

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(Национальный исследовательский университет)
Политехнический институт.
Кафедра «Электрические станции, сети и системы электроснабжения»

ПРОВЕРЕНО

Рецензент

_____ А.А. Петелин

(подпись, место для печати)

« ___ » _____ 2020 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующая кафедрой

_____ И.М. Кирпичникова

(подпись)

« ___ » _____ 2020 г.

Разработка системы газоснабжения сельскохозяйственного предприятия с
использованием биогаза

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ ВКР

Руководитель

к.т.н., доцент

_____ О.С.Пташкина-Гирина

« ___ » _____ 2020г.

Автор

Студент группы П-288

_____ В.А.Заварухин

« ___ » _____ 2020 г.

Челябинск 2020

АННОТАЦИЯ

Заварухин В.А. Разработка системы газоснабжения сельскохозяйственного предприятия с использованием биогаза. - Челябинск, ЮУрГУ, Э; 2020, 77 с, 19 ил., 9 табл., библиогр. список - 60 наим., 14 прил.

Объектом исследования являются биоресурсы Челябинской области. Предмет исследования – возможность утилизации отходов птицефабрики в условиях исследуемого региона.

Целью выпускной квалификационной работы является демонстрация возможности утилизации отходов конкретного животноводческого предприятия и получения энергетических ресурсов и удобрений для дальнейшего использования.

Для выполнения этой цели были выполнены следующие задачи:

1. Оценка актуальности вопроса.
2. Оценка потенциальных энергоресурсов отходов птицефабрики.
3. Разработка схемы утилизации отходов птицеводства с целью получения биогаза.
4. Разработка схемы получения тепловой и электроэнергии.
5. Техничко-экономическая оценка предлагаемого мероприятия

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ							
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата								
Разраб.		Заварухин			Разработка системы газоснабжения сельскохозяйственного предприятия с использованием биогаза			Лит.	Лист	Листов		
Провер.		Пташкина-Гирина						В	К	Р	5	77
Н. Контр.		Пташкина-Гирина						ФГАОУ ВО ЮУрГУ(НИУ) Кафедра «ЭССиСЭ»				
Утверд.		Кирпичникова										

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	7
1 Актуальность темы	9
1.1 Состояние птицеводства и животноводства в России	9
1.2 Способы переработки отходов животноводства и птицеводства	11
1.3 Выводы по главе.....	17
2 История развития биогазовых технологий.....	18
2.1 Развитие биогаза в мире	18
2.2 Развитие биогаза в России.....	21
2.3 Выводы по разделу.....	25
3 Энергетические ресурсы для производства биогаза	26
3.1 Биоресурсы в России	26
3.2 Биоресурсы в Челябинской области	30
3.3 Выводы по разделу.....	32
4 Разработка системы газоснабжения с использованием биогаза	33
4.1 Характеристика агрохолдинга ООО «Чебаркульская птица»	33
4.2 Расчет биогазовой установки для ООО «Чебаркульская птица».....	35
4.3 Очистка биогаза.....	41
4.4 Разработка системы газоснабжения	46
4.5 Выбор когенерационной установки	48
4.6 Расчет электропривода для перемешивания биомассы	53
4.6 Использование кавитационного поля для обеззараживания шлама.....	57
4.6 Выводы по главе.....	63
5 Экономический раздел	64
Заключение	69
Список литературы	71

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

Введение

Проблема утилизации отходов сельского хозяйства стоит довольно остро. Утилизация отходов животноводства и птицеводства без предварительной переработки может привести к таким проблемам как:

- заражение почвы вредоносными микроорганизмами;
- загрязнение грунтовых вод;
- окисление почв;
- отчуждение сельскохозяйственных земель;
- увеличение выбросов парниковых газов.

Если во многих странах активно внедряют технологии по переработке отходов, то в России к таким темпам отсутствует мотивация со стороны государства. В настоящее время, в России биологическая масса преимущественно рассматривается в роли убытков. Ежегодно отходы АПК наносят ущерб в 450 млрд. руб.

Наиболее известным методом утилизации сельскохозяйственных отходов является анаэробное (без доступа кислорода) сбраживание биомассы в метантанках.

Технология производства метана и высококачественного удобрения, при переработке органических отходов сельского хозяйства не нова. В многих странах производство биогаза с целью утилизации муниципальных и промышленных сточных вод и переработки сельскохозяйственных и твердых бытовых отходов выполняется с целью производства тепловой и электрической энергии и высокоэффективного органического удобрения.[1]

Низкий рост биогазовых установок обуславливается наличием большого количества природного газа и отсутствия «зеленого» тарифа на возобновляемые источники энергии.

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

Лидером по развитию биогазовых установок является Белгородская область с биогазовыми станциями «Байцуры» и «Лучки» мощностью 1 и 2,4 МВт соответственно.

Целью исследования работы является разработка системы газоснабжения с использованием биогаза на примере птицефабрики Челябинской области.

Объектом исследования являются биологические отходы птицефабрики.

Предмет исследования – возможность утилизации отходов птицефабрики в условиях Челябинской области.

Задачи исследования:

Актуальность вопроса

Ознакомление с историей развития технологии производства биогаза.

Оценка биоресурсов птицефабрики.

Разработка схемы газоснабжения предприятия.

Разработка тепло- и электроснабжения предприятия.

Технико-экономический расчет разработки.

В качестве методов исследования использовались обобщение теоретических знаний российских и зарубежных исследователей, методы инвестиционного анализа.

Информационной основой данной работы послужили статистические материалы, учебные пособия, материалы периодических изданий, источники интернет ресурсов по теме исследования.

Практическая значимость исследования заключается в том, что содержащиеся в исследовании предложения могут быть использованы в ходе практической работы птицефабрики.

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

1 Актуальность темы

1.1 Состояние птицеводства и животноводства в России

Согласно данным Росстата, Россия с каждым годом пытается повысить уровень самообеспечения основными продуктами питания (таблица 1.1, рисунок 1.1). Этому добиваются не только с целью обеспечения жителей страны продуктами, но и возможностью экспорта в другие страны. Так в 2017-2018 годах Россия лидировала по экспорту пшеницы среди других стран.

Таблица 1.1 – Уровень самообеспечения основными продуктами питания в процентах[3]

Вид продукта	Год					
	2000	2014	2015	2016	2017	2018
Зерно	102,5	153,8	149,1	160,0	170,6	147,2
Мясо	67,0	82,8	88,7	90,6	93,5	95,7
Молоко	88,3	78,1	79,9	80,7	82,3	83,9
Яйца	97,5	97,6	98,2	98,6	98,9	98,8
Картофель	99,6	98,0	102,1	93,2	91,1	95,3
Овощи и продовольственные бахчевые культуры	85,6	84,1	86,8	87,4	87,6	87,2
Фрукты и ягоды	55,7	32,5	32,5	36,5	33,1	38,8

За последние 20 лет Россия практически полностью смогла обеспечить население мясной продукцией собственного производства.

В сравнении с производством сельхоз продукции, утилизация отходов АПК стоит на последних местах. В настоящее время на территории России практически не существует ферм, на которых для переработки отходов используются очистные сооружения. Для переработки навоза, в основном, используют лагуны, в которых навоз выдерживается некоторое время. После заполнения лагуны ее содержимое выносится на поля без какой-либо переработки. Например, в Европе около 10 лет

действует закон о запрете вывоза на поля не переработанных органических отходов. Также на западе, из-за опасности проникновения агрессивных компонентов навоза в грунт запрещено заглубленное хранение отходов, которое в России используется часто.

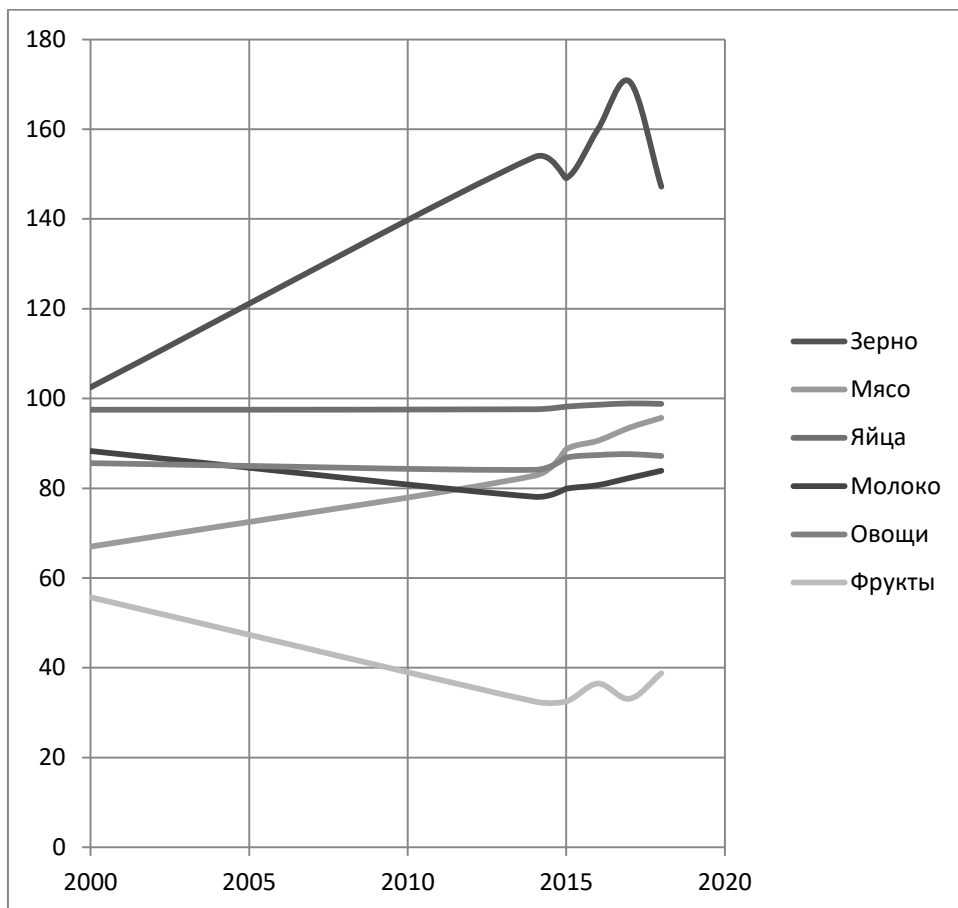


Рисунок 1.1 – Уровень самообеспечения основными продуктами питания в процентах[3]

В настоящее время в России действуют Нормы Технологического Проектирования (НТП 17-99). По словам экспертов, в большинстве случаев аграрии их соблюдают, однако сами нормы уже давно устарели. Существующие правила не предполагают использования новых технологий, поэтому при проектировании приходится пользоваться европейскими и американскими стандартами.

Таблица 1.2 – поголовье животных и птиц в хозяйствах всех категорий[3]

Вид продукта	Год					
	2000	2014	2015	2016	2017	2018
Свиньи	15824	19452	21406	21925	23076	23727
Овцы и козы	14962	24445	24606	24717	24389	23129
Крупный рогатый скот	27520	18920	18621	18346	18294	18152
Поголовье взрослой птицы в с/х организациях, млн голов	95	125	129	133	140	136
Поголовье птицы в хозяйствах всех категорий, млн голов	341	524	544	550	556	541

1.2 Способы переработки отходов животноводства и птицеводства

В естественных условиях экскременты распадаются на ил или гумус, а также сопутствующие вещества, такие как:

1. воду;
2. углекислый газ;
3. азот в чистом виде или в форме различных соединений;
4. метан;
5. аммиак.

Распад в условиях избытка влаги ведет к увеличению доли метана и превращению органики в ил. Если же в процессе перегнивания или перед ним в навоз попадают грунт и фрагменты растений, то появляется перегной (гумус), то есть почва, максимально наполненная питательными веществами и обладающая оптимальной структурой.

Выделяющиеся в процессе распада газы попадают в атмосферу без какой-либо пользы. Кроме того, качества полученного естественным путем перегноя или ила заметно уступают перегною, полученному с помощью обработки экскрементов бифидобактериями и при соблюдении теплового режима.

Если навоз или помет сложен в бурты, то в нем одновременно протекает несколько процессов, которые превращают его в довольно опасное вещество. Часть воды под действием гравитации уходит в почву под буртом, при этом вместе с ней туда же попадают личинки гельминтов и взрослые черви, а также возбудители различных болезней, которые в небольших количествах всегда присутствуют в фекалиях живых существ.

Одновременно с этим происходит медленное испарение воды, а вместе с ней теряется и небольшое количество азота.

В глубине бурта бифидобактерии, постепенно поедающие навоз, поднимают температуру, нагревая материал до уровня 40–60 градусов, при котором их активность становится максимальной.

Вместе с бифидобактериями в этом процессе участвуют различные грибы и другие микроорганизмы, которые преобразуют навоз или помет в сложное вещество, которое со временем превратится в гумус.

Если же уровень влажности упадет ниже критического значения, то процесс замедлится или полностью остановится, однако после его восстановления пойдет дальше.

В мировой практике известны следующие технологии переработки навоза и птичьего помета:

1. компостирование,
2. вермикомпостирование,
3. пеллетирование,
4. анаэробное сбраживание.

Компостирование – экзотермический процесс биологического окисления биомассы. При протекании этого процесса органический субстрат подвергается аэробному разложению. В процессе компостирования сохраняются биогенные элементы, такие как азот, фосфор и калий, в максимальной степени. Большая часть патогенных микроорганизмов, яиц и личинок гельминтов, а также семян сорняков при анаэробном разложении уничтожаются. Данный процесс происходит активно в

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

термофильных условиях (при температуре выше 50 °С), а также при мобилизации и сохранении подвижных форм питательных веществ в мезофильных условиях (при температурах от +33 до +35 °С).

Таким образом, процесс компостирования проводится сначала в термофильном, а затем в мезофильном режимах. Прогревание смеси до однородной температуры +55 °С происходит около четырех дней. Из-за неоднородности температуры в плече в реальных условиях период дегельминтизации увеличивается до одного месяца при положительной температуре наружного воздуха. В это время заканчивается мобилизация доступных питательных веществ в компосте.

Если процесс будет происходить только в мезофильном режиме, то гельминты погибнут только через четыре месяца, а семена сорняков в большинстве случаев прорастают. Прорастание сорняков прекращается при следующих значениях температуры:

1. при + 40 °С – через четыре недели;
2. при + 43 °С – через 3 недели;
3. при + 50 °С – через два дня[54].

Продуктом процесса компостирования является высококачественное удобрение. Оно содержит наиболее стабильные, частично гумифицированные органические соединения, определенное количество низкомолекулярных продуктов распада, биомассу мертвых и ослабленных микроорганизмов, определенное количество живых микро- и макроорганизмов.

На процесс компостирования влияют следующие параметры:

1. влажность;
2. кислотность;
3. отношение углерода к азоту;
4. дисперсность частиц;
5. равномерность смешивания;
6. температура;

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

7. аэрация;

8. добавки.

Недостатками компостирования является: запах во время производства; потери азота, аммиака и других питательных веществ вследствие выщелачивания и гидролиза; медленное высвобождение доступных питательных веществ; достаточно большая занимаемая территория; дорогостоящее погрузочно-выгрузочное оборудование; длительное время обработки; необходимость в здании для контроля запахов, влаги и наблюдения за компостом.

Вермикомпостирование – один из наиболее перспективных способов компостирования сельскохозяйственных отходов для утилизации, основанный на применении дождевых червей. Компостирование отходов животноводства червями одновременно решает три важные проблемы современной цивилизации: получение ценных удобрений, использование отходов животноводства и защита окружающей среды в районах крупных животноводческих комплексов[27].

Дождевые черви выполняют важную функцию в биоциркуляции питательных веществ в почве. Во время этого процесса почвенные микроорганизмы и растения фиксируют химические элементы почвы в своих клетках, а при помощи дождевых червей и других беспозвоночных удаляются эти элементы из органического вещества растений и микробной биомассы в почве, обогащая ее азотом, фосфором и калием.

В России вермикультура имеет широкий спрос. Данная технология активно развивается в Брянской, Владимирской, Самарской областях, в Республике Татарстан[27].

Пеллетирование (гранулирование) - это превращение свежего навоза в гранулы или брикеты. Гранулы можно использовать в качестве биотоплива или в качестве органического удобрения. Дезинфицируется из-за высокой температуры прессования. Этот метод считается более правильным методом переработки отходов птицеводства и производства из них концентрированных удобрений.

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

При гранулировании возникают трудности, например, если содержание влаги велико, то навоз сушится в специальных сушильных аэродинамических машинах, и это является дополнительной стоимостью оборудования.

Существенным недостатком является то, что гранулирование является энергоемким процессом, для его реализации требуется оборудование, стоимость которого достаточно велика, а полезные свойства навоза после гранулирования значительно снижаются[27].

Менее энергоемкий метод переработки отходов птицеводства разработал М.В. Запевалов, сотрудник Южно-Уральского государственного аграрного университета. Он предложил обезвоживать птичий помет, так как влажность отходов на выходе из птичника составляет примерно 75% и такой мусор представляет собой липкую массу, которая задерживается на рабочих органах машин, что приводит к нарушению технологического процесса и невозможности использования данной массы в качестве удобрения.

Способ анаэробного сбраживания переработки птичьего помета заслуживает определенного внимания и широкого применения в сельском хозяйстве.

Анаэробное сбраживание представляет собой многоступенчатый процесс расщепления органических веществ, который происходит в бескислородных условиях, образуя смесь метана и углекислого газа (биогаз). Данная технология в отношении отходов животноводства и птицеводства имеет следующие преимущества:

1. получение высококачественных удобрений, без жизнеспособных семян растений с полной минерализацией азота и фосфора;
2. высокая эффективность (до 90%) преобразования энергии органических веществ в биогаз, теплотворная способность которого составляет 20-25 МДж / м³ (56-70% CH₄), что соответствует 0,7-0,8 кг эталонного топлива;
3. способность получать ценные биологически активные соединения, например, витамин B12[27].

В результате применения анаэробного сбраживания для переработки биомассы, кроме санитарной утилизации отходов также получается органическое удобрение, которое несет большую ценность для почв при выращивании сельскохозяйственных культур на этой почве[27]. Ежегодные отходы животноводства и птицеводства составляют 250 млн. тонн в год. В этих отходах содержится примерно 1,36 млн. тонн азота, что при применении к пахотным землям, соответствует в средней дозе внесения азота 11,5 кг азота/га, в то время как рекомендуемая норма внесения навоза на азот в среднем составляет 200 кг/га.

Другое преимущество – образование биогаза. Это преимущество является очень важным, так как биогаз является возобновляемым источником энергии. По сравнению с другими источниками энергии биогаз имеет следующие преимущества:

- возобновляемый источник энергии;
- снижение парникового эффекта, так как метан является причиной этого эффекта;
- наличие местных источников сырья для производства топлива, что исключает транспортную составляющую;
- возможность внедрения экологически закрытой энергетической системы, которая в настоящее время становится особенно актуальной.

Другими словами, анаэробное сбраживание - это такая технология для производства высококачественных удобрений и экологически чистого топлива, благодаря бактериям.

Во время анаэробного сбраживания органических веществ горючий газ выделяется в результате анаэробного сбраживания (без доступа воздуха). Биогаз, выделяющийся при расщеплении метана, представляет собой смесь, состоящую из 55-65% метана, 30-45% диоксида углерода и примерно 1% водорода и сероводорода.

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

1.3 Выводы по главе

Проблема утилизации отходов имеет особое значение, как для животноводства в целом, так и птицеводства в частности, ведь загрязнение окружающей среды птицеводческими предприятиями чаще всего происходит из-за несовершенства применяемых технологий и технических средств, а также несоблюдения установленных экологических требований.

Современные фермеры для утилизации экскрементов широко используют самые разнообразные препараты на основе селекций бактерий. Такая биологическая добавка не только убыстряет процесс переработки исходного сырья, но и позволяет сохранить полезные вещества, а также снижает уровень неприятного запаха в хранилищах.

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

2 История развития биогазовых технологий

2.1 Развитие биогаза в мире

Производство метана из биотоплива в странах Европы обусловлено отсутствием природного газа. С каждым годом наблюдается рост объемов произведенного биогаза: за последние 10 лет эти показатели увеличились в 3,2 раза. По оценкам Европейской биогазовой ассоциации, к 2020 году доля биогаза в общем потреблении газа может достигнуть 5%. К 2030 году общий объем газа из возобновляемых источников в Европе может вырасти до 50 млрд. м³. Соответственно, столько же природного газа будет замещено биогазом[52].

По данным Еврокомиссии, в 2013 году валовое потребление энергоресурсов в Европе составило 1666 млн. ТНЭ. Доля биогаза составила 0,8%, а биометана – 0,07%. Потребление традиционных видов газа составило 386,9 млн. ТНЭ²².

По другим источникам данные об объемах производства биогаза существенно различаются:

- Eurostat за 2014 год указывает 626 ПДж, EurObserv'ER – 622 ПДж, Европейская биогазовая ассоциация (ЕВА) – 415 ПДж;

- С 2005 года производство биогаза увеличилось в 3,7 раза;

- Доля биогаза в общем объеме энергоносителей из возобновляемых источников составляет 7,6%;

- Биометан, на данный момент, составляет всего 11% от получаемого в Евросоюзе биогаза.

Инфраструктура получения биогазового топлива в Европе к концу 2013 года насчитывает 14,5 тыс. биогазовых установок/заводов с общим годовым объемом производства 14 млн. тонн нефтяного эквивалента (ТНЭ), а также 282 установки получения биометана, в сумме давшие 1,09 млн. ТНЭ (1,3 млрд. м³) биометана[52].

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

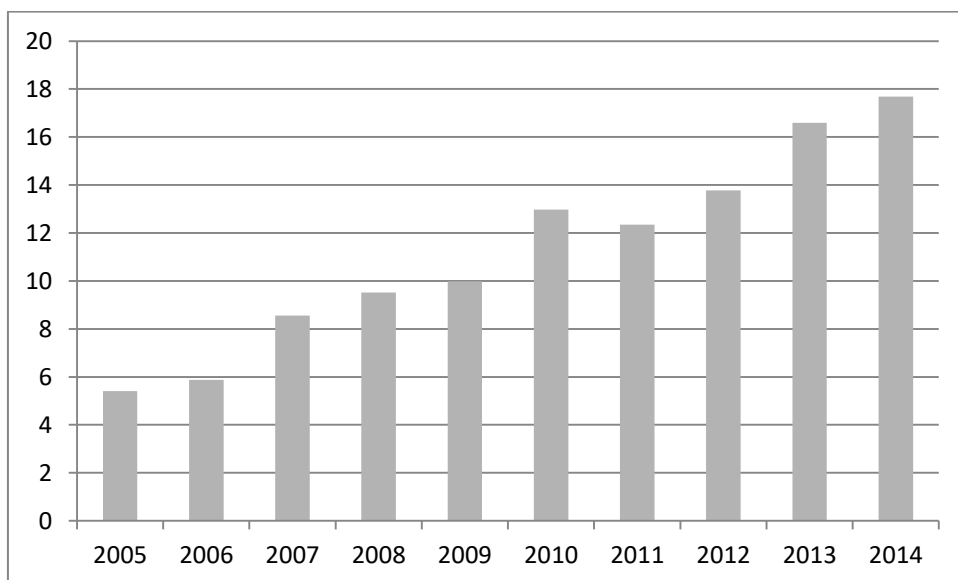


Рисунок 2.1 – производство биогаза в Германии, м³

На данный момент в Европе с большим отрывом в производстве биогаза лидирует Германия. По оценкам Вупертальского института в 2006 году потенциал Германии по получению биогаза (53% CH₄) составлял примерно в 6 млрд. м³ в год. Через восемь лет в 2014 году в Германии получено в 17,7 млрд. м³, что может дать 9,3 млрд. м³ биометана высокого качества (98% – 99% CH₄). Технологические возможности федеральных земель Германии по получению биометана показаны на рисунке 2.2.

Другими крупными производителями среди стран Европы в 2014 году являются:

- Великобритания (14,3% от всего рынка ЕС);
- Италия (13,2%);
- Чехия (4,1%);
- Франция (2,8%);
- Остальные страны получили менее чем по 500 млн. м³ каждая – в сумме 15,6%.



Рисунок 2.2 – Технологический потенциал федеральных земель Германии по получению биометана, млн. м³/год (данные 2006 года)

Украина потребляет газа больше любой страны Европы. В связи с этим Украина имеет большой интерес к развитию биогазовых технологий внутри страны. На данный момент в Украине функционирует около 20 биогазовых комплексов. Половина этих комплексов производит биогаз из отходов сельского хозяйства, а другая половина утилизирует свалочный газ. Впервые мощная биогазовая станция, работающая на отходах местного мясокомбината, была построена в 2003 году в Днепропетровской области. Установленная мощность станции – 180 кВт.

Самой крупной страной, внедряющей биогазовые технологии, является Китай. На данный момент в Китае производится 14 млрд. м³/год биогаза. Китай занимается экспортом не только биогаза, но и двигателей, работающих на этом

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

топливе. Китайские власти подкрепляют свою заинтересованность в развитии биогазовых технологий в стране. Для этого они инвестируют в данную отрасль большие деньги. За последние 20 лет правительством Китая были потрачены миллиарды евро на развитие производства биогаза. Крупнейшей госкомпанией КНР, специализирующейся на комплексном развитии биоэнергии, является Национальная биоэнергетическая компания Китая (NBE).

2.2 Развитие биогаза в России

Значительный рост животноводческих и птицеводческих предприятий в Российской Федерации обусловлен принятием Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия. Этим компаниям необходимо большое количество источников энергии. Основным видом топлива для энергоснабжения сельскохозяйственных предприятий является природный газ, как наиболее эффективный и экологический источник энергии. [1].

С 1961 по 1964 годы на Грозненском ацетон-бутиловом заводе проводились исследования с целью разработки технических регламентов для промышленной технологии и выбора оборудования для производства витамина В-12 и биогаза. Использование метода термофильной ферментации метана из ацетон-бутилвинов в эксперименте на промышленной установке, специально созданной с экспериментальным резервуаром для объема метана 200 м³.

Данная технология применялась позднее на двух ацетон-бутиловых заводах. Каждый цех, перерабатывая до 3000 м³ отходов в день, производил до 30 тыс. м³ биогаза, который использовали как топливо в основном производстве и экономили до 25% природного газа.

Для России и СССР есть 3 критерия, которые определяют возникновение и развитие биогазовой отрасли:

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

- необходима технология производства в больших объемах витамина В12 и биогаза;
- теория биологического происхождения природного газа;
- большое количество сырья.

Данную идею разработали в 1972-1973х годах в СССР и при поддержке руководства страны включили в программу Государственного комитета по науке и технике СССР в 1980 году.

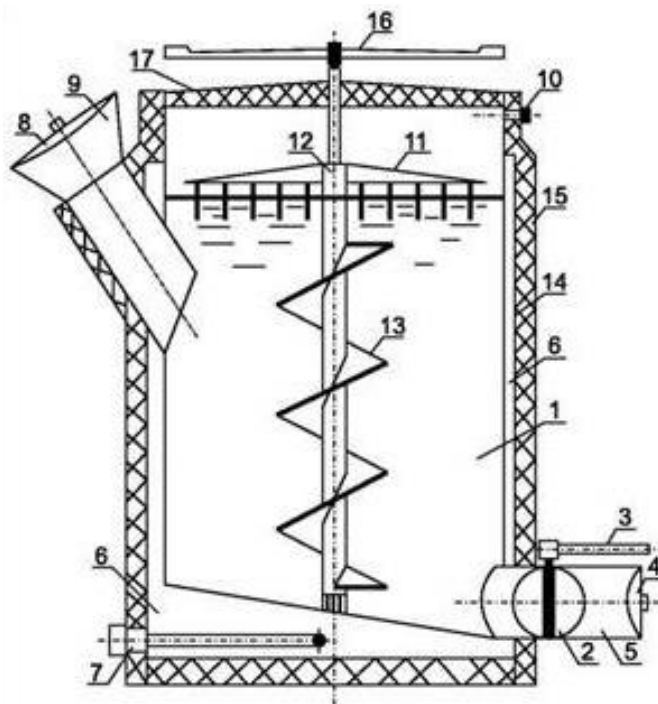


Рисунок 2.3 – Схема биореактора-метантенка ИБГУ-1 в разрезе: 1 – корпус биореактора; 2 – диафрагма; 3 – рукоятка; 4, 8 – затвор; 5 – шлюз для выгрузки сброженной массы; 6 – корпус тепловой рубашки; 7 – ТЭН; 9 – загрузочный люк; 10 – газовый штуцер; 11 – гребенка; 12 – вал мешалки; 13 – шнек; 14 – облицовка теплоизоляции; 15 – теплоизоляция; 16 – рукоятка-крестовина мешалки; 17 – крышка биореактора.

По этой программе в период с 1980 г. по 1990 г. было построено три крупных биогазовых станции:

- г. Пярну бывшей Эстонской ССР (свинокомплекс на 30 тыс. голов);
- совхоз «Огре» Рижского района бывшей Латвийской ССР (свинокомплекс на 5 тыс. голов);
- колхоз «Большевик» Нижнегорского района Крымской обл. (свинокомплекс на 24 тыс. голов).

Вне проекта, но при государственной поддержке была построена экспериментальная промышленная биоэнергетическая станция для 50 тысяч птиц (Октябрьская птицефабрика, Истринский район, Московская область). Также за пределами проекта силами завода химического машиностроения имени М. Фрунзе в городе Сумы была разработана и создана биогазовая установка БИОГАЗ-1 для 3 тысяч свиней.

Установка ИБГУ-1 перерабатывает до 200 кг отходов крупного рогатого скота и производит в сутки до 10-12 м³ биогаза и до 200 л жидких удобрений.

В 2009 году губернатор области утвердил «Концепцию развития биоэнергетики и биотехнологии в Белгородской области на 2009 - 2012 годы и последующие годы». Согласно этой концепции, началась разработка пилотных проектов[14].

В 2010 году в Белгородской области была разработана целевая программа «Энергоснабжение и повышение энергоэффективности в Белгородской области на период 2010–2015 годов и задачи до 2020 года»[5].

В 2012 году был создан Совет по развитию биоэнергетики и биотехнологий в Белгородской области при Совете губернаторов области, Институте альтернативной энергетики, создана долгосрочная целевая программа «Развитие источников энергии». Возобновляемые источники энергии на период 2013-2015 и на период до 2020 года. «Запущены две биогазовые станции, одна из которых (Лучки) является крупнейшей в России. Вторая расположена в Корочанском районе, принадлежит в Корочанский питомник, предварительно собранные для производства органических удобрений, которые используются при выращивании яблонь»

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23



Рисунок 2.4 – Биогазовая станция «Лучки». Белгородская область

Сегодня, несмотря на довольно благоприятную почву, в России существует только несколько действующих биогазовых электростанций, хотя среди них уже есть некоторые с успехом. Первый российский реактор был запущен в 2009 году в селе Дошино, Калужской области. Позже в Белгородской области были запущены биогазовые станции Байцуры на базе свиноводческого комплекса, затем Лучки. Присутствие на открытии последних представителей Госдумы и правительства РФ вселяет надежду, что биогазовая отрасль в нашей стране не останется без поддержки государства. В 2014 году планируется запустить большую биогазовую станцию в мордовском селе Ромадановское.



Рисунок 2.5 – Биогазовая станция «Байцуры». Белгородская область

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

Белгородская область, вероятно, останется лидером по производству биогаза в России на долгие годы: уже запланировано строительство трех новых станций, и в долгосрочной перспективе в регионе планируется установить более 100 биоэнергетических комплексов. И, вопреки прогнозам министра энергетики, региональные власти представляют свои расчеты, согласно которым в ближайшее время 10% всей российской электроэнергии будет производиться биореакторами в Белгородской области.

2.3 Выводы по разделу

Биогазовые технологии применяются преимущественно в странах, где отсутствует природный газ и существует поддержка со стороны государства на использование возобновляемых источников энергии. В России, в данный момент, отсутствует государственная поддержка возобновляемой энергетики, а проблему отходов сельского хозяйства решают наиболее дешевыми методами переработки.

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

3 Энергетические ресурсы для производства биогаза

3.1 Биоресурсы в России

У российского рынка биогаза есть и другие причины для активного развития, кроме наличия «зеленого тарифа».

В качестве дополнительного фактора повышения интереса европейских компаний к российскому рынку биогаза в этом сегменте усиливается конкуренция в странах ЕС.

В Европе биогазовые компании уже начали вытеснять друг друга, сельскохозяйственный рынок практически не растет, соответственно спрос на биогазовые проекты снижается. Единственным выходом для европейских компаний является поиск и освоение новых рынков.

Общий потенциал рынка биогаза, а также выработки электрической и тепловой энергии на основе биогазовых комплексов с использованием отходов сельскохозяйственного производства в Российской Федерации составляет более 18,4 млрд. Долларов США. Более того, добыча биогаза может достигать 14,7 млрд м³ в год, что эквивалентно 10 млрд м³ природного газа.

В России в 2013 году было принято постановление Правительства Российской Федерации «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электроэнергии и мощности», направленное на стимулирование использования возобновляемых источников энергии и компенсация тарифов на такую энергию с целью повышения ее конкурентоспособности. В будущем эта система может стимулировать развитие сетей генерации, продажи электроэнергии, вырабатываемой из биогаза, на оптовом и розничном рынке[2].

Во многих населенных пунктах нашей страны нет полных поставок природного газа. Биогазовые установки будут хорошим подспорьем на ферме. Кроме того, сырья для этого всегда будет много: навоз, пищевые отходы, листья,

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

гнилое зерно, колосья и т. Д., Которые обычно попадают в компостную яму. При производстве алкоголя в качестве побочного продукта возникает останков после алкоголя, из которой можно производить биогаз и добавки с витамином В12 для использования в животноводстве, что повышает производительность. Поэтому производство биогаза особенно эффективно в агропромышленных комплексах, в которых предусмотрен практически замкнутый технологический цикл[43].

При использовании биогаза в качестве автомобильного топлива устанавливается дополнительная система очистки биогаза. Очищенный биогаз можно заправлять оборудованием, которое очень важно на данный момент, в условиях постоянного роста цен на традиционные виды топлива, такие как бензин и дизельное топливо. Углекислый газ является побочным продуктом процесса, из которого вы также можете извлечь выгоду: использовать его в качестве сухого льда, для безалкогольных напитков или для технических целей.

Согласно статистическим данным в России, общее количество органических сельскохозяйственных отходов составляет 300 млн. Тонн в год, из которых 90 млрд. м³ биогаза или около 150 млрд. кВтч электроэнергии. Большая часть отходов поступает из агропромышленного комплекса (АПК) - стебли, чаши, солома. Кроме того, ежегодный ущерб от сельскохозяйственных отходов оценивается в 450 миллиардов рублей. Например, загрязнение сточных вод рек и озер. По данным Института энергетической стратегии, фермы производят до 50% продукции. Поэтому развитие биогазовой промышленности должно идти в двух направлениях: создание крупных биоэнергетических станций и создание сельскохозяйственных биогазовых установок. Кроме того, большинство почв в России - это неэффективные почвы, требующие интенсивного удобрения, что также должно стимулировать развитие биогазовых установок, поскольку они обеспечивают эффективное удобрение[43].

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

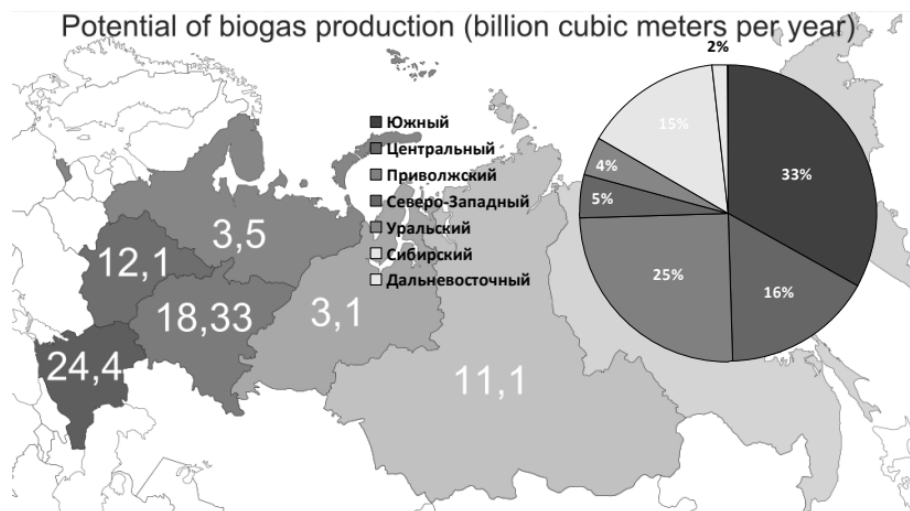


Рисунок 3.1 – Потенциал производства биогаза в России

Всероссийская сельскохозяйственная перепись 2016 года показала, что в Российской Федерации насчитывается 36 000 сельскохозяйственных организаций, 137 000 фермерских хозяйств, 38 000 индивидуальных предпринимателей, 23 миллиона частных дочерних предприятий и других индивидуальных домохозяйств граждан и 76 000 некоммерческих общественных объединений. По сравнению с 2006 годом количество хозяйств уменьшилось в большинстве категорий, за исключением частных вторичных предприятий и индивидуальных предпринимателей.

За 10 лет доля сельскохозяйственных организаций, осуществляющих сельскохозяйственную деятельность, выросла с 69% до 76%, а фермеров (фермеров) - с 50% до 66%. По сравнению с 2006 г. доля частных агрохолдингов, эксплуатирующих сельскохозяйственную продукцию, сократилась с 86% до 79% в 2016 г., а доля некоммерческих ассоциаций - с 93% до 89%.

В хозяйствах всех категорий с общим увеличением площади пахотных культур на 6% больше всего выросли посевы промышленных растений (на 54%), а зерновых и зернобобовых культур - на 8,5%. За этот период площади картофеля, кормовых растений, овощей и тыкв сократились. Посевы картофеля снизились наиболее значительно (на 32,6%).

За последнее десятилетие поголовье скота в хозяйствах всех категорий уменьшилось на 18%. Больше всего выросло количество птицы (на 42%) во всех категориях хозяйств, кроме личных подсобных хозяйств и некоммерческих объединений граждан. Количество свиней увеличилось более чем на треть благодаря увеличению их численности в сельскохозяйственных организациях в 2,4 раза. Численность овец и коз увеличилась на 21%.

Результаты Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года показывают, какие трудовые и сельскохозяйственные ресурсы были доступны по состоянию на 1 июля 2016 года, как они используются, сколько посевных площадей занято, многолетние насаждения и как они структурированы, а также данные о количестве технических средств животноводства, Производственная инфраструктура и технологии, используемые сельхозпроизводителями.

Животноводческий комплекс полностью зависит от сельскохозяйственного производства, натурального производителя кормов для животных. На севере развивается оленеводство. В центральном поясе России разводится крупный рогатый скот для производства молока и молочного мяса. В самых южных районах (в грубых кормах) скотоводство имеет направление на говядину. В горных районах разводят коз и овец. Свиноводство практически повсеместно развито. Это один из самых продуктивных секторов животноводческого комплекса. Ориентирован на потребителя. На Кубани, в центре и на Дону, коневодство является традиционной отраслью. Россия славится коневодством. Но сейчас этот сектор переживает не лучшие времена. В пригородных районах птицы играют важную роль. В птицеводстве бывают разные направления: в пуху (пух); для мяса; яйцо. Разводят кур, уток и гусей. Страусиные фермы недавно появились в России. Звероводство и охота развиваются в лесных регионах России. Разводят норку, песца и соболя. Драгоценные традиционные животные, которые несут мех: белка, норка, бобр. Олень и лось ценятся не только за мясо, но и за драгоценное сырье для химической и фармакологической промышленности.

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

3.2 Биоресурсы в Челябинской области

Животноводство Челябинской области представлено развитым свиноводством, птицеводством и скотоводством.

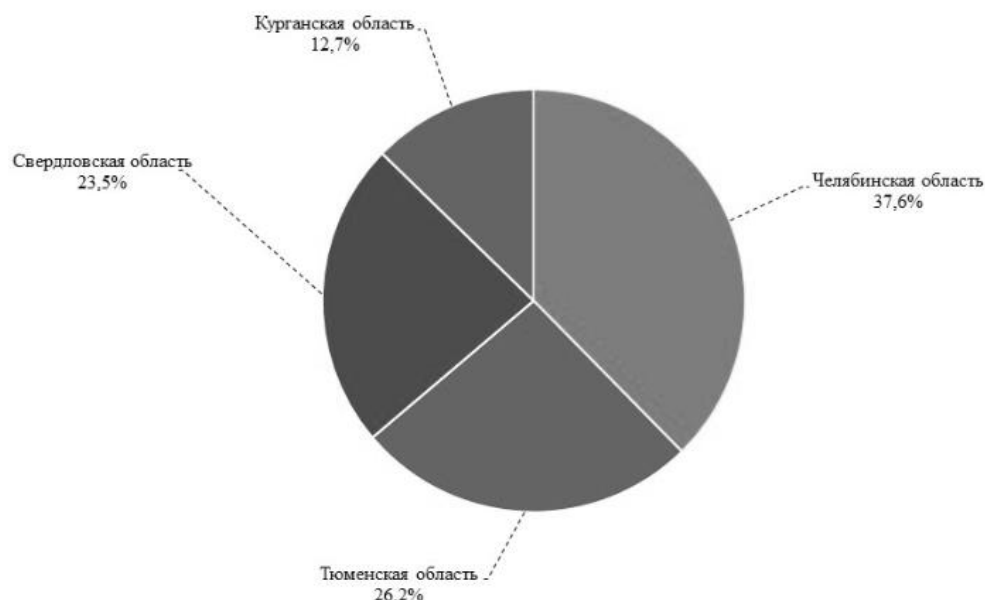


Рисунок 3.2 – Структура производства продукции сельского хозяйства в УрФО в 2015г.

В 2015 году крупный рогатый скот доминировал в структуре сельского хозяйства Челябинской области, на его долю пришлось 63,5% (76,4 млрд рублей) всей произведенной сельскохозяйственной продукции. Доля продукции завода составила 36,5% (43,9 млрд рублей) [3].

Птицеводство и свиноводство играют важную роль в развитии сельского хозяйства Челябинской области. В 2015 году Челябинская область заняла 2-е место по производству мяса птицы среди регионов России, 4-е по количеству свиней, а Челябинская область - 8-е место по производству свинины[3].

По объему производства молока регион занимает 26 место, яйца птицы - 4 место среди регионов Российской Федерации[3].

Озимая и яровая пшеница (19-е место в рейтинге регионов России), озимый и яровой ячмень (15-е место), овес (12-е место), гречиха (11-е место) и озимый выращиваются и выращиваются из злаков в регионе Челябинская яровая рожь (37 место), зерновые злаки (37 место), тритикале озимая и яровая (31 место), кукуруза (41 место) [3].

По производству бобовых культур Челябинская область заняла 41 место в рейтинге, в том числе 39 место по выращиванию гороха.

Регион занимает 21 место по производству семян подсолнечника и картофеля для промышленного возделывания. Он занимает 31-е место по выращиванию сои, 30-е - по производству семян горчицы, 26-е - по производству озимых и ярового рапса. Челябинская область занимает 17-е место по выращиванию овощей в открытой и защищенной почве, в том числе 26-е по овощам на открытом воздухе и 10-е по овощам[3].

Таблица 3.2 – поголовье животных и птиц в хозяйствах всех категорий[3]

	Количество голов	
	В 2006 году	В 2016 году
КРС	484605	322252
Свиньи	384626	901156
Овцы и козы	179028	193590
Птицы	11478944	27343764

Для приблизительной оценки количества полученного газа за год, при использовании отходов животноводства всех видов (рисунок 3.2), посчитаем примерное количество биогаза от отходов всего поголовья[3]:

$$V_B = 365 \cdot \left(\sum n \cdot \frac{m}{1000} \cdot V \right), \text{ м}^3$$

где n – поголовье конкретного вида животных;

m – суточный выход навоза, кг;

V – объем биогаза, получаемый с тонны навоза, м^3 .

$$V_B = \left(\left(322252 \cdot \frac{35}{1000} \cdot 40 \right) + \left(901156 \cdot \frac{5}{1000} \cdot 60 \right) + \left(193590 \cdot \frac{4}{1000} \cdot 70 \right) + \left(27343764 \cdot \frac{0,17}{1000} \cdot 50 \right) \right) \cdot 365 = 368 \text{ млн. м}^3$$

Челябинская область потребляет около 15 млрд. м³ газа в год. Такое большое потребление обусловлено не только развитым АПК, но и тем, что область является крупным промышленным регионом. Биогазом, произведенным из навоза можно заменить приблизительно 2,5% потребляемого газа области.

3.3 Выводы по разделу

Россия имеет хорошо развитые сельскохозяйственные регионы, в которых наблюдается тенденция роста производственных мощностей, а, следовательно, и увеличение отходов сельскохозяйственной промышленности. Челябинская область является одним из таких регионов. Занимая второе место в России по птицеводству в регионе возможна реализация крупных проектов с использованием биогазовых установок для переработки птичьего помета.

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

4 Разработка системы газоснабжения с использованием биогаза

4.1 Характеристика агрохолдинга ООО «Чебаркульская птица»

В 1969 году началось строительство крупной, на то время, Чебаркульской птицефабрики. поголовье птицы составляло 200 тысяч кур-несушек. В год производилось 47 миллионов яиц и 600 тонн мяса.

Чебаркульская птица в 2006 году получила специальный диплом и премию Губернатора Челябинской области по качеству в сфере промышленного производства за особый вклад в развитие экономики региона и повышение эффективности производства. Чебаркульская птицефабрика одна из первых российских компаний, совместно с Московским институтом питания, реализовала проект функционального питания[59].

В первой половине 2009 года компания была включена в список по результатам своей деятельности в 2008 году в известном российском клубе АГРО-300, который является одним из наиболее динамично развивающихся и эффективных сельскохозяйственных предприятий в стране.

В начале того же года на птицефабрике был внедрен современный скотобойный комплекс, в котором были внедрены технологии глубокой переработки мяса птицы.

К середине года «Чебаркульская птица» уже произвела более 60 оригинальных продуктов. В целях оптимизации затрат, связанных со значительным увеличением поголовья птицы, в сентябре 2009 года на площадке в Чебаркуле была введена в эксплуатацию мощная комбикормовая фабрика с производительностью до 500 тонн корма в день.

В том же 2009 году для увеличения эффективности управления производством и повышения качества продукции, руководством было принято решение об объединении птицефабрики «Чебаркульская птица» в единое предприятие и агрофирмы «Тимирязевская».

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

В 2019 году новый проект - «Биоресурс» - был представлен на региональной сельскохозяйственной выставке «День поля - 2019», которая проходит в Чебаркульском районе. Птицефабрика одной из первых в России полностью решила проблему утилизации птичьего помета путем переработки их в органические удобрения.

На птицефабрике перерабатывают до 800 тонн птичьего помета в сутки. Для обработки отходов перемешивают торф и щелочь в течение нескольких часов, получая гумат калия. Готовую смесь вносят в помет и получают готовое органическое удобрение, которое, по заявлению птицефабрики, соответствует всем нормам.

В настоящее время «Чебаркульская птица» – уникальное многопрофильное предприятие с полным циклом производства яичной и бройлерной продукции. На предприятии трудоустроено около 3 000 сотрудников. На «Чебаркульской птице» производится около 200 наименований и включает в себя: яйцо, мясо птицы, готовые изделия, копченую продукцию и полуфабрикаты. Структура предприятия включает в себя 6 производственных площадок[59]:

1. Урожайный комплекс. Птицефабрика имеет собственный растениеводческий комплекс. Площадь 19 000 Га ежегодно засеяна зерновыми и кормовыми культурами. Используется только самое мощное оборудование: посевные комплексы и целый арсенал тракторов, самосвалы, машины для ухода за посевами и современные комбайны[59].

2. Комплекс по выращиванию куриных мясных пород. Откормочная площадка - 41 птичник, где в идеальных условиях содержатся десятки тысяч цыплят. Репродуктор является крупнейшим в регионе. Одиннадцать домов содержат 420 тысяч кур и петухов. Задача родительского стада - дать жизнь миллионам будущих бройлеров. Будущие цыплята-бройлеры появляются в инкубаторе[59].

3. Убойно-перерабатывающий комплекс (УПК). На данном комплексе применяются современные технологии глубокой переработки мяса. УПК полностью занят переработкой сырья, выращенного на «Чебаркульской птице».

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

Используются новейшие технологии переработки мяса, свежее сырье и натуральные специи[59].

4. Комплекс по производству яиц (КПЯ). В КПЯ находится 39 птичников, в которых содержится примерно 2 миллиона птиц. 32 миллиона яиц производится каждый месяц[59].

5. Комбикормовая система. Комбикормовый завод производит натуральные корма. Это позволяет компании не полагаться на ситуацию на рынке и постоянно кормить птиц. Для обеспечения сбалансированного питания птиц на растении корм готовится по 17 различным рецептам[59].

6. Центр селекции и семеноводства «Чебаркульские семена». «Чебаркульские Семена» – беспрецедентный по масштабу и отбору решаемый центр, центр выращивания семян в Челябинской области. Основной задачей является создание высококачественных семян сельскохозяйственных культур в зонах. Чебаркульский селекционный центр может обеспечить регион 15 000 тонн семян[59].

4.2 Расчет биогазовой установки для ООО «Чебаркульская птица»

Поскольку предприятие занимается переработкой птичьего помета путем переработки в органическое удобрение – «Биоресурс», а для расчетов БГУ для всего предприятия потребуются очень большие затраты, то рассмотрим, для примера, комплекс по производству яиц. На комплексе в 39 птичниках содержится около 2 млн. голов птицы. Для расчетов используем только 10% от всего поголовья кур-несушек – четырех птичников, что составляет приблизительно 200000 голов.

Условия работы установки следующие:

- мезофильное брожение с температурой процесса 32°С;
- продолжительность процесса 50 суток;
- загрузка навоза – непрерывная с ежедневной заменой 1/50 сбразживаемой массы;

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

- метантенк бетонный, верхняя и нижняя части в виде усеченных конусов;
- толщина стенок метантенка – 0,15 м;
- теплоизоляция – шлакобетон (0,3 м), шлаковая засыпка (0,15 м) и земляной вал (1 м);
- шлак толщина – 0,8 м.

Нагрев сброживаемой массы до температуры мезофильного брожения происходит за счет водяных теплообменников. Биомасса перемешивается при помощи электрического двигателя.

В данной работе вопросы автоматизации процесса, конструктивных решений загрузки и выгрузки навоза из реактора и исполнения газгольдера не рассматриваются.

Для решения поставленной задачи необходимо найти значения следующих показателей по методике определения параметров биогазовой установки [45]:

1) Суточный выход экскрементов ($m_{\text{сутэк}}$, кг):

$$m_{\text{сутэк}} = N_{\text{ж}} \cdot m_{\text{уд}}, \quad (4.1)$$

где $N_{\text{ж}}$ – количество животных;

$m_{\text{уд}}$ – удельный выход экскрементов в сутки.

$$m_{\text{сутэк}} = 200000 \cdot 0,170 = 34000 \text{ кг.}$$

2) Масса сухого вещества ($m_{\text{св}}$, кг):

$$m_{\text{св}} = m_{\text{с}} \left(1 - \frac{W_{\text{эк}}\%}{100} \right), \quad (4.2)$$

где $W_{\text{эк}}$ – влажность массы экскрементов. Влажность куриного помёта составляет 68-75 %. Примем $W_{\text{эк}} = 70 \%$.

$$m_{\text{св}} = 34000 \left(1 - \frac{70}{100} \right) = 10200 \text{ кг.}$$

3) Объем метантенка ($V_{\text{м}}$, м³):

$$V_{\text{м}} = \frac{m_{\text{св}}}{n_{\text{v}}}, \text{ м}^3, \quad (4.3)$$

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

где n_v – рекомендуемый объем загрузки сухого вещества в сутки, кг/м³. Для кур-несушек - 1,5 кг/м³.

$$V_M = \frac{10200}{1,5} = 6800 \text{ м}^3.$$

4) Объем полной загрузки метантенка ($V_{\text{полз}}$, м³):

$$V_{\text{полз}} = \frac{m_{\text{сутэк}} \cdot t_{\text{сут}}}{\rho_n}, \text{ м}^3, \quad (4.4)$$

где $m_{\text{сутэк}}$ – суточная загрузка метантенка, кг/сутки;

$t_{\text{сут}}$ – продолжительность процесса брожения, сут;

ρ_n – удельная плотность сбрасываемой массы, кг/м³;

Удельную плотность навоза можно считать равной удельной плотности воды, так как влажность навоза обычно более 90 %.

$$V_{\text{полз}} = \frac{34000 \cdot 50}{1000} = 1700 \text{ м}^3.$$

Полученное значение $V_{\text{полз}} / V_M = 0,25$ не соответствует рекомендуемым (0,7...0,9). Для повышения загрузки предлагается выбрать его объем повышая ежесуточную загрузку сухого вещества до 5 кг/м³.

$$V_M = \frac{10200}{5} = 2040 \text{ м}^3.$$

Тогда $V_{\text{полз}} / V_M = 0,83$, что удовлетворяет требованиям загрузки метантенка. Выбираем метантенк компании «Zorg» объемом 2500 м³.

5) Доля сухого органического вещества (СОВ) ($m_{\text{СОВ}}$, кг):

$$m_{\text{СОВ}} = m_{\text{СВ}} \cdot \frac{P_{\text{СОВ}} \%}{100}, \text{ кг}, \quad (4.5)$$

где $P_{\text{СОВ}}$ – доля СОВ в сухом веществе навоза.

$$m_{\text{СОВ}} = 10200 \cdot \frac{76}{100} = 7752 \text{ кг}.$$

6) Выход биогаза при полном разложении СОВ ($V_{\text{пол}}$, м³):

$$V_{\text{пол}} = m_{\text{СОВ}} \cdot n_{\text{ЭК}}, \text{ м}^3,$$

где $n_{\text{ЭК}}$ – выход биогаза из 1 кг СОВ различного исходного материала, м³/кг.

$$n_{\text{ЭК}} = 310 - 620 \text{ м}^3/\text{кг}$$

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

$$V_{\text{пол}} = 7752 \cdot 0,315 = 2441,9 \text{ м}^3.$$

7) Выход биогаза при выбранной продолжительности брожения (V_6 , м³):

$$V_6 = V_{\text{пол}} \frac{n_t \%}{100}, \text{ м}^3, \quad (4.7)$$

где n_t – доля выхода биогаза от исходного материала при данной продолжительности метанового процесса, 72 %

$$V_6 = 2441,9 \cdot \frac{72}{100} = 1758,1 \text{ м}^3$$

8) Количество теплоты, требуемое для подогрева загружаемой массы до температуры процесса брожения в сутки ($Q_{\text{под}}$, МДж/сутки):

$$Q_{\text{под}} = m_{\text{сут.эк}} \cdot C_c \cdot (T_{\text{пр}} - T_{\text{заг}}) \cdot \frac{1}{\eta}, \text{ МДж}, \quad (4.8)$$

где C_c – средняя теплоемкость субстрата МДж/кг · °К;

$T_{\text{пр}}$ – температура процесса брожения, °К;

$T_{\text{заг}}$ – температура загружаемого субстрата, °К;

η – КПД процесса.

Температура загружаемой массы зависит от двух моментов: если масса поступает непосредственно из птицеводческого помещения, то температура ее будет такой же, как внутри помещения; если массу берут из лагун, то ее температура равна температуре наружного воздуха.

Примем $T_{\text{заг}} = 291$ °К, $T_{\text{пр}} = 305$ °К, а среднюю теплоемкость навоза $4,18 \cdot 10^{-3}$ МДж/кг·°К.

Тогда количество теплоты, требуемое для подогрева загружаемой массы до температуры процесса брожения в сутки, составит:

$$Q_{\text{под}} = 34000 \cdot 4,18 \cdot 10^{-3} \cdot (305 - 291) \cdot \frac{1}{0,7} = 2842,4 \text{ МДж/сутки}$$

9) Тепловые потери через стенки реактора в окружающую среду ($Q_{\text{пот 1,2}}$ Вт):

$$Q_{\text{пот}} = kF(t_{\text{пр}} - t_0), \text{ Вт}, \quad (4.9)$$

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

где k – коэффициент теплоотдачи, Вт/м²·°К;

T_0 – температура окружающего воздуха, °К;

F – площадь поверхности теплообмена метантенка, м²

Исходя из условий задачи и условий теплоизоляции, рассчитаем коэффициент теплоотдачи.

10) Коэффициент теплоотдачи (k , Вт/м² ·°К):

$$k = \frac{1}{d \frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha}} \quad (4.10)$$

где $\frac{1}{\alpha_1}$ и $\frac{1}{\alpha_2}$ – термическое сопротивление теплоотдачи от субстрата к внутренней поверхности стенки метантенка и от внешней поверхности теплоизоляции метантенка к окружающей среде соответственно;

$\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ – суммарное термическое сопротивление теплопроводности материала стенок метантенка ($\delta_{ст}/\lambda_{ст}$) и теплоизоляций ($\delta_{из}/\lambda_{из}$).

$$k = \frac{1}{0,05 + \frac{0,15}{1,33} + \frac{0,3}{0,6} + \frac{1}{2} + \frac{0,15}{0,25} + 0,05} = 0,55 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°К})$$

Для точного расчета площади поверхности метантенка нужно знать все его геометрические размеры.

Для упрощенного расчета будем считать, что площадь наружной поверхности метантенка равна 1076,62 м², высота - 8 м, радиус - 10 м.

(Метантенк цилиндрической формы, верхняя и нижняя части выполнены в виде усеченного конуса).

Тогда потери тепла в самый холодный период года метантенка ($Q_{пот1}$, Вт):

$$Q_{пот1} = 0,55 \cdot 1076,62(305 - 253) = 30791,33 \text{ Вт}$$

А в теплое время года ($Q_{пот2}$, Вт):

$$Q_{пот2} = 0,55 \cdot 1076,62(305 - 288) = 10066,39 \text{ Вт}$$

11) Потери тепловой энергии метантенка за сутки ($Q_{пот}$, МДж):

$$Q_{пот} = Q_{пот1,2} \cdot 24 \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}, \text{ МДж}, \quad (4.11)$$

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

$$\text{Зимой} - Q_{\text{пот}} = 30791,33 \cdot 24 \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} = 2660,37 \text{ МДж}$$

$$\text{Летом} - Q_{\text{пот}} = 10066,39 \cdot 24 \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} = 869,73 \text{ МДж}$$

Для приближенных расчетов можно считать, что тепловые потери в среднем за сутки равны среднеарифметическому этих величин.

Таким образом, потери тепловой энергии метантенка за сутки составят:

$$Q_{\text{пот}} = \frac{2660,37 + 869,73}{2} = 3530,1 \text{ МДж/сутки}$$

12) Потенциальные запасы энергии биогаза, вырабатываемого в течение суток (теплотворная способность газа 22 МДж/м^3) ($Q_{\text{выр}}$, МДж):

$$Q_{\text{выр}} = V_{\text{б}} \cdot C_{\text{б}}, \text{ МДж,}$$

где $C_{\text{б}}$ – теплотворная способность биогаза, МДж/м^3

$$Q_{\text{выр}} = 1758,1 \cdot 22 = 38678,2 \text{ МДж}$$

13) Затраты на перемешивание ($Q_{\text{мех}}$, кВт · ч/сутки):

Потребляемую электроэнергию на механическое перемешивание сброживаемой массы принимаем исходя из нагрузки на мешалки 50 Вт/м^3 , при суммарной продолжительности работы в сутки восемь часов:

$$Q_{\text{мех}} = 0,05 \cdot 8 \cdot V_{\text{м}}, \frac{\text{МДж}}{\text{сутки}}, \quad (4.13)$$

$$Q_{\text{мех}} = 0,05 \cdot 8 \cdot 2500 = 1000 \text{ кВт} \cdot \text{ч/сутки} \approx 3140 \text{ МДж/сутки}$$

14) Общие затраты энергии в сутки для поддержания процесса ($Q_{\text{общ}}$, МДж/сутки):

$$Q_{\text{общ}} = Q_{\text{под}} + Q_{\text{пот}} + Q_{\text{мех}}, \quad (4.14)$$

$$,$$

$$Q_{\text{общ}} = 2842,4 + 3530,1 + 3140 = 9512,5 \text{ МДж/сутки}$$

15) Полезная энергия от биогазовой установки ($\mathcal{E}_{\text{б}}$, МДж/сутки):

$$\mathcal{E}_{\text{б}} = Q_{\text{выр}} - Q_{\text{общ}}, \quad (4.15)$$

$$\mathcal{E}_{\text{б}} = 38678,2 - 9512,5 = 29165,7 \text{ МДж/сутки}$$

16) Коэффициент товарности биогазовой установки ($K_{\text{бгу}}$, %):

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

$$K_{\text{бгу}} = \frac{\text{Э}_6}{Q_{\text{выр}}} = \frac{Q_{\text{выр}} - Q_{\text{общ}}}{Q_{\text{выр}}} \cdot 100\%, \quad (4.16)$$

$$K_{\text{бгу}} = \frac{29165,7}{38678,2} \cdot 100\% = 75\%.$$

По результатам расчета биогазовой установки для ООО «Чебаркульская птица» было установлено, что для 200000 голов птиц понадобится биогазовая установка с полным объемом загрузки метантенка 2500 м³. Был выбран метантенк компании «Zorg», который удовлетворяет нашим требованиям.

4.3 Очистка биогаза

Многолетние исследования Приволжского завода газоочистного оборудования[55] показали, что при правильной конструкции газофилтующего аппарата и обусловленного конкретными обстоятельствами выбор сорбента позволяют достичь КПД биогазоочистки 96-99%.

Углубленный анализ химических свойств сольвентов и принципов сиборд-процессов определил метод щелочной абсорбции примесей – при прочих равных обстоятельствах – как максимально эффективный, простой и экономически выгодный подход к мокрому захвату H₂S.

Щелочь в установке реагирует, одновременно, как с сероводородом, так и с углекислым газом, являющимися основными загрязнителями биогаза – результируя в приемлемые, с точки зрения последующей утилизации, соединения.

Реакция щелочной сорбции (на примере водного раствора NaOH), в базовом случае, проходит по следующим путям:

1. Взаимодействие с сероводородом – $\text{H}_2\text{S} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaHS}$ (кислая соль – гидросульфид натрия) + H₂O (при избытке щелочи в качестве результата этой реакции также может образовываться сульфид натрия);
2. Частичное взаимодействие с углекислым газом – $\text{CO}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3$ (кальцинированная сода) + H₂O;

3. Умеренное поглощение водной составляющей в данном случае идет не по хемосорбционному, а по физисорбционному процессу – частичная очистка биогаза от влаги происходит благодаря поглощению молекул воды водным раствором едкого натра, циркулирующем в абсорбционной системе;
4. В случае присутствия небольшого количества аммиака в очищаемой среде, он также вступает в реакцию с NaOH с образованием воды и нитрида натрия NaN_3 .

Гидроксид натрия NaOH – не единственная щелочь, используемая в качестве сольвента для сорбции сероводорода (и – в некоторой степени – уголекислоты) из газа биологического генезиса. В качестве фильтрующего раствора могут использоваться и гидроксиды (и солевые растворы) других щелочных и щелочноземельных металлов, проявляющих основные свойства – карбонат натрия, гашеная известь, калиевый щелок, баритовая вода и др.

Что касается аппаратного форм-фактора, в рамках которого процесс сорбции примесей проходит наиболее эффективно, то максимальная эффективность демонстрируется стационарно-насадочными абсорбционными системами колонного исполнения.

Технологическая установка состоит из следующих ключевых агрегатов:

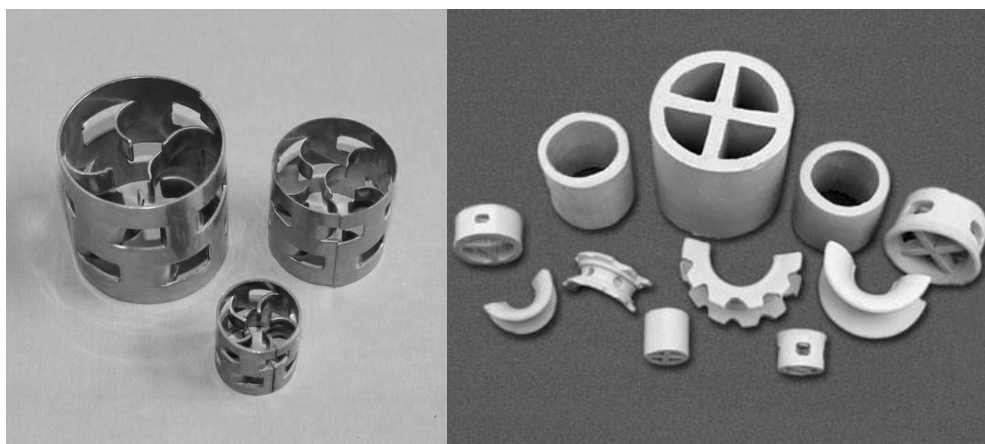
1. колонна с наполнителем (непосредственно абсорбер со стационарным слоем);
2. биореактор (реактор, осуществляющий регенерацию раствора посредством добавления атмосферного кислорода);
3. сепаратор серы (сбор элементарной серы).

Установка исключает занесение воздуха в биогазовую смесь благодаря реализации принципа отдельной регенерации.

В качестве неподвижного насадочного слоя используется массив тел такой геометрии и топологии, при котором достигается высокая удельная поверхность

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

сорбирующего слоя (на объем насадки): кольца Палля, кольца Рашига, седла Инталлокс или иные.



(а)

(б)



(в)

Рисунок 4.1 – Виды насадок: а – кольца Палля; б – кольца Рашига; в – седла Инталлокс

Важнейшие функциональные элементы насадочных моделей:

1. Неподвижная массообменная насадка, представляющая собой массив тел с высокой удельной поверхностью, уложенных хаотично, навалом (нерегулярная насадка) или с сохранением определенной пространственной структуры (регулярная насадка);
2. Химически активный абсорбент, чьи свойства выбираются на этапе расчета и проектирования и зависят от конкретных условий газоочистных

мероприятий (нередко для обеспечения надлежащей эффективности воздухоочистки достаточно использования обычной технической воды).

3. Форсуночный блок непрерывно распыляет абсорбент на насадочные тела, создавая на их поверхности тонкий межфазный слой, где и происходит улавливание вредных, токсичных или технологически нежелательных компонентов газовой струи.

Принцип работы десульфуризирующей установки абсорбционного типа:

1. Загрязненный поток подается в колонны очистки, где в массообменной секции он контактирует с щелочным раствором, распыляемым поверх насадочного слоя: щелочной сольвент сорбирует H_2S , (в процессе абсорбции происходит смещение показателя рН раствора в кислую сторону);
2. В циркуляционном баке установлен рН-метр, который – при снижении значения рН до заданного уровня – подает управляющий сигнал на насос-дозатор, установленный на емкости для приготовления активного фильтрующего раствора;
3. Насос-дозатор подает концентрированную щелочь в абсорберную систему для поддержания заданного уровня рН.

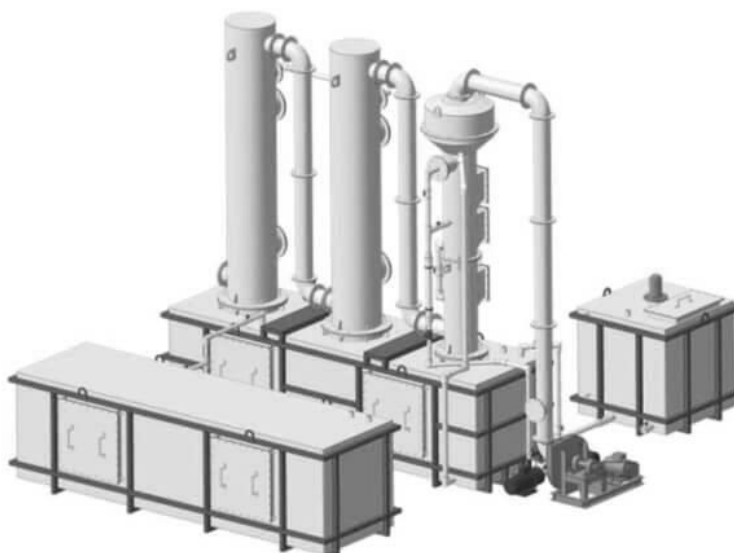


Рисунок 4.2 – Общая схема установки

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

Как и любое оборудование, абсорбционные башни, имеют свои особенности, заключающиеся в определенном соответствии установок тем или иным газоочистным требованиям.

Среди очевидных плюсов абсорберных аппаратов и систем[55]:

1. Экономичность, способность к перенастройке под другие режимы воздухоочистки, низкие капитальные и минимальные эксплуатационные расходы;
2. Широкая вариативность размеров, пространственных ориентаций, выливающаяся в повышенное удобство монтажа устройств даже в условиях ограниченных промышленных зон, а также возможность установки абсорберов в качестве ведущей воздухоочистной системы на морских судах;
3. Работа с высоконасыщенными, а также горячими, взрывоопасными и пожароопасными газовыми средами;
4. Химическая стабильность шлама в шламоприемной секции исключает вторичное загрязнение производственной / природной атмосферы, шламовая пульпа легко и безопасно транспортируется, (например, до участка переработки);
5. Возможность получения экономически ценных шламов;
6. Низкое пневмогидравлическое сопротивление позволяет практически без помех внедрять газоочистные блоки в существующую воздухоочистную инфраструктуру предприятия;
7. Высокая стойкость к перепадам давления входящего потока (без потери производительности);
8. Простота в обслуживании, возможность полной автоматизации очистных процедур.

Впрочем, применение абсорберов в технологическом цикле может порождать некоторые проблемы, (для каждой из которых, впрочем, есть рациональные решения)[55]:

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

1. Недостаточная сопротивляемость коррозии, ведущая к ускоренному механическому износу внутренних стенок рабочей камеры (решается использованием стойких материалов или футерованием отсека с массообменной насадкой);
2. У турбулентных абсорбционных агрегатов модели Вентури – повышенный износ при обработке абразивных пылей (решается футеровкой (лайнингом) или установкой сменных износостойких втулок (релейнингом));
3. В некоторых случаях – затрудненный или невозможный выход полезного шлама, сложность эффективного дегидрирования шламов;
4. При обработке агрессивных кислых или щелочных сред выявляются проблемы с утилизацией реактивных шламов (решается приобретением станции нейтрализации кислых или щелочных стоков);
5. Для особо крупных производств – необходимость возведения отдельных очистных сооружений.

4.4 Разработка системы газоснабжения

Рассмотрим возможность применения биогазового топлива для газоснабжения предприятия. Использовать будем только 10% от потребления птицефабрики, т.к. расчет БГУ проводили для 10%.

Таблица 4.1 – Расход газа на предприятии

месяц	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Расход газа, тыс. м ³	5,1	4,5	2,9	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	1,2	3,1	4,2	5

Исходя из полученного графика потребления газа птицефабрикой (рисунок 4.3), можно сделать вывод, что получаемый биогаз можно использовать только совместно с природным газом.

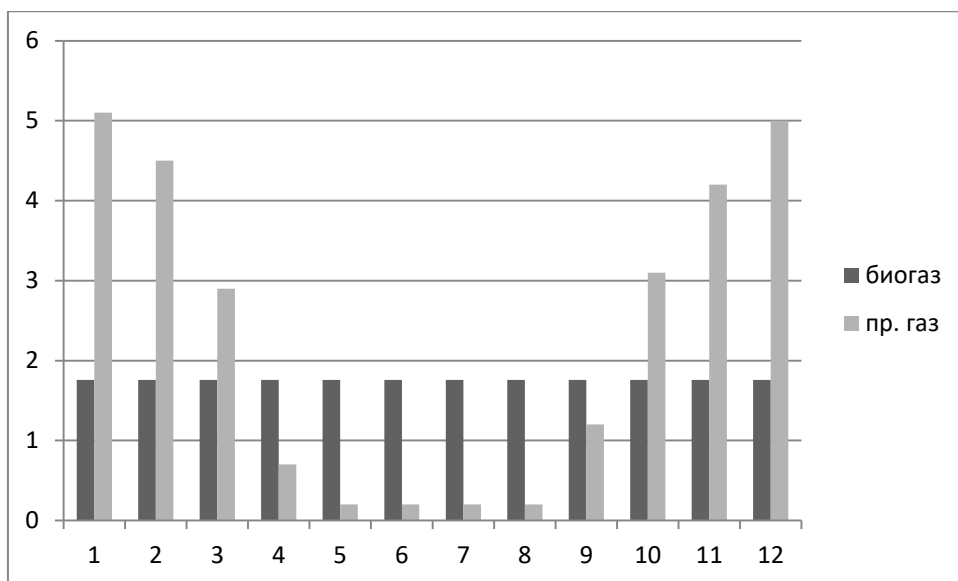


Рисунок – 4.3 График потребления природного газа и производства биогаза на птицефабрике

По газоснабжению птицефабрика относится к промышленным потребителям. Для этого применяется схема с центральным газорегуляторным пунктом шкафного типа, питающим основную часть цехов.

По распределительному газопроводу среднего давления, газ поступает на территорию птицеводческого предприятия. На вводе у потребителя находится газорегуляторный пункт (ШРП) с запорной арматурой. В данном шкафу давление газа снижается до необходимого для большинства цехов. В административном корпусе находится газорегуляторная установка (ГРУ), которая снижает давление до низкого[56].

С учетом неравномерного потребления газа, выраженном в сезонном потреблении тепловой энергии, предлагается использовать 2 режима работы системы газоснабжения предприятия:

-Потребление только биогаза, подаваемого из биогазовой установки в ШРП, так как в теплое время наблюдается низкое потребление газа.

-Потребление газа из сети и из БГУ. Поскольку потребление газа из распределительной сети в холодное время превышает количество вырабатываемого БГУ газа.

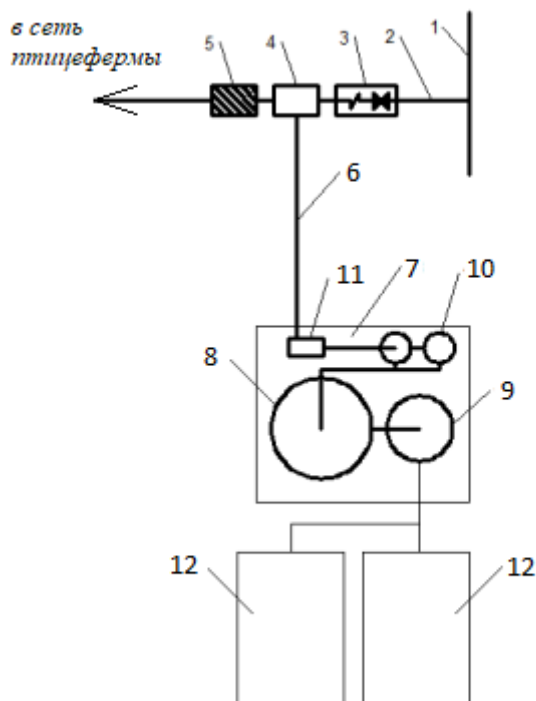


Рисунок 4.4 – Схема газоснабжения птицеводческого комплекса с применением биогаза: 1 – газопровод среднего давления; 2 – ввод газопровода; 3 – задвижка; 4 – узел смешения; 5 – ШРП; 6 – биогазовод; 7 – площадка биогазового комплекса; 8 – реактор; 9 – резервуар шлама; 10 – газгольдер; 11 – узел очистки биогаза; 12 – лагуны для хранения отходов

4.5 Выбор когенерационной установки

Основное топливо птицефабрики – природный газ. Газ соответствует требованиям ГОСТ 5542-87.

Резервное топливо – дизельное топливо.

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

Котельная птицефабрики относится надежности электроснабжения ко II категории.

Для отопления и электроснабжения предприятия произведем расчет когенерационной установки, использующей биометан:

1) Подводимая мощность топлива ($P_{\text{под}}$, кВт):

$$P_{\text{под}} = \frac{Q_{\text{выр}}}{24 \cdot 3,6}, \text{ кВт},$$
$$P_{\text{под}} = \frac{38678,2}{24 \cdot 3,6} = 447,6 \text{ кВт}$$

Согласно полученной мощности выбираем когенерационную установку. Sento L180. Подводимая мощность 469 кВт, тепловая мощность 243 кВт, электрическая мощность 184 кВт.

2) Товарная электрическая мощность ($P_{\text{тов.эл}}$, кВт):

$$P_{\text{тов.эл}} = P_{\text{э.кгу}} - \frac{Q_{\text{мех}}}{24}, \text{ кВт}, \quad (4.17)$$

где $P_{\text{э.кгу}}$ – электрическая мощность когенерационной установки, кВт

$$P_{\text{тов.эл}} = 184 - 130 = 54 \text{ кВт}$$

3) Товарная тепловая мощность ($P_{\text{тов.т}}$, кВт):

$$P_{\text{тов.т}} = P_{\text{т.кгу}} - \frac{Q_{\text{под}} + Q_{\text{пот}}}{24}, \quad (4.18)$$

где $P_{\text{т.кгу}}$ – тепловая мощность когенерационной установки, кВт

$$P_{\text{тов.т}} = 243 - 205 = 38 \text{ кВт}$$

Комбинированная выработка электроэнергии и тепла — или когенерация — это способ выработки электрической энергии, при котором полезно используется тепло, высвобождающееся в процессе выработки электроэнергии. Тем самым достигается очень высокая эффективность использования энергии, содержащейся в топливе. Одновременно благодаря этому процессу минимизируются потери, возникающие при традиционной выработке электроэнергии.

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49



Рисунок 4.5 – Применение когенерационной установки Cento, установленная на биогазовой станции Przybroda Польша

Устройства серии Cento спроектированы таким образом, что их отдельные части объединяются как части конструктора. Мотор-генератор, комплект теплообменников, электрическая панель и другие необходимые элементы функциональной когенерационной установки расположены на шасси. Тепловой модуль с масляной системой расположен в нижней части блока. Вверху расположен сам мотор-генератор с системой впуска воздуха. Передняя часть представляет собой распределительный щит – его наличие непосредственно на монтажной раме является типичной характеристикой концепции TEDOM Cento[57].

Преимущества серии CENTO:

- более низкое содержание NOx в выбросах
- усовершенствованная автоматическая регуляция насыщенности смеси
- разные режимы работы ГПУ (параллельно с сетью, аварийный, автономный, комбинированный)
- сборная система и доступность к отдельным узлам установки
- удобство в обслуживании, экономия времени, стандартизация узлов и снижение стоимости установки

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

- подключение к центральной диспетчерской, обслуживание из удалённого компьютера, контроль работы посредством SMS
- низкий уровень шума (при размещении в шумозащитном кожухе или контейнере)

Работа когенерационной установки с питанием от биореактора представлена на рисунке 3.2.

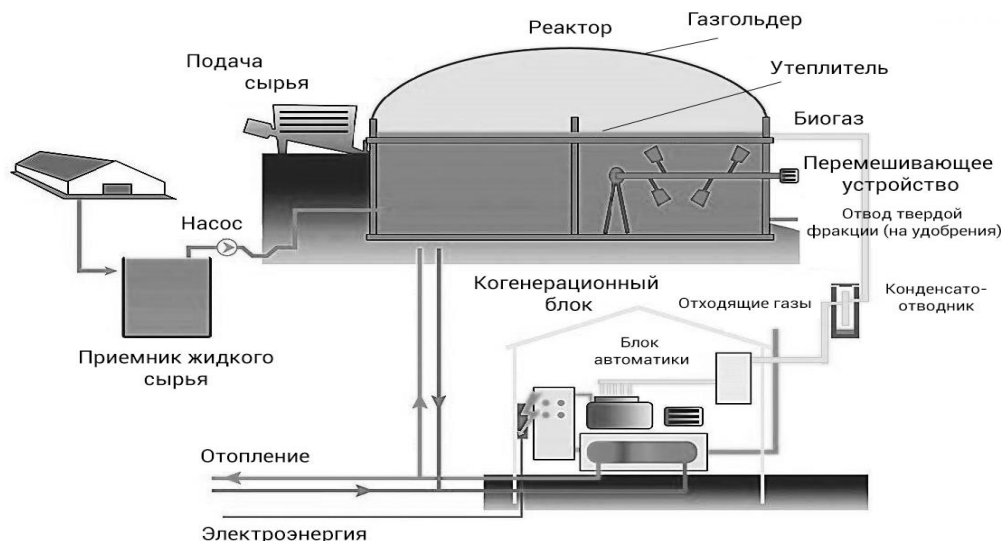


Рисунок 4.6 – Работа когенерационной установки на биогазовой станции

Комбинированная выработка электроэнергии и тепла — или когенерация — это способ выработки электрической энергии, при котором полезно используется тепло, высвобождающееся в процессе выработки электроэнергии. Тем самым достигается очень высокая эффективность использования энергии, содержащейся в топливе. Одновременно благодаря этому процессу минимизируются потери, возникающие при традиционной выработке электроэнергии. Благодаря эффективному использованию „бросового тепла“ при комбинированной выработке электричества и тепла возникает экономия до 70 % содержащейся в топливе энергии по сравнению с отдельной выработкой электричества и тепла[57].

Фирма TEDOM выпускает когенерационные установки различной мощности. Выпускается 3 линейки когенерационных установок:

- Micro (7 – 50 кВт);
- Cento (80 – 530 кВт);
- Quanto (600 – 4500 кВт);

Когенерационные установки могут работать как на природном газе так и на биогазе. При необходимости установки могут быть подготовлены на заводе изготовителе для общей работы как на биогазе, к примеру, так и на природном газе. При необходимости повышения производительности имеют все шансы быть применены в когенерационных установках конденсационных теплообменников отработавших газов, к примеру называемые экономайзеры. Случаем применения агрегатов Cento считается производство электричества из биогаза, в итоге ферментации сельскохозяйственных отходов животного и растительного происхождения в последние годы была довольно востребована. Когенерационные установки TEDOM эксплуатируются на сотках биогазовых станций в ряде государств мира.

На рисунке 4.7 представлена когенерационная установка серии Cento.



Рисунок 4.7 – Когенерационная установка Cento

Наряду с выработкой тепла при сжигании биогаза, например, в котлах, когенерация также дает возможность генерировать электрическую энергию,

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

которая может быть использована для собственных нужд станции или может быть продана в общей распределительной сети[41]. Таким образом, производство электроэнергии для собственных нужд намного дешевле по сравнению с ее покупкой в сети. Поскольку биогаз является сопутствующим продуктом при переработке органических отходов, затраты на эксплуатацию установки будут связаны только с отчислениями на оборудование и техническое обслуживание. Доходы будут составлять как сэкономленные средства за тепло и электроэнергию, так средства за продажу электричества в сеть.

Поэтому когенерационные установки являются оборудованием для комбинированного производства тепла и электроэнергии. Природный газ является основным топливом, но все чаще используются альтернативные виды топлива, в основном различные виды биогаза. Биогаз может использоваться биогазовыми станциями, построенными вблизи птицеводства.

4.6 Расчет электропривода для перемешивания биомассы

Исходя из формулы (4.13), потребляемая электроэнергия на механическое перемешивание сбрасываемой массы за 8 часов работы в сутки составляет 41,6 кВт·ч. Соответственно за 1 час работы 5,2 кВт.

Выбираем двигатель ближайший по мощности. Взрывозащищенный электродвигатель АИМУ 132М8. Его технические характеристики представлены в таблице 1.

Таблица 4.2 – Технические характеристики электродвигателя АИМУ 160S8

Тип	Мощность, кВт	Частота вращ., об/мин	Ип/Ин	кпд, %	cos φ	Скольжение, %	Момент инерции ротора, кг·м ²	Вес, кг
132М8	5,5	750	6	83	0,74	4,5	0,27	99

Электродвигатели АИМУ имеют маркировку взрывозащиты 1 Ex d IIВ Т4. Такие двигатели предназначены для использования во взрывоопасных зонах помещений и наружных установок, в которых могут образовываться взрывоопасные смеси горючих газов или паров с воздухом, относящихся к категориям IIА, IIВ, и группам самовоспламенения Т1, Т2, Т3 и Т4.

Цена данного электродвигателя – 42000,00 рублей.

1) Выбор сечения кабеля для электродвигателя АИМУ 132М8 (F, мм²):

$$F = \frac{P \cdot L \cdot 100}{\gamma \cdot \Delta U_{a, \text{доп}} \cdot U_H^2}, \text{ мм}^2, \quad (4.20)$$

где P - активная мощность на участке линии, Вт;

L - длина расчетного участка ВЛ, км;

γ - удельная проводимость, для алюминиевого кабеля $\gamma = 32 \cdot 10^{-3} \text{ км/Ом} \cdot \text{мм}^2$

$\Delta U_{a, \text{доп}}$ - активная составляющая допустимой потери напряжения;

U_H - номинальное напряжение, В (номинальное напряжение составляет 380 В).

2) Допустимые потери напряжения в активных составляющих ($\Delta U_{a, \text{доп}}$, %):

$$\Delta U_{a, \text{доп}} = \Delta U_{\text{доп}} - \Delta U_p, \quad (4.21)$$

где $\Delta U_{\text{доп}}$ - допустимая потеря напряжения. Для внутренних сетей $\Delta U_{\text{доп}} = 8\%$

ΔU_p - допустимые потери напряжения в реактивных составляющих.

3) Допустимые потери напряжения в реактивных составляющих (ΔU_p , %):

$$\Delta U_p = \frac{X_o \cdot L \cdot Q}{U_H^2} \cdot 100\%, \quad (4.22)$$

где X_o - удельное активное сопротивление кабеля, принимаем равным 0,08 Ом/км;

Q - реактивная мощность на участке линии, кВАр.

4) Реактивная мощность, кВАр

Реактивную мощность можно определить из формулы полной мощности:

$$S = \sqrt{Q^2 + P^2}, \quad (4.23)$$

Реактивная мощность, кВАр:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}, \quad (4.24)$$

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

5) Полная мощность (S, кВА):

$$S = \frac{P}{\cos\varphi}, \quad (4.25)$$

$$S = \frac{5,5}{0,74} = 7,4 \text{ кВА}$$

Тогда, $Q = \sqrt{7,4^2 - 5,5^2} = 4,95 \text{ кВАр}$;

$$\Delta U_p = \frac{0,08 \cdot 0,02 \cdot 7010}{380^2} \cdot 100\% = 0,0077 \%$$

$$\Delta U_{\text{а,доп}} = 8 - 0,0077 = 7,9923 \%$$

$$F = \frac{5500 \cdot 0,02 \cdot 100}{32 \cdot 10^{-3} \cdot 7,9923 \cdot 380^2} = 0,3 \text{ мм}^2.$$

Из условия механической прочности выбираем кабель ВВГнг 4х1,5 [43].
Допустимая токовая нагрузка для кабеля ВВГнг 4х1,5 равна 19 А.

Теперь необходимо проверить провод по нагреву.

б) Ток рабочий максимальный ($I_{p,\text{max}}$, А):

$$I_{p,\text{max}} = \frac{S}{\sqrt{3} U_n}, \quad (4.26)$$

$$I_{p,\text{max}} = \frac{7400}{\sqrt{3} \cdot 380} = 11,2 \text{ А}$$

$$I_{p,\text{max}} \leq I_{\text{доп}}$$

$$11,2 \leq 19$$

Условие выполняется. Далее, выбираем пускозащитную аппаратуру.

Автоматический выключатель выбирается по номинальному току выключателя и расцепителя.

7) Ток расцепителя ($I_{\text{расцеп}}$, А):

Так как автомат устанавливается в шкафу, то $K_T = 0,85$

$$I_{\text{расцеп}} = \frac{I_n}{K_T},$$

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

где K_T - тепловой коэффициент, который учитывает условия установки автоматического выключателя.

I_H - номинальный ток, А.

8) Номинальный ток (I_H , А):

$$I_H = \frac{P}{\sqrt{3} U_H \cdot \eta \cdot \cos\varphi}, \text{ А,}$$
$$I_H = \frac{7400}{\sqrt{3} 380 \cdot 0,86 \cdot 0,74} = 11,7 \text{ А}$$

Тогда, $I_{\text{расцеп}} = \frac{11,7}{0,85} = 20,8 \text{ А}$

По току расцепителя выбираем автомат: ВА 63; $I_H = 25 \text{ А}$, $I_{\text{расцеп}} = 25 \text{ А}$.

Проверка:

$$I_{\text{мгн.ср}} \geq K \cdot I_{\text{кр}},$$

где $I_{\text{мгн.ср}}$ - ток мгновенного срабатывания, А

K - коэффициент, который учитывает неточность определения $I_{\text{кр}}$, $K = 1,4$;

$I_{\text{кр}}$ - максимальный кратковременный ток, А.

9) Ток мгновенного срабатывания ($I_{\text{мгн.ср}}$, А):

$$I_{\text{мгн.ср}} = 7 \cdot I_{\text{расцеп}}, \quad (4.29)$$

$$I_{\text{мгн.ср}} = 7 \cdot 25 = 175 \text{ А}$$

10) Максимальный кратковременный ток ($I_{\text{кр}}$, А):

$$I_{\text{кр}} = K_i \cdot I_H, \quad (4.30)$$

где K_i - кратность пускового момента ($K_i = 6$)

$$I_{\text{кр}} = 6 \cdot 11,7 = 70,2 \text{ А}$$

$$175 \geq 1,4 \cdot 70,2$$

$$175 \geq 98,2$$

Неравенство выполняется, следовательно, автомат выбран верно.

Исходя из характеристик двигателя, выбираем преобразователь частоты FCI-G5.5-4В, рассчитанный для электродвигателей мощностью 5,5 кВт[45].

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

Тепловое реле выбирается по току, так как $I_n = 11,7 \text{ А}$, то допустимый максимальный ток теплового реле 15 А (125% от I_n).

Согласно каталогу нам подходит RFA9 9-15А с регулируемым диапазоном 9-15 А [46].

Выбор магнитного пускателя осуществляется по пусковому току двигателя. $I_n = 11,7 \text{ А}$; $I_n = 11,7 \cdot 6 = 70,2 \text{ А}$.

Выберем пускатель LC1D32M7 с номинальным током 32 А [47]. Данный прибор обеспечивает запуск при шестикратном превышении его номинального тока. Поэтому $I_{\text{мах.к}} = 6 \cdot I_n$.

Проверяем, подходит ли пусковое устройство с $I_n = 32 \text{ А}$, где максимальный ток контактора должен быть больше пускового тока электродвигателя $I_{\text{мах.к}} > I_n$.

Условие выбора соблюдается, магнитный пускатель выбран верно.

Таким образом, биогазовая установка обеспечит переработку органических отходов в биогаз с преобразованием его в тепловую и электрическую энергии.

4.6 Использование кавитационного поля для обеззараживания шлама

Метод кавитационного обеззараживания эффективно используют при очистке сточных вод на предприятиях, городских очистных сооружениях, санации воды бассейнов, регенерации охлаждающих жидкостей и других жидкостей, с которыми человек контактирует или осуществляется сливание их в окружающую среду.

В случае кавитации разрушаются коллоиды и частицы суспензий, на поверхности и внутри которых могут быть обнаружены бактерии и вирусы, что лишает их защиты от химических и физических факторов [30]. При поступлении сырья через гидродинамический теплогенератор-деструктор (трубку Вентури), который сначала сужает поток, а затем более плавно расширяется, возникает кавитация.

То есть при сужении давление падает, а скорость увеличивается. Абсолютное давление близко к значению, равному давлению насыщенного пара или давлению,

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

при котором начинается выделение растворенных газов из него, затем в этот момент в потоке начинается интенсивное испарение (кипение) и выделение газов [30]. В расширяющейся части, наоборот, давление возрастает, скорость падает, и выброс паров прекращается. Таким нарушением непрерывности потока является кавитация. По мере движения жидкости пузырьки лопаются, давление и температура растут точечно, что приводит к гибели микроорганизмов.

При прохождении шлама через трубку Вентури в жидкости возникают парогазовые пузырьки газа, называемые кавернами. При «схлопывании» этих пузырьков вокруг этих точек возникают высокие температура и давление. Под воздействием этого явления жидкость становится более однородной, так как от схлопывания разрушаются крупные частицы биомассы, что ускоряет усвоение жидкости микроорганизмами.

Исследования показали[60], что в отработанном шламе все еще находятся опасные микроорганизмы, которые представляют опасность при использовании отработанных отходов в качестве удобрений. Использование кавитационного генератора в схеме откачки шлама из биореактора позволит снизить количество микроорганизмов и тем самым снизит негативное воздействие на плодородную почву.

Для использования шлама в качестве удобрения достаточно трехкратного цикла пропуска шлама через трубку Вентури (рисунок 4.8).

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

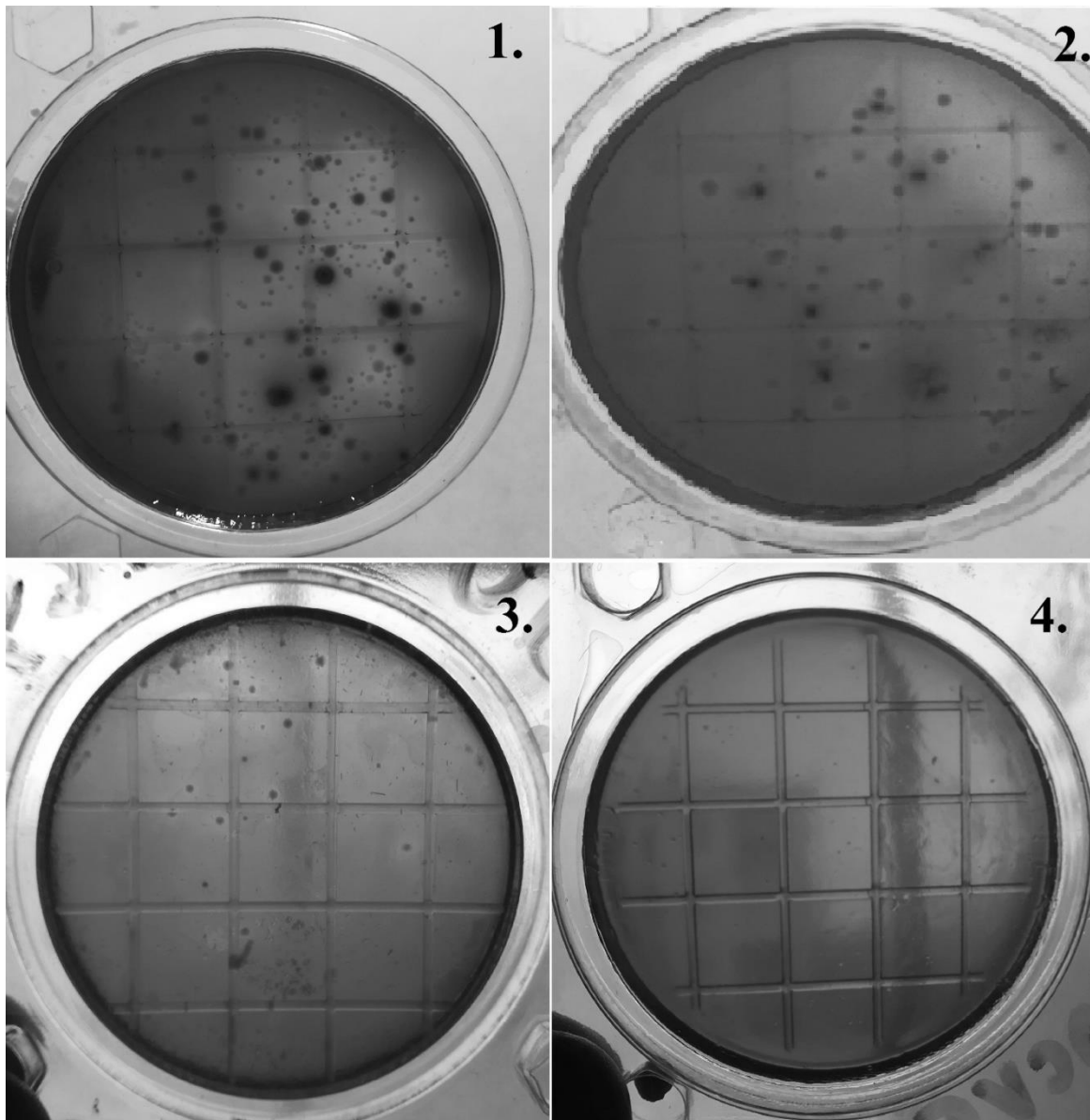


Рисунок 4.8 – Колонии микроорганизмов, выросшие в питательном среде: 1 - до обработки; 2 – после обработки в кавитационной установке после первого цикла; 3 – после обработки в кавитационной установке после второго цикла; 4 – после обработки в кавитационной установке после третьего цикла.

На рисунке 4.9 представлена установка для выработки биогаза с трубкой Вентури.

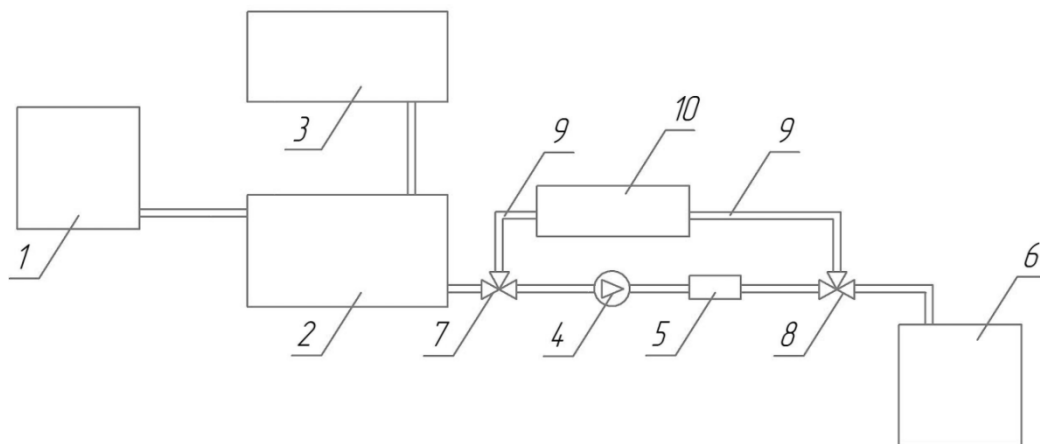


Рисунок 4.9 – Схема установки для выработки биогаза и обеззараживания эффлоента: 1 – загрузочный бункер; 2 – биореактор; 3 – устройство для отбора биогаза; 4 – насос; 5 – кавитационное устройство; 6 – емкость для выгрузки эффлоента; 7,8 – трехходовой кран; 9 – обводной трубопровод; 10 – накопительный резервуар

Так как насос должен в течение суток пропустить через себя объем, равный трехкратной суточной загрузке, то выберем насос, который за час пропустит $4,25 \text{ м}^3$ шлама. Выберем насос НФС 50/125. 98 – 1,1/ 2 – 311. Диаметр трубы 50 мм, подача – $7 \text{ м}^3/\text{час}$. Давление – 39,0 кПа.

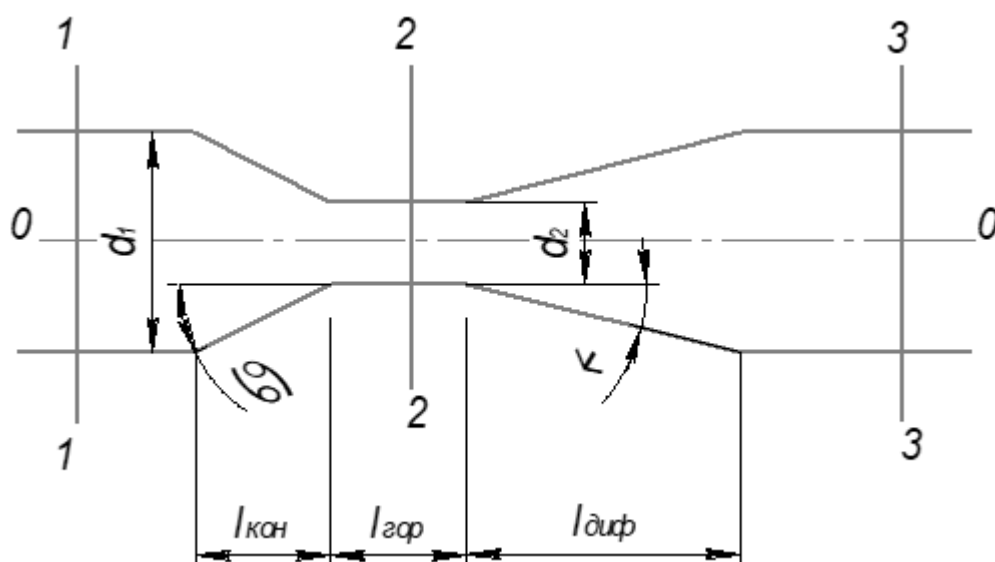


Рисунок 4.10 – Расчетная схема трубки Вентури

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ

Лист

60

Произведем расчет конструкции трубки Вентури.

Для сечений 1-1 и 2-2:

Для определения давления и скорости потока в узкой части трубки Вентури (горлышке) (рисунок 4.10) составим уравнение Бернулли[58]:

$$\frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} = \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + \xi_K \frac{V_2^2}{2g}, \quad (4.31)$$

где P_1, P_2 – давление в сечениях 1-1, 2-2 соответственно;

V_1, V_2 – скорость в сечениях 1-1, 2-2 соответственно;

ξ_K – коэффициент сопротивления конфузора;

Диаметр узкой части принимаем 1 см. Угол конфузора принимаем 20° .

Коэффициент местного сопротивления конфузора складывается из коэффициента сопротивления трения конфузора $\xi_{тр.к}$ и коэффициента сопротивления расширения диффузора $\xi_{суж.к}$ [58]:

$$\xi_K = \xi_{тр.к} + \xi_{суж.к}, \quad (4.32)$$

Коэффициент сопротивления сужения конфузора

$$\xi_{суж.к} = 3,2 \cdot \left(\tan \frac{20}{2} \right)^{1.25} \cdot \left(1 - \frac{1}{n_1} \right)^2, \quad (4.33)$$

где β – угол сужения конфузора;

n_1 – степень сужения:

$$n_1 = F_0/F_1 = (d_0/d_1)^2 \quad (4.34)$$

где F_0 – площадь сечения большего диаметра, m^2 ;

F_1 – площадь сечения меньшего диаметра m^2 ;

d_0 – больший диаметр, м;

d_1 – меньший диаметр, м.

Коэффициент сопротивления трения диффузора круглого сечения [58]:

$$\xi_{тр.к} = \frac{\lambda}{8 \cdot \sin \frac{\beta}{2}} \cdot \left(1 - \frac{1}{n_1} \right), \quad (4.35)$$

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

где λ – коэффициент трения, который для трубопроводов тепловых сетей рекомендуется определять по универсальной формуле Альтшуля [58]

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{68}{Re} + \frac{k_e}{d} \right)^{0,25} \quad (2.16)$$

где $Re = \frac{d \cdot v}{\nu}$ - число Рейнольдса;

ν - скорость воды на прямолинейном участке, м/с ;

k_e - эквивалентная шероховатость трубопровода, принимаемая [58] для новых трубопроводов $k_e = 0,01$ мм.

$$n_1 = 5$$

$$\xi_{\text{суж.к}} = 3,2 \cdot 0,114 \cdot 0,64 = 0,233$$

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{68}{2100} + \frac{0,01}{1} \right)^{0,25} = 0,004$$

$$\xi_{\text{тр.к}} = \frac{0,004}{8 \cdot 0,17} \cdot \left(1 - \frac{1}{5} \right) = 0,0023$$

$$\xi_{\text{к}} = 0,233 + 0,0023 = 0,2353$$

$$\frac{39}{\rho} + \frac{26^2}{2} = \frac{P_2}{\rho} + \frac{26^2}{2} + 0,2353 \frac{26^2}{2}$$

Выбираем скорость потока равную 26 м/с. При такой скорости достигается оптимальная степень обеззараживания.

Произведенные расчеты позволяют выбрать конструкцию кавитационного генератора (трубки Вентури), которая позволяет при трехкратном прохождении сточных вод снизить количество колоний микроорганизмов (рисунки 4.9, 4.11).

На рисунке 4.11 изображен график зависимости степени обеззараживания шлама от количества повторов обработки шлама в кавитационном поле.

По экспериментальным данным установлена зависимость степени обеззараживания от скорости потока жидкости и числа циклов обработки эффлюента (рисунок 4.11)[60].

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

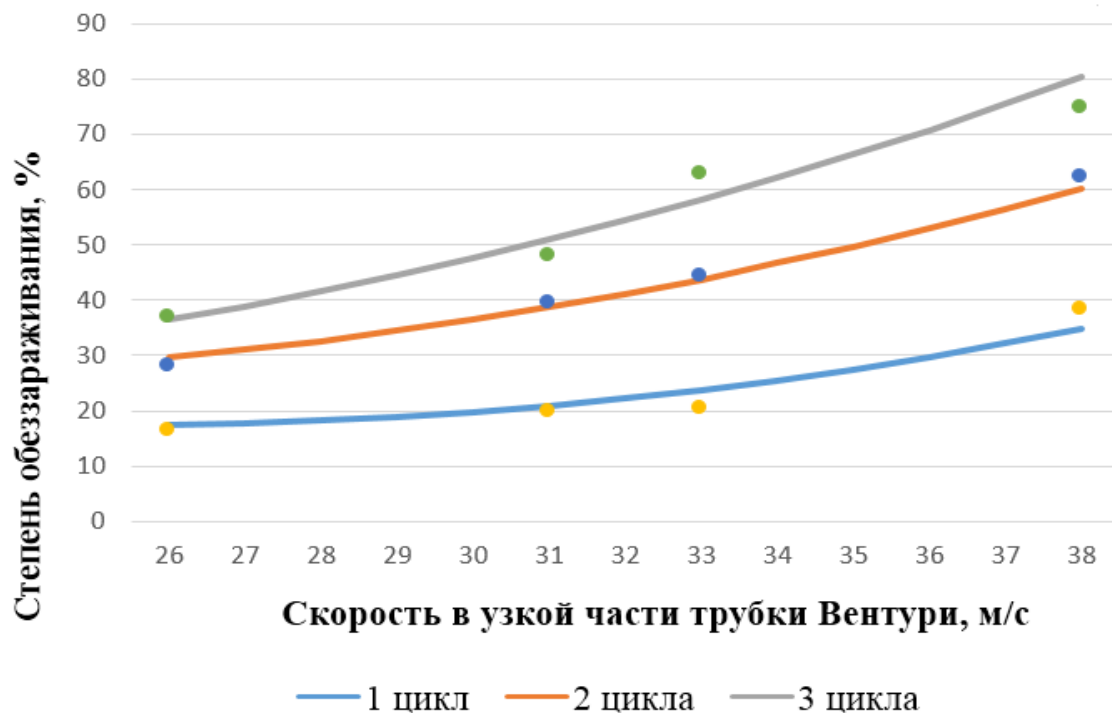


Рисунок 4.11 – Зависимость степени обеззараживания от скорости эффлоuenta в узкой части трубки Вентури, при различных циклах

4.6 Выводы по главе

В ходе расчета биогазовой установки были рассмотрены способы очистки газа от примесей, варианты применения полученного газа и метод очистки отработанного шлама. Расчеты БГУ показали теоретическую возможность использования установки на птицефабрике.

5 Экономический раздел

Основные затраты на оборудование биогазовой установки представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Затраты на оборудование биогазовой установки

Наименование оборудования	Цена (руб.)
Реактор	35000000
Газгольдер	200000,00
Влагоотделитель	1500,00
Осушитель шлама	10000,00
Когенерационная установка Cento L180	4300000,00
Электродвигатель АИМУ 160М8	42000,00
Система подогрева	183000,00
Капитальные затраты	39553683,00

Произведем расчет годовых затрат на эксплуатацию.

1) Эксплуатационные затраты, \mathcal{E}_3 , руб:

$$\mathcal{E}_3 = M + A + OT + П, \quad (5.1)$$

где M – материальные затраты, руб.;

A – амортизация, руб.;

OT – оплата труда, руб.;

$П$ – прочие затраты, руб.

2) Материальные затраты (M , руб.).

Материальные затраты включают в себя:

- затраты на сырье;

- затраты на ремонт;

- обслуживание установки. Обслуживание установки рассчитывается как 80% от амортизации.

Затрат на сырье в нашем случае нет, т.к. используются производственные отходы. Затраты на электро- и теплоэнергию обеспечиваются биогазовой установкой.

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

3) Амортизация (А, руб.):

$$A = \frac{C}{T}, \quad (5.2)$$

где С - цена приобретения, руб.;

Т - ожидаемый срок эксплуатации установки, лет.

Амортизация для биореактора:

$$A_b = \frac{35000000 + 1830000}{25} = 1473200 \text{ руб.}$$

Амортизация для когенерационной установки:

$$A_k = \frac{4300000}{5} = 860000 \text{ руб.}$$

Тогда, $A = 1473000 + 860000 = 2333000$ руб.

$$M = 80\% \cdot 2333000 = 1866400 \text{ руб.}$$

4) Оплата труда (ОТ, руб.):

$$OT = 12 \cdot ЗП + 30,2\% \cdot (12 \cdot ЗП), \quad (5.3)$$

где ЗП – заработная плата рабочих (2 человека по 25000 рублей).

$$OT = 12 \cdot 50000 + 30,2\% \cdot (12 \cdot 50000) = 781200 \text{ руб.}$$

5) Прочие затраты, (П, руб.) - это 5% от суммы всех затрат.

$$P = 5\% \cdot (2333000 + 1866400 + 781200) = 5\% \cdot 4980600 = 249030 \text{ руб.}$$

Тогда, $\mathcal{E}_3 = 2333000 + 1866400 + 781200 + 249030 = 5229630$ руб.

Эксплуатационные затраты приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Эксплуатационные затраты

Состав затрат	Стоимость затрат, руб.
Материальные затраты	1866400
Амортизация	2333000
Оплата труда	781200
Прочие затраты	249030
Итого:	5229630

Рассчитанная БГУ – это многопродуктовое устройство: продукты на выходе – это электроэнергия, тепловая энергия и высококачественные удобрения. Поэтому

эффект от биогазовой установки состоит из трех частей. Суточный выход биогаза 1758,1 м³, а $P_{\text{тов.эл}} = 184$ кВт, $P_{\text{тов.т}} = 243$ кВт.

б) Эффект от мероприятия (\mathcal{E} , руб):

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3,$$

где \mathcal{E}_1 – годовая прибыль от реализации удобрений, руб.

\mathcal{E}_2 – годовая прибыль от использования электроэнергии, руб.

\mathcal{E}_3 – годовая прибыль от использования тепловой энергии, руб.

7) Годовая прибыль от реализации удобрений, \mathcal{E}_1 , руб.

Суточный выход жидких удобрений 228 кг. Для реализации удобрений нужно понизить влажность биогумуса до 60 %. Остается 137 кг удобрений, которые можно продавать.

В среднем 1 кг биоудобрений стоит 72 рубля, соответственно в сутки от продаж получаем 9864 рублей или 3600360 в год. Затраты на производство одного вида продукции скалькулируем в равных долях.

$$\mathcal{E}_1 = B - 33\% \cdot \mathcal{E}_3,$$

где B – выручка от реализации удобрений, руб.

$$\mathcal{E}_1 = 3600360 - 1725777 = 1874583 \text{ руб}$$

8) Годовая прибыль от использования электроэнергии, \mathcal{E}_2 , руб.

$$\mathcal{E}_2 = P_{\text{тов.эл}} \cdot 24 \cdot 365 \cdot T_э - 33\% \cdot \mathcal{E}_3, \quad (5.6)$$

где $T_э$ – тариф на электричество, руб./кВт·ч

$$\mathcal{E}_2 = 184 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 4,1 - 1725777 = 4882767 \text{ руб.}$$

Тогда себестоимость 1 кВт·ч электроэнергии, $C_э$, руб:

$$C_э = \frac{1725777}{1611840} = 1,07 \frac{\text{руб}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}$$

9) Годовая прибыль от использования тепловой энергии, \mathcal{E}_3 , руб.

Отопительный сезон длится 8 месяцев, исходя из этого условия, получим:

$$\mathcal{E}_3 = P_{\text{т.к}} \cdot 24 \cdot 8 \cdot 30 \cdot T_t - 33\% \cdot \mathcal{E}_3, \quad (5.7)$$

где T_t – тариф на тепловую энергию, Гкал

$P_{\text{т.к}}$ – тепловая мощность когенерационной установки, кВт

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

$$P_{т.к} = 243 \text{ кВт} = 0,284 \text{ Гкал/ч}$$

$$\mathcal{E}_3 = 0,284 \cdot 24 \cdot 8 \cdot 30 \cdot 2279,92 - 1725777 = 2007535 \text{ руб.}$$

Тогда себестоимость 1 Гкал тепловой энергии (C_T , руб):

$$C_T = \frac{2848562}{0,284 \cdot 24 \cdot 8 \cdot 30} = 1741,3 \frac{\text{руб}}{\text{Гкал}}$$

Получим:

$$\mathcal{E} = 1874583 + 4882767 + 2007535 = 8764885 \text{ руб.}$$

10) Чистая прибыль, $\mathcal{E}_ч$, руб.

Каждое с/х предприятие обязано платить единый сельскохозяйственный налог в размере 6% от прибыли.

$$\mathcal{E}_ч = \mathcal{E} \cdot 94\%, \quad (5.8)$$

$$\mathcal{E}_ч = 8764885 \cdot 94\% = 8238992 \text{ руб.}$$

11) Срок окупаемости, T_o , лет.

$$T_o = \frac{K}{\mathcal{E}}, \quad (5.9)$$

где K – капитальные затраты, руб.

$$T_o = \frac{39553683}{8238992} = 4,8 \text{ лет}$$

Так как срок окупаемости получился больше одного года, то необходимо рассчитать дисконтированный срок окупаемости, учитывающий ежегодную инфляцию, которая уменьшает часть экономии.

12) Коэффициент дисконтирования (α_m):

$$\alpha_m = \frac{1}{(1 + E)^{tm}}, \quad (5.10)$$

где E – ставка дисконтирования, примем равной ставке рефинансирования ЦБ. Ставка рефинансирования на с 26 марта по 29 июля 2018 года составляет 5,5% годовых [48].

t_m – срок окупаемости установки (берем срок на 6 лет).

13) Чистый дисконтированный доход (ЧДД, руб):

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

$$\text{ЧДД} = \sum \text{Э}_m \cdot \alpha_m, \quad (5.11)$$

где Э_m – уровень экономии в проекте (примем одинаковый на все 10 лет).

Расчеты дисконтирования сведем в таблицу 5.3.

Таблица 5.3 – Расчет дисконтированного срока окупаемости

Год	Коэффициент дисконтирования	Дисконтированный доход, руб/год	Суммарная экономия нарастающим итогом, руб
0	0,952	8238992	8238992
1	0,907	7843520,384	16082512,38
2	0,794	7114072,988	23196585,37
3	0,735	5648573,953	28845159,32
4	0,681	4151701,855	32996861,18
5	0,63	2827308,963	35824170,14
6	0,583	1781204,647	37605374,79
7	0,54	1038442,309	38643817,1
8	0,5	560758,847	39204575,95
9	0,463	280379,4235	39484955,37
10	0,429	129815,6731	39614771,04

Сумма общих затрат на биогазовую установку составляет 39553683 рублей. Из таблицы видно, что данная сумма будет достигнута через 10 лет. Дальнейшее использование установки будет приносить прибыль.

Итоги экономических расчетов подведены в таблицу 5.4.

Таблица 5.4 – Итоги экономических расчетов.

Наименование показателей	Значение
Капитальные затраты на установку БГУ, руб.	39553683
Эксплуатационные затраты, руб.	5229630
Себестоимость 1 кВтч электроэнергии, руб.	1,07
Себестоимость 1 Гкал тепловой энергии, руб.	1741,3
Эффект от мероприятия, руб.	8764885
Срок окупаемости, лет	4,8
Дисконтированный срок окупаемости, лет	10

Заключение

ООО «Чебаркульская птица», специализирующееся на переработке продуктов животного происхождения, является ведущей и фундаментальной компанией в регионе по объему производства и реализации сельскохозяйственной продукции. Одной из основных проблем птицеводства является проблема выбрасывания птичьего помета.

В настоящее время на птицефабрике разработана технология производства органических удобрений путем биоферментации с использованием микробиологического препарата (используется метод компостирования).

Оценивая потенциальные энергетические ресурсы отходов птицеводства, был сделан вывод, что помет не был подготовлен для обработки больших объемов массы и, следовательно, помет птицы накапливается в местах неуместно, теряет свои драгоценные качества в качестве сырья и, во многих случаях, даже становится источником загрязнения окружающей среды.

При решении проблемы разработки схемы использования отходов птицеводства с целью получения биогаза наиболее перспективным способом утилизации отходов является анаэробное сбраживание, позволяющее получать не только высококачественные минерализованные органические удобрения, но и биогаз как источник энергии.

Решая проблему разработки схемы выработки тепла и электроэнергии, биогазовая установка была рассчитана на 25% всей стаи кур-несушек для ООО «Чебаркульская птица». Суточная добыча биогаза составила 4395,4 м³, суточная добыча биогаза - 342 кг. В качестве метода дезинфекции после процесса мезофильной ферментации предлагается метод кавитации. Предложена биогазовая установка с когенерационной установкой.

Экономический расчет показал, что общая стоимость биогазовой установки составит 75138032 рубля, срок окупаемости с учетом скидки составит семь с половиной лет.

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

Таким образом, внедрение биогазовой установки на птицефабрике позволит:

- при использовании биоудобрений для повышения урожайности;
- повысить качество сельскохозяйственной продукции – производство

экологически чистой продукции.

- снизить выбросы в окружающую среду;

- также утилизация позволит улучшить санитарно-гигиенические условия жизни населения.

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

Список литературы

1. ГОСТ Р 53790-2010 «Нетрадиционные технологии. Энергетика биоотходов. Общие технические требования к биогазовым установкам» – М.: Изд-во Стандартиформ, 2015. – 11 с.
2. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 9 декабря 2013 года N 459 Об утверждении отраслевой программы «Внедрение технологий, основанных на применении возобновляемых видов сырья в агропромышленном комплексе России на 2014-2020 годы»
3. Федеральная служба государственной статистики. - <https://www.gks.ru/>
4. ГОСТ Р 50571.10-96 (МЭК 364-5-54-80) «Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Глава 54. Заземляющие устройства и защитные проводники – М.: Изд-во Стандартиформ, 2015. – 16 с.
5. Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения: санитар.-эпидемиол. правила и нормативы : СанПиН 2.1.7.573-96 : утв. и введ. в действие постановлением Гл. гос. врача РФ № 46 от 31.10.96 / Федер. служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. - Изд. офиц. - М.: Минздрав России, 2012. - 56 с.
6. Аверьянов, А.Г. Анализ существующих способов утилизации птичьего помета. / Аверьянов, А.Г. Старунов. М.: ИМЭМО РАН, 2014. – 82 с.
7. Алексеев, С.Е. Применение озонирования для интенсификации процессов очистки природных и сточных вод // Водочистка - №2, 2015. – 23 с.
8. Андрюхин, Т. Я. Опыт анаэробного сбраживания птичьего помета при различных температурных режимах. / Т. Я. Андрюхин, В. С. Буренков // Биогаз 87 : тез. докл. совещ. по техн. Биоэнергетике. - Рига, 2013. – 73 с.
9. Андрюхин, Т.Я. Рециркуляционное анаэробное сбраживание отходов сельского хозяйства с выработкой биогаза. Биотехнология. - 2-е изд., перераб. - М.: Энергоиздат, 2014. - 320 с.

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

- 10.Архипченко, И. А. Оптимизация процесса компостирования и влияние биокомпостов на урожай / И. А. Архипченко, О. В. Орлова // Агрохимический вестник. – 2016. – № 5. – С. 22-24.
- 11.Ахмедов, Р. Б. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии / Р. Б. Ахмедов. – Москва : Знание, 2013. – 46 с.
- 12.Баадер, В. Биогаз: теория и практика. / В. Баадер, Е. Доне, Бренндерфер; пер. с нем. и предисловие М. И. Серебряного. – Москва: Колос, 2013. – 148 с.
- 13.Бакулов, И.А., Кокурин, В.А., Котляров, В.М. Передвижная установка для обеззараживания сточных вод. Покров, 2014. – 25 с.
- 14.Баротфи, И. Энергосберегающие технологии и агрегаты на животноводческих фермах. / И. Баротфи, П. Рафай ; пер. с венг. Э. Шандора, А. И. Залепухина. – Москва :Агропромиздат, 2013. – 227 с.
- 15.Белоусова, Н. И. Биогаз универсальное топливо. Н. И. Белоусова, О. В. Егорова Мясная индустрия, - N 11. 2017. – 59 с.
- 16.Бобович, Б.Б., Девяткин В.В. Переработка отходов производства и потребления. Москва: Колос, 2013. – 78 с.
- 17.Васильев, В.А., Шершнев, А.А., Резваткина, Т.Г., Андрюхин, Т.Я., Гриднев П.И., Ковалев А.А. Влияние метанового сбраживания бесподстилочного навоза на изменение химического состава и эффективности его как удобрения. Агрохимия, №9, 2015 г. – 203 с.
- 18.Глазков, И. К. Методические рекомендации по проектированию систем удаления, обработки, обеззараживания, хранения и утилизации навоза и помета / Разраб.: Глазков, И. К., Ковалев, Н. Г., Максимовский, Н. С. и др. М., «Недра». – 2013 г., - 648 с.
- 19.Голубев, И. Г. Рециклинг отходов в АПК: справочник / Голубев, И. Г., Шванская, И. А., Коноваленко, Л. Ю., Лопатников, М. В. М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2013 г. - 296 с.
- 20.Дабаева, М.Д. Эколого-безопасная утилизация отходов: монография. М., «Недра», 2014 г. - 148 с.

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

21. Друзьянова, В. П. Биогазовая установка для применения в частных животноводческих хозяйствах. / В. П. Друзьянова, Е. Н. Кобякова // Научные исследования и разработки к внедрению в АПК : материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, посвящ. 80-летию образования ИрГСХА, (28-29 апр. 2014 г., г. Иркутск). - Иркутск, 2014. – 138 с.
22. Друзьянова, В. П. К переработке и утилизации органических отходов сельского хозяйства. / В. П. Друзьянова, Д. С. Осипов, Я. С. Семенов // Химия под знаком Сигма: исследования, инновации, технологии : материалы Всерос. науч. молодеж. шк.-конф. - Омск, 2012. – 231 с.
23. Запевалов, С.М. Дозирование и смешивание птичьего помета с минеральными компонентами при приготовлении органоминерального удобрения. / С.М. Запевалов, А.С. Саплинов. // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, – 2013г. 156 с.
24. Запевалов, М.В. Обезвоживание птичьего помета перед его переработкой. / М.В. Запевалов, А.М. Бердышев, С.М. Запевалов. // Аграрный вестник Урала. — 2013. – № 1. 44 с.
25. Караева, Ю. В. Биогазовые технологии: курс лекций / сост. Ю. В. Караева; Учр. Рос. Акад. Наук ; Казан. науч. центр. РАН; Исследоват. центр проблем энергетики. – Казань, 2013. – 61 с.
26. Ковалёв, А.А. Научные основы построения расчёта технологических линий производства биогаза. Научные труды ВИЭСХ. Энергетика и электромеханизация сельского хозяйства. М., 2015 г. – 57 с.
27. Ковалев, А. А. Перспективы применения анаэробного сбраживания для переработки навоза. / А. А. Ковалев, П. И. Гриднев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - № 8. – 2015 г. – 39 с.
28. Ковалев, А. А. Повышение энергетической эффективности биогазовых установок. / А. А. Ковалев. – Москва, ВИЭСХ, 2014 г. – 119 с.

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

- 29.Ковалев, А. А. Технологии и технико-энергетическое обоснование производства биогаза в системах утилизации навоза животноводческих ферм. / А. А. Ковалев. - Москва, ВИЭСХ, 2015 г. - 330 с.
- 30.Ковалев, А. А. Результаты исследований экспериментальной биогазовой установки / А. А. Ковалев, В. П. Лосяков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - № 11. – 2016 г. – 62 с.
- 31.Кокурин, В.А., Бакулов, И.А., Котляров, В.М. Передвижная установка для обеззараживания сточных вод. Покров, 2014. – 25 с.
- 32.Корнев, В. В. Биогазовая энергоустановка с оптимальными параметрами / В. В. Корнев // Газпромрегионгаз. – 2016 г. – 21 с.
- 33.Ковалев, А. А. Технологии и технико-энергетическое обоснование производства биогаза в системах утилизации навоза животноводческих ферм. / А. А. Ковалев. - Москва, ВИЭСХ, 2015 г. - 330 с.
- 34.Малофеев, В.М. Биотехнология и охрана окружающей среды: Учебное пособие. М.: Издательство Арктос, 2014 г. – 134 с.
- 35.Мариненко, Е.Е. Основы получения и использования биотоплива для решения вопросов энергосбережения и охраны окружающей среды в жилищно-коммунальном и сельском хозяйстве: Учебное пособие. – Волгоград: ВолгГАСА, 2013. - 100 с.
- 36.Осокин, В. Л. Семенов, Д. А. Дулепов, Д. Е. Сбитнев, Е. А. Нетрадиционные и возобновляемые источники электрической энергии. Учебное пособие, Княгинино, УДКББК - 2012. – 201 с.
- 37.Панцхава, Е.С. Биогазовые технологии – радикальное решение проблем экологии, энергетики и агрохимии / Е.С. Панцхава // Теплоэнергетика. – 2014 г. – 62 с.
- 38.Семенова, П. Я. Бесподстилочный навоз и его использование для удобрения. / Семенова, П. Я., Кориат, Г., Бельке, М., Ведекинд П. - Москва : Колос, 2012. - 271 с.

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

- 39.Сбитнев, Е. А, Осокин, В. Л. Семенов, Д. А. Дулепов, Д. Е. Нетрадиционные и возобновляемые источники электрической энергии. Учебное пособие, Княгинино, УДКББК - 2012. – 201 с.
- 40.Стребков, Д.С., Ковалев А.А. Биогазовые установки для обработки отходов животноводства. // Техника и оборудование для села – 2016. - №11. – 30 с.
- 41.Федоренко, И.Я. Ресурсосберегающие технологии и оборудование в животноводстве. Учебное пособие, Санкт-Петербург: Лань, 2012. — 304 с.
- 42.Хахалева, Л.В.Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии.Пособие для проведения лабораторного практикума. – Ульяновск: Изд-во УлГТУ, 2017 – 21 с.
- 43.Чадова, Н.А., Чадов, А.Ю. Технологии производства биогаза и перспективы его применения в России // Материалы VIII Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <http://www.scienceforum.ru/2017/2203/28016> (дата обращения: 10.12.2018).
- 44.Четошникова, Л.М.Нетрадиционные возобновляемые источники энергии: учебное пособие. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2012. – 69 с.
- 45.Шерьязов, С.К., Пташкина-Гирина, О.С. Использование возобновляемых источников энергии в сельском хозяйстве: учебное пособие / С.К. Шерьязов, О.С. Пташкина-Гирина. – Челябинск: ЧГАА, 2013.- 280 с.
- 46.Шерьязов, С.К. Анализ способов переработки навоза животных для получения биогаза / С.К. Шерьязов, Ж.Б. Телюбаев // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Матер. Всеросс. науч.-практ. конф. // Екатеринбург: УрФУ, 2016. – С. 667-670.
- 47.Шершнева, А.А., Васильев, В.А., Резваткина, Т.Г., Андрюхин, Т.Я., Гриднев П.И., Ковалев А.А. Влияние метанового сбраживания бесподстилочного навоза на изменение химического состава и эффективности его как удобрения. Агрехимия, №9, 2015 г. – 203 с.

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

- 48.Щербо, А. С. К вопросу об использовании биогаза в качестве источника энергии / А. С. Щербо // Сборник трудов молодых ученых первого международного экологического конгресса (третьей международной научно-технической конференции) «Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов ELPIT 2014», 20-23 сентября 2014 г. – Тольятти, 2014. – Т. II. – 433 с.
- 49.Эдер, Б., Биогазовые установки. Практическое пособие. Основы планирования. Строительство. Типы установок. Экономическая обоснованность. / Б. Эдер, Ш. Хайнц. – 2016 г., – 218 с.
- 50.Росстат. - <http://agromax.ru/novosti/rosstat-rossiya-v-yanvare-uvlechila-proizvodstvo-selhozprodukcii-na25/>
- 51.Экологическая обстановка на животноводческих комплексах, фермах, птицефабриках и прилегающих к ним территориях. - <http://pandia.ru/text/77/499/12471.php>
- 52.Европейская биогазовая ассоциация. - <https://www.europeanbiogas.eu/>
- 53.Постановление Правительства Российской Федерации. О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 - 2020 годы: утвержден постановлением Правительства от 14 июля 2012 г. № 717.
- 54.Имранова, Е. Л., Кириенко, О. А., Изготовление компоста из растительных отходов: методические указания. // Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2010. – 17 с.
- 55.ООО «Приволжский завод газоочистного оборудования». – <http://gas-cleaning.ru>
- 56.Суслов Д.Ю., Разработка системы газоснабжения сельскохозяйственного предприятия с использованием биогаза. // Изд-во Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2014 г.
- 57.Производитель когенерационных установок TEDOM. – <http://tedom.com>

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

58. Чижумов, С. Д. Основы гидродинамики : учеб. пособие / С. Д. Чижумов. Комсомольск-на-Амуре : ГОУВПО «КНАГТУ», 2007. – 106 с.
59. ООО «Чебаркульская птица». – <https://chpt.ru/>
60. Шерязов С. К., Ильин Ю. П., Телюбаев Ж. Б. Анализ параметров элементов имитационной динамической модели биогазовой установки для мезофильного режима брожения // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : матер. Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием (Екатеринбург, 15–18 декабря 2015 г.). Екатеринбург : УрФУ, 2015. С. 446–449.

					13.04.02.2020.288.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77