який робить можливим тривале бродіння.

Одно - або багатоступінчастий метод. Бродіння субстрату з метою отримання біогазу може проходити з використанням одне або багатоступінчастого методу ведення процесу. При використанні одноступінчатого методу, як це вже було викладено в Розділі 2.1, процес бродіння проходить 4 етапи в одному резервуарі, для систем повного перемішування ці етапи в часі і просторі відбуваються паралельно, для

установок системи періодичного режиму роботи ці процеси відбуваються послідовно у часі один за іншим. В установках пробочною руху спостерігається певне часове зміщення. При багатоступінчастому методі намагаються розділити різні етапи процесу по різних камерах, як з допомогою різних резервуарів або з допомогою відділення в ферментаторі. При цьому необхідно врахувати, що для створення кислого середовища і утворення метану необхідні різні умови.

Багатоступінчасті методи використовуються: - якщо субстрат повинен обов'язково пройти гигиенизацию, - якщо обсяг бродильної камери невеликий, а ми прагнемо підвищити степень гідролізу або розкладання, - якщо субстрати важко перемішувати з технічної точки зору і при дуже великому завантаженні ферментатора, якщо планується пробочное рух субстрату.



Рисунокк 2.3 Рецеркуляція рідини.

РОЗДІЛ 3. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ

3.1 Конструкція установок для отримання біогазу

Горизонтальна конструкція. Ферментатор можна розташувати або в стоячому положенні (вертикально) або в лежачому (горизонтально). Горзонтальное розташування має велику перевагу, що можна застосовувати потужні, надійні в експлуатації і енергозберігаючі механічні мішалки). Таким чином досягається хороший ефект перемішування, спрямований вертикально по відношенню до течією, без чіткого перемішування у напрямі течії. Завдяки пробочному проштовхування з точки зору біології процесу складаються сприятливі умови. Можливою є велика завантаження ферментатора. Існують дані, згідно яким завантаженість ферментатора може досягати 7-10 кг органічного сухої речовини/м3. Недоліком є велика потреба в площі, займаної резервуаром. Лежать ферментатори на сьогоднішній день обмежені у своєму обсязі до 1000 м3. Велика площа поверхні порівняно з обсягом (з відповідно високими тепловтратами) і відсутня "щеплення" для свіжого субстрату бактеріями переброженного шламу є також недоліком. Для рідкого або твердого гною худоби це не грає ніякої ролі, оскільки в такому субстрату

спочатку міститься достатня кількість метанообразующих бактерій. Гній свиней, енергетичні рослини чи органічні відходи, не містять або містять невелику кількість анаэреобных бактерій, при використанні пробочною проштовхування повинні бути щеплені перебroженным субстратом. Це можна зробити в резервуарі попереднього зберігання або за допомогою автоматичної системи подачі прищепного матеріалу. Лежать ферментатори виготовляються переважно у вигляді циліндричних залізних баків і розміщуються над поверхнею грунту. Якщо це бетонний варіант, то він може мати або квадратну або прямокутну форму поперечного перетину.

Стоїть (вертикальна) конструкція. Ферментатори у вигляді вертикального будови з міркувань статики переважно мають круглу форму поперечного перерізу. Порівняно з горизонтальним варіантом вони мають ту перевагу, що вони більш компактні, мають більш вигідне співвідношення площі поверхні до об'єму, що зменшує витрати матеріалів і тепловтрати. Вони не обмежені в своїх обсягах, на сьогоднішній день можна будувати ферментатори об'ємом до 6000 м3. Вимоги до змішувальної техніці високі, оскільки в цьому випадку вона повинна створювати сильну течію, необхідне для досягнення гомогенізації. У міру зростання висоти будівель і разом з тим тенденції до розшарування бродильного субстрату, смешивающая техніка повинна забезпечувати достатню вертикальне перемішування. Недоліком є те, що не можна досягти пробочною проштовхування. В залежності від розмірів резервуару, від типу мішалок та їх потужності, а також від виду субстрату залежить рівень можливої завантаження ферментатора. Можлива завантаження ферментатора до 4 кг органічного СВ/м3.

Наземне або підземне розміщення Наземне розміщення обирають як правило при високому рівні ґрунтових вод. Крім того воно має ту перевагу, що можна заощадити на земляних роботах і дозволяє використовувати дорогі матеріали для зовнішньої теплоізоляції. Недоліком є високі тепловтрати в зимовий період і підвищені інвестиційні витрати при висоті резервуару понад

6 м. Неповне занурення, надземні або підземні розміщення вертикальних резервуарів обирають в залежності від рівня грунтових вод.

Повністю підземні резервуари з дахом, на яку можна заїжджати мають велику перевагу, що вони не змінюють загального виду ландшафту, не займають місця і таким чином можуть розташовуватися в центрі архітектурного комплексу. Крім того із-за свого пребыванив в грунті вони захищені від різких зовнішніх температурних коливань, що особливо стає помітним у холодні зими завдяки низьким витратам енергії на підтримання процесу. Для використання такого варіанту завжди необхідно враховувати руху грунту, а весь контур резервуара повинен бути заізольований дорогими, стійкими до вологи ізоляційними матеріалами.

Резервуари із залізобетону. Найбільш поширеною матеріалом є армований залізобетон, використовуваний для дна резервуара, стін і у разі необхідності для перекриття резервуара. Сьогодні вже рідко роблять бетонну суміш на будмайданчиках, найчастіше її транспортують в готовому вигляді, зробленому за спеціальною рецептурою. Оскільки останній метр висоти резервуара можна використати і його використовують як газову камеру і резерв для розширення субстрату, з економічної точки зору краще будувати вгору ніж вшир. З іншого

сторони зростають витрати на опалубку. Багато будівельні фірми рекомендують будувати широкі резервуари. На бетонний резервуар можна покласти дерев'яне або бетонне перекриття. Дерев'яні перекриття обтягуються газонепроникною плівкою і тому дешевше. Досі не спостерігалося жодного випадку корозії дерев'яний балок. Перевагою бетонних перекриттів є те, що можна дешево монтувати мішалки та інші технічні засоби як то газовий купол. При підземній споруді бетонні перекриття, як правило, роблять стійкими для проїзду транспорту. Перекриття краще покривати теплоізоляцією зовні. Дерев'яні перекриття можна також ізолювати зовні.

Резервуари з листового заліза. Після залізобетону є другим за значенням будівельним матеріалом для ферментаторов. Використовується емаллированное, будівельне оцинковане залізо St 37 або нержавіюча сталь. Для схильною до корозії газової камери краще всього використовувати нержавіючу сталь класу V4A. Оболочька ферментатора ставиться на фундамент з бетону. Матеріал оболочьки подається у вигляді з'єднаних болтами або сваренныйх листів заліза, згорнутих в рулон. Оскільки елементи готуються заздалегідь, то залізні резервуари можна виготовити швидше ніж резервуари з монолітного бетону.

У минулому, в першу чергу для невеликих установок з об'ємом ферментатора до 250 м3, для такого варіанту вирішення використовувалися переважно використані, але ще добре збережені цистерни для зберігання і транспортування рідин. Так, наприклад заправні станції з метою безпеки змінюють свої резервуари через однакові проміжки часу (Зобр. 4.13). На місці такі резервуари виготовляють з листового заліза, товщиною 4-6 мм і зовні захищених від корозії і розміщують на стрічковому фундаменті, при чому одна з сторін резервуара має дерев'яну опору, не тільки фіксує цистерну, але і служить термічної заслінкою між резервуаром і фундаментом (Зобр. 4.14). Якщо горловина, на фланці якої можна прикрутити гвинтами газовий ковпак, розташована на торці, то рекомендується резервуар покласти під ухилом 1-2% в цьому напрямку, щоб таким чином підтримати витікання газу. Якщо горловина розташована посередині резервуара, то резервуар слід розміщувати в горизонтальному положенні. Газ в цьому випадку повинен повинен накопичуватися в кілька великих кількостях щоб знайти найближчий шлях у газовий ковпак.

Досвід показує, що немає потреби в антикорозийной захисту з внутрішньої сторони резервуара в галузі перебування гною. У той же час у зоні надходження ще містить кисень і злегка кислого свіжого гною і в першу чергу в прикордонній зоні між гноєм і газом може виникнути корозія. Але

поки вона проїсть товсте листове залізо, можуть пройти десятиліття. Але для повної впевненості можна покрити цю ділянку багатошаровим бітумним покриттям відповідно до вказівок виробника. Увага: при виконанні робіт по покриттю всередині цистерни, пари розчинників обов'язково слід видаляти за допомогою компресора. Велика ймовірність вибуху! Вертикально розташовані резервуари, як правило, наповнюють не повністю, залишають місце для газу на 0,5 – 1,0 м висоти над рівнем субстрату. Тому тут, як правило, обходяться без газонакопительного ковпака.Газові ковпаки встановлюють на ферментатори повного наповнення, такі наприклад використовують для реакторів пробочного руху сир'я з заліза. Функція газового ковпака накопичувати газ і відокремлювати його від піни і рідини. Такий газовий ковпак повинен мати як мінімум 80 см у висоту. Зверху ковпак найкраще накривати склом або плексістеклом, щоб зверху можна було подивитися в резервуар. Таким чином можна своєчасно виявити піноутворення. Скляні або плексістекляное покриття преп на фланець газового ковпака за допомогою силікон-каучуку, а по краях з метою прикріпленою гвинтами плоскою залізної рами створюється запобіжник від піднімання скла під тиском газу. У той же час ця конструкція буде ефективно запобіжником надмірно високого тиску.

Часто конденсатна вода зі внутрішньої сторони скла заважає хорошій видимості, що легко можна виправити, встановивши з внутрішньої сторони простий розпилювач

Якщо біогаз буде витікати в газовий ковпак при цілеспрямованому вдувании невеликої кількості повітря, то поверхні одного оглядового отвору буде недостатньо для розселення сірчаних бактерій. Інша можливістю отримання площі поверхні для зменшення кількості сірководню, полягає в тому, щоб прокласти газопровід або перелив для гною, провідний на склад з дуже великим діаметром. Таким чином вдасться збільшити квадратуру площі поверхні. Щоб уникнути проблем з корозією, газонакопичувальних ковпак виготовляють з нержавіючої сталі. Звичайною листової сталі, товщиною 4-6

мм (St 37) також досить, якщо її покрити зсередини належним чином. Вертикально розташовані бетонні резервуари, як правило, наповнюються в повному обсязі, залишають простір для газу в розмірі 0,5-1 м над субстратом. Тому в таких випадках обходяться без газонакопичувальних ковпаків. Але незважаючи на це, рекомендується для таких будівель також встановлювати показане на Зображенні віконце для спостереження і для уникнення виникнення надмірно високого тиску .

3.2 Обладнання для керування та контролю процесів

Без обліку і оцінки даних, без щоденного контролю найважливіших компонентів установки, неможлива успішна експлуатація біогазової установки. У минулому було встановлено, що багато з тих, хто займається обслуговуванням біогазових установок саме в малих параметрах не можуть визначити, що відбувається з їх установкою. Тоді не було обліку ані кількості субстрату, ні кількості газу або рівня сірки. Без врахування певних параметрів, неможливий контроль і рптимизация роботи установки. Таким чином є певний мінімум часу на ведення документації та її аналіз. В даний час для цього існують навіть спеціальні комп'ютерні програми, контролюючі параметри щодо відхилення від норми. Чим більше установка, тим важливіше для неї контроль, оскільки поломка установки відразу ж буде мати негативні наслідки для її рентабельності. Нижче описуються пристрої та вимірювальні прилади, що застосовуються для контролю за установками.

Кількість субстрату. Необхідно вести облік щодня подається кількості субстрату і вид субстрату. При цьому важливо також записувати вагу кожної субстрату, оскільки лише в цьому випадку можна розраховувати вихід газу, завантаження ферментатора і багато іншого. Залежно від застосовуваної технології подачі для цього можна вдатися до різних рішень. У резервуарі

попереднього зберігання встановлюють пристрій для визначення рівня наповнення у вигляді поплавця зі шкалою. Облік матеріалу, який можна перекачувати, виробляють за допомогою контролю витрат рідини. Бункери для накопичення субстратів, які використовуються при застосуванні різних технік подачі, як правило, можна оснастити вагами, те ж саме можна зробити і з колісними навантажувачами або тракторами. Простим і прийнятним рішенням було б зважування причепа трактора в ненаполненном і наповненому вигляді. На початку можливо це здасться кілька обтяжливими, але з часом, можна навчитися визначати яку кількість трав'яного або кукурудзяного силосу знаходиться в причепі. Лише якщо відомо середня кількість щодня поданого матеріалу, можна зробити висновок буде вихід газу поганим або хорошим.

Зміст сухого речовини. Для визначення кількості сухої речовини, береться близько ¼ добре перемішаного субстрату і протягом 24 годин просушується в сушильній шафі при температурі 103С. Шляхом вирахування втрати ваги визначають зміст сухого речовини. Сушильні шафи мають більшість сільськогосподарських відомств. У разі необхідності можна проводити виміри безпосередньо на місці, тоді субстрат в плоскій піалі під інфрачервоною лампою нагрівають до температури 100-110С. Складніше визначити зміст осо, для цього высушеный субстрат протягом 3 годин розігрівають у муфельній печі до 600С, і таким чином відбувається його спалювання. Після чого залишається попіл, що складається з мінеральних речовин і піску. Такі виміри проводять на сільськогосподарській досліджувальною станції.

Вимірювання температури в бродильній камері та система циркуляції опалення Для виміру температури найпростіше зовні просвердлити отвір у бетонній ферментаторі глибиною 2/3 товщини стіни. Розташовувати сверловину найкраще в другій третині висоти стіни. За допомогою провідної температуру замазки закладають температурний датчик. Дані термометра необхідно зчитувати безпосередньо біля ферментатора. За допомогою

електричного температурного датчика з цифровим табло можна автоматизувати температурний облік. За допомогою такого простого замерения, температури бетону буде відповідати температурі гною. Короткострокові температурні коливання всередині ферментатора таким чином враховувати неможливо. Щоб їх заміряти, рекомендується встановити кілька вимірювальних приладів як можна далі від опалення. Якщо застосовується зовнішній теплообмінник, то температуру краще міряти на трубопроводі, який виходить з ферментатора. Термометр опалення встановлюються припливі і відпливі системи опалення.Якщо тут ще встановити годинник для обліку протікання гарячої води, то можна визначати кількість яка протікає гарячої води і шляхом обчислення різниці в температурі між подається і яка витікає водою можна розрахувати теплопродуктивність і споживання енергії процесссов. За допомогою лічильника тепла можна проводити точний вимір подається для опалення енергії.

Рівень pH, визначення буфферного потенціалу. Вимірювання можна провести за допомогою індикаторного паперу (продається в аптеках), яка в залежності від рівня pH змінює свій колір або за допомогою простого електричного датчика рівня pH. Оскільки рівень pH змінюється лише після того, як використовується специфічний для субстрату буфферний потенціал, то для субстратів, що володіють високим буфферним потенціалом він не є контрольним параметром. Рівень pH в такому випадку буде занадто пізно мінятися. Великим буфферним потнціалом в першу очередб володіє гній великої рогатої худоби, зміни рівня pH відбуваються лише тоді, коли процес вже істотно порушений. Для таких субстратів рекомендується заміряти буфферний потенціал. Він показує скільки окислених вільних іонів H + може ще прийняти (а значить нейтралізувати) субстрат без зміни рівня pH. Якщо буфферний потенціал постійно зростає, то це свідчить, що процес майже перевантажений. Буфферний потенціал змиритися наступним чином: беруть пробу, напр. 100 мл бродильного субстрату в пробірку, щоб поставити його на

магнітну мішалку і вимірюють вихідний рівень pH взятої проби. Після того як вимірювальний прилад показує постійний рівень, додають соляну кислоту (0,1 моль / л) в два етапи. Спочатку за допомогою бюретки додають соляну кислоту, поки рівень pH не досягне 5. перероблене кількість соляної кислоти є показником буфферного потенціалу субстрату (резерв вапна). Після цього рівень pH опускається з 5 до 4,3. Це показник недіссоціірованних органічних кислот (FOS). При рівні pH 4,3 досягається той момент, коли відомо, що більше не міститься гідрокарбонату і карбонату, тобто вичерпано також і буфферний потенціал. Кількість відтитрувати кислоти (тобто кількість, яка необхідна додавати) є показником буфферного потенціалу ("карбонатні жорсткість"). Як параметроа використовується співвідношення кількості використаної соляної кислоти при рівні pH 5-4,3 і кількість використаної соляної кислоти при вихідному рівні pH 5 (резерв вапна).

Отримане співвідношення FOS-резерв вапна повинно бути нижче 0,3. Якщо це співвідношення вище, то процес перевантажений. При відносно невеликих витратах на вимірювальну техніку, можна за короткий час отримати цінну інформацію про завантаженість біологічних процесів. Ці вимірювання також можна автоматизувати.

Вимірювання кількості газу. Щодня вироблене або використане кількість газу також є важливим критерієм для роботи і продуктивності установки. Щодня отримані дані заносяться в список, в який також вписуються відповідні температури, кількість внесеного субстрату, показання лічильників електроенергії, лічильників робочих годин приладів, лічильники кількості пускової рідини і всі поломки.

У разі, якщо існує безліч різних джерел надходження газу, як то, наприклад, буває на комбінованих проточно-накопичувальні установках, то необхідно проводити заміри за допомогою кількох газомеров. Додатковий газовий лічильник необхідно встановлювати у разі, якщо енергія для процесу буде виходити від окремої газової пальники. Також двигун на біогазі з

генератором (когенераційна установка) повинен бути оснащений окремим лічильником щоб постійно можна було контролювати коефіцієнт корисної дії при виробництві електроенергії.

Звичайні лічильники, які використовуються у будинках і на промислових об'єктах мають максимальну пропускну здатність 6-250 м3/год. Хто не хоче займатися щоденним зчитуванням приладів і записами даних лічильників, а також розрахунками різниці, може застосовувати лічильник з імпульсний датчик з прочитуючим контактом і вести облік даних через комп'ютер. Втрати тиску від датчиків в залежності від пропускної здатності становлять 0,4-1,25 мбар (4-12,5 мм вод. ст). Також при монтажі газоміра після водоотделителя конденсату варто враховувати, що в лічильнику конденсується водяна пара, хоч і в невеликих кількостях. Тому лічильник необхідно встановлювати в непромерзаемом приміщенні. В ідеальному випадку газомер повинен бути завжди тепліше ніж подається на нього біогаз. Газомеры в біогазової установці ставляться до зношуються деталей і тому монтуються відповідним чином і оснащуються запірним вентелем щоб їх можна було обійти коли їх ремонтують або замінюють. Використані і застарілі газомеры можна дуже дешево купити на місцевих міських заводах.

Склад газу і шкідливі домішки в газі На практиці, в цьому випадку мова майже завжди йде про визначення вмісту сірководню, рідше аміаку і шкідливих складових газу. Все більшого значення набуває окреме замерение метану, діоксиду вуглецю, кисню і водню. Вимірювання кількості кисню дає нам інформацію про ситуацію з безпекою (запобігання вибуху) і ефективності очищення від сірки. Існує обладнання, що дозволяє безпосередньо і послідовно вимірювати складу речовини за допомогою інфрачервоних або електрохімічних сенсорів. Його застосовують у наукових цілях, для великих установок або коферментационных установок, часто працюють на різних субстратах. Базове обладнання установки сенсорами, замеряющими рівень метану, діоксиду вуглецю, кисню і сірководню буде коштувати приблизно

6800 Євро (Зобр. 4.50). На практиці застосовується дуже простий метод для визначення складу газу:

Сірководень призводить до корозії кольорових металів та алюмінію в газопроводах, а також регулюють подачу газу і магнітних вентелях. H2S призводить до перекісленіе масла двигуна, яка втрачає від цього свої мастильні й охолодні властивості і таким чином може пошкодити двигун. Це призводить до необхідності більш частої заміни масла. При спалюванні сірки утворюється двоокис сірки, викликає в трубопроводах відпрацьованих газів корозію і кислотний дощ в атмосфері. Очищення від сірки з цієї причини необхідно приділяти велику увагу.

Аміак: аміак також призводить до зменшення детонаційної стійкості і самозажиганиям в камері згоряння. За певних обставин це може привести до розставання колб або стирання гільз циліндра.На відміну від H 2S, аміак при охолодженні біогазу утворює сполуки з конденсатной водою. Скруббер або фільтр з активованого вугілля також перешкоджають проникненню аміаку в камеру згоряння. Вологість: вода і водяна пара в газі викликають проблеми з використанням газу. Біогаз на 100% насичений водяною парою, коли він виходить з ферментатора. Чим вище температура, тим більше води в біогазі. Можуть виникнути такі проблеми:

Водозбірники в газопроводах призводять до підвищених втрат тиску Вологі фільтри для газу також ведуть до втрат газу Якщо вода буде конденсуватися в двигуні, це погіршить його ефективність Вода при взаємодії з сірководнем утворює сірковмісні кислоти, здатні викликати сильну корозію. Очищення газу від вологи також є ефективним заходом щодо підвищення якості (огляд. Очищення газу).

Виявлення витоку газу. Для виявлення місць витікання в газовій мережі існують прилади для знаходження місць витоку. За допомогою такого переносного приладу можна виявити такі місця на ферментаторі, трубопроводі

і газгольдерах. Стаціонарне розміщення такого приладу рекомендується робити в машинному відділенні, в якому знаходяться газові штреки, генератор або газовий котел.

Споживання і виробництво електроенергії. Щоб мати дані про споживання газу біогазової усвтановкой, то підключення всіх найважливіших споживачів – насосів для субстрату, мішалок, насоса опалення і витяжок аварійного охолодження повинні проходити через проміжний лічильник. Теоретичний підрахунок споживання через загальну споживану потужність двигунів і їх робочий час буде занадто неточним, оскільки навантаження, а таким чином і споживання струму може коливатися у великих межах. Для вимірювання виробленої енергії від установки з вироблення теплової та електричної енергії необхідно мати як мінімум два лічильника: один для обліку загального виробництва, а інший для обліку подається в електромережі громадського користування.

3.3 Накопичення газу та його очищення

Накопичення газу в порівнянні з енергією сонця і вітру, біогаз має ту перевагу, що його можна проводити послідовно і накопичувати. Тепло і електроенергію, одержувані від сонця і вітру, в даний час можна накопичувати лише з істотними втратами. Доводиться враховувати втрати температури і теплової енергії з-за теплопровідності в "накопичувачі" для теплп від сонячної батареї або енерговтрати з-за саморозряду акумулятора, званого в повсякденності також батареєю. Якщо накопичувати біогаз в газонепроницаемом резервуарі, то що міститься в ньому, хімічно зв'язана енергія може зберігатися дуже довгий час і її можна використовувати без втрат. Ще однією перевагою порівняно з рідким або твердим паливом є вміст метану на сірководні, 4 атома якого з киснем з повітря згорають до 2 молекул

води, надаючи природосберегающий ефект, і лише один атом вуглеводу утворює діоксид вуглецю. Головним недоліком біогазу є його відносно невелика, пов'язана з об'ємом щільність енергії. Так 1 м3 біогазу в залежності від вмісту метану містить лише таку кількість енергії, яку можна порівняти з 0,6-0,7 л мазуту. Але зате для накопичення без тиску необхідно мати великий об'єм резервуара зберігання. Розмір газонакопителя біогазової установки визначається обсягом газопроизводства і процесом споживання. Тому його необхідно розраховувати для кожної установки окремо. При виробленні тепла з біогазу вибирають такий обсяг накопичувача, щоб можна було зберігати в ньому всі кількість газу, вироблене за 1 день. При виробництві електроенергії вдається обходитися значно меншим накопичувачем, достатнім щоб прийняти 20-50% щоденної вироблення газу, якщо установка працює цілодобово з повним завантаженням. Коливання в споживанні теплової енергії для господарства, підсобних приміщень, сушарки та ферментатора можна вирівняти тим, що напрацьоване тепло двигуна можна накопичувати в водозбірнику для теплої води. Обходитися без газгольдера неможливо, оскільки протягом дня газ проводиться нерівномірно, що серед іншого обумовлено перемішуванням і закачуванням субстрату. Газгольдери для біогаз розрізняються між собою в першу чергу за будовою і розміром, а також робочого тиску, з яким вони працюють (пор. Таблиця 5.1).

Оскільки якість газу і його виробництво коливаються, то доцільно вирівняти ці коливання достатнім перемішуванням в газгольдері. Крім того, у разі необхідності ремонту генератора не доведеться спалювати газ факелом або випускати його в навколишнє середовище. Цього, звичайно ж, також можна уникнути за допомогою запасного генератора. Все це показує, що існують різні можливості при виборі розмірів газгольдера. Як мінімум газгольдер повинен мати накопичувальний об'єм на 2 години послідовного виробництва газу однакової якості. Чим більше різниця у виробленні газу і

його якості, тим краще, якщо є в запасі великий простір для накопичення (як мінімум на 8 годин).

Накопичувачі під низьким тиском. Накопичувачі під низьким тиском до теперішнього часу одержали найбільше поширення з часів 1-го і 2-го біогазового руху переважно у вигляді газометрів з зануреними судинами. Проте, з часів більшого поширення біогазової технології, починаючи з 1995 року з'явилися також інші види накопичувачів під низьким тиском, так що газометри з зануреними судинами на сільськогосподарських біогазових установках можна зустріти дуже рідко.

Біогазові установки з бетонним перекриттям мають в основному ферментаторі лише дуже невелике сховище для газу. Установки з відкритим складом кінцевого зберігання без доброживателя мають додаткові можливості по установці газгольдерів. Для установок з доброживателем (з бетонним перекриттям) достатньо буде мати газгольдера на доброживателе. Але якщо обидва ферментатора наповнені субстратом, то також необхідно подбати про додатковому зовнішньому газгольдері. Зовнішні газгольдери виготовляються або як горизонтальні, або у вигляді висячої труби або у вигляді подушки. Крім того можливе виготовлення також інших геометричних форм (Зобр. 5.1). Вони можуть мати розмір до 2000 м3. Якщо їх більше, то витрати на необхідні споруди будуть також вище. В якості будівель можна також використовувати контейнери для морських вантажоперевезень, старі склади для гною або порожні силоси для зерна. Зовнішні накопичувачі порівняно з плівковими ковпаками мають ту перевагу, що в разі потреби можна заходити у ферментатор не зливання його вмісту. Зовнішній накопичувач може також стати в нагоді, коли застосовується зовнішня очищення від сірки. Під внутрішнім плівковим накопичувачем мають на увазі накопичення біогазу в плівковому газгольдері, розміщеному над відкритим ферментатори. Цей метод має ту перевагу, що дає можливість великого об'єму для накопичення біогазу, а з іншого боку робить можливим відмова від бетонного перекриття. При

відсмоктуванні біогазу генератором плівковий накопичувач утворює природну систему безпеки: якщо газгольдер заповнено, то двигун навіть у газожидкостном режимі роботи не буде всмоктувати повітря з поза в газгольдер. Звичайно, слід також врахувати недоліки плівкових газгольдерів. Необхідно встановити захист від несприятливих погодних умов та умисного нанесення шкоди. Вироблення тиску для експлуатації обладнання є проблематичною без компресорів; розміщення відповідних важких предметів на плівці на практиці себе не зарекомендував. Для прийнятої на сьогоднішній день переробки біогазу цей недолік не має значення, оскільки газовий двигун всмоктує газ з накопичувача, для цього достатньо мати лише невелике перевищення тиску від 0,05 до 0,1 мбар (0,5 до 1 мм НД), в залежності від ваги плівки або брезенту. Технічна проблема полягає в тому, щоб встановити запобіжник надмірно високого тиску настільки точно, щоб перевищення тиску від 0,5 до 2 мбар (5 - 20 мм НД) в залежності від матеріалу та моделі можна було уникнути напевно.

Накопичувачі з середнім і високим тиском Накопичувачі середнього тиску з металу, що працюють з тиском 5 - 20 бар. Вони застосовуються одинично, коли з причин нестачі місця неможливо використовувати накопичувачі низького тиску. У сегменті середнього тиску біогаз при ущільненні веде себе майже як ідеальний газ, це означає, що поміщене в резервуар кількість майже пропорційно збільшує тиск. При ущільненні до 10 бар таким чином можна зберігати в раз більше порівняно із звичайним тиском. Ущільнення в таких межах можна проводити за допомогою одноступінчатих компресорів. Для забору газу необхідно застосувати регулятор тиску.Ущільнення під високим тиском біогазу, іншими словами його пресування до більш ніж 200 бар і зберігання в сталевих балонах було безліч разів випробувано для експерименту, але до останнього часу не знайшло

широкого розповсюдження через занадто велику вартість. З технічної точки зору стискання біогазу до 200-300 бар за допомогою компресора

проблем не становить. Для цього теоретично необхідно витратити близько 5% міститься в біогазі енергії. На практиці це означає, що близько 20% біогазу, який планується ущільнити, необхідно буде використовувати для роботи компресора, оскільки при виробництві електроенергії відбуваються додаткові втрати ККД. В межах цього тиску біогаз себе більше не веде як ідеальний газ, а суттєво краще. Це означає, що близько 40-50% біогазу буде розміщено в одиниці об'єму в порівнянні з тим, що можливо для ідеального газу. Біогаз перед пресуванням високим тиском обов'язково необхідно очищати від сірки і води щоб уникнути корозії балонів і вентилі обмеження подачі замерзали при витіканні газу. Зріджений біогазу неможливо при звичайній температурі. Щоб він став рідким при нормальному тиску, необхідно його охолодити до -160˚С.Етот метод ще більш витратний ніж ущільнення під високим тиском.

Очищення від води (зневоднення). Біогаз, що надходить тільки що з ферментатора, майже на 100% насичене водяною парою і переважно має високий вміст сірководню, що викликає корозію трубопроводів, арматури, газових лічильників і газоспоживаючого обладнання. При інтенсивному перемішуванні млгут утворюватися також аерозолі, - дрібних крапель рідини з субстрату, переносящихся разом з газом, які осідають і утворюють відкладення. Первинна загальна очищення біогазу від води відбувається при охолодженні до рівня температури навколишнього середовища в газгольдері і трубопроводах. Тому трубопровід повинен пролягати в непромерзающей середовищі або мати хорошу ізоляцію. Крім того, не можна, щоб у ньому утворювалися заглиблення. Необхідно прокладати таким чином, щоб конденсат міг назад стікати або в ферментатор, або в лагуну, або в накопичувач або ж в сепаратор для конденсату. Газопроводи, прокладені під відкритим небом, можуть виконуватися зі штучних матеріалів, всередині будівель необхідно застосовувати металеві труби. Шляхом охолодження біогазу за допомогою холодильного агрегату можна виводити воду і шкідливі гази. Цей метод все частіше практикують щоб захистити двигуни від

передчасного зносу. На практиці часто зустрічається, що двигуни вже через кілька тижнів застосування відмовляють, переважно із-за пошкоджень підшипників ковзання колінчастого вала, шатуна і поршневих пальців. Ці елементи виготовляються з кольорових металів і роз'їдаються речовинами, що містяться в біогазі в микроколичестве і вплив яких ще мало досліджено. В першу чергу припускають що це аміак. Якщо біогаз охолоджувати за допомогою теплообмінника з нержавіючої сталі 0 до-5С, то більша кількість водяної пари конденсується. Якщо температура газу 35С і зміст вологості 100%, то з м3 біогазу можна отсепарировать близько 35 гр води. Якщо виробництво газу становить 200 м3 в день, то щодня буде виділятися 7 л конденсату. Для цього необхідна приводна потужність холодильного агрегату близько 700 Вт. Можна виходити з того, що разом з водою сепаруються розчинні у воді гази, що містяться в менших кількостях як напр. аміак і сірководень, а також аерозолі. На практиці в будь-якому випадку доведено, що при застосуванні цього методу можна суттєво зменшити пошкодження двигунів. Такі агрегати виготовляються різних розмірів, найбільші можуть забезпечувати двигуни потужністю до 500 кВт висушеним газом. Але такої обробки газу буде недостатньо, щоб знизити від високого до необхідного для роботи рівня вміст сірководню. У комбінації з описаним вище методом очищення від сірки шляхом нагнітання повітря в ферментатор або в газову камеру це був би найкращий метод очищення газу. Всі інші досліджені до цього методи очистки газу, порівняно з названим, були не настільки ефективні.

Очищення від сірки Очищення біогазу від сірки разом із зневодненням біогазу є важнейшимим кроками щодо усунення корозії. При цьому сірководень відбувається переважно від протеїновмістних субстратів, в яких їх кількість коливається між 0,02 та 0,5 відсотка об'ємних. (в окремих надзвичайних випадках до 1,5%). Можна приймати наступні заходи щодо очищення від сірки: 1. Хіміко-фізичний метод. а) додавання в бродильний

субстрат солей заліза б) адсорбування залізовмісними субстратами (сухий фільтр) в) фільтр з активованого вугілля.

Очищення газу Молекулярні сита з кераміки дозволяють виробляти з біогазу чистий метан, для цього із суміші фільтрами уловлюються вуглекислий газ, водяна пара і також сірководень. Якщо молекулярні сита перевантажені цими речовинами, то їх можна очистити за допомогою продування повітрям. На практиці такий спосіб навряд чи застосовується, але у майбутньому він може пригобрести істотно більше значення, якщо виникне потреба у виробництві чистого метану для застосування як паливного елемента.

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З МЕТОЮ ЗМЕНШЕННЯ ВИТРАТИ ПРИРОДНОГО ГАЗУ З ВИКОРИСТАННЯМ БІОПАЛИВА

4.1 Вихідні дані для розрахунку

Розрахунки витрати пари ґрунтуються на розрахунку продуктів, паспортних даних прийнятого в проекті технологічного встаткування, нормативних витратах на окремі операції. Основним споживачем пари є варильний цех. Крім того, пара використовується в цеху розливу при мийці тари та пастеризації пива, у відділенні чистої культури та на пропарювання трубопроводів.

Режим роботи пивоварного заводу: варильний цех – 315 діб/рік, відділення бродіння – 333 діб/рік; відділення розливу – 233 діб/рік

Пивоварний завод має продуктивність П = 3,9 млн. дал пива на рік. Розлив 50 % пива здійснюється в скляну пляшку, 22 % – в кеги, 28 % – в ПЕ'Г-тару.

Маса солоду на одну варку $М_{сол}$ = 5000 кг.

У варильному цеху пар використається для готування затору, кип'ятіння сусла із хмелем, для підігріву промивних вод, пропарювання суслопроводів, для підігріву води, для заливання сит фільтраційного апарата та олужнення дробини.

4.2 Технологічна схема виробництва пива

Процес виробництва пива складається з наступних операцій:

- прийому та зберігання солоду;

- готування пивного сусла;

- готування дріжджів чистої культури;

- зброджування пивного сусла;

- посвітління та розливу пива.

Машинно-апаратурну схему процесу представлено на рисунку 4.1.

Свіжоприготовлений сухий солод, очищений від паростків, подають у прийомний бункер 1. З нього, через ваги 2 солод направляється в силоси 3, де витримується не менш 4 тижнів. При цьому його вологість підвищується з 3-4 % до 5-6 %. Солод, що відлежався, із силосів направляється на подальшу переробку.

Для транспортування солоду використовують вакуумні та пневматичні системи транспортування. Далі солод надходить у полірувальну машину, де очищається від пилу й інших домішок, і, проходячи через магнітний сепаратор 4, направляється на ваги. Для прискорення процесу екстрагування солод після зважування подрібнюється в дробарці мокрого млива із замковим кондиціонуванням і збирається бункері.

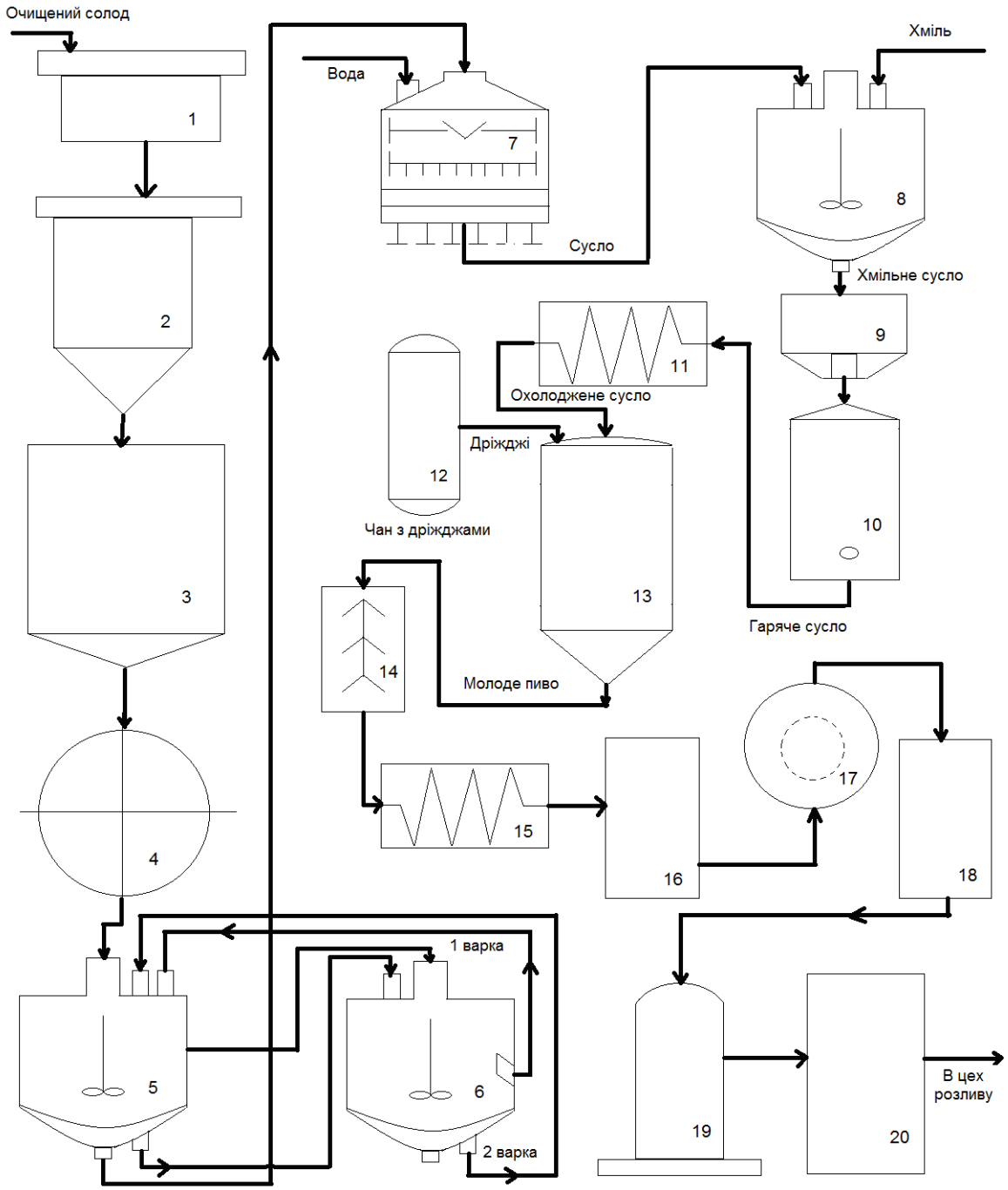


Рисунок 4.1 – Машинно-апаратурна схема лінії виробництва пива:
1 - дробарка мокрого млива із замковим кондиціонуванням; 2 - ваги;
3 - бункер; 4 – магнітоуловлювач; 5,6 - заторний апарат; 7 - фільтраційний апарат; 8 - сусловарильний апарат; 9 – хмелевідбірний апарат;
10 - гідроциклонний апарат; 11, 15 - пластинчастий теплообмінник; 12 - чан із дріжджами; 13 - циліндроконічний бродильний апарат; 14 – сепаратор; 16, 18 - буферний танк; 17 - діатомітовий намивний фільтр; 19 - карбонізатор;
20 - форфас

Дроблений солод змішують із гарячою водою температурою 54 °С у заторному котлі 5 після ретельного перемішування (затирання) частина затору направляється в інший котел 6. Тут частина затору нагрівається до температури 68-75 °С, при цьому відбувається оцукрювання – процес гідролізу крохмалю ферментами з утворенням розчинних цукрів і декстринів. Більша частина нерозчинних речовин перетворюється в розчинні. Потім затор доводять до кипіння, ця стадія називається першим відварюванням.

Після розварювання солодової крупки вміст одного із котлів 6 повертається в іншій 5, де змішується з некип'яченою частиною затору.

Температура в котлі в результаті змішування піднімається до 70°С, що необхідно для оцукрювання некип'яченої частини затору. По закінченню оцукрювання частину затору знову перекачують у котел 6 (друге варіння) для кип'ятіння та розварювання крупки, що залишилася. Друга відварка знову повертається в котел 5, де температура підвищується до 75-78 °С. Після цього вся маса з котла перекачується у фільтраційний апарат 7, де відбувається відділення сусла від дробини (гущавини). У фільтраційному апарату затор розділяється на мутне сусло, світле сусло (перше сусло) і солодову дробину. Мутне сусло повертається назад у фільтраційний апарат, солодова дробина після промивання йде на корм худобі, а світле сусло в сусловарильний котел 8. Промивна вода повертається в котел 5 для готування наступного затору.

У сусловарильному котлі 8 знаходиться світле (перше) сусло із хмелем. При кип'ятінні в сусло переходять гіркі та ароматичні речовини хмелю, відбувається часткова денатурація білків і стерилізація сусла. Далі гаряче сусло проходить через хмелевідбірний апарат 9, де затримуються пелюстки хмелю, а сусло стікає в розташований під ним гідроциклонний апарат для відділення грубих суспензій, що залишилися, і дрібних часток хмельової дробини 10.

Для забезпечення чистоти шумування насінні дріжджі періодично заміняють дріжджами чистої культури, одержуваними в лабораторії в стерильних умовах. Для розмноження дріжджів чистої культури використовують невелику кількість стерильного сусла, в яке вводиться дріжджова культура. Після того як це сусло забродить, його зливають у бродильний танк, до основної маси сусла.

Охолоджене до 7-9 °С (початкове) сусло поступово подається в конічну частину ЦКБА 13. Повністю апарат заповнюють протягом доби у два або три прийоми, у міру надходження сусла з варильного цеху. Тут протікає головне шумування 7-8 діб, а після й доброджування ще 6-7 діб. Через 10-11 діб від початку шумування проводять перше знімання дріжджів, остаточне знімання роблять безпосередньо перед подачею пива на посвітління. Дріжджі відкачуються та направляються або на повторне використання, або на продаж.

Молоде пиво надходить на сепаратор 14, де відокремлюються дріжджі й великі суспензії, далі пиво надходить на пластинчастий теплообмінник 15, де охолоджується до 2...3,2 °С. Потім пиво перекачується в буферний танк 16, при цьому до нього додаються силіказолі. Ці препарати застосовуються для поліпшення посвітління та фільтрування пива. Завдяки зв'язуванню часточок силіказолів з білковими сполуками в пиві утвориться гідрогель, що повністю видаляється з пива.

Потім пиво насосом нагнітається в діатомітові намивні фільтри 17. Тут пиво звільняється від зважених дріжджів, дрібних часток й ін. Відфільтроване й прояснене пиво направляється в карбонізатор 19, насичується діоксидом вуглецю та зливається у форфаси 20, а потім – у відділення розливу. Залежно від того, як пиво буде транспортуватися на продаж, цех розливу може бути оснащений різним устаткуванням.

[http://4ua.co.ua/manufacture/rb3bd68a5c53b89421316c27_0.html]

4.3 Визначення витрати пари на окремих етапах виробництва пива

Розрахунки витрати пари ґрунтуються на розрахунку продуктів, паспортних даних прийнятого в проекті технологічного встаткування, нормативних витратах на окремі операції. Основним споживачем пари є варильний цех. Крім того, пара використовується в цеху розливу при мийці тари та пастеризації пива, у відділенні чистої культури та на пропарювання трубопроводів.

Режим роботи пивоварного заводу: варильний цех – 315 діб/рік, відділення бродіння – 333 діб/рік; відділення розливу – 233 діб/рік

Пивоварний завод має продуктивність П = 3,9 млн. дал пива на рік. Розлив 50 % пива здійснюється в скляну пляшку, 22 % – в кеги, 28 % – в ПЕ'Г-тару.

Маса солоду на одну варку $М_{сол}$ = 5000 кг.

У варильному цеху пар використається для готування затору, кип'ятіння сусла із хмелем, для підігріву промивних вод, пропарювання суслопроводів, для підігріву води, для заливання сит фільтраційного апарата та олужнення дробини.

4.4 Визначення загальної витрати пари та вибір котельної установки

Витрата пари на затирання залежить від способу затирання. Розраховується на режим затирання для масового сорту пива. Для Жигулівського пива прийнятий прогресивний спосіб затирання з кип'ятінням густої частини затору, по якому після розшаровування кип'ятінню піддається вся густа частина – 60 %.

Витрата тепла на підігрів затору, сусла або води визначається за

формулою, кДж:

$$Q_i = [M_i c_i (t_2 - t_1)]/0,95,$$

де M_i – маса, що гріється кг;

C_i – питома теплоємність, кДж/(кг·К);

t_2 , t_1 – кінцева та початкова температури середовища, що гріє, °С;

0,95 – ККД апарата.

Витрата пари на операцію, кг:

$$M_i = \frac{Q_i}{i_п - c_в \cdot 100},$$

де Q_i – витрата теплоти, кДж;

$i_п = 2716$ кДж/кг – ентальпія пари (Р = 0,25 МПа);

$C_в = 4,19$ кДж/(кг·К) – теплоємність води.

Годинна витрата пари, кг/год:

$$M_i^{год} = \frac{M_i \cdot 60}{\tau_i},$$

де τ_i – тривалість операції, хв.

Добова витрата пари, кг/добу:

$$M_{доб} = M_i \cdot z,$$

де z = 5,4 – оборотність варильного агрегату (кількість циклів роботи встаткування за зміну).

Річна витрата пари, кг/рік:

$$M_{рік} = M_{доб} \cdot \tau_{рік},$$

де $\tau_{рік}$ – кількість робочих діб за рік.

Питома витрата пари, кг/дал:

$$M_{пит} = M_i / \Sigma L,$$

де N – питома витрата продукту в апараті;

ΣL – загальна річна продуктивність заводу, дал.

Відповідно до прийнятого режиму вся маса затору нагрівається з 40 до 63 °С. Маса затору $M_{зат}$ складає

$$M_{зат} = M_{сол} + M_{сол} \cdot 4 = 5000 + 5000 \cdot 4 = 25000 \text{ кг},$$

де $M_{сол}$ – маса солоду, кг (вихідні дані).

При теплоємності зернопродуктів $C_{зп}$ = 1,7 кДж/(кг·К) і води $C_в$ = 4,19 кДж/(кг·К) питома теплоємність заторної маси:

$$C_{зм} = (M_{сол} C_{зп} + C_в M_{сол} \cdot 4) / (M_{сол} + M_{сол} \cdot 4) =$$

$$= (5000 \cdot 1{,}7 + 20000 \cdot 4{,}19) / (5000 + 20000) = 3{,}7 \text{ кДж/(кг·К)}.$$

Витрата тепла на підігрів затору до 63 °С:

$$Q_1 = [25000 \cdot 3{,}7\ (63 - 40)] / 0{,}95 = 2239{,}47 \cdot 10^3 \text{ кДж};$$

$$M_1 = \frac{2239{,}47 \cdot 10^3}{2716 - 4{,}19 \cdot 100} = 975 \text{ кг};$$

$$M_1^{год} = \frac{975 \cdot 60}{20} = 2925 \text{ кг/год},$$

де 20 хв – час подогріву затора;

$$M_{доб} = 975 \cdot 5{,}4 = 5265 \text{ кг/добу};$$

$$M_{рік} = 5265 \cdot 315 = 1658475 \text{ кг},$$

де $\tau_{рік}$ = 323– число днів роботи варильного цеху в році (табл. 3.1);

$$M_{пит} = 1658475 / 3900000 = 0{,}425 \text{ кг/дал},$$

де ΣL = 3900000 дал.

Витрата тепла на підігрів густої частини 60 % (0,6) до кипіння:

$$Q_2 = [25000 \cdot 0{,}6\ 3{,}7 \cdot (100 - 63)]/0{,}95 = 2161{,}58 \cdot 10^3 \text{ кДж};$$

$$M_2 = \frac{2161{,}58 \cdot 10^3}{2716 - 4{,}19 \cdot 100} = 941 \text{ кг};$$

$$M_2^{год} = \frac{941 \cdot 60}{30} = 1882 \text{ кг/год},$$

де 30 хв – час нагрівання до кипіння;

$$M_{доб} = 941 \cdot 5{,}4 = 5081{,}4 \text{ кг/доб};$$

$$M_{рік} = 5081 \cdot 318 = 1615758 \text{ кг};$$

$$M_{пит} = 1615758 / 3900000 = 0{,}414 \text{ кг/дал}.$$

Витрата тепла на кипятіння відварки протягом 30 хв з урахуванням випару 5 % (0,05) води за годину та питомої теплоємності пароутворення 2260 кДж/кг:

$$Q_3 = [15000 \cdot 0{,}05\ 2260 \cdot (30/60)]/0{,}95 = 892{,}1 \cdot 10^3 \text{ кДж},$$

де $M_{от} = M_{зат} \cdot 0{,}6 = 15000$ кг – маса відварки;

30 хв – час кипіння;

$$M_3 = \frac{892{,}1 \cdot 10^3}{2716 - 4{,}19 \cdot 100} = 388 \text{ кг};$$

$$M_3^{год} = \frac{388 \cdot 60}{30} = 776 \text{ кг/год};$$

$$M_{доб} = 776 \cdot 5{,}4 = 2095{,}2 \text{ кг/добу};$$

$$M_{рік} = 2095{,}2 \cdot 318 = 666273 \text{ кг};$$

$$M_{пит} = 666273 / 3900000 = 0,171 \text{ кг/дал.}$$

Маса відварки після кип'ятіння:

$$M_{от1} = M_{от} – M_{от}·0,05·30/60 = 15000 –15000·0,05·30 / 60 = 15000 = 14625 \text{ кг.}$$

Маса затору після повернення відварки:

$$M_{зат1} = M_{зат}·0,4 + M_{от1} = 25000·0,4 + 14625 = 24625 \text{ кг.}$$

Витрата тепла на підігрів затору з 70 до 78 °С:

$$Q_4 = M_{зат1}· C_{зм} (78 – 70) / 0,95 =$$

$$= [24625·3,7·(78–70)]/0,95 = 767,26·10^3 \text{ кДж,}$$

$$M_4 = \frac{767,26·10^3}{2716 – 4,19·100} = 334 \text{ кг;}$$

$$M_4^{год} = \frac{334·60}{8} = 2505 \text{ кг/год,}$$

де 8 хв – час підігріву затора з 70 до 78 °С;

$$M_{доб} = 334·5,4 = 1803,6 \text{ кг/добу;}$$

$$M_{рік} = 1803,6·318 = 573545 \text{ кг/рік;}$$

$$M_{пит} = 573545 / 3900000 = 0,149 \text{ кг/дал.}$$

4.2.2 Витрата пари на кип'ятіння сусла з хмелем

З одного варіння виходить гарячого сусла

$$V_{гс} = M_{сол}·1,13 / 1,85 = 5000·1,13 / 1,85·= 30540,5 \text{ дм}^3,$$

де 1,85 кг – кількість сировини на 1 дал пива;

1,13 – коефіцієнт, що враховує втрати.

У процесі кип'ятіння сусла із хмелем випаровується 15 % води. Тоді первісний обсяг сусла складе:

$$V_{гс1} = V_{гс} \cdot 100 / (100 - 15) = 30540,5 \cdot 100 / (100 - 15) = 35930 \text{ дм}^3.$$

При масовій частці сухих речовин сусла 9,5 % (густина $d = 1,038$ кг/дм^3) маса сусла в котлі:

$$M_{сус} = V_{гс1} \cdot d = 35930 \cdot 1,038 = 37295,3 \text{ кг}.$$

Витрата тепла на підігрів сусла з 65 до 100 °С при питомій теплоємності сусла $C_{сус} = 3,98$ кДж/(кг·К):

$$Q_5 = M_{сус} \cdot C_{сус} (100 - 65) / 0,95 =$$

$$= [37295,3 \cdot 3,98 \cdot (100 - 65)] / 0,95 = 5468,67 \cdot 10^3 \text{ кДж};$$

$$M_5 = \frac{5468,67 \cdot 10^3}{2716 - 4,19 \cdot 100} = 2380 \text{ кг};$$

$$M_5^{год} = \frac{2380 \cdot 60}{15} = 7967 \text{ кг/год},$$

де 15 хв – час підігріву сусла з 65 до 100 °С;

$M_{доб} = 2380 \cdot 5,4 = 12852$ кг/добу;

$$M_{рік} = 12852 \cdot 318 = 4086936 \text{ кг/рік};$$

$$M_{пит} = 4086936 / 3900000 = 1,05 \text{ кг/дал}.$$

Витрата тепла на кип'ятіння сусла:

$$Q_6 = M_{сус} \cdot 2260\ 0,15 / 0,95 =$$

$$= 37295,3 \cdot 2260 \cdot 0,15 / 0,95 = 13308,53 \cdot 10^3 \text{ кДж},$$

$$M_6 = \frac{13308,53 \cdot 10^3}{2716 - 4,19 \cdot 100} = 5794 \text{ кг};$$

$$M_6^{\text{год}} = \frac{5794 \cdot 60}{90} = 3863 \text{ кг/год},$$

де 90 хв – час кип'ятіння сусла;

$$M_{\text{доб}} = 5797 \cdot 5{,}4 = 31288 \text{ кг/добу};$$

$$M_{\text{рік}} = 31288 \cdot 318 = 9949584 \text{ кг/рік};$$

$$M_{\text{пит}} = 9949584 / 3900000 = 2{,}55 \text{ кг/дал}.$$

4.2.3 Витрата тепла на підігрів води

Витрата тепла на підігрів води на затирання:

$$Q_7 = M_{\text{сус}} \cdot C_{\text{в}} (42 - 12) = 5000 \cdot 4{,}19 (42 - 12) = 2514 \cdot 10^3 \text{ кДж};$$

$$M_7 = \frac{2514 \cdot 10^3}{2716 - 4{,}19 \cdot 100} = 1090 \text{ кг};$$

$$M_7^{\text{год}} = \frac{1090 \cdot 60}{15} = 4360 \text{ кг/год},$$

де 15 хв – час підігріву води з 12 до 42 °С;

$$M_{\text{доб}} = 1090 \cdot 5{,}4 = 5886 \text{ кг/добу};$$

$$M_{\text{рік}} = 5886 \cdot 318 = 1871748 \text{ кг/год};$$

$$M_{\text{пит}} = 1871748 / 3900000 = 0{,}48 \text{ кг/дал}.$$

Витрата тепла на підігрів води на вилуження дробини:

$$Q_8 = 4 \cdot M_{\text{сус}} \cdot C_{\text{в}} (80 - 12) = 4 \cdot 5000 \cdot 4{,}19 (80 - 12) = 5698{,}4 \cdot 10^3 \text{ кДж};$$

$$M_8 = \frac{5698{,}4 \cdot 10^3}{2716 - 4{,}19 \cdot 100} = 2481 \text{ кг};$$

$$M_8^{\text{год}} = \frac{2481 \cdot 60}{30} = 4962 \text{ кг/год},$$

де 30 хв – час підігріву води з 12 до 80 °С;

$$M_{\text{доб}} = 2481 \cdot 5{,}4 = 13397 \text{ кг/добу};$$

$$M_{\text{рік}} = 13397 \cdot 318 = 4260246 \text{ кг/рік};$$

$$M_{\text{пит}} = 4260246 / 3900000 = 1{,}09 \text{ кг/дал}.$$

Витрата тепла на підігрів води для заливання сит фільтр-чана при площі фільтрації $F_ф = 26{,}8$ м^2 і висоті підситового простору h = 0,012 м:

$$Q_9 = F_ф \, h \, \rho_в \cdot C_в \, (80 - 12) = 26{,}8 \cdot 0{,}012 \cdot 1000 \cdot 4{,}19 \cdot (80 - 12) = 91{,}63 \cdot 10^3 \text{ кДж};$$

$$M_9 = \frac{91{,}63 \cdot 10^3}{2716 - 4{,}19 \cdot 100} = 39{,}9 \text{ кг};$$

$$M_9^{\text{год}} = \frac{39{,}9 \cdot 60}{30} = 79{,}8 \text{ кг/год},$$

де 30 хв – час підігріву води з 12 до 80 °С;

$$M_{\text{доб}} = 39{,}96 \cdot 5{,}4 = 215{,}5 \text{ кг/добу};$$

$$M_{\text{рік}} = 215{,}5 \cdot 318 = 68529 \text{ кг/рік};$$

$$M_{\text{пит}} = 68529 / 3900000 = 0{,}017 \text{ кг/дал}.$$

Витрата тепла на підігрів промивних вод. Відповідно до норм технологічного проектування на кожне варіння для підігріву промивних вод витрачається $M_{\text{п. пр}} = 55$ кг пари на 1 т зернопродуктів.

Витрата пари на варіння:

$$M_{10} = 55{,}5 \cdot 5 = 275 \text{ кг};$$

$$M_{10}^{\text{год}} = \frac{275 \cdot 60}{60} = 276 \text{ кг/год},$$

де 60 хв – час підігріву води;

$$M_{\text{доб}} = 275 \cdot 5{,}4 = 1485 \text{ кг/добу};$$

$$M_{\text{рік}} = 1485 \cdot 318 = 472230 \text{ кг/рік};$$

$$M_{\text{пит}} = 472230 / 3900000 = 0{,}12 \text{ кг/дал}.$$

4.2.4 Витрата пари в бродильному відділенні

Витрата пари в бродильному відділенні за нормами проектування становить 175 кг/год на 1 т зернопродуктів. При тривалості стерилізації 60 хвилин витрата пари за добу складе 175 кг.

Річна витрата пари при 6 циклах розведення чистої культури дріжджів:

$$M_{\text{рік}} = 175 \cdot 6 = 1050 \text{ кг/год};$$

$$M_{\text{пит}} = 1050 / 3900000 = 0{,}00027 \text{ кг/дал}.$$

4.2.5 Витрата пари в цеху розливу

Споживачами пари в цеху розливу є лінії розливу пива в склопляшку, установки розливу пива в кети, пастеризатори. Витрата пари приймається за паспортним даними встаткування.

Для прийнятої лінії розливу продуктивністю 4000 пляшок / рік витрата пари становить 900 кг/год. Для установки очищення / наповнення кег умовно приймаємо витрату пари 300 кг/год. Витрата пари для пастеризатора АПП-6 становить 144 кг/год.

Добова витрата пари $M_{\text{доб}}$ при роботі цеху розлива в дві зміни по 8 годин і коефіцієнті використання встаткування 0,7 складе:

- для мийки пляшок $900 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 0{,}7 = 10080$ кг/добу;

- для обробки кег $300 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 0{,}7 = 3360$ кг/добу;

- для пастеризації 144·8·2·0,7 = 1 6 1 3 кг/добу.

Річна витрата пари $М_{річ}$:

- для мийки пляшок 10080·233 = 2348640 кг/рік;

- для обробки кег 3360·233 = 782880 кг/рік;

- для пастеризації 1613·233 = 375829 кг/рік,

де 233 – кількість днів роботи відділення розливу (вихідні данні).

Питома витрата пари $М_{пит}$:

- для мийки пляшок 2348640 / 1950000 = 1,2 кг/дал;

- для обробки кег 782880 / 858000 = 0,912 кг/дал;

- для пастеризації (в потоці) 375829 / 1092000 = 0,344 кг/дал,

де 1950000 = П·50 /100 (50 % – доля пива, що розливається в склопляшку;

858000 = П·22 /100 (22 % – доля пива, що розливається в кеги);

1092000 = П·28 /100 (28 % – доля пива, що розливається в ПЕТ-тару). Долі наведені в вихідних даних.

На пивоварному заводі пара витрачається також на пропарювання трубопроводів, на підігрів води після теплообмінника, на пропарювання, при необхідності, ємнісного встаткування. Витрата пари на інші потреби приймається в кількості 5000 кг за добу. Для заводу продуктивністю 3,9 тис. дал річна витрату на інші потреби складе

$$М_{рік} = 5000 \cdot 318 = 1590000 \text{ кг/рік};$$

$$М_{пит} = 1590000 / 3900000 = 0,408 \text{ кг/дал}.$$

Дані за розрахунками пари зводимо в таблицю 4.1. Таким чином, годинна витрата пари на підприємстві становить 30669,9 кг/год. Для забезпечення отриманої витрати пари запропоновано використання трьох жаротрубних котлів фірми LOOS International UL-S-IE-16000 паровидатністю 16 т/год кожний (один – резервний). Встановлена максимальна продуктивність складає 32 т/год, тиск пари – 0,8 МПа. Основне паливо – природний газ.

Таблиця 4.1 – Загальна витрата пари в пивному виробництві

Параметри	Тиск пари, МПа	Тривалість операції,хв.	Витрата пари				Питома витрата пари,кг/дал
			кг	кг/год	кг/добу	кг/рік	
Підігрів затору до 63 °С	0,25	20	975	2925	5265,0	$1658{,}475 \cdot 10^3$	0,425
Підігрів густої части до кипіння	0,25	30	941	1882	5081,4	$1615{,}758 \cdot 10^3$	0,414
Кип'ятіння відварки	0,25	30	388	776	2095,5	$666{,}273 \cdot 10^3$	0,171
Підігрів затору до 78 °С	0,25	8	334	2505	1803,6	$573{,}545 \cdot 10^3$	0,149
Підігрів сусла до кипіння	0,25	15	2380	7967	12852	$4086{,}936 \cdot 10^3$	1,05
Кип'ятіння сусла	0,25	90	5794	3863	31288	$9949{,}584 \cdot 10^3$	2,55
Підігрів води на затирання	0,25	15	1090	4360	5886	$1871{,}748 \cdot 10^3$	0,48
Підігрів води на вилуження дробини	0,25	30	2481	4962	13397	$4260{,}246 \cdot 10^3$	1,09
Підігрів води на заливання сит фільтра	0,25	30	39,9	79,9	215,5	$68{,}529 \cdot 10^3$	0,017
Підігрів промивних вод	0,25	60	275	275	1485	$472{,}230 \cdot 10^3$	0,12
У бродильному відділенні	0,25	60	175	175	175	1050	0,00027
Мийка пляшок	0,25	-	-	900	10080	$2348{,}640 \cdot 10^3$	1,2
Мийка кег	0,25	-	-	300	3360	$782{,}880 \cdot 10^3$	0,912
Пастеризація пива	0,25	-	-	144	1613	$375{,}829 \cdot 10^3$	0,344
Інші потреби	0,25	-	-	-	5000	$1590{,}0 \cdot 10^3$	0,408
УСЬОГО:	-	-	-	30669,9	99596,7	$31684 \cdot 10^3$	9,33

Техніко-економічна ефективність застосування біопалива

Максимальна витрата природного газу на один котел становить 1126 м³/год. ККД котлів складає 94 %. Загальний вид котлів представлено на рис. 4.1

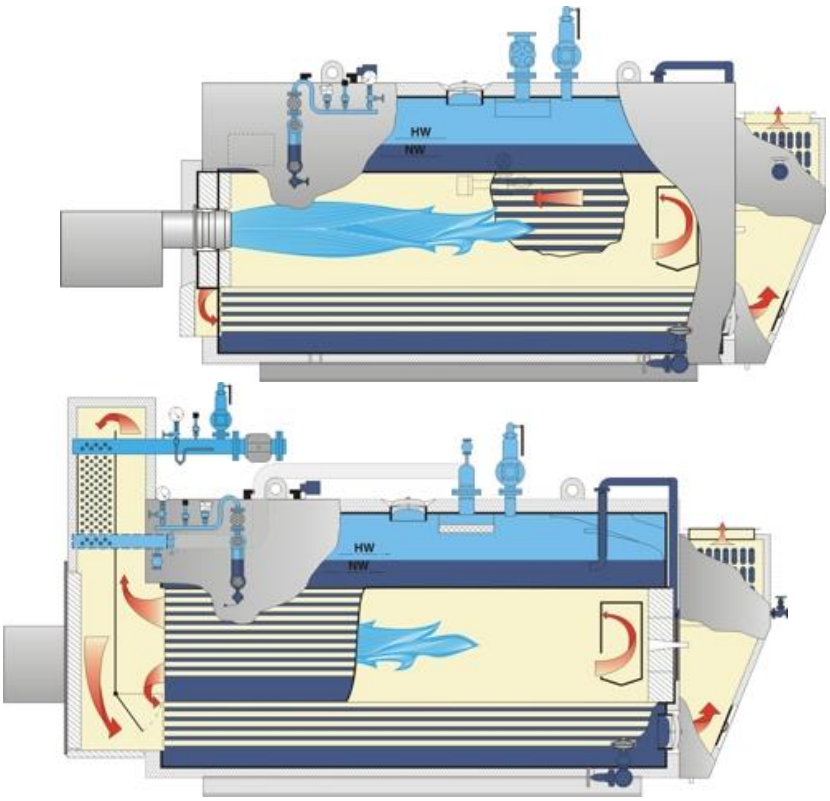


Рисунок 4.1 – Загальний вид котлів UL-S-IE-16000

Жарова труба (перша тяга) і два пучки димогарних труб (друга й третя тяги) вбудовані в ємність під тиском разом із задньою поворотною камерою, що промивається водою. Завдяки бічному розташуванню жарової труби, а також повороту димових газів у горизонтальному напрямку позаду й у вертикальному напрямку попереду більша променистa й конвекційна поверхня нагрівання з великою паровою камерою сполучається з мінімальними зовнішніми розмірами. Днище стабільно закріплене завдяки великій жаровій трубі, що проходить наскрізь, а за рахунок використання кутових анкерів для розподілу навантаження воно надійно з'єднане з

обшиванням котла.

4.5 Інтеграція біопаливної установки в котельну пивзаводу

Дробина – відходи пивного виробництва, що є сировиною для виробництва біогазу. При переробці в біогаз використовується двостадійна технологія зброджування. Розділення процесу кислотоутворення та метаноутворення в окремих резервуарах дозволяє домогтися стабільного процесу без додавання якої-небудь іншої органіки.

В основному на технологічні потреби завод споживає природний газ. Якщо на підприємстві для спалювання газу використовуються регульовані пальники, то на цих пальниках можна спалювати біогаз без додаткового доочищення. Якщо ж пальники нерегульовані, біогазову установку необхідно укомплектувати системою додаткового очищення біогазу від CO_2.

Для того щоб зробити вибір біогазової станції потрібно визначити вологість дробини та її кількість.

Якщо вологість визначити важко, то можна скористатися статистичними даними:

- вміст вологи в пивній дробині становить 75-80 %.

- при виробництві 650...800 дал пива (залежно від технології) утвориться 1 т дробини.

Для забезпечення процесу спалювання біогазу передбачається модернізація існуючої котельної, яка полягає у встановленні пальникового пристрою типу GT-18S фірми Oilon (Фінляндія) для одночасного комбінованого спалювання природного та біогазу на одному з котлів і будівництві газопроводу біогазу. Один котел працює тільки на природному

газі, другий – працюватиме на суміші природного газу та біогазу, один – резервний.

Схема подачі газової суміші палив показана на рис. 4.2.

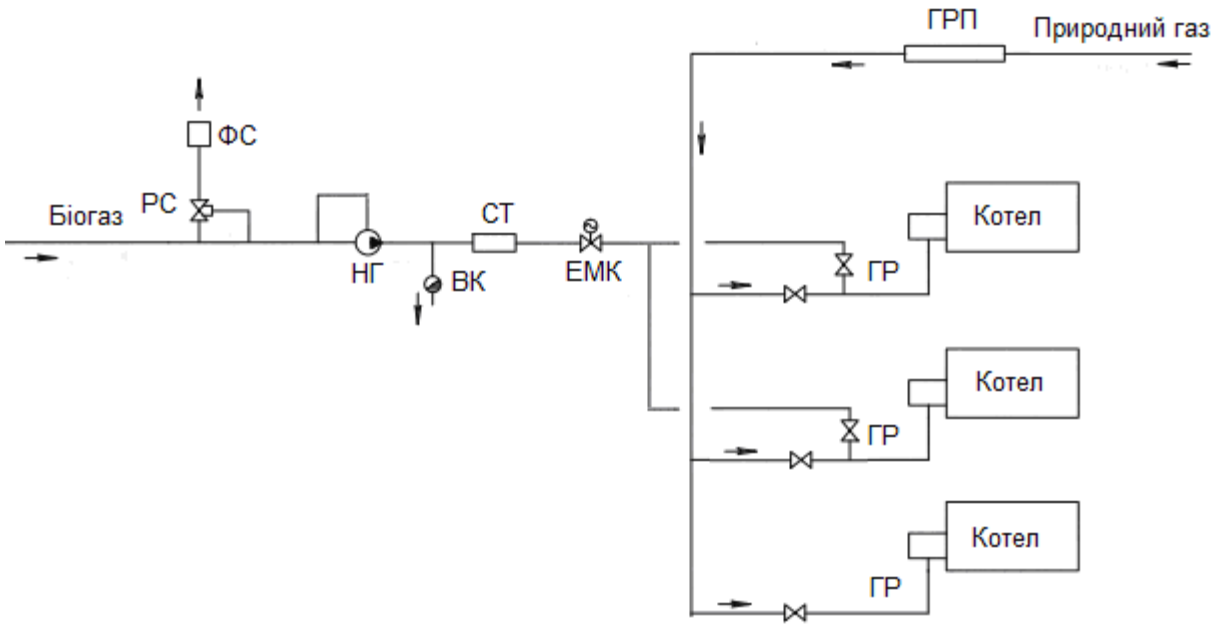


Рисунок 4.2 – Принципова схема підключення біогазової установки: ФК – факельна система; РС – регулятор скидання біогазу; ВК – пристрій для відведення конденсату; НГ – нагнітач газу; СТ – стабілізатор тиску; ГР – газова рампа пальника; ЕМК – електромагнітний клапан

Природний газ надходить в котельню з зовнішнього газопроводу під тиском 0,6 МПа. У газорегуляторному пристрої (ГРП) тиск газу редукується до 0,01-0,02 МПа. При зміні споживання ГРП відповідно змінює подачу природного газу, підтримуючи заданий тиск на виході.

Біогаз із очисних споруджень під тиском порядку 30 мбар подається в газову рампу пальника одного котла за допомогою нагнітача – компресора, здатного забезпечувати тиск до 220 мбар. Тиск біогазу завжди трохи вище

тиску природного газу після ГРП, що забезпечує пріоритет біогазу при спалюванні щодо природного газу. Це реалізується настроюванням стабілізатора тиску.

Тиск газу на вході в нагнітач залежить від інтенсивності утворення біогазу на очисних спорудженнях та може змінюватися. Потужність нагнітача встановлюється частотним регулятором так, щоб підтримувати на вході в нагнітач постійний тиск біогазу. При цьому на пальниковий пристрій також іде мінімальна витрата біогазу. При зниженні виходу біогазу його тиск на вході в нагнітач буде падати, і частотний регулятор відповідно знизить подачу біогазу. Якщо падіння тиску біогазу досягне мінімально припустимого значення на вході в нагнітач, останній відключається, і біогаз регулятором скидається на пальникову систему ФС. При збільшенні виходу біогазу його тиск підвищується, частотний регулятор включає нагнітач і збільшує подачу біогаза, регулятор скидання закривається, і практично весь біогаз надходить у пальник. Відповідно, регулятор тиску природного газу в ГРП зменшує подачу природного газу. Пальник, на який надходить біогаз, спеціально обладнаний системою подачі дуттьового повітря по оптимальному вмісті кисню в продуктах згоряння, що забезпечує ефективне спалювання суміші газів.

Біогаз характеризується високою вологістю. Тому зовнішній трубопровід покритий теплоізоляцією, а на вході в приміщення котельної встановлений пристрій для відведення конденсату. За умов безпеки при використанні бігаза передбачена додаткова система захисту. Електромагнітний клапан ЕМК блокує подачу біогазу при всіх аварійних ситуаціях, коли відключається надходження природного газу в котел.

Крім того, забезпечений додатковий захист шляхом закриття ЕМК при відключенні електроенергії в схемі біогазу, а також по сигналу датчика загазованості по сірководню, розміщеного в зоні обслуговування котлів.

Така система дозволяє:

- виключити необхідність в очищенні біогазу від сірководню;

- спалювати в котлі практично весь біогаз;

- практично усунути різкі перемикання газу, що забезпечує надійну роботу котла;

- виключити необхідність у накопичувальних ємностях для біогазу.

4.6 Техніко-економічна ефективність застосування біопалива

Приймемо, що 1 т дробини виходить при виробництві 650 дал пива. Тоді при загальній потужності заводу П = 3900000 дал /рік, кількість дробини складе

$$М_{др} = 3900000 / 650 = 6000 \text{ т/рік.}$$

З 1 тони дробини можливо отримати 110 $м^3$ біогазу (вміст метану CH_4 = 55 %). Тоді річний об'єм біогазу складе

$$V_{бг} = 6000 \cdot 110 = 660000 \text{ } м^3/рік.$$

Середньодобовий вихід біогазу складе

$$V_{бг\ сут} = 660000 / 318 = 2075 \text{ } м^3/добу,$$

де 318 – кількість днів роботи пивзаводу за рік.

Добова витрата пари згідно проведених розрахунків складає 99596,7 $м^3$/добу. Тоді добова витрата природного газу дорівнює

$$B_{\text{прг}} = \frac{D_n\left(i_n - i_{жв}\right)}{Q_p^c \eta_{\text{ПГ}}} = \frac{9959{,}7 \cdot \left(2769 - 419\right)}{35500 \cdot 0{,}94} = 7010{,}8 \text{ м}^3\text{/добу},$$

де D_n – розрахункова добова кількість пари;

$i_{\text{п}}$ – ентальпія насиченої пари при тиску 0,8 МПа;

$i_{\text{жв}}$ – ентальпія живильної води на вході в агрегат.

При середньому виході біогазу 2075 м^3/добу він заміщує

$$\Delta B_{\text{доб}} = V_{\text{бг сут}}\ Q^{\text{с}}_{\text{н пр}} / \ Q^{\text{с}}_{\text{н бг}} = 2075\ 19500 / 35500 = 1140 \text{ м}^3\text{/добу}$$

природного газу,

де 19500 і 35500 кДж/м^3 – теплота згоряння біогазу й природного газу відповідно.

Необхідна кількість природного газу з урахуванням добавки біогазу складає

$$B_{\text{прг1}} = B_{\text{прг}} - \Delta B_{\text{доб}} = 7010{,}8 - 1140 = 5870{,}8 \text{ м}^3\text{/добу}.$$

Таким чином, річна економія природного газу складе

$$\Delta B_{\text{рік}} = \Delta B_{\text{доб}} \cdot \tau = 1140 \cdot 318 = 362520 \text{ м}^3\text{/рік}.$$

Річна економія умовного палива

$$\Delta B_{\text{рік ут}} = \Delta B_{\text{рік}} \cdot Q^{\text{с}}_{\text{н пр}} \ / \ Q^{\text{с}}_{\text{н }ут} = 362{,}520 \cdot 35500 / 29330 = 438{,}78 \text{ т.у.п. /рік},$$

де 29330 кДж/кг – теплота згоряння умовного палива.

ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано існуючі технології виробництва біогазового палива. Розглянуто конструкції та особливості експлуатації біогазових установк.

2. Розглянуто основні етапи та особливості протікання технологічного процесу виробництва пива. З метою визначення необхідної потужності котельної проведено розрахунок витрати технологічної пари на підприємстві продуктивністю 3900000 дал/рік. Загальна добова витрата пари складає 9596,7 кг/добу, річна витрата пари на всіх етапах виробництва пива – 31684 т/рік, питома витрата 9,33 кг/дал пива.

3. На основі проведених розрахунків для котельної обрано три парових котли типу UL-S-IE-16000 видатністю 16 т/год кожний (один – резервний). Паливо – природний газ.

4. Для зменшення витрати природного газу пропонується використання біогазу, який отримується з пивної дробини. Розрахунки довели, що можливий річний обсяг біогазу дорівнює 660000 $м^3$/рік, середньодобовий вихід газу складає 2075 $м^3$/добу, що заміщує 1140 $м^3$/добу природного газу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1 Фараджева Е.Д., Федоров В.А. Общая технология бродильных производств. – М.: Колосс, 2002. – 142 с.

2 Тихомиров В.Г. Технология пивоваренного и безалкогольного производств. – М.: Колос, 1998. – 448 с.

3 Ковалевский К.А. Технология бродильных производств. – Киев: ИНКОС, 2004. – 340 с

4 Попов В.И., Кретов И.Т., Стабников В.Н. Технологическое оборудование предприятий бродильной промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1974. – 279 с.

5 Харламов С.В. Практикум по расчёту и конструкциям и аппаратов пищевых производств. – Ленинград ВО «Агропромиздат». – 1991. – 256 с.

6 Стабников В.Н., Баранцев В.И. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 328 с.

7. Ермолаева Г.А., Колчева Р.А. Технология и оборудование производства пива и безалкогольных напитков. – М.: ИРПО; Изд. центр «Академия», 2000. – 416 с

8. Волков М.А., Волков В.А. Эксплуатация газифицированных котельных. – М.: Стройиздат, 1990. – 256 с.

9. Використання біогазу як моторного палива / С. І. Шиманський [та ін.] // Автошляховик України. - 2013. - № 6. - С. 13-15.

10. Гавриш В. І. Визначення економічно доцільного напряму використання біогазу // Економіка АПК. - 2014. - № 3. - С. 24-29.

11. Гавриш В. І. Економічна ефективність біоконверсії рослинної сировини в біогаз / В. І. Гавриш, В. І. Перебийніс // Наукові праці Національного

університету харчових технологій. - 2014. - № 6. - С. 68-75.

12. Гавриш В. І. Методологічні аспекти визначення напряму використання біогазу // Агросвіт. - 2011. - № 19. - С. 50-52.

13. Гелетуха Г. Перспективы производства и использования биометана в Украине / Г. Гелетуха, П. Кучерук, Ю. Матвеев // Экология предприятия. - 2015. - № 5. - С. 24-31 ; № 6. - С. 24-34 ; № 7. - С. 52-61 ; № 8. - С. 30-42 ; № 9. - С. 44-57.

14. Голуб Г. Досвід використання біогазових установок у Польщі / Г. Голуб, С. Осауленко // Техніка і технології АПК. - 2014. - № 11. - С. 12-15.
15. Голуб Г. А. Досвід виробництва і використання біогазу в Польщі / Г. А. Голуб, С. В. Лук'янець // Економіка АПК. - 2011. - № 11. - С. 157-160.
16. Голуб Г. Особливості конструкції модульної біогазової установки з обертовим реактором / Г. Голуб, С. Кухарець, Б. Рубан // Техніка і технології АПК. - 2014. - № 9. - С. 10-14.
17. Дидиченко О. Я. Джерело енергії – біогаз : [біогенераторні установки] // Дім, сад, город. - 2011. - № 11. - С. 19.

18. Жук Г. В. Досвід утилізації звалищного газу в енергетичних установках в Україні // Екологічний вісник. - 2015. - № 2. - С. 25-26.

19. Зинченко М. Г. Совершенствование технологии и оборудования для производства биогаза из органических отходов / М. Г. Зинченко, В. П. Шапорев, О. А. Тында // Экология и промышленность. - 2011. - № 1. - С. 90.
20. Кернасюк Ю. Біогазова альтернатива розвитку АПК України // Агробізнес сьогодні. - 2013. - Верес. (№ 18). - С. 50-53.
21. Лаврухина О. С. Биогазовые установки. Применение. Классификация // Экология плюс. - 2012. - № 6. - С. 7-9.

22. Матвеев Ю. Биогаз и биометан в Украине // Агро перспектива. - 2015. - № 4. - С. 34-39.

23. Нован В. Біогаз – відновлюване паливо // Дім, сад, город. - 2012. - № 5. - С. 26-27.

24. Носенко Ю. Біогаз – реальна альтернатива природному газу? // Агробізнес сьогодні. - 2015. - Лип. (№ 14). - С. 74-77.

25. Особенности использования биогаза, получаемого на очистных сооружениях, в качестве биотоплива для котлов / И. Я. Сигал [и др.] // Экология и промышленность. - 2014. - № 2. - С. 17-21.

26. Павленко С. Закордонні технології анаеробного переробляння органічних відходів : [для виробництва біогазу] / С. Павленко, О. Ляшенко, Ю. Філоненко // Техніка і технології АПК. - 2014. - № 9. - С. 22-23 ; № 10. - С. 28-34.