



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»  
Институт химии и инженерной экологии  
Кафедра «Химия, химические процессы и технологии»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Г.И. Остапенко

(подпись)

(И.О. Фамилия)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студенту: Касаткину Александру Олеговичу

**1. Тема:** разработка грунтового реактора для переработки твердых бытовых отходов (ТБО).

**2. Срок предоставления законченной готовой работы:** 16 июня 2016 года.

**3. Исходные данные к проекту:** Установка предназначена для биоброжения пищевых отходов с целью получения биогаза. Производственная мощность установки 11060000 м<sup>3</sup>/год.

**4. Содержание текстового документа (перечень подлежащих разработке вопросов):** Введение, 1 Литературный обзор, 2 Технологическая часть, 3 Расчетная часть, 4 Экономическое обоснование дипломного проекта, 5 Безопасность и экологичность технического объекта, Заключение, Список используемых источников, Приложения.

**5 Перечень графического материала:** (с точным указанием обязательных чертежей): 1 Соотношение различных методов переработки ТБО, 2 Морфологический состав ТБО г.о. Тольятти, 3 Дифференцированный сбор ТБО, 4 Схема биогазовой установки, 5 Биореактор, 6,7 Мокрый газгольдер 8 Экономические показатели.

## **6. Консультанты:**

Экономичность дипломного проекта: к.э.н., доцент Краснослободцева Анна Евгеньевна

Безопасность и экологичность объекта дипломного проекта: старший преподаватель Нуров Кашиф Шарипович

Нормоконтроль: к.п.н., доцент Петрова Вероника Владимировна

7. Дата выдачи задания на выполнение дипломного проекта– 26.02.2016г.

Руководитель \_\_\_\_\_ Щукин В.П.

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_ Касаткин А.О.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»  
Институт химии и инженерной экологии  
Кафедра «Химия, химические процессы и технологии»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Г.И. Остапенко

(подпись)

(И.О. Фамилия)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН**

**выполнения дипломного проекта**

Студента: Касаткина Александра Олеговича

по теме: «разработка грунтового реактора для переработки твердых бытовых  
отходов (ТБО)»

| Наименование раздела<br>работы          | Плановый срок<br>выполнения<br>раздела | Фактический срок<br>выполнения<br>раздела | Отметка о<br>выполнении | Подпись<br>руководи-<br>теля |
|-----------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------|------------------------------|
| Введение                                | <b>10.03.2016</b>                      |                                           |                         |                              |
| Аналитическая часть                     | <b>20.03.2016</b>                      |                                           |                         |                              |
| Расчетно-<br>технологическая часть      | <b>20.04.2016</b>                      |                                           |                         |                              |
| Экономическая часть                     | <b>15.05.2016</b>                      |                                           |                         |                              |
| Безопасность и<br>экологичность проекта | <b>25.05.2016</b>                      |                                           |                         |                              |
| Нормоконтроль                           | <b>05.06.2016</b>                      |                                           |                         |                              |
| Выполнение чертежей                     | <b>01.06.2016</b>                      |                                           |                         |                              |
| Заключение                              | <b>02.06.2016</b>                      |                                           |                         |                              |
| Предварительная<br>защита               | <b>09.06.2016</b>                      |                                           |                         |                              |
| Оформление работы                       |                                        |                                           |                         |                              |

Руководитель дипломного  
проекта

(подпись)

В.П. Щукин

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

А.О. Касаткин

(И.О. Фамилия)

## АННОТАЦИЯ

В данном дипломном проекте представлены результаты проектирования установки грунтового реактора по переработки пищевых отходов в биогаз. Расчетами показано, что грунтовый реактор, размеры которого составляют: длина = 72.9 м, ширина = 10 м, глубина = 5 м и разделенным на девять секций, может перерабатывать пищевые отходы производимые в Центральном районе в количестве равному 30000 тонн в год. При этом возможно получение 11060000 м<sup>3</sup> газа в год и 9000 тонн эффлюента, который является хорошим удобрением для сельского хозяйства.

Полученный биогаз предложено использовать в качестве энергоносителя. Суммарный экономический эффект от реализации данного проекта может составлять величину более 21 млн.руб./год.

Дипломный проект состоит из расчетно-пояснительной записки объемом 118 страниц, 17 иллюстраций, 35 таблиц, 70 библиографических названий. Расчетно-пояснительная записка включает в себя: введение, литературный обзор, технологическую часть, расчетную часть, экономический расчет, безопасность и экологичность проекта, заключение, список использованных источников, приложения.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ .....                                                                            | 6  |
| 1 Литературный обзор .....                                                                | 8  |
| 1.1 Характеристика ТБО .....                                                              | 8  |
| 1.1.1 Классификация отходов .....                                                         | 13 |
| 1.1.2 Фракционный состав ТБО .....                                                        | 15 |
| 1.2 Анализ материалопотоков общества причиняющих вред биосфере .....                      | 16 |
| 1.3 Вопросы и предполагаемые решения проблемы утилизации твердо-<br>бытовых отходов. .... | 21 |
| 1.4 Направления первичной переработки отходов .....                                       | 24 |
| 1.5 Внедрение системы дифференцированного сбора отходов. ....                             | 26 |
| 1.6 Трудности внедрения системы .....                                                     | 32 |
| 1.7 Математическая модель системы дифференцированного сбора ТБО .....                     | 33 |
| 1.8 Положительные стороны системы дифференцированного сбора ТБО .....                     | 36 |
| 1.9 Биоброжение пищевых отходов .....                                                     | 36 |
| 1.10 Анаэробноебиоразложение органических веществ.....                                    | 37 |
| 1.10.1 Стадии анаэробного разложения органических веществ .....                           | 41 |
| 1.11 Биореакторы.....                                                                     | 45 |
| 1.12 Положительные стороны получения биогаза.....                                         | 47 |
| 2 Технологическая часть .....                                                             | 50 |
| 2.1 Принципиальная схема грунтового реактора.....                                         | 50 |
| 2.2 Функциональная схема биореактора.....                                                 | 51 |
| 2.3 Проектирование полигона.....                                                          | 52 |
| 2.3.1 Трассировка газопроводов .....                                                      | 53 |
| 2.4 Исходные данные .....                                                                 | 54 |
| 2.5 Строительство грунтовой биогазовой установки и выбор размера<br>реактора .....        | 55 |
| 2.5.1 Обеспечение герметичности реактора .....                                            | 55 |

|                                                                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.5.2 Система загрузки и выгрузки сырья .....                                                                                          | 56 |
| 2.5.3 Газопровод .....                                                                                                                 | 56 |
| 2.5.4 Краны и арматура .....                                                                                                           | 57 |
| 2.6 Газгольдер .....                                                                                                                   | 57 |
| 3 Расчетная часть.....                                                                                                                 | 58 |
| 3.1 Технологический расчет.....                                                                                                        | 58 |
| 3.1.1 Расчет объема реактора .....                                                                                                     | 58 |
| 3.1.2 Материальный баланс.....                                                                                                         | 60 |
| 3.2 Конструкционный расчет .....                                                                                                       | 65 |
| 3.2.1 Выбор насоса для откачки газа из биореактора.....                                                                                | 65 |
| 3.2.2 Выбор насоса для откачки отработанной биомассы из биореактора. ....                                                              | 66 |
| 3.2.3 Выбор и расчёт трубопроводов для откачки биогаза и отработанной биомассы. ....                                                   | 67 |
| 3.2.4 Выбор грузоподъемного оборудования для загрузки биомассы в биореактор и снятия и установки крышек люков секций биореактора ..... | 70 |
| 3.2.5 Проверка крышки секции биореактора на жесткость .....                                                                            | 72 |
| 3.2.6 Расчеты необходимого освещения .....                                                                                             | 74 |
| 4 Экономическое обоснование дипломного проекта .....                                                                                   | 77 |
| 4.1 Маркетинговый анализ.....                                                                                                          | 77 |
| 4.2 Описание производственной деятельности.....                                                                                        | 78 |
| 4.3 Расчет годовой производственной мощности.....                                                                                      | 78 |
| 4.4 Расчет капитальных вложений (инвестиций).....                                                                                      | 79 |
| 4.5 Организация труда рабочих .....                                                                                                    | 86 |
| 4.5.1 Расчет заработной платы рабочих.....                                                                                             | 88 |
| 4.6 Организация управления производством .....                                                                                         | 91 |
| 4.7 Расчет себестоимости продукции.....                                                                                                | 92 |
| 4.7.1 Расчет расходов на сырье .....                                                                                                   | 92 |
| 4.7.2 Расчет расходов на энергию.....                                                                                                  | 92 |
| 4.7.3 Расчет по заработной плате.....                                                                                                  | 93 |
| 4.7.4 Расчет расходов на содержание и эксплуатацию оборудования .....                                                                  | 95 |
| 4.7.5 Расчет цеховых расходов .....                                                                                                    | 96 |

|                                                                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.7.6 Анализ себестоимости 1000 м <sup>3</sup> продукции.....                                                                        | 96  |
| 4.8 Расчет экономической эффективности проекта.....                                                                                  | 97  |
| 5 Безопасность и экологичность технического объекта .....                                                                            | 100 |
| 5.1 Технологическая характеристика объекта .....                                                                                     | 100 |
| 5.2 Идентификация профессиональных рисков.....                                                                                       | 101 |
| 5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....                                                                          | 102 |
| 5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта .....                                                                     | 104 |
| 5.4.1 Идентификация опасных факторов пожара .....                                                                                    | 105 |
| 5.4.2 Разработка технических средств и организационных мероприятий по<br>обеспечению пожарной безопасности технического объекта..... | 107 |
| 5.4.3 Организационные (организационно-технические) мероприятия по<br>предотвращению пожара .....                                     | 108 |
| 5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта .....                                                                | 109 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....                                                                                                                     | 112 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....                                                                                               | 113 |

## ВВЕДЕНИЕ

Социальные, или твердые бытовые отходы населения в настоящее время на 80% свозятся на свалки и закапываются. При таком росте населения на планете, потребление природных ресурсов существенно возрастает и появляется необходимость вводить понятие «рециклинга» отходов и возвращать многие ценные (по Д.И. Менделееву) вещества в круговорот веществ, так как в противном случае можно довести планету до тотальной экологической катастрофы.

В настоящее время разработаны технологии утилизации многих компонентов отходов, которые повсеместно внедряются за рубежом. В этом вопросе наибольшую трудность утилизации представляют пищевые отходы, составляющие 40-45% от общего объема отходов.

Пищевые отходы могут быть безотходно утилизированы только в сельском хозяйстве, где они направляются непосредственно на откорм животных. В городах сельские методы утилизации отходов не применимы, т.к. отходы обязательно загрязняются стеклом, металлом и другими долгогнущими компонентами. Вместе с тем было замечено, что старые свалки, в которых захоранивались пищевые отходы, выделяют в окружающую природную среду метан и сопутствующие ему газы. Вследствие чего некоторые большие свалки в европейской части обвязываются специальными трубопроводами и скважинами и, с помощью создания вакуума, из них начинают откачивать биогаз. Если это возможно на стихийно образующихся свалках, то почему этот процесс не организовать на промышленной основе, в регулируемом и управляемом виде. Т.е. создать специальный грунтовый реактор, оснастить его системой загрузки-выгрузки отходов и полностью контролировать процесс биоброжения.

Данный дипломный проект направлен на создание регулируемого процесса биоброжения пищевых отходов. Рассмотрены характеристики твердых бытовых отходов (ТБО), классификация, история и методы

переработки, включая биоброжения пищевых отходов, который заложен в качестве основного подхода конструируемого грунтового реактора. Проведены технологические и конструкционные расчеты данного реактора.

Реализация данного проекта позволит:

- освободить земли от свалок;
- уменьшить вред наносимый человеком окружающей среде;
- значительно уменьшить загрязнение сточных вод;
- создать дешевую энергию и тепло.

# 1 Литературный обзор

## 1.1 Характеристика ТБО

Твёрдые бытовые отходы (ТБО, бытовой мусор) — непригодные для дальнейшего использования пищевые продукты и предметы быта или товары, потерявшие потребительские свойства, наибольшая часть отходов потребления [4]. К ТБО относятся отходы, образующиеся в жилых и общественных зданиях, торговых и других предприятиях (включая отходы от текущего ремонта квартир), отходы от отопительных устройств местного отопления, смет, опавшие листья, собираемых с дворовых территорий, и крупногабаритные отходы [14]. ТБО делятся также на отбросы (биологические ТО) и собственно бытовой мусор (небиологические ТО искусственного или естественного происхождения), последний часто на бытовом уровне именуется просто мусором. Такое определение соответствует зарубежному термину «твердые муниципальные отходы» (MunicipalSolidWaste) [18]. ТБО классифицируют по источникам образования, по морфологическому составу, по степени опасности, по направлениям переработки и т.д. Юридической основой для классификации ТБО в России служит Федеральный классификационный каталог отходов (ФККО), который классифицирует отходы по происхождению, агрегатному состоянию и опасности [4]. В ФККО используется термин «Твердые коммунальные отходы» код раздела 91000000 00 00 0. Масса мирового потока бытовых отходов составляет ежегодно около 400 миллионов тонн, из которых 80% уничтожается путем захоронения под землей [5].

В таблице 1.1 приведены данные о нормативах образования отходов на одного жителя в год в разных странах. Отмечается четкая тенденция возрастания данного параметра в странах с большим доходом на душу населения (США).

Таблица 1.1 - Твердые бытовые отходы на душу населения (по разным странам)

| Страна                                          | Количество ТБО, кг/год на 1 жителя |
|-------------------------------------------------|------------------------------------|
| Соединенные Штаты Америки (США)                 | Более 700                          |
| Бельгия<br>Великобритания<br>Германия<br>Япония | 340 – 440                          |
| Австрия<br>Финляндия                            | Более 600                          |
| Россия                                          | 400-450                            |

Сложности на пути выработки экономического механизма природопользования огромны и связаны с необходимостью изменения сложившихся представлений о человеческих ценностях, выработки специального налогового механизма, сопоставления результатов и затрат, оценки использования невозполнимых природных ресурсов.

Объемы отходов в цивилизованных странах во много раз превышают объемы отходов слаборазвитых стран. В таблице 1.2 приведен сравнительный анализ данного утверждения.

Таблица 1.2 - Распределение отходов по категориям в разных странах, %

| Виды материалов             | США   | Европа | Корея | Россия |
|-----------------------------|-------|--------|-------|--------|
| Бумага                      | 38,10 | 33,50  | 27    | 35     |
| Крупногабаритные материалы  | 12,10 | 12,20  | —     | —      |
| Пищевые/органические отходы | 10,90 | 34,70  | 23    | 40     |
| Пластик                     | 10,50 | 11,60  | 7     | 5      |
| Металлы                     | 7,80  | 5,30   | 9     | 3      |
| Резина, кожа, текстиль      | 6,60  | —      | 3     | 2      |
| Стекло                      | 5,50  | 2,80   | 5     | 3      |
| Дерево                      | 5,30  | 2,10   | 4     | 3      |
| Прочие                      | 3,20  | —      | 20    | 9      |

|        |     |     |     |     |
|--------|-----|-----|-----|-----|
| Итого: | 100 | 100 | 100 | 100 |
|--------|-----|-----|-----|-----|

Сравнительная характеристика основных показателей образования и утилизации отходов в различных странах приведена в таблице 1.3. Даже в сравнительно развитых странах (США, Япония, Германия) доля рециркулирующих отходов не превышает 15-16 %, и преобладающими способами обращения с отходами являются сжигание и захоронение.

Таблица 1.3 - Сравнительная характеристика основных показателей образования и утилизации отходов в различных странах

| Наименование показателя                                | Россия      | США         | Япония   | Германия              |
|--------------------------------------------------------|-------------|-------------|----------|-----------------------|
| Общее количество бытовых отходов в год, млн. тонн      | 150         | 200         | 50       | 35                    |
| Количество отходов, приходящееся на 1 жителя в год, кг | 400         | 700         | 390      | 440                   |
| Применение селективного сбора ТБО                      | Нет         | Частично    | Развито  | Развито               |
| Преобладающий способ обращения с отходами              | Захоронение | Захоронение | Сжигание | Вторичная переработка |
| Доля рециркулируемых отходов, %                        | 3.0         | 16.7        | 29.7     | 51.0                  |

Как видно из приведенных данных существующие методы утилизации ТБО не повышают эффективность техноциклов и не решают кардинально проблему их возврата в великий круговорот материи, в котором очень сильно будет нуждаться общество будущего. Решить проблему можно только принципиально новым подходом, известным на Руси, к сожалению, с давних пор по работе "старьевщиков", собиравших на подводы старую рухлядь. Они значительно раньше всех в России и мире осознали великую фразу Д.И.

Менделеева и начали дифференцированно собирать "ценные вещества" и искать им нужные места [41]. В таблице 1.4 приведено сравнение морфологического состава ТБО, собираемых в жилом фонде.

Таблица 1.4 - Сравнение морфологического состава ТБО, собираемых в жилом фонде [5]

| Компонент           | ТБО жилого фонда, % по массе |
|---------------------|------------------------------|
| Пищевые отходы      | 35...45                      |
| Бумага, картон      | 32...35                      |
| Дерево              | 1...2                        |
| Черный металлолом   | 3...4                        |
| Цветной металлолом  | 0,5...1,5                    |
| Текстиль            | 3...5                        |
| Кости               | 1...2                        |
| Стекло              | 2...3                        |
| Камни, штукатурка   | 0,5...1                      |
| Кожа, резина        | 0,5...1                      |
| Пластмасса          | 3...4                        |
| Прочее              | 1...2                        |
| Отсев (менее 15 мм) | 5...7                        |

В России ежегодно образуется около 130 млн. куб. м твердых бытовых отходов (ТБО) [21]. При массе одного кубического метра ТБО (неуплотненного) 200-220 кг это составляет 26-28 млн. т в год. Из этого количества промышленной переработке подвергается не более 3%, остальное вывозится на свалки и полигоны для захоронения ТБО с отчуждением земель в пригородных зонах [24]. Захораниваемые отходы представляют собой серьезный источник загрязнения окружающей среды, т.к. подавляющее большинство полигонов по своему обустройству не обеспечивают экологическую безопасность, не говоря уже о множестве локальных неконтролируемых (несанкционированных) свалках, число которых не уменьшается [21]. Как отмечалось выше, надлежащая утилизация пищевых отходов безотходно может быть реализована только в сельской местности.

Старые свалки «газят» образующимся в их недрах «свалочным» газом, в составе которого более 60 % метана.

Намеченные принципы системы обращения с отходами обосновывают задачу исследований. В сущности, каждый из них не противоречит тому, что можно создать экономически рентабельную систему обращения с отходами. На фоне возрастающего потребительского давления на природу действительно можно оценить количественную пагубность существующей системы и с учетом энергетических затрат, токсичности отходов и их адаптации к условиям утилизации на планете Земля, создать рыночный механизм их обращения, принять отходы за исходную руду для извлечения из них (без дальнейшего разрушения природы и для вторичного получения) ценных для жизнедеятельности человека веществ. Математические модели каждого из приведенных принципов обнадеживают и озадачивают общество в необходимости заранее подумать о финансовой основе реализации данных принципов. На начальной стадии их реализация, конечно, будет затратной. Отходы никогда не будут оптимальной рудой для получения ценных веществ. Но так же как с утилизацией ламп дневного света, в массе которых всего 0.004% ртути созданы технологии ее извлечения, учитывающие ее высокую токсичность, так возможно создать подобные технологии в отношении к другим отходам. Общество должно платить за благо, которое дает им рынок и наука. Из мусора можно извлекать значительно больше пользы, чем это делается сейчас. Отходы могут быть широко использованы в качестве природной руды для извлечения других элементов периодической системы Д.И. Менделеева, так как ничего другого по сравнению с таблицей в них нет. Если потребуются необходимые дотации на реализацию таких технологий, общество должно их иметь.

В связи с ростом городского населения все большее значение приобретает проблема вывоза отходов на дальнее расстояние. Среднее по России расстояние вывоза ТБО составляет 20 км, в крупных городах с населением более 500 тыс. жителей оно возрастает до 45 км и более [32]. По

данным обследования 100 городов РФ (без Москвы и Санкт-Петербурга), около 45% всех ТБО транспортируются на расстояние 10-15 км, 40% - на 15-20 км, а 15% всех отходов - на более чем 20 км [41]. Как показывают статистические данные, дальность вывоза ТБО ежегодно возрастает в среднем на 1,5 км, а себестоимость их транспортировки соответственно на 15-20% [32]. На рисунке 1.1 показан состав ТБО по г. Тольятти в процентах.

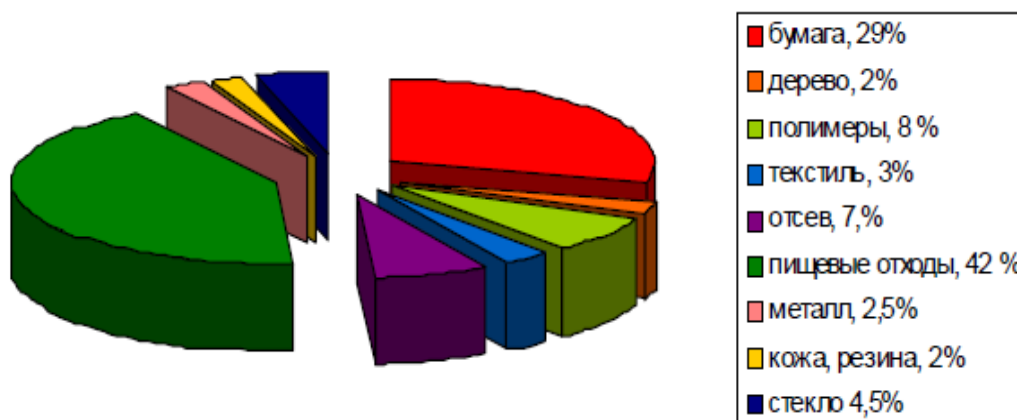


Рисунок 1.1 - Морфологический состав ТБО г. Тольятти по фракциям

#### 1.1.1 Классификация отходов

По происхождению:

- Промышленные отходы — твердые отходы, полученные в результате жизнедеятельности производства (не использованные остатки сырья, возникающие в ходе технологических процессов) [54].

- Отходы, не используемые в рамках данного производства, но применяемые в других производствах, являются вторичным сырьём.

- Строительные отходы — образуются в результате строительно-монтажных работ, работ по ремонту зданий, сооружений дорожной инфраструктуры, а также при их сносе. Состоят из боя кирпича, застывшего раствора в кусковой форме, щебня, древесных отходов, металлического лома, промышленной тары и др. Класс опасности 3-4 [32].

- Твердые бытовые отходы — образуются в жилом секторе, в предприятиях торговли, административных зданиях, учреждениях, конторах, дошкольных и учебных заведениях, культурно-спортивных учреждениях, железнодорожных и автовокзалах, аэропортах, речных портах. Кроме того к ТБО относятся крупногабаритные отходы, дорожный и дворовый мусор. Состоят из бумаги, пластмассы, мебели, стекла, одежды и вещей, отслуживших свой срок, пищевых отходов. Класс опасности 4-5 [32].

По агрегатному состоянию:

- твердые;
- жидкие;
- газообразные.

По классу опасности для окружающей природной среды:

- 1й — чрезвычайно опасные;
- 2й — высоко опасные;
- 3й — умеренно опасные;
- 4й — малоопасные;
- 5й — практически неопасные.

В таблице 1.5 отражены классы опасности отходов.

Таблица 1.5 -Классификация по опасности отходов [19]

| Класс опасности отхода для окружающей природной среды | Степень вредного воздействия опасных отходов на окружающую природную среду | Критерии отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                     | 2                                                                          | 3                                                                                    |
| I КЛАСС<br>Чрезвычайно опасные                        | Очень высокая                                                              | Экологическая система необратимо нарушена. Период восстановления отсутствует         |
| II КЛАСС<br>Высокоопасные                             | Высокая                                                                    | Экологическая система сильно нарушена. Период восстановления не менее 30 лет после   |

|  |  |                                                   |
|--|--|---------------------------------------------------|
|  |  | полного устранения источника вредного воздействия |
|--|--|---------------------------------------------------|

Продолжение таблицы 1.5

| 1                                 | 2            | 3                                                                                                                                    |
|-----------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| III КЛАСС<br>Умеренно опасные     | Средняя      | Экологическая система нарушена. Период восстановления не менее 10 лет после снижения вредного воздействия от существующего источника |
| IV КЛАСС<br>Малоопасные           | Низкая       | Экологическая система нарушена. Период самовосстановления не менее 3-х лет                                                           |
| V КЛАСС<br>Практически не опасные | Очень низкая | Экологическая система практически не нарушена.                                                                                       |

### 1.1.2 Фракционный состав ТБО

Фракционный состав ТБО – процентное содержание массы компонентов, проходящих через сита с ячейками различного размера – оказывает влияние как на технологию и организацию сбора и транспорта, так и на параметры оборудования МПЗ или стационарного пункта приема ТБО.

В таблицу не вошли данные о крупногабаритных отходах (старая мебель, холодильники, стиральные машины, обрезки деревьев, крупная упаковочная тара), т.е. о ТБО, не вмещающихся в стандартные контейнеры и собираемых отдельно. Процентные соотношения морфологического состава ТБО весьма условны, так как на соотношение составляющих оказывают влияние степень благоустройства жилого фонда, сезоны года, климатические и другие условия. В составе ТБО постоянно увеличивается содержание бумаги, пластмасс, фольги, различного рода банок, полиэтиленовых пленок и других упаковок. Особенно велики сезонные колебания пищевых отходов —

с 28% весной до 45% и более летом и осенью. Приблизительный фракционный состав ТБО отражен в таблице 1.6.

Таблица 1.6 -Ориентировочный фракционный состав ТБО, % по массе [3]

| Компонент         | Размер фракций, мм |           |           |           |           |
|-------------------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                   | более 250          | 150...250 | 100...150 | 50...100  | менее 50  |
| Пищевые отходы    | —                  | 0...1     | 2...10    | 7...12,6  | 17...21   |
| Картон, бумага    | 3...8              | 8...10    | 9...11    | 7...8     | 2...5     |
| Дерево            | 0,5                | 0...0,5   | 0...0,5   | 0,5       | 0...0,5   |
| Металл            | —                  | 0...1     | 0,5...1   | 0,8...1,6 | 0,3...0,5 |
| Текстиль          | 0,2...1,3          | 1...1,5   | 0,5...1   | 0,3...0,8 | 0...0,6   |
| Кости             | —                  | —         | —         | 0,3...0,5 | 0,5...0,9 |
| Стекло            | —                  | 0...0,3   | 0,3...1   | 1...2     | 1...1,6   |
| Кожа, резина      | —                  | 0...1     | 0,5...2   | 0,5...1,5 | —         |
| Камни, штукатурка | —                  | —         | 0,2...1   | 0,5...1,8 | 0,5...2   |
| Пластмасса        | 0...0,2            | 0,5...1   | 1..2,2    | 1...2,5   | 0,2...0,5 |
| Прочее            | 0...0,3            | 0,2...0,6 | 0...0,5   | 0...0,4   | 0...0,5   |
| Отсев             | —                  | —         | —         | —         | 4...6     |
| Всего             | 7,0                | 13,3      | 22,1      | 25,3      | 32,3      |

## 1.2 Анализ материалопотоков общества причиняющих вред биосфере

Рост экономики, то согласно прогнозу Всемирного банка (1997) прирост реального ВВП для всех стран мира до 2010 г. составит в среднем 3,4% в год, а для периода с 1992 по 2020 г. - 2,9% в год. Последняя цифра складывается из прироста ВВП развитых стран на уровне 2,4%, развивающихся стран - на уровне 5,4% и стран “большой пятерки” (Китай, Индия, Бразилия, Индонезия, Россия) - на уровне 5,8% в год. В России прогноз реализовался и прирост ВВП в 2005 г. составил более 6%. К сожалению, продолжающийся международный экономический кризис во многом может изменить данные прогнозы.

Приведенные результаты демографического наполнения планеты тревожны и отражают пропорциональное возрастание давления на природу и существенное увеличение отходов жизнедеятельности человека. В этих условиях наиболее рациональным путем сохранения природы является путь увеличения эффективности техноциклов и их приближения к эффективности безотходных биоциклов.

Биосфера использовала единственную возможность превращения конечного вещества в бесконечное через включение его в круговорот. В ходе естественного отбора образовались фотосинтезирующие организмы, которые не питались готовым органическим веществом, а создавали его сами, используя солнечный свет для преобразования углекислого газа, минеральных солей и воды. Отходом этого способа питания стал кислород, который, во-первых, сделал возможным появление многоклеточных представителей животного мира, нуждающихся в получении энергии из уже готовых органических веществ путем их окисления, а во-вторых, создал защиту от смертельного для белковых соединений воздействия ультрафиолетового излучения, т.к. некоторая часть свободного кислорода превратилась в озон, являющийся сильнейшим его поглотителем. Таким образом, живые существа получили возможность выбраться из воды, защищавшей их от действия излучения, на сушу и постепенно распространились по всей планете, полностью изменив ее облик.

На рисунке 1.2 приведено символическое сравнение функционирования биоциклов природы и техноциклов общества. В биоциклах материальный баланс при переходе от стадии к стадии сохраняется, т.е. полностью выполняется фундаментальный закон сохранения материи. В техноциклах на каждой стадии превращения материи на следующую стадию передается меньшее количество материи на величину отходов, которые поступают на обезвреживание в природу.

Образовался замкнутый круг взаимозависящих и взаимоприспособленных организмов и процессов, среди которых нет ни

одного лишнего; каждый выполняет свою функцию, отходы жизнедеятельности одного являются условием жизни другого. Правило взаимоприспособленности гласит, что в природе нет, и не может быть «плохих» и «хороших» видов, все они необходимы для ее нормального развития. Животные не могли питаться и дышать без помощи растений. Но и растения без животных очень быстро бы погибали, так как некому было бы перерабатывать и разлагать образовавшуюся органику на воду, углекислый газ и минеральные соли, предотвращая захламление планеты отмершими останками и возобновляя запасы питательных веществ для новых поколений растений. Живые организмы участвуют также в общем круговороте веществ в природе и формировании облика нашей планеты. Через них проходит и с их помощью перемещается по планете или вступает в новые соединения большинство химических элементов. В этом заключается значение геохимической деятельности живых организмов.

Таким образом, можно сказать, что природа реализовала круговорот веществ для поддержания жизни. Этот круговорот выглядит следующим образом (рисунок 1.2).

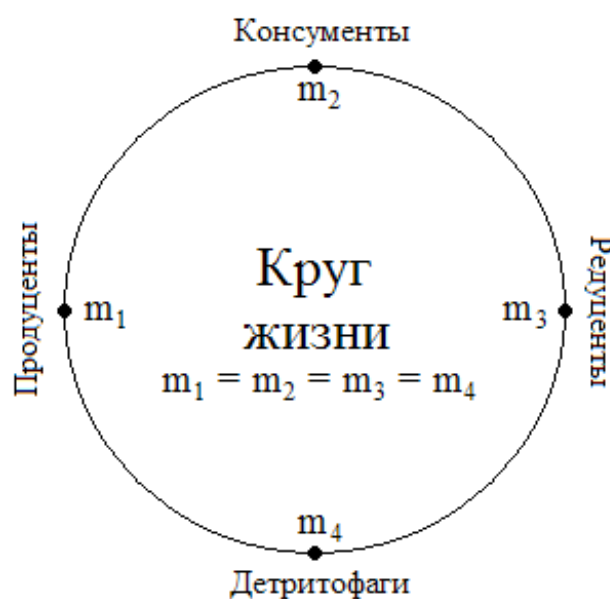
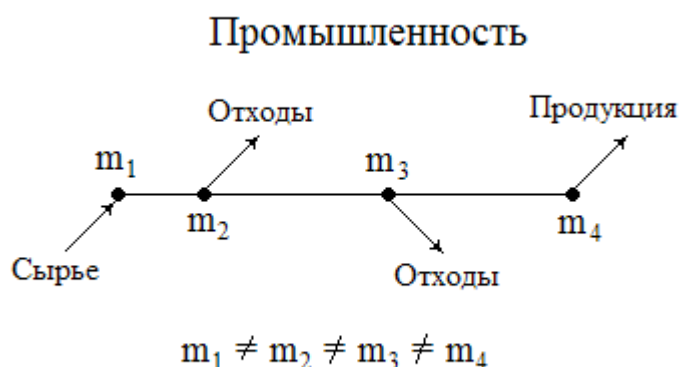


Рисунок 1.2 - Круговорот вещества в природе

Человек в созданной им техносфере создал множество непонятных природе веществ. В природе не предусмотрены организмы, отвечающие за их переработку. Вместе с тем, человек постоянно выбрасывает эти вещества в природу, поскольку у него нет 100%-замкнутых циклов. Вместо этого у него есть прямолинейное продвижение веществ от начала и до конца



производства (рисунок 1.3) и неполный цикл (рисунок 1.4).

Рисунок 1.3 - Прямолинейное движение вещества в промышленности

Рисунок 1.4- Неполный цикл вещества в промышленности

Необходимо так же отметить, что любая продукция в конечном итоге после эксплуатации становится отходом и для реализации биоциклов в обеспечении жизни человека необходимо создавать безотходные



техноциклы, максимально приближенные по эффективности к биоциклам круговорота веществ и элементов в природе. Одним из вариантов достижения этого - повышение коэффициента использования отходов.

Если рассмотреть массопотоки, входящие в общество для его обеспечения по всем направлениям жизнедеятельности, то можно отметить, что для общества создана и работает колоссальная индустрия, в то время как на выходе из общества ничего не создано, кроме мусоровозов и экономически нерентабельных "монстров" - мусороперерабатывающих заводов, которые с философской, технической, химической и других точек зрения просто не в состоянии справиться с такими массопотоками отходов, данные доводы отражены на рисунке 1.5.

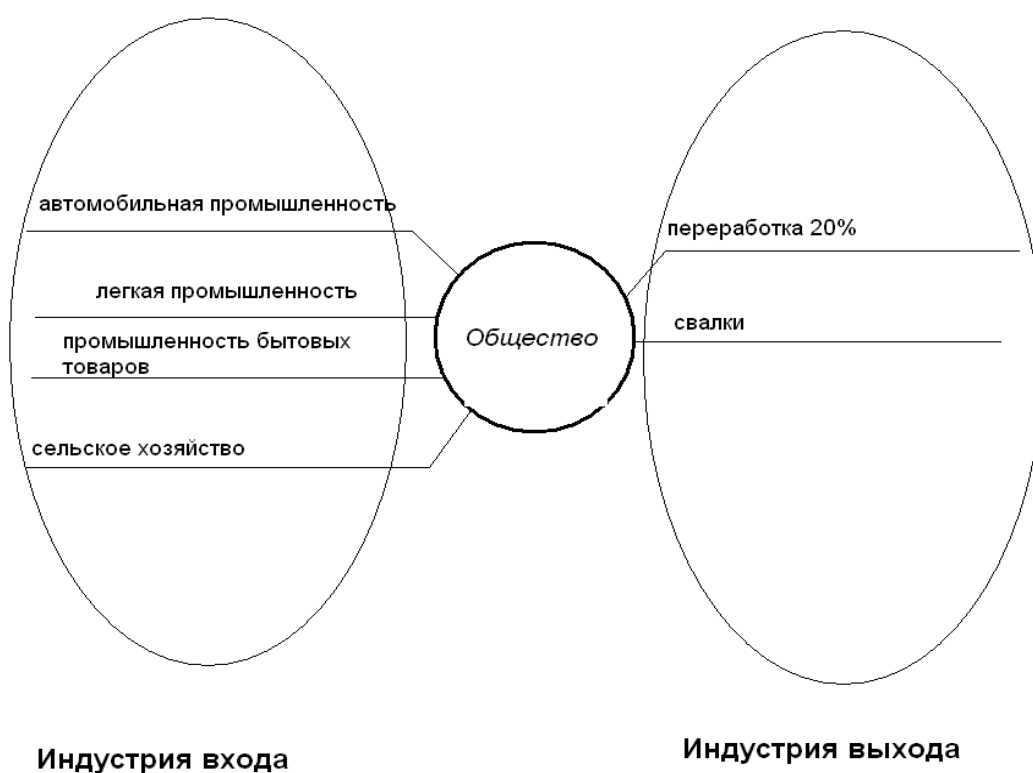


Рисунок 1.5 - Индустрия входа и выхода в обществе

Настало время, когда всерьез необходимо задуматься над этим и начать создавать на выходе индустрию дифференцированного сбора и повторного использования отходов, работающую в духе великого выражения Д.И.

Менделеева по поиску "нужных мест" ценным веществам. Тем более, что негласный, примитивный, дифференцированный сбор отходов силами "бомжей" уже идет. Все это подчеркивает насущную необходимость скорейшей разработки и внедрения в материалопотоки индустрии выхода. Это позволит существенно оздоровить ситуацию в нашем городе Тольятти, сделать его чище и экологически более обустроенным и постепенно превратить в экосферу – сферу гармоничного сочетания интересов социума, промышленности и природы, в которой должны проживать экологически грамотные люди - “HOMOECOLOGUS”.

### 1.3 Вопросы и предполагаемые решения проблемы утилизации твердо-бытовых отходов

Результаты исследований открывают широкие возможности малому бизнесу. Правильно организованное экологическое предпринимательство может стать эффективным дополнением к рыночному механизму охраны природы, и их сочетание позволит создавать ситуации невозможности нарушения экологического законодательства.

Формы организации экологического предпринимательства могут быть самыми различными и их применение позволит значительно оздоровить окружающую природную среду. Анализ содержимого мусоросборочных контейнеров, приведенный выше, показывает, что в нем содержится значительное количество ценных для повторного использования веществ.

Мусороперерабатывающие заводы – это тупиковый и дорогостоящий (10-30 \$/т ) путь борьбы с твердыми бытовыми отходами, который никогда не может быть рентабельным. Методы, применяемые на таких заводах, оказывают самостоятельное дополнительное влияние на природу. Например, - сжигание. Зачем сжигать ценные вещества, загрязняя при этом атмосферу? Их надо вернуть на повторное использование (рецикл), снижая тем самым добычу и безвозмездное изъятие не возобновляемых ресурсов, нарушающих природные объекты. Зачем внедрять на таких заводах селективную

переборку отходов, испытавших стадию негативного воздействия друг на друга в результате смешения? Полезный выход весьма мал (не более 20%), а условия труда работников отвратительные. Другие заводы, например, предлагаемые России французскими фирмами, используют магнитное, ветровое, ситовое и другое оборудование, в котором отсеивают 15-20% твердых отходов. Затем оставшаяся масса высыпается на широкий стол, за которым 19 чел. в смену, вручную начинают разбирать то, что было бездумно смешано на первичной стадии, То же самое делают работники Тольяттинского мусороперерабатывающего завода, построенного на территории бывшего ОАО «Куйбышевфосфор».

Из мусора можно извлекать значительно больше пользы, чем это делается сейчас. Это один из реальных путей повышения эффективности техноциклов с приближением их без больших затруднений и затрат к эффективности безотходных природных биоциклов и реальный путь снижения в ближайшее время давления добывающей промышленности на природу.

При индивидуальном подходе к каждому компоненту отходов возникают идеи вторичного их использования. В современных условиях и особенно опираясь на малые формы бизнеса можно создать более эффективные организационные структуры. Индустрия выхода, которая обеспечена колоссальным количеством «дармового» ценного исходного сырья, только еще начинает организовываться.

Наиболее эффективной формой является организация сбора бытового мусора на первичном уровне, в месте его образования, в пределах одного мусоросборочного пункта, в пределах одного квартала. Расчеты показывают, что решение сложнейшей химической проблемы по переработке и утилизации бытового мусора должна начинаться на первичной стадии, до наступления стадии смешения.

Главными стадиями вклинивания малого бизнеса в сферу обращения с отходами являются организационные. Прежде всего, необходимо

организовать приличные приемные пункты в каждом квартале. Для распределения электроэнергии и воды в высокие здания в каждом квартале строятся подстанции. А почему не построить такие же для дифференцированного сбора и первичной переработки бытового мусора? В сумме, согласно расчетов, это будет пункт по размерам не более привычных квартальных трансформаторных подстанций.

Каждый пункт в сутки накапливает от 0,7 до 2.5 тонн отходов, которые в дифференцированном виде легко могут быть первично переработаны (спрессованы, измельчены и т.д.) Для этого на каждом пункте достаточно 2-х-3-х работников и простейшее оснащение оборудованием. Общий доход таких пунктов может составлять от 0.9 до 2.0 млн.руб/год. При этом, если при пункте разместить помещения для складирования переработанного сырья, продажи вторичной одежды, обуви, стекла, посуды, обеспечения дачников древесными отходами, бывшей в употреблении мебели, брикетами прессованных опилок в качестве топлива и т.д., то доходы могут существенно возрасти. Таких пунктов в г. Тольятти должно быть более 400 единиц и они могут стать золотым дном малого бизнеса.

На этой начальной стадии решить сложнейшую химическую проблему – переработку мусора с высоким полезным выходом можно, так как он не испытал стадию смещения, в результате которой за счет процессов взаимного воздействия получается условная руда, которая не по плечу даже современной химии. Макулатура и ветошь на 75% теряет свой начальный товарный вид, смесь приобретает неприятные запахи с порождением безразличного отношения со стороны работников и предпринимателей.

Если избежать вышеперечисленных осложнений, то анализ путей дальнейшей переработки отходов позволяет высказать следующие направления.

#### 1.4 Направления первичной переработки отходов

- Древесные отходы. Достаточно посетить магазин по продаже деревянных реек, плинтусов и т.д., где погонный метр штакетника стоит 15-30 руб., сразу возникают идеи о направлениях использования древесных отходов. Достаточно поставить несложное оборудование, типа циркулярной пилы, и изделия, вполне конкурентоспособные, можно изготавливать и продавать на пункте приема по значительно меньшей цене. Из ценных пород древесных отходов возможно изготовление опилок для мебельных фабрик. Отходы обрезки деревьев и даже листья, в значительных количествах вывозимые каждую осень на свалки, вполне можно прессовать в топливные брикеты на продажу дачникам и любителям зимних бань.

- Одежда и обувь. Уровень дифференциации доходов населения сейчас настолько значителен, что понятие старая одежда и старая обувь весьма расплывчаты. В Соединенных штатах Америки и других странах, характерных образованием отходов на душу населения свыше 600-700 кг/г, «вещизм» так сильно затрагивает души, что им необходимо чуть ли не ежегодно обновлять свой гардероб. В итоге в России появились магазины по продаже использованных вещей, продаваемых на вес. Воссоздать нечто подобное в России не представляет труда и для этого необходимо организовать только дифференцированный сбор приема поношенной одежды и обуви. Если будет реклама о ежегодном освобождении и проветривании наших гардеробов, магазины вторичной продажи одежды будут переполнены и отпадет необходимость их ввоза из-за рубежа.

- Отходы бумаги и картона. Нет необходимости напоминать, что до 60% периодических изданий за рубежом выпускаются на вторичной бумаге. В России процесс закончился с уходом пионерии, регулярно опорожнявшей книжные полки от старых периодических изданий. Вместе с тем, количество периодических изданий даже возросло и сбор бумажной макулатуры, так необходимой для бумагоделательных заводов, абсолютно не налажен. Картон от проданных товаров уже сейчас не сваливается в контейнеры и

ежедневно большие тюки перевязанного картона собирается заинтересованными предпринимателями для повторной переработки.

- Стекло и посуда. Во многих странах мира стеклянная посуда вторичного использования принимается и сразу же превращается в стеклобой. Считается, что возить ящики с пустой посудой - это возить воздух. Пункты дифференцированного приема стеклопосуды и стеклобоя должны организовать производство сырья для стекольных заводов. На пищевых и других комбинатах освободятся площади от посудомоечных машин, так как новая посуда, пройдя высокотемпературную переплавку будет нуждаться только в поверхностном ополаскивании от пыли.

- Металлические отходы. Как ни странно, но металлических отходов, попадающих в бытовой мусор, значительное количество и их сбор, включающий, в том числе и цветные металлы, является важнейшей задачей, т.к. эти металлы считаются безвозвратно потерянными. Такой сбор может ослабить прессинг воровства этих металлов с линий электросетей, трубопроводов, памятников и кладбищ.

Среди других отходов большая доля приходится на пищевые. Это самый деликатный отход и утилизировать его, на кажущуюся простоту, довольно сложно. В этом случае система должна работать бесперебойно ее малейший сбой приводит к их порче, антисанитарии и возмущению жителей. Сколько раз подобные системы различной направленности внедрялись при Социализме и результаты плачевные. Поднять эту проблему может, видимо, только экологическое предпринимательство через создание как индивидуальных, так и общегородских реакторов биопереработки пищевых отходов в биогаз. Эффективные разработки в этом направлении имеются

Другие пути экологического предпринимательства следующие:

1 предпринимательство по переработке больших объемов промышленных отходов – изношенных шин, бракованных полимеров и

резины, кубовых отходов химических производств, отходов шлаков, фосфорных отвалов и т.д.;

2 организация и распространение посевного материала для озеленения территории городов, пустырей, выращивание древесных пород, в том числе на рынок (древесные материалы, новогодние елки и т.д.);

3 создание водного прудового хозяйства с зарыблением водоемов;

4 развитие экологически чистых видов спорта – парусного, гребного, виндсерфинга, дельтапланеризма на внешних и внутренних водоемах;

5 экологический аудит, консалтинг и другие виды экологических услуг, приведенных в узаконенном перечне.

### 1.5 Внедрение системы дифференцированного сбора отходов

В предлагаемой системе планируется:

- убрать самую лимитирующую стадию ее функционирования, т.е. стадию смешения отходов, порождающую безразличное к ним отношение и создающую смесь (условную руду), с которой не справляются самые оснащенные заводы. Дифференцировать отходы в начальной точке их образования;

- главным действующим лицом в системе сделать экономически малозатратный малый бизнес, развертывающий свою деятельность в первичном звене - в пределах одного квартала с широкой опорой на население, экологически воспитывая его;

- привлечь и сделать равноправными участниками борьбы за сохранение природы все население жилых массивов. Предлагаемая система обращения с отходами направлена на сокращение отходов, т.е. на то, чтобы экономически заставить предпринимателя и население искать «нужные места для ценных веществ», содержащихся в отходах. И этого можно добиться только совместной борьбой бизнеса и населения за сохранение природы.

Положительное воздействие дифференцированной системы сбора ТБО на экологическое состояние регионов и на окружающую среду в целом от внедрения дифференцированного сбора отходов заключается в следующем:

- уменьшается объем накапливаемых ТБО у населения, за счет выделения и сдачи вторичного сырья в квартальные пункты приема;
- устраняется возможность смешения отходов и губительного воздействия на природу в случае захоронения на полигоне опасных отходов, образующихся у населения;
- сокращаются затраты на различные операции с отходами;
- возвращаются вторичные материальные ресурсы в сферу производства, снижая тем самым расходы не возобновляемых природных ресурсов;
- развивается рынок вторичного сырья;
- снижается поток отходов на полигоны и, следовательно, нагрузки на природную среду, снижаются площади полигонов и, как следствие, возвращаются в сельскохозяйственный оборот пахотные земли;
- улучшается санитарно-эпидемиологическая обстановка регионов;
- улучшается эстетика населенных пунктов.

Дифференцированный сбор отходов в рамках одного квартала от населения рассчитан на то, что население будет само размещать отходы своей жизнедеятельности по пластиковым контейнерам, предназначенных для различных отходов и имеющих этикетки с наименованием вторичного сырья (например, пластик, картон, макулатура, пищевые отходы и т.д.). Небольшой рабочий коллектив квартального приема ТБО в количестве 3-х человек (максимально) будет отслеживать движение потоков ТБО и осуществлять их первичную предпродажную подготовку. Максимально дешевое и простое оборудование (пресс, ручные молотки и т.д.) могут служить для превращения стеклянной тары в стеклобой, макулатуры и алюминиевых банок в прессованное вторичное сырье, т.е. реализовать первичную обработку отходов. Это необходимо для более эффективного

вывоза ТБО транспортными средствами в модуль хранения и переработки ТБО.

Высказанные идеи убедительно подтверждаются математическими моделями, которые должны в компьютерном исполнении позволять производить широкий машинный расчет-эксперимент с поиском наиболее эффективных и оптимальных вариантов структуры системы обращения с отходами. Это направление, известное в химии как "научная организация технологических схем" вполне применимо и при создании новой системы обращения с отходами.

Анализ показывает, что лимитирующей стадией в решении проблемы утилизации ТБО на мусороперерабатывающих станциях является сортировка мусора, которая значительно увеличивает себестоимость перерабатываемых отходов. Устранить ее можно только на начальной стадии введением дифференцированного сбора отходов. Отсюда, первый этап будет иметь следующие функции:

1-й этап. Структура пунктов.

Подразумевает отдельный сбор отходов жизнедеятельности людей. На этом этапе возникает задача технологического процесса дифференцированного сбора ТБО. Решением проблемы включает стадии:

- создание капитального помещения, размером 20-30 м<sup>2</sup>, для размещения пункта дифференцированного сбора отходов;

- вынос вторичное сырье жителями квартала в специальные квартальные пункты дифференцированного приема и первичной переработки, или временного хранения ТБО, помещая их в специальные контейнеры различного цвета (для каждого вида вторичного сырья свой цвет) или же пакеты со специальными этикетками;

- создание штата рабочих пункта приема (максимум 2 – 3 человека) для приема и контроля, первичной переработки и дальнейшей перевозки отходов. Оснащение пунктов приема элементарным оборудованием, которое позволит повысить эффективность первичной переработки и дальнейших

перевозок вторичного сырья. Например, ручной молоток превратит стеклянную тару в стеклобой. Следовательно, транспортное средство перевезет по массе в 10-20 раз больше стеклобоя, чем пустой стеклянной тары в ящиках. Ручной пресс позволит брикетировать макулатуру, которая в дальнейшем превратится в исходное сырье для производства бумаги – пульпу и т.д.;

- дальнейшая перевозка вторичного сырья наиболее экономически рентабельным способом - либо транспортом приемщиков сырья, либо покупателем сырья.

На этом же этапе возможно возникновение ряда проблем, связанных:

- с отсутствием исторического опыта дифференцированного сбора ТБО в России;
- с отсутствием разъяснительной работы среди населения;
- с широтой души русского человека, принимающей генетический характер из-за громадных территориальных пространств, занимаемых Россией, отражающих, что ему все позволено, особенно в отношении выброса мусора. У нас даже сейчас с проходящих мимо судов в воду р. Волги выбрасывается все, что называется мусором.

Решение проблемы кроется в проведении экологического воспитания, образования и просвещения населения, называемого "экологическим всеобучем", убеждающем человечество, что настала пора "ноосферы". В самой простой трактовке это определение Владимира Николаевича Вернадского означает, что ноосфера - это биосфера, доведенная человеком "до ручки", когда необходима разъяснительная работа через литературу, средства массовой информации, через рабочие и производственные места о необходимости сохранения природных объектов в их предельных состояниях, так как природа может перейти в новое стационарное состояние, в котором места человеку может и не быть [24].

2-й Этап. Организация квартальных пунктов.

Здесь ряд проблем заключается в следующем:

- постройка помещений, типа существующих на внутриквартальных территориях подпорных насосных станций и трансформаторных подстанций, для приема и временного хранения ТБО, соответствующих санитарно-эпидемическим требованиям и нормам, т.е. создание индустрии приема выхода - единственный государственный модуль (ЕГМ). Если это не будет создано, то человечество обречено "задохнуться в собственном мусоре";

- создание индустрии выхода, т.е. закупка специального оборудования (контейнеров, элементарных прессов для брикетирования, ручных молотков и др. для первичной дифференциации и обработки мусора.);

- подготовка, образование и укомплектование штата рабочих, установка рабочего графика, проведение с ними необходимого экологического образования и просвещения.

### 3-й Этап. Коммерческие связи пунктов.

На данном этапе должны быть установлены коммерческие связи с фирмами-покупателями для продажи им дифференцированных отходов вторичного сырья.

В перспективе в городе может быть создан единый городской модуль приема и продажи вторичного сырья (далее ЕГМ), представляющий собой некую станцию, в которую будут стекаться все потоки ТБО из квартальных пунктов приема и временного хранения ТБО от населения. К нему должны предъявляться те же требования, что и к пунктам приема дифференцированного сбора отходов от населения.

В момент внедрения в первом приближении эти функции могут выполнять существующие фирмы приема металлолома, макулатуры и т.д. Во взаимодействии с такими модулями следует остерегаться коммерческих однодневных структур, способных опорочить и развалить систему обращения с отходами.

Между ЕГМ и подмодулями должны быть договорные отношения на продажу вторичного сырья. Например, вторичное сырье охотно закупают

страны ближнего зарубежья: Турция, Иран, Белоруссия, страны Прибалтики, Китай и др.

Исследования показали, что в крупных городах, имеющих большое число кварталов, а, следовательно, большое число пунктов приема и временного хранения ТБО от населения и значительное количество подмодулей (предприятия по переработке вторичного сырья), включая ЕГМ, составление экономически выгодной схемы перевозок является далеко не пустым делом.

Принятая система опирается на существующий сброс всех отходов в общем смешении в общий приемник отходов через контейнеры приема или мусоропроводы. Для ее модернизации необходим полный анализ системы функционирования и приведенная выше математическая модель, включающая все стабильные и нестабильные критерии ее функционирования, зависящие от времени года, психологического состояния общества и т.д.

Предварительные расчеты по сбору, хранению и продаже вторичного сырья при транспортировке дифференцированных ТБО от населения позволят достичь существенного снижения себестоимости.

Представленный анализ показывает, что предлагаемая система, даже с математической точки зрения, является вполне рентабельной. Следовательно, человечество даже при существующей системе обращения с отходами может существовать определенное, длительное время. Но традиционная забота российского живущего поколения о будущей жизни не укладывается в этот вывод, и система требует совершенствования в сфере существенного увеличения в использовании потребленных ресурсов.

4-й этап. Определение мощности работы ЕГМ.

Приведенные ниже уравнения в общей математической модели системы полностью отвечают требованиям данного этапа.

5-й этап. Договорные отношения пункта.

При создании в городе ЕГМ взаимодействия квартальных пунктов с ним во многом могут снизить себестоимость сбора отходов и повысить коммерческую выгоду. Такого уровня, видимо, достигли пункты в г. Смоленске, где наступила стадия доплаты со стороны пунктов приема жителям квартала за сдачу тщательно разобранных отходов.

Существует так же вариант продажи вторичного сырья мировому рынку сбыта вторичной продукции. Страны ближнего зарубежья, например, закупают значительные объемы дифференцированных ТБО.

6-й этап. Внедрение экономических и законодательно-административных принципов.

Данная информация необходима для проведения эксперимента по апробации результатов исследования на площадке Центрального района г. Тольятти.

## 1.6 Трудности внедрения системы

На пути внедрения рассмотренной системы стоит много трудностей. Прежде всего - это психологические трудности. Как приучить население соблюдать правила дифференцированной сдачи отходов? В Смоленске ввели даже плату жителям за сдачу аккуратно разобранных отходов, но система все равно не заработала эффективно. Администрация города против передачи этой сферы в руки малого бизнеса.

На втором месте стоят организационные трудности. Архитекторы и строители очень мало экологически подготовлены и настроили массу высоких зданий с мусоропроводами, абсолютно не приспособленными к селективному сбору отходов. Поколению будущего, когда природа достигнет почти точки бифуркации, все же придется заварить сваркой все мусоропроводы и ввести дифференцированный сбор отходов на пунктах.

На третьем месте можно выделить коррупционные трудности. Выяснив, что на мусоре можно неплохо зарабатывать, каждая стадия, включая чиновников, рекетиров, различных проверяющих инспекторов будет

стремиться добиться либо «отката», либо создавать крышу и вставлять палки в колеса работы индивидуальных пунктов приема. Им нужна мощная законодательная поддержка.

Четвертая стадия самая неприятная. Против данной системы будут яростно выступать владельцы мусороперерабатывающих заводов и даже «бомжи», так как у них отбирается сфера интересов. С «бомжами» можно найти контакт, обучив их экологически и наделив соответствующей властью и ответственностью за бесперебойность работы системы. С владельцами мусороперерабатывающих заводов сложнее. Очень трудно отказаться от дохода в 10-30 и до 80\$/т переработки городского мусора, которого в городе образуется в год свыше 300 тыс. тонн. Но не надо забывать, что этот доход мусороперерабатывающих заводов распределяется по квитанциям квартплаты жителей города. Ведь за все надо платить!

### 1.7 Математическая модель системы дифференцированного сбора ТБО

Математическая модель системы должна включать возможность расчета нижеследующих параметров:

- коэффициент полезного использования отходов, который определяется по формуле (1.1) как отношение отходов, возвратившихся в производство, к общему количеству отходов после их переработки:

$$КПИ = (V_i^{(0)} - V_i^{(1)}) / V_i^{(0)}, \quad (1.1)$$

где  $V_i^{(0)}$  и  $V_i^{(1)}$  – количество отходов до переработки и количество отходов, подвергшихся захоронению или безвозвратно потерянных, м<sup>3</sup>.

Данный параметр сродни со степенью превращения в химии, который рассчитывается аналогичным образом.

- коэффициент технологической ценности отходов рассчитывается по формуле (1.2) как отношение затрат на выпуск продукции из отходов к затратам на выпуск продукции из первичного сырья.

$$КТЦ_i = \sum_i C_{ki} \cdot d_{ki} / \sum_r C_{ri} \cdot d_{ri}, \quad (1.2)$$

где  $C_{ki}$  и  $d_{ki}$  – цена и расход ресурсов  $k$ -го вида на производство  $i$ -й единицы продукции из отходов;

$C_{ri}$  и  $d_{ri}$  – цена и расход ресурсов  $r$ -го вида на производство единицы этой же продукции из первичного сырья.

Данный параметр можно сравнить с расчетами коэффициентов использования сырья для выработки эквивалентных количеств продукции.

- селективность функционирования системы. Данный параметр аналогичен селективности каталитических процессов, отражающей процентную долю выхода одного из морфологических составляющих компонентов по сравнению с его истинным содержанием в отходах.

- эффективность способа переработки отходов, определяемая по формуле (1.3):

$$e = \sum_t (F_t(d_i^{(1)}, d_i^{(0)}, m_i^{(1)}, m_i^{(0)}) - \Phi_t(d_k) - \Delta P_t) \alpha_t / \sum_t K_t \alpha_t, \quad (1.3)$$

где  $F_t(d_i^{(1)}, d_i^{(0)}, m_i^{(1)}, m_i^{(0)})$  – выручка от реализации отходов;

$\Phi_t(d_k)$  – затраты, связанные с переработкой отходов;

$\Delta P_t$  – потери прибыли в основном производстве,  $K_t$  – капитальные затраты на переработку отходов.

Данный параметр в экономике можно сравнить с расчетами себестоимости однотипной продукции, изготавливаемой из основного сырья и отходов. Этот параметр аналогичен функции полезности, отражающей по

термодинамике весовые коэффициенты компонентов отходов и их цены и функции антиполезности, отражающей то же самое с позиций экологии.

Применение математических моделей к вторичной переработке сырья, полученного от населения, позволит рассчитать значительное количество параметров для анализа эффективности системы в целом и прогнозе путей ее дальнейшего совершенствования. Следовательно, предлагаемая система обращения с отходами направлена на то, чтобы экономически заставить предпринимателя по дифференцированной переработке вторичного сырья работать более эффективно и прибыльно, сокращать количество вторичных отходов, уменьшать экологическую нагрузку на природную окружающую среду. Важное место в экономическом анализе занимает необходимость определения связей между производством и движением различных количеств разнородных товаров. Это направление является в настоящее время наиболее перспективным для экономического обоснования производства однотипной продукции из основного сырья или его вторичных отходов, что крайне необходимо для обоснованной системы дифференцированного сбора отходов.

Коммерческие отношения между единым городским модулем хранения и продажи вторичного сырья с подмодулями (предприятия по переработке вторичного сырья) состоят на основе того, что первый, руководствуясь специальными нормативными и правовыми документами, продает вторичное сырье вторым за определенную плату. Здесь возникает проблема производственных показателей, принятых для оценки эффективности производств. В данном случае – целесообразность переработки вторичного сырья подмодулями.

Существует так же вариант продажи вторичного сырья мировому рынку сбыта вторичной продукции. Страны ближнего зарубежья, например, закупают значительные объемы дифференцированных ТБО. В 80- 90-х годах 20-го века Германия анализировала возможность закупки в СССР всей свалки, находящейся против завода «АвтоВазАгрегат», для ее вывоза и

дифференцированной переработки на заводах. Продажа свалки по неизвестным (видимо, конъюнктурным) причинам не была осуществлена.

## 1.8 Положительные стороны системы дифференцированного сбора ТБО

Следует отметить, что организация предпринимательского сбора мусора других областях сохранения окружающей природной среды, решает много других проблем:

- создает дополнительные рабочие места (по г. Тольятти – около 2.0 тыс. рабочих мест);
- позволяет создать начальную стадию повышения эффективности техно циклов, приближая их к эффективности природных биогеоциклов круговорота веществ в природе, к чему, в целях сохранения Земли, должно стремиться человечество;
- играет воспитательную роль для молодого поколения в бережном отношении к природе, которая в противном случае может испытать к 2050 году симптомы наступления тотальной экологической катастрофы;
- воспитывает любовь к природе.

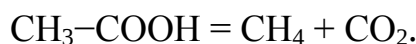
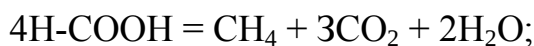
## 1.9 Биоброжение пищевых отходов

Биометаногенез, или метановое «брожение» – давно известный процесс превращения биомассы в энергию. Он был открыт в 1876 г. Алессандро Вольта, установившим наличие метана в болотном газе [46]. Биогаз, получаемый из органического сырья в ходе биометаногенеза при участии смешанной микробной ассоциации, представляет собой смесь из 65-75% метана и 20-35%углекислоты, а также незначительных количеств сероводорода, азота, водорода [47]. Неочищенный биогаз используют в быту для обогрева жилищ и приготовления пищи, а также применяют в качестве топлива в стационарных установках, вырабатывающих электроэнергию [45].

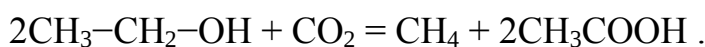
Сжатый газ можно транспортировать и использовать (после предварительной очистки) в качестве горючего для двигателей внутреннего сгорания [47].

Химизм процесса метанового брожения состоит из следующих реакций.

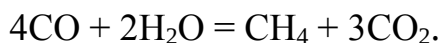
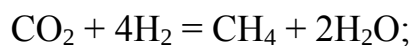
1 Брожение органических кислот:



2 Брожение спиртов:



3 Восстановление оксидов углерода:



### 1.10 Анаэробное биоразложение органических веществ

Для производства биогаза возможно использовать следующие органические материалы [13]:

- осадки сточных вод (ОСВ),
- твердые бытовые отходы (ТБО),
- растительные отходы сельского хозяйства,
- отходы животноводства и птицеводства,
- древесные отходы,
- отходы пивоварения,
- отходы пищевой промышленности.

Потенциал органических субстратов, который можно использовать для производства биогаза, является огромным по сравнению с тем, который сейчас используется. Установлено, что 86% биогазового потенциала содержится в сельскохозяйственном сырье и лишь 8% – в промышленных и коммунальных отходах. Сырье для производства биогаза – это, прежде всего,

разнообразные органические отходы агропромышленного комплекса, которые богаты целлюлозой и прочими полисахаридами.

Практика переработки промышленных, коммунальных и сельскохозяйственных отходов базируется на использовании как аэробных (компостирование), так и анаэробных (сбраживание) процессов.

В случае анаэробной переработки отходов из органических веществ, в конечном счете, образуется биогаз – смесь газов [18]:

- метана [12,16],
- углекислого газа [9,12],
- молекулярного водорода [9,14],
- кислорода [12],
- азота [12,13],
- пропана [9],
- этилена [12],
- угарного газа [12],
- аммиака [12,15] ,
- сероводорода [9,12],
- фосфина (при избыточной подкормке фосфором в виде фосфатов или фосфоноацетатов) [16],
- закиси азота [9],
- этана,
- бутана,
- летучих алкильных соединений сурьмы, олова, висмута, селена, мышьяка, теллура, ртути, свинца (при наличии в среде следов этих р-металлов и металлоидов) [15].

В общем случае можно выделить 4 этапа процесса метанового брожения, приведенные на рисунке 1.6.

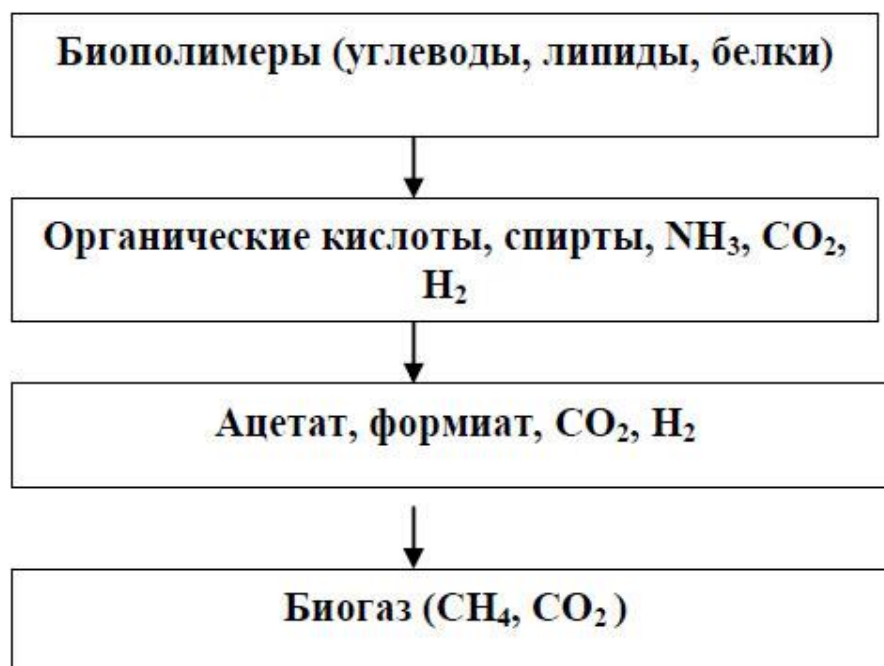


Рисунок 1.6- Этапы метанового брожения

Органические вещества можно разделить на 3 класса, каждому из которых соответствует определенный теоретический выход метана [22]:

- 1 Углеводы — 0,42–0,47 м<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/кг;
- 2 Белки — 0,45–0,55 м<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/кг;
- 3 Липиды — до 1 м<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/кг;

Эти значения согласуются с данными, где приводится информация об удельном выходе биогаза, его составе и степени распада органических веществ (таблица 1.7) [13].

Таблица 1.7 -Состав и выход биогаза при разложении органических веществ

| Группа органических веществ | Удельный выход биогаза, м <sup>3</sup> /кг | Степень распада, % | Состав биогаза, % |                 | Плотность газа (при 20°C), кг/м <sup>3</sup> |
|-----------------------------|--------------------------------------------|--------------------|-------------------|-----------------|----------------------------------------------|
|                             |                                            |                    | CH <sub>4</sub>   | CO <sub>2</sub> |                                              |
| Углеводы                    | 0,79                                       | 64                 | 50                | 50              | 1,25                                         |
| Липиды                      | 1,25                                       | 70                 | 68                | 32              | 1,05                                         |
| Белки                       | 0,704                                      | 47                 | 71                | 29              | 1,01                                         |

В каждом конкретном случае выход биогаза зависит от состава органического вещества, условий процесса и т.д. Например, по данным Davies Z.S. et al. [13], из глюкозы получается следующее количество конечных продуктов:

$1,0 \text{ г } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 0,25 \text{ г } \text{CH}_4 + 0,69 \text{ г } \text{CO}_2 + 0,06 \text{ г клеточной массы} + 632 \text{ кДж энергии}$ , или из 1 моля глюкозы можно получить 2,8 моля  $\text{CH}_4$  и 2,6 моля  $\text{CO}_2$ .

С учетом экранирующего действия лигнина, не подверженного конверсии, в зависимости от его содержания различна и степень биоконверсии углеводов. В таблице 1.8 приведены значения содержания лигнина в органическом веществе навоза и помета [16].

Таблица 1.8 -Содержание лигнина в органическом веществе навоза и помета [13]

| Субстрат                    | Содержание лигнина, % от органического вещества субстрата |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Навоз дойных коров          | 12                                                        |
| Навоз КРС (кроме коровьего) | 8                                                         |
| Навоз свиней                | 2,2                                                       |
| Помет куриный               | 3,4                                                       |

Исходя из этого, для группы углеводов навоза и помета степень распада будет иметь значения, отраженные в таблице 1.9. В биогаз превращается 30-60% органического вещества [47].

Таблица 1.9 -Расчетные значения степени распада углеводов органического вещества навоза и помета

| Субстрат                    | Степень распада углеводов, % |
|-----------------------------|------------------------------|
| Навоз дойных коров          | 30                           |
| Навоз КРС (кроме коровьего) | 42                           |
| Навоз свиней                | 58                           |
| Помет куриный               | 54                           |

Преобразование органических отходов в биогаз происходит в результате целого комплекса сложных биохимических превращений благодаря микроорганизмам и осуществляется в специальных технологических установках – ферментаторах [18]. Этот процесс получил название ферментации биомассы. На практике его часто называют метановым «брожением». Следует иметь в виду, что метановое «брожение» – это всего лишь устойчивое сочетание, традиционно используемое в биотехнологии и ряде других отраслей, под которым подразумевается процесс анаэробной переработки органического вещества. Однако конечная стадия этого процесса – образование метана – строго говоря, брожением не является [5,19]. Синтез метана является конечным этапом пищевых цепей микроорганизмов, вызывающих брожение.

#### 1.10.1 Стадии анаэробного разложения органических веществ

Общая схема метанового «брожения» (рисунок 1.7) предложена Баркером [11]. Он рассматривал весь процесс, состоящий из двух фаз.



Рисунок 1.7 - Этапы разложения и анаэробного преобразования органических веществ по Баркеру

В первой фазе (кислое или водородное брожение) из сложных органических веществ с участием воды образуются кислоты (уксусная, муравьиная, молочная, масляная, пропионовая и др.), спирты (этиловый, пропиловый, бутиловый и др.), газы (углекислый, водород, сероводород, аммиак), аминокислоты, глицерин и др. Этот распад осуществляют обычные сапрофитные анаэробные бактерии, которые широко распространены в природе, быстро размножаются и живут при pH среды 4,5-7. Кислое брожение характеризуется обильным образованием и выделением кислот, что сопровождается подкислением среды и снижением pH до 5–4,5, а также появлением неприятного гнилостного запаха.

Во второй фазе (щелочное или метановое брожение) метанобразующие микроорганизмы осуществляют дальнейшее разложение веществ, образовавшихся в первой фазе. При этом выделяется газ, состоящий из метана, углекислого газа, водорода и азота.

Схема Баркера не имеет строгой термодинамической основы. Однако представление о двух фазах процесса достаточно удобно для ведения технологического контроля, и этим широко пользуются на практике [11,13].

Другие исследователи считают, что в анаэробном разрушении органического вещества следует выделить три стадии, и выделяют три физиологические группы микроорганизмов [12].

1 Гидролитическая. На первой стадии гетерогенная группа анаэробных бактерий, так называемые «первичные» анаэробы, подвергают ферментативному гидролизу сложные многоуглеродные вещества, представляющие собой основные классы органических соединений – белки, липиды и полисахариды. При этом вместе с бактериями, осуществляющими гидролиз полимеров, функционируют микроорганизмы, которые расщепляют моносахара, органические кислоты, спирты и метанол. В этой стадии участвуют облигатные анаэробные бактерии – представители *Enterobacteriaceae*, *Clostridiaceae*, *Lactobacillaceae*, *Streptococcaceae*. Результатом деятельности этих микроорганизмов является образование

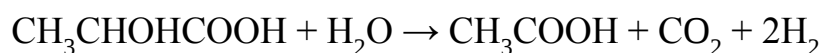
летучих жирных кислот, формиата, ацетата, пропионата, бутирата, молочной и янтарной кислот, низших спиртов, альдегидов и кетонов, а также  $H_2$  и  $CO_2$ .

2 Ацитогенная. На второй стадии ацетогенные микроорганизмы, такие как *Syntrophobacter*, *Syntrophomonas*, *Desulfovibrio*, ферментируют  $H_2$  и  $CO_2$  и другие одноуглеродные соединения, а также некоторые более сложные вещества в низкомолекулярные органические кислоты через промежуточное образование ацетил-КоА

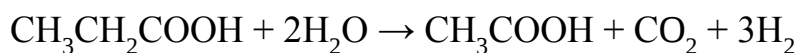
Реакции проходят по следующим уравнениям [13]:

1) окисление органических кислот:

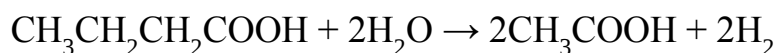
а) молочной



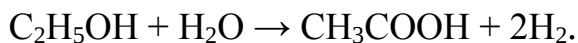
б) пропионовой



в) масляной



2) окисление спиртов

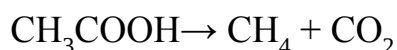


На этой стадии действуют ацетогенные бактерии, включая как облигатные, так и факультативные виды, способные сбрасывать органические кислоты и нейтральные соединения до водорода и уксусной кислоты, и гомоацетогенные бактерии, способные сбрасывать одно- и многоуглеродсодержащие соединения только до уксусной кислоты [9, 11]. Микробиология этой стадии изучена слабо.

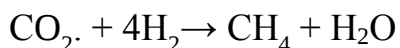
3 Собственно метаногенная. Распад органического вещества на последней стадии осуществляется метанобразующими и сульфатредуцирующими микроорганизмами, которые используют метаболиты, образующиеся на первых стадиях. На заключительном этапе анаэробного разрушения органического вещества в экосистемах с низким содержанием сульфатов образуются главным образом  $CH_4$  и  $CO_2$  и

незначительное количество  $\text{H}_2\text{S}$ . В естественных экосистемах сульфатвосстанавливающие бактерии являются донорами  $\text{H}_2$  для метаногенов. При повышении концентрации сульфатов до 0,5 ммоль/л сульфатвосстанавливающие бактерии становятся конкурентоспособными с метаногенами за энергетические субстраты ( $\text{H}_2$  и ацетат), т. к. образующиеся сульфиды ингибируют рост метаногенов [1, 56]:

- ацетокластический метаногенез – расщепление летучих жирных кислот (ЛЖК) до метана и углекислого газа:



- восстановление одноуглеродных молекул (углекислый газ, муравьиная кислота, метанол) молекулярным водородом:



Можно встретить подразделение процесса анаэробного разложения органических отходов на 4 этапа [9]:

1 Гидролизная фаза. Во время протекания этой фазы в результате жизнедеятельности аэробных гидролизных бактерий устойчивые субстанции (протеины, жиры и углеводы) разлагаются на простые составляющие (аминокислоты, сахара, жирные кислоты).

2 Кислотообразующая фаза. Получившиеся составляющие на первой фазе разлагаются кислотообразующими бактериями на другие органические вещества (уксусную, пропионовую кислоты, спирты и альдегиды) и неорганические вещества –  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ . Этот процесс протекает до тех пор, пока развитие бактерий не замедлится под действием образованных кислот.

3 Ацетогенная фаза. Под воздействием ацетогенных бактерий из образованных кислот вырабатывается уксусная кислота.

4 Метаногенез. Уксусная кислота разлагается на метан, углекислый газ и воду. Водород и углекислый газ преобразуются в метан и воду.

Весь этот сложный комплекс превращений осуществляет большое количество микроорганизмов – до нескольких сотен видов. Из них

преобладающими являются гидролитические, бродильные, синтрофные и метановые группы. Количественный и качественный состав микроорганизмов сильно зависит от состава разлагаемых органических веществ и условий, которые создаются в среде. Все эти реакции протекают одновременно в одном объеме, причем метанообразующие микроорганизмы предъявляют к условиям среды значительно более высокие требования, чем кислотообразующие.

Несмотря на определенные различия в количестве стадий анаэробного биоразложения органических веществ, предложенных разными авторами, все стадии метаногенеза можно свести к двухфазной схеме, предложенной Баркером.

### 1.11 Биореакторы

Установки для биометаногенеза с учетом их объемов и производительности можно подразделить на несколько категорий:

- реакторы для небольших ферм сельской местности от 1 м<sup>3</sup> до 20 м<sup>3</sup>;
- реакторы для ферм развитых стран от 50 м<sup>3</sup> до 500 м<sup>3</sup>;
- реакторы для переработки промышленных отходов от 500 м<sup>3</sup> до 1000 м<sup>3</sup>;
- для переработки твердого мусора городских свалок от 1 м<sup>3</sup> до 100 м<sup>3</sup>.

Реакторы называются метантенками (рисунок 1.8).

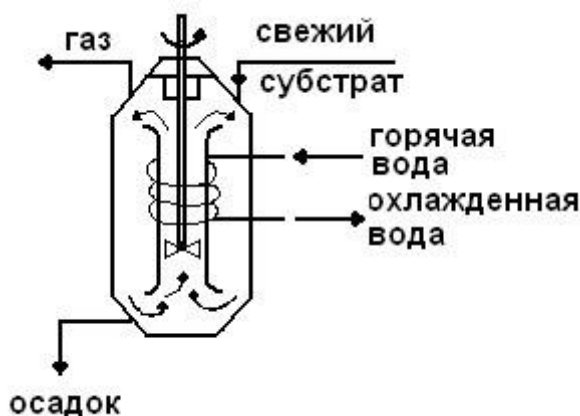


Рисунок 1.8 - Устройство метатенка

Метантенк представляет собой герметическую емкость, частично погружённую в землю для теплоизоляции и снабжённую для дозированной подачи и подогрева сырья, а также газгольдером – емкостью переменного объема для сбора газа.

Метантенки могут изготавливаться из металла или железобетона. Имеют различную форму: кубическую, цилиндрическую и даже яйцевидную. Метантенки классической, европейской, англо-американской и яйцевидной формы представлены на рисунке 1.9. Несмотря на внешнее различие, внутреннее устройство метантенков схоже[14].

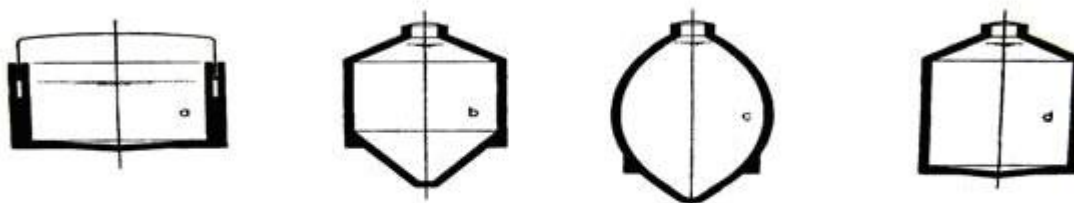


Рисунок 1.9 -Разновидности конструкций метантенков

а-англо-американская; б- классическая; с- овальная; d- европейская

Очень важным в конструкции метантенков является обеспечение требуемого уровня перемешивания всего гетерогенного содержимого аппарата. Вместе с тем, известно, что максимальное выделение метана наблюдается в системах со слабым перемешиванием. Поэтому, в отличие от аэробных процессов, требующих интенсивной аэрации и перемешивания, перемешивание при метаногенезе, главным образом, должно обеспечивать гомогенизацию бродящей массы, препятствовать оседанию твердых частиц и образованию твердой плавающей корки.

При переработке жидких отходов животноводческих ферм соотношение между твердыми компонентами и водой в загружаемой массе должно составлять примерно 1:1, что соответствует концентрации твердых веществ от 8% до 11% по весу. Смесь материала обычно засевают аценогенными и метанобразующими микроорганизмами из отстоя сброженной массы от предыдущего цикла или из другого метантенка [14].

В ходе сбраживания органической массы на первой, так называемой «кислотной», фазе в результате образования органических кислот рН среды снижается. При резком сдвиге рН среды в кислую сторону возможно ингибирование метаногенов. Поэтому процесс ведут при рН 7,0-8,5. Против закисления используют известь. Снижение рН среды является своеобразным сигналом, свидетельствующим о том, что процесс деструкции органики с образованием кислот закончен, то есть в аппарат можно подавать новую партию сырья для переработки. Оптимальное соотношение С:N в перерабатываемой органической массе находится в диапазоне 11-16:1. При изменении соотношения С:N в исходном материале в сторону увеличения содержания.

#### 1.12 Положительные стороны получения биогаза

- Экологические.

Биогазовая установка избавляет от необходимости очищения сточных вод, снижает процент вредных веществ в атмосфере и литосфере, позволяет ликвидировать пищевые отходы со свалок.

- Экономические.

Биогазовая установка позволяет продуктивно и дешево преобразовать энергию из пищевых отходов в газообразное топливо, в энергию и органические удобрения.

Из этого следует, необходимость в приобретении топлива, электричества, отопления и удобрений у других поставщиков исчезает.

- Энергетические.

Биогаз с высокой эффективностью используется для получения собственной тепловой и электрической энергии, а также для заправки автомобилей. Излишки энергии, а также побочная товарная продукция могут быть реализованы на свободном рынке [44].

При принятии решения о строительстве биогазовой станции необходимо принимать во внимание, что кроме выгод трех «Э», есть еще и многочисленные косвенные преимущества:

- Географические.

Биогазовые станции могут быть размещены в любом регионе, где есть достаточное количество органического сырья в независимости от наличия объектов традиционной энергетики, инженерных и транспортных сетей [48].

- Инфраструктурные.

При наличии сырья, строительство биогазовой станции является отличной альтернативой строительства объектов традиционной энергетики (газопроводов, котелен, электросетей, трансформаторов) и других объектов инфраструктуры (хранилищ отходов, подъездных путей и т.д.). Отсутствуют затраты на подключение к энергосетям [54].

- Товарные.

Кроме производства целевого продукта – биогаза и минеральных удобрений, есть возможность производства и реализации других побочных товарных продуктов (серы, моторного топлива, сухого льда и т.д.), а также развития собственного товарного тепличного хозяйства [48].

- Социальные.

Биогазовая установка предоставляет возможность обеспечения теплом и электроэнергией объектов социальной инфраструктуры, расположенных поблизости (жилых домов, школ, больниц, детсадов, домов отдыха и т.д.) [54].

В результате проведенного литературного обзора выявлено, что многие компоненты ТБО могут быть утилизированы в виде вторичных ресурсов. Исключение составляют пищевые отходы, которые в настоящее время

подвергаются только захоронению. Показано, что старые свалки выделяют значительное количество биогаза и данный подход используется в ряде стран для получения биогаза в конструируемых биореакторах. В данном дипломном проекте предпринята попытка создания крупного грунтового реактора для биоброжения пищевых отходов городов, типа г. Тольятти. Показано, что можно создать такие биореакторы, которые будут экономически рентабельными, экологически более чистыми и способными производить биогаз в качестве дешевого топлива. А остатки процесса биоброжения использовать в качестве эффективного биоудобрения.

Для освоения полной переработки пищевых отходов г. Тольятти необходимо последовательная схема наращивания грунтовых биореакторов.

## 2 Технологическая часть

### 2.1 Принципиальная схема грунтового реактора

На рисунке 2.1 изображена принципиальная схема биогазовой установки, где показаны: 1 – секция биореактора; 2 – таль с грейфером 3 – аль для подъема крышки; 4 – люк для загрузки биомассы; 5 – насос для откачки биогаза; 6 – насос для откачки биогазуса; 7 – мокрый газгольдер; 8, 10 – задвижка; 9 – факел; 11 – патрубок для отсоса биогазуса.

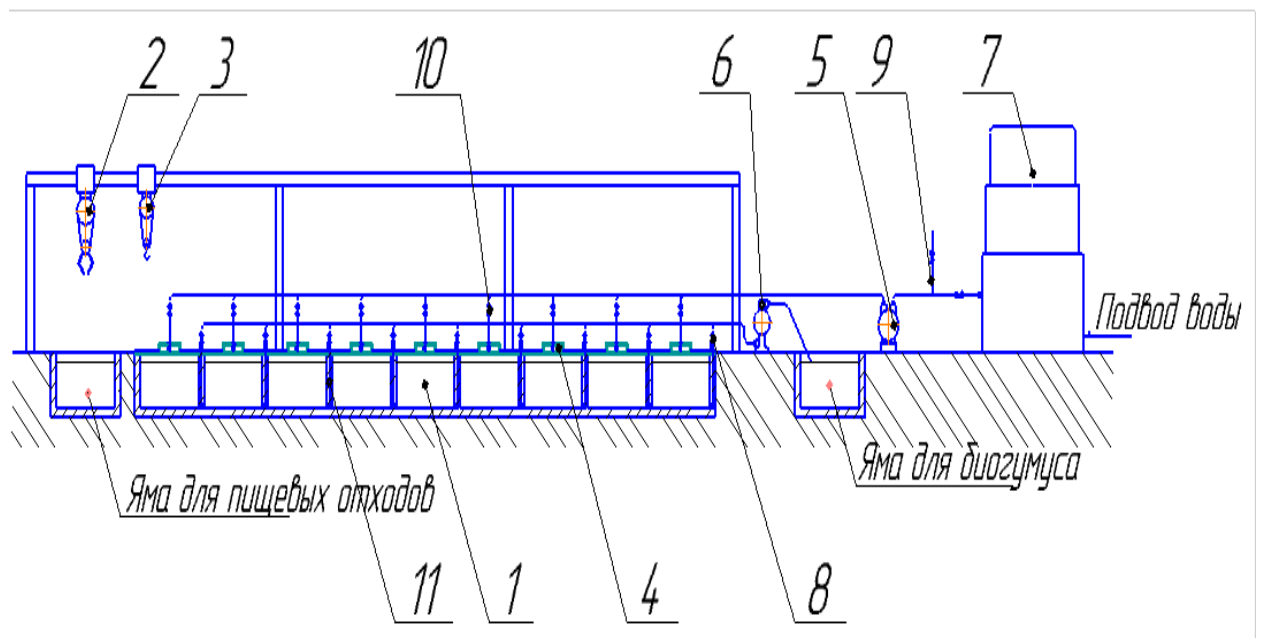


Рисунок 2.1 - Принципиальная схема

Пищевые отходы на предприятие поступают с помощью самосвалов. Загружаются в промежуточную емкость, затем помещаются в одну из девяти секций реактора 1. После загрузки и закрытия крышки люка секции 4 начинается процесс биоброжения с образованием метана. Объем реактора равен  $3645 \text{ м}^3$ . Объем каждой секции равен  $405 \text{ м}^3$ . Загрузка каждой секции будет осуществляться в течение одного дня, и данная секция, независимо от остальных, становится на режим производства биогаза. Выделяющийся газ

под действием вакуумного насоса 5 будет выкачиваться в газгольдер 7. При избыточном давлении в газгольдере биогаз будет поступать на факел 9 для сжигания. Газ собран в газгольдере объемом 32400 м<sup>3</sup>, он может храниться длительное время, если не происходит его переполнение. Затем газ подается потребителю.

По окончании работы каждой секции оставшаяся твердая масса выгружается с помощью крана 2 и при помощи насоса 6 жидкая масса откачивается по патрубку 11, для производства из нее эффективных удобрений для сельского хозяйства, стоимость которых в свою очередь оценивается довольно высоко.

## 2.2 Функциональная схема биореактора

На рисунке 2.2 приведена функциональная химико-технологическая схема отражающая процессы, происходящие в грунтовой реакторе.

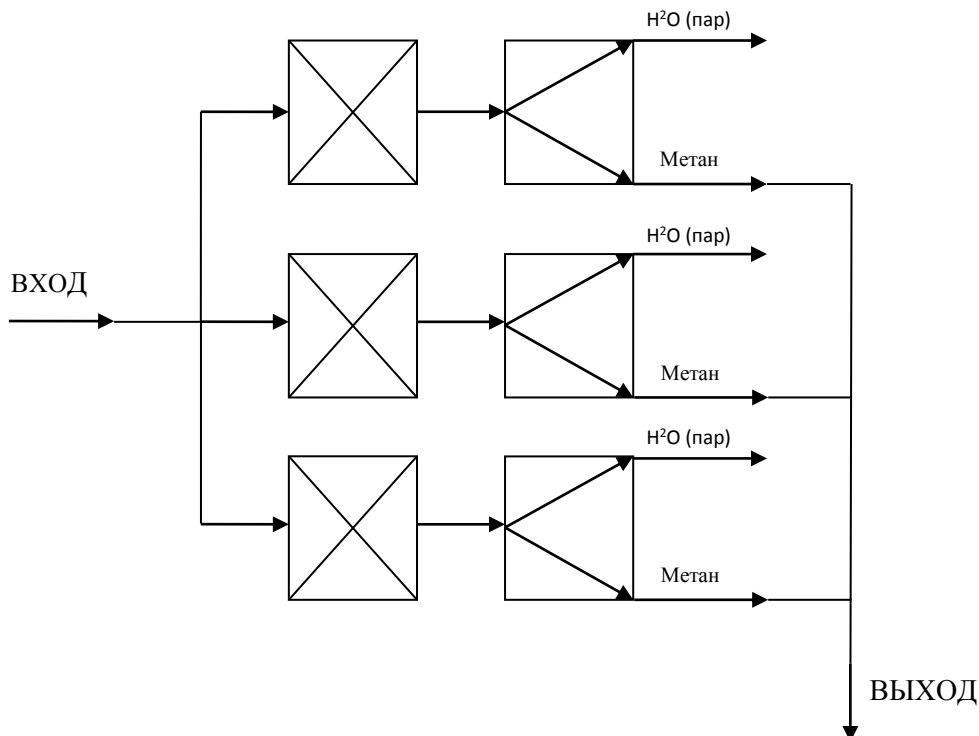


Рисунок 2.2 - Функциональная химико-технологическая схема грунтового биореактора

Пищевые отходы, собранные по городу, поступают на предприятие по переработке пищевых отходов и загружаются в конкретную секцию грунтового реактора. Затем при помощи вакуумного насоса из каждой секции откачивается биогаз. Далее биогаз направляется в газгольдер, после которого биогаз отправляется потребителям.

### 2.3 Проектирование полигона

Выбор участка под полигон и изыскательские работы.

1 Свалки располагаются в отдаленных от жилых массивов районах. Расстояние от жилого массива до допустимой санитарной черты должна составлять не менее 500м (дистанция зависит от класса отходов).

2 Перед проектированием необходимо определить район, в котором осуществляется подбор участка для размещения полигона.

При выборе места под полигон нужно учитывать: местность должна быть не заболочена, отсутствие открытых водоемов, а также участков, находящихся ближе 15 км от аэропорта.

3 Время эксплуатации полигона должно составлять не менее 15-20 лет.

4 Немаловажно расположение подъездной дороги, создание возможности двустороннего движения, учитывая интенсивность суточного движения.

5 Хозяйственная располагается непосредственно на полигоне и включает в себя производственные и бытовые постройки.

Примерное место размещения полигона выбираем на свободной площади северо-западной бывшего ОАО «КуйбышевФосфор». Территория в настоящее время свободна и при такой привязке полигона грунтовых реакторов имеется площадь для последующего наращивания их мощности. Примерная схема расположения основных сооружений показана на рисунке 2.3.

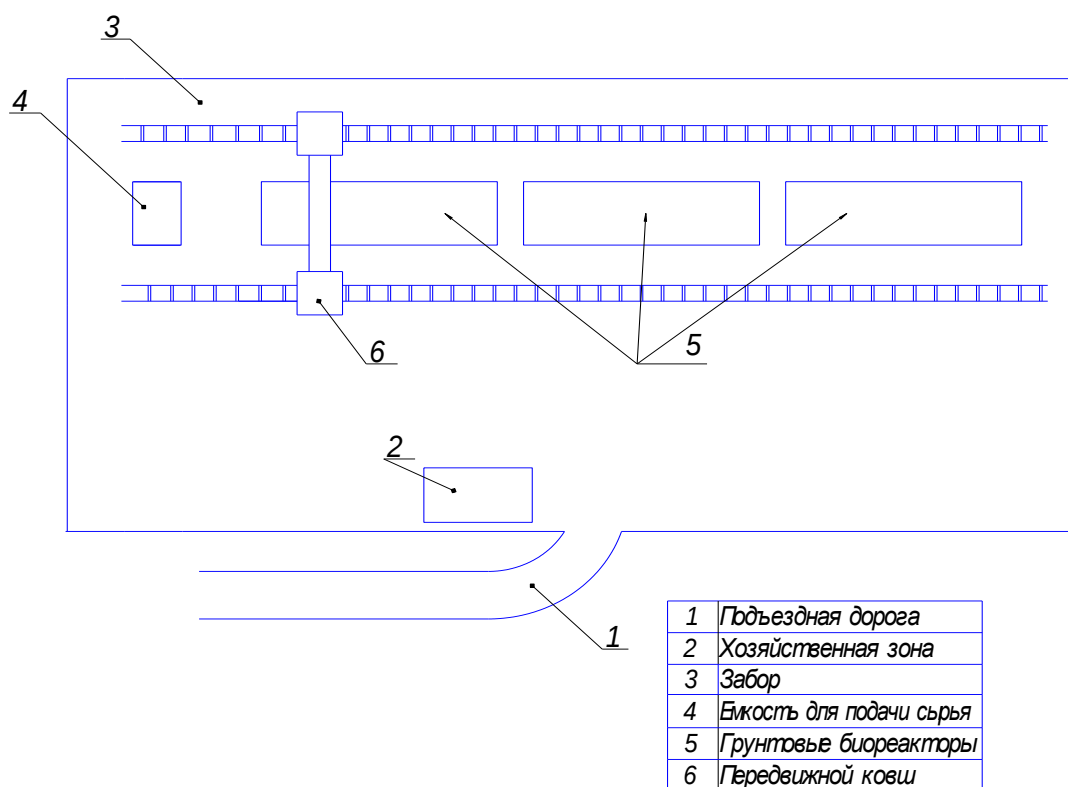


Рисунок 2.3 - Схема размещения основных сооружений полигона

### 2.3.1 Трассировка газопроводов

При трассировке газопровода необходимо учитывать геометрические отметки местности.

Биогаз легче воздуха ( $\gamma_{\bar{b}} = 1,05 - 1,2 \text{ кг/м}^3$ ), поэтому стремится вверх, создавая дополнительное гидравлическое давление, определяемое по формуле (2.1)

$$H_z = \pm l (\gamma_{\bar{b}} - \gamma_{\bar{a}}), \quad (2.1)$$

где  $H_z$  - изменение давления газа при изменении высоты положения газопровода, Па;

$l$  - разность геометрических отметок, м;  $\gamma_{\bar{a}}$ ,  $\gamma_{\bar{b}}$  - плотность воздуха и плотность биогаза, кгс/м<sup>3</sup>.

Знак «плюс» относится к более высоким отметкам, знак «минус» - к более низким по отношению к исходной плоскости. Для биогаза плотностью 1,15 кгс/м<sup>3</sup> при разности отметок 20 м величина гидростатического давления составит:

$$H_z = 20 (1,293 - 1,15) = 2,86 \text{ кгс/м}^2 = 28,6 \text{ Па.}$$

При движении биогаза вверх гидростатическое давление уменьшает потери на трение, при движении вниз - увеличивает их [45].

## 2.4 Исходные данные

В Автозаводском районе проживает 434723 человек, в Центральном районе 157669 человек, а в Комсомольском районе 120000 человек. Морфологический состав ТБО по районам города Тольятти показан в таблице 2.1.

Таблица 2.1 -Исходные данные по г. Тольятти

| Компонент                 | Содержание,<br>% массы | Содержание,<br>по г. Тольятти<br>масса, тыс.т/г | Автозав.р-<br>н, тыс.т/г | Центр.р-<br>н,<br>тыс.т/г | Комс.<br>р-н,<br>тыс.т/г |
|---------------------------|------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Бумага,<br>картон         | 29.0                   | 92.8                                            | 56.5                     | 20.5                      | 15.8                     |
| Пищевые<br>отходы         | 42.0                   | 134.5                                           | 81.9                     | 30.0                      | 22.6                     |
| Дерево                    | 9.0                    | 28.8                                            | 17.5                     | 6.4                       | 4.9                      |
| Металл                    | 3.0                    | 9.6                                             | 5.9                      | 2.1                       | 1.6                      |
| Текстиль                  | 2.0                    | 6.4                                             | 3.9                      | 1.4                       | 1.1                      |
| Стекло                    | 1.0                    | 3.2                                             | 2.0                      | 0.7                       | 0.5                      |
| Кожа,<br>резина           | 3.0                    | 9.6                                             | 5.9                      | 2.1                       | 1.6                      |
| Камни                     | 1.0                    | 3.2                                             | 1.9                      | 0.7                       | 0.6                      |
| Пластмасса                | 1.0                    | 3.2                                             | 2.0                      | 0.7                       | 0.5                      |
| Прочее                    | 2.0                    | 6.4                                             | 3.9                      | 1.4                       | 1.1                      |
| Отсев<br>(менее 15<br>мм) | 7.0                    | 22.4                                            | 13.7                     | 5.0                       | 3.7                      |
| Итого:                    | 100%                   | 320.1                                           | 195.1                    | 71.0                      | 54.0                     |

Исходные данные для расчетов взяты из ежегодных отчетов экологической службы города Тольятти.

Для Центрального района количество пищевых отходов составляет 30тыс.т/г.

## 2.5 Строительство грунтовой биогазовой установки и выбор размера реактора

Для исключения поломок и дальнейшего не эффективного использования биогазовой установки очень важно производить точные расчеты перед его постройкой.

Планирование сооружения биогазовых установок должно начинаться с определения размеров. Мною предложено рассмотреть строительство 1 грунтового реактора, который будет разбит на 9 секций. Реактор будет принимать 30 тыс. т /г пищевых отходов. Его размеры составят: длина=72,9 м, ширина=10 м, глубина=5 м. Так как полная загрузка реактора долгосрочное действие дополнительно разделяем реактор на 9 секций размерами 8.1x10x5. Запуск реактора будет происходить посекционно, по мере заполнения.

В дальнейшем для расширения производительности грунтовых реакторов, возможны следующие приемы:

- Введение в состав отходов глюкоза–содержащих компонентов, которые являются катализаторами процесса биоброжения;
- Применение на установке по производству биогаза измельчителя;
- Введение подогрева сырья путем подачи тепла на змеевики, расположенные на опускных скважинах;
- Использования тепла близрасположенных потребителей биогаза, например ОАО «КуйбышевАзот».

### 2.5.1 Обеспечение герметичности реактора

При строительстве биогазовой установки с бетонным, кирпичным или каменным реактором, необходимо обеспечить газо и водонепроницаемость

реактора; внутренний слой реактора должен быть покрыт материалом, способным выдержать высокие температуры и воздействие кислот.

Для создания реактора, приготовленную яму заливаем бетоном М350. Для лучших показателей к бетону добавляем водо-газонепроницаемые добавки, например силикаты натрия и калия – силикатный клей. Нанесение слоев происходит поэтапно; между нанесением одного слоя на другой должно пройти не более суток. Конструкция состоит из 10 слоев по 2 см каждый, между 5 и 6 слоем арматурная сетка. Рассчитаем необходимое количество материала [1].

Будем считать, что на строительство реактора будет достаточно 3 т арматурной сетки 20х20х0,8 мм.

#### 2.5.2 Система загрузки и выгрузки сырья

Перед загрузкой в реактор пищевые отходы компонуются в промежуточный резервуар. Размер резервуара должен соответствовать суточному или двойному суточному объему сырья [29]. Для подогрева сырья и ускорения начала брожения нужно установить резервуар на солнечной стороне.

В своей работе предлагаю использовать резервуар, заполняющийся приезжающими мусоровозами. Далее из резервуара производится порционная загрузка биореактора, при помощи крана со строительным ковшом. Для простоты его обращения, необходимо проложить рельсы вдоль всех секций реактора. Для выгрузки предлагаю использовать вакуумный насос. Циклическая работа секций позволит своевременную выгрузку остатков со дна реактора.

#### 2.5.3 Газопровод

Соединение газовой системы с реактором осуществляется при помощи трубопровода. Предпочтительней использовать трубы из пластика или гальванизированной стали [1]. Газопроводы, идущие к пользователям

биогаза необходимо обезопасить от повреждений. Трубопровод должен быть оснащен клапаном, функцией которого является выпуск газа наружу при превышении давления выше  $0,5 \text{ кг/см}^2$ . Избытки газа сжигаются на факеле с образованием  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Трубы должны быть испытаны гидравлическим давлением на заводе-изготовителе и промаркированы словом «ГАЗ», соответствовать нормам безопасности [30].

#### 2.5.4 Краны и арматура

Наиболее надежные краны - хромированные шаровые клапаны. Клапаны, обычно используемые для водных систем, не подходят для использования в газовой системе [1]. Главный газовый клапан должен быть установлен близко к реактору. Шаровые краны как предохранительные приборы должны быть установлены на всех газовых приборах [1]. Правильно подобранные и установленные краны и арматура позволяют проводить работы по ремонту и чистке газовых приборов без отключения главного газового крана [20].

#### 2.6 Газгольдер

Это цилиндрическая емкость из стали, предназначенная для хранения и использования сжиженного газа [19]. Различают мокрые и сухие газгольдеры. Газгольдер переменного объема состоит из цилиндрического вертикального резервуара (бассейна), наполненного водой, и колокола (цилиндрический вертикальный резервуар без нижнего днища) [16]. Сверху этот резервуар снабжён сферической крышей. Через дно бассейна под колокол подводится газопровод. При заполнении внутреннего пространства газом колокол поднимается; при отборе газа — опускается [3].

В проектируемой установке будет задействован мокрый газгольдер переменного объема с максимальной вместимостью метана  $32400 \text{ м}^3$ .

### 3 Расчетная часть

#### 3.1 Технологический расчет

##### 3.1.1 Расчет объема реактора

Необходимо рассчитать объем биореактора. Для этого понадобится определить время, которое понадобится бактериям до полного разложения пищевых отходов. Процесс будет являться мезофильным, температура внутри реактора будет составлять 35°C. При мезофильном брожении количество дней, требуемое на полное разложение отходов, колеблется от 10 до 20 дней. В дальнейших расчетах примем среднее значение – 15 суток. Определив время от начала и до завершения реакции нужно рассчитать массу отходов:

Известно что годовое количество ТБО, образующееся в Центральном районе, в общем составляет 71тыс. т, из них 42% пищевые отходы.

Рассчитаем массу пищевых отходов по формуле (3.1):

$$m_{n.o.} = \frac{m_{общ.} \cdot \omega_{n.o.}}{100\%}, \quad (3.1)$$

где  $m_{общ.}$  - годовое количество ТБО, т;

$\omega_{п.о.}$  - содержание пищевых отходов в ТБО, т.

$$m_{n.o.} = \frac{71 \cdot 42\%}{100\%} = 30000 \text{ тыс. т}$$

Ежедневная поставка пищевых отходов вычисляется по формуле (3.2):

$$m_{сут.} = \frac{m_{n.o.}}{365 \text{ дней}}, \quad (3.2)$$

где  $m_{сут.}$  - суточная поставка пищевых отходов, т;

$$m_{\text{сут}} = \frac{30000}{365} = 82.1 \text{ т}$$

Насыпная плотность пищевых отходов составляет 370 кг/м³, следовательно, можно найти суточный объем отходов по формуле (3.3):

$$V_{\text{сут.}} = \frac{m_{\text{сут.}}}{\rho_n}, \quad (3.3)$$

где  $V_{\text{сут}}$  - объем суточной поставки пищевых отходов, м³;

$\rho_n$  - насыпная плотность пищевых отходов, кг/м³.

$$V_{\text{сут.}} = \frac{82.1}{0.37} = 221 \text{ м}^3$$

Выработка метана через 15 дней практически прекращается и в реакторе остается шлам. Масса его составляет примерно 30% от первоначальной.

По формуле (3.4) можно определить объем биомассы загруженной в реактор в течение цикла биоброжения (15 суток):

$$V_{\text{цик}} = V_{\text{сут}} \cdot 15_{\text{сут.}}, \quad (3.4)$$

где  $V_{\text{цик}}$  - объем биомассы загруженной в реактор в течении одного цикла, м³.

$$V_{\text{цик}} = 221 \cdot 15 = 3315 \text{ м}^3$$

Следовательно - необходимо построить такие реакторы, чтобы вместить объем одного цикла брожения, плюс выделить 10% объема под увеличение субстрата в объеме. Вычислим по формуле (3.5)

$$V_{p-pa} = \frac{V_{\text{цик}} \cdot 110\%}{100\%}, \quad (3.5)$$

где  $V_{p-a}$  - объем биореактора,  $m^3$ .

$$V_{p-a} = \frac{3315 \cdot 110\%}{100\%} = 3645 m^3$$

По проекту задумано, что реактор будет разделен на 9 секций. Объем одной секции находится по формуле (3.6):

$$V_c = \frac{V_{p-a}}{9}, \quad (3.6)$$

где  $V_c$  - объем секции,  $m^3$ .

$$V_c = \frac{3645}{9} = 405 m^3$$

Тогда размеры реактора: длина  $L = 8.1m$ , ширина  $S = 10m$ , высота  $h=5m$

### 3.1.2 Материальный баланс

Ежедневно с Центрального района г. Тольятти привозится 82.1т пищевых отходов. Они будут распределяться по секциям в реактор. Чтобы заполнить одну секцию реактора по формуле (3.7) рассчитаем ее рабочий объем:

$$V_{pab} = \frac{V_c \cdot 90\%}{100\%}, \quad (3.7)$$

где  $V_{pab}$  - рабочий объем реактора, т.

$$V_{pab} = \frac{405 \cdot 90\%}{100\%} = 364.5 m^3$$

Затем по формуле (3.8) найдем массу отходов, которая потребуется для полной загрузки одной секции:

$$m_{отх.} = V_{раб.} \cdot \rho_n, \quad (3.8)$$

где  $m_{отх}$  - масса отходов для полной загрузки секции, т.

$$m_{отх.} = 364.5 \cdot 0.37 = 135 \text{ т}$$

Из 1т сухого вещества выделяется от 300 до 500 м<sup>3</sup> биогаза.

Известно, что 70% пищевых отходов разлагаются, а остальные 30% остаются в остатке. Получаем по формуле (3.9) массу разложившихся пищевых отходов и по формуле (3.10) массу остатка:

$$m_{раз.} = \frac{m_{отх.} \cdot 70\%}{100\%}, \quad (3.9)$$

где  $m_{раз}$  - масса разложившихся пищевых отходов, т.

$$m_{раз.} = \frac{135 \cdot 70\%}{100\%} = 94.5 \text{ т}$$

$$m_{ост.} = m_{отх.} - m_{раз.}, \quad (3.10)$$

где  $m_{ост}$  - масса остатка, т.

$$m_{ост} = 135 - 94.5 = 40.5 \text{ т}$$

Далее ведем расчет на массу разложившегося вещества. Выход биогаза за 1 цикл (15 дней) при загрузке 1 секции по формуле (3.11) составит:

$$V_{вых.ц} = \frac{m_{отх.} \cdot V_a + m_{отх.} \cdot V_b}{2}, \quad (3.11)$$

где  $V_a$  - минимальный выход биогаза, м<sup>3</sup>;

$V_b$ - максимальный выход биогаза,  $m^3$ ;

$V_{\text{вых.ц}}$  - выход биогаза за 1 цикл,  $m^3$ .

$$V_{\text{вых.ц.}} = \frac{(135 \cdot 0.3) + (135 \cdot 0.5)}{2} = 54 \text{ тыс. } m^3$$

Выход биогаза за сутки из 1 секции вычисляем по формуле (3.12)

$$V_{\text{с.в.с}} = \frac{V_{\text{вых.ц.}}}{15}, \quad (3.12)$$

где  $V_{\text{с.в.с}}$  - выход биогаза за сутки из 1 секции,  $m^3$ .

$$V_{\text{с.в.с.}} = \frac{54}{15} = 3.6 \text{ тыс. } m^3$$

Так как биореакторы будут работать непрерывно, можно по формуле (3.13) рассчитать выход газа со всех секций реакторов в сутки:

$$V_{\text{с.в.р.}} = V_{\text{с.в.с}} \cdot \text{кол} - \text{во} - \text{р} - \text{ров}, \quad (3.13)$$

где  $V_{\text{с.в.р.}}$  - суточный выход биогаза реактора,  $m^3$ .

$$V_{\text{с.в.р.}} = 3.6 \cdot 9 = 32.4 \text{ тыс. } m^3$$

Биогаз состоит из: метана – 70%, углекислый газ – 29%, сероводород – 1%. Таким образом, по формуле (3.14) найдем объемное содержание продуктов метанового брожения:

$$V_{\text{пмб}} = \frac{V_{\text{цик.}} \cdot \omega_{\text{пмб}}}{100\%}, \quad (3.14)$$

где  $V_{\text{пмб}}$  - объем продукта метанового брожения,  $m^3$ ;

$\omega_{\text{пмб}}$  - процентное содержание продукта метанового брожения, %.

$$V_{CH_4} = \frac{V_{\text{цик.}} \cdot \omega_{CH_4}}{100\%}$$

$$V_{CH_4} = \frac{54 \cdot 70\%}{100\%} = 37.8 \text{ тыс. м}^3$$

$$V_{CO_2} = \frac{V_{\text{цик.}} \cdot \omega_{CO_2}}{100\%}$$

$$V_{CO_2} = \frac{54 \cdot 29}{100\%} = 15.66 \text{ тыс. м}^3$$

$$V_{H_2S} = \frac{V_{\text{цик.}} \cdot \omega_{H_2S}}{100\%}$$

$$V_{H_2S} = \frac{54 \cdot 1}{100\%} = 0.54 \text{ тыс. м}^3$$

Масса образовавшегося биоудобрения – 40.5т, по формуле (3.15) найдем содержание полезных элементов в остатке. Содержание этих элементов приводится в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Содержание элементов в биоудобрении (в граммах на кг сухого вещества)

| Фосфат | Калий | Кальций | Магний | Азот |
|--------|-------|---------|--------|------|
| 6,66   | 8,88  | 5,18    | 2,22   | 3,70 |

$$m_{\text{эл}} = m_{\text{ост.}} \cdot \omega_{\text{эл}}, \quad (3.15)$$

где  $m_{\text{эл}}$  - масса элемента в остатке, т;

$\omega_{\text{эл}}$  - массовое содержание элемента в биоудобрении (в граммах на кг сухого вещества), т.

Содержание фосфата:

$$m_{PO_3} = m_{\text{ост.}} \cdot \omega_{PO_3}$$

$$m_{PO_3} = 40.5 \cdot 0.00666 = 0.3 \text{ т}$$

Содержание калия:

$$m_K = m_{\text{осм.}} \cdot \omega_K$$

$$m_K = 40.5 \cdot 0.00888 = 0.36 \text{ т}$$

Содержание кальция:

$$m_{Ca} = m_{\text{осм.}} \cdot \omega_{Ca}$$

$$m_{Ca} = 40.5 \cdot 0.00518 = 0.21 \text{ т}$$

Содержание магния:

$$m_{Mg} = m_{\text{осм.}} \cdot \omega_{Mg}$$

$$m_{Mg} = 40.5 \cdot 0.00222 = 0.09 \text{ т}$$

Содержание азота:

$$m_{N2} = m_{\text{осм.}} \cdot \omega_{N2}$$

$$m_{N2} = 40.5 \cdot 0.0037 = 0.15 \text{ т}$$

По формуле (3.16) необходимо определить массовое содержание сероводорода, метана и углекислого газа в биогазе:

$$m_{\text{эл.р}} = \frac{m_{\text{раз.}} \cdot V_{\text{эл}}}{V_{\text{вых.ц}}}, \quad (3.16)$$

где  $m_{\text{эл.р}}$  - масса составляющего биогаз вещества, т.

$$m_{CH4} = \frac{m_{\text{раз.}} \cdot V_{CH4}}{V_{\text{вых.ц}}}$$

$$m_{CH4} = \frac{94.5 \cdot 37.8}{54} = 66.15$$

$$m_{CO2} = \frac{m_{\text{раз.}} \cdot V_{CO2}}{V_{\text{вых.ц}}}$$

$$m_{CO2} = \frac{94.5 \cdot 15.66}{54} = 27.4$$

$$m_{H2S} = \frac{m_{\text{раз.}} \cdot V_{H2S}}{V_{\text{вых.ц}}}$$

$$m_{H_2S} = \frac{94.5 \cdot 0.54}{54} = 0.95$$

По полученным данным можно составить материальный баланс (таблица 3.2).

Таблица 3.2-Материальный баланс

| Компоненты     | Приход, (т) | Компоненты       | Расход, (т) |
|----------------|-------------|------------------|-------------|
| Пищевые отходы | 135         | CH <sub>4</sub>  | 66.15       |
|                |             | CO <sub>2</sub>  | 27.4        |
|                |             | H <sub>2</sub> S | 0.95        |
|                |             | Биомасса         | 40.5        |
| Итого:         | 135         | Итого:           | 135         |

По данным таблицы 3.2, можно сделать вывод, что масса пищевых отходов, поступающих на переработку, равна сумме масс получаемого биогаза и биомассы.

## 3.2 Конструкционный расчет

### 3.2.1 Выбор насоса для откачки газа из биореактора

Выбор насоса производим по минутной производительности.

Минутную производительность находим по формуле (3.17)

$$Q_{мин} = \frac{Q_{сут}}{1440} = \frac{32400}{1440} = 22,5 м^3 / мин, \quad (3.17)$$

где  $Q_{сут}$  – суточное выделение биогаза, м<sup>3</sup>;

1440 – число минут в сутках.

Выбираем насос вакуумный водокольцевой 2ВВН1-25 с технической характеристикой:

1 Производительность, приведённая к начальным условиям при начальном давлении 0,04, Мпа - 25м<sup>3</sup>/мин;

2 Частота вращения, синхронная, об/мин 75;

3 Мощность двигателя, кВт, не более 55;

4 Масса, кг, не более 2100.

На рисунке 3.1 приведён габаритный чертёж насоса.

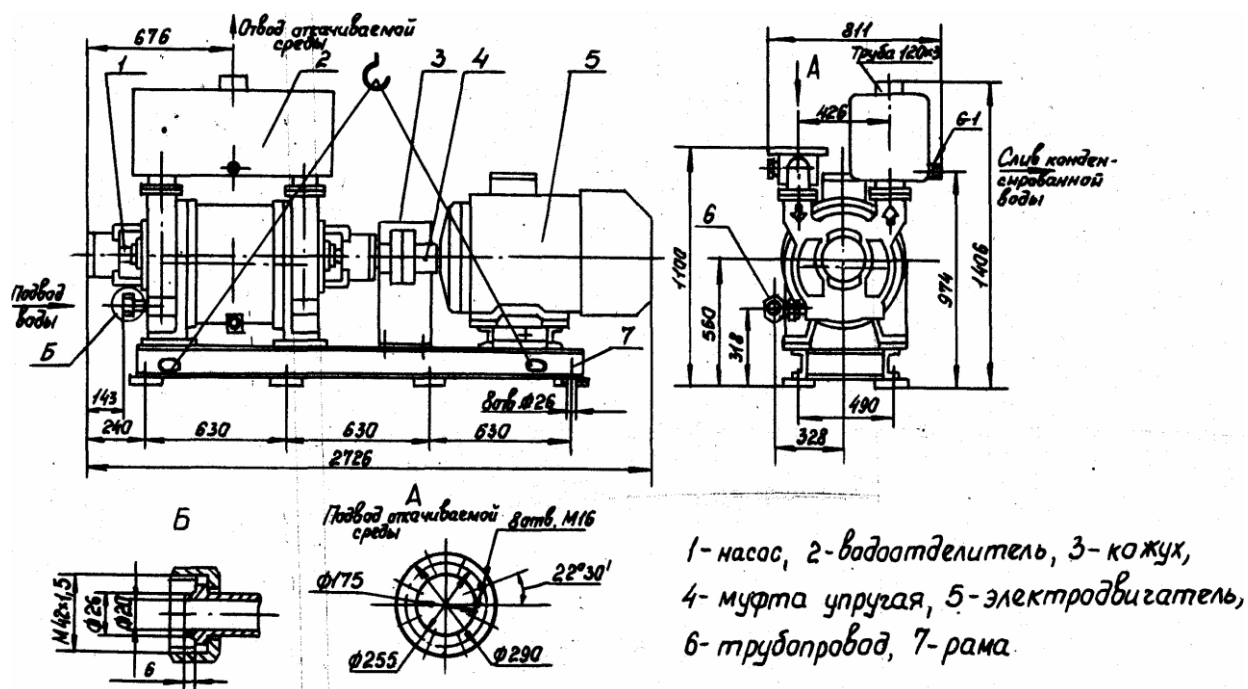


Рисунок 3.1 - Габаритный чертёж насоса вакуумного водокольцевого 2BVH1-25

### 3.2.2 Выбор насоса для откачки отработанной биомассы из биореактора

Выбираем насос из расчёта, что оставшуюся биомассу в количестве 40 т нужно удалить из каждой секции в течение часа.

Выбираем насос модели PX15 Stallion фирмы WILDEN с характеристикой, приведённой в таблице 3.3

Таблица 3.3 - Характеристики насоса для отработанной биомассы

| Модель        | Тип воздушного клапана | Размер патрубков, дюйм (мм) | Производительность м3/ч | Макс давление, бар | Макс высота всасывания всухую, м | Габаритные размеры, мм | Масса, кг |
|---------------|------------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------|----------------------------------|------------------------|-----------|
| PX15 Stallion | Pro-Flo X              | 3" (76)                     | 46,56                   | 8,6                | 5,7                              | 742x462x828            | 325       |

Материал корпус насоса: алюминий, ковкий чугун.

Материал системы воздухораспределения - анодированный алюминий.

На рисунке 3.2 показан общий вид насоса.



Рисунок 3.2 - Общий вид насоса модели PX15 Stallion фирмы WILDEN

### 3.2.3 Выбор и расчёт трубопроводов для откачки биогаза и отработанной биомассы

Диаметры трубопроводов для откачки биогаза и отработанной биомассы выбираем по входному и выходному патрубкам насосов.

Диаметр трубопроводов для откачки биогаза до вакуумного насоса выбираем по диаметру всасывающего патрубка вакуумного насоса т. е. берём

равным  $d_1=175\text{мм}$  с толщиной стенки  $\delta_1 = 5 \text{ мм}$ . Диаметр трубопроводов для откачки биогаза от вакуумного насоса до газгольдера берём равным  $d_2 = 120\text{мм}$  с толщиной стенки  $\delta_2 = 3 \text{ мм}$ .

Диаметр трубопроводов для откачки отработанной биомассы до насоса выбираем по диаметру всасывающего патрубка насоса т. е. берём равным  $d_3=76\text{мм}$ . Диаметр трубопроводов для откачки отработанной биомассы после насоса выбираем по диаметру нагнетающего патрубка насоса т. е. берём равным  $d_4=76\text{мм}$ .

Толщину стенки трубопроводов для откачки отработанной биомассы определяем расчётом по формуле (3.18):

$$S = S_p + C, \quad (3.18)$$

Где  $S_p$  — расчетная толщина стенки, мм;

$C = 4,8\text{мм}$  — прибавка к расчетной толщине на коррозию (для средне агрессивных сред 2—5 мм).

Расчетная толщина стенки вычисляется по формуле (3.19)

$$S_p = \frac{pD_n}{230\sigma_{доп} \cdot \varphi + p} \text{ мм}, \quad (3.19)$$

где  $p = 8,6 \text{ кгс/см}^2$  — внутреннее избыточное давление в трубопроводе;

$DH = 86\text{мм}$  — наружный диаметр трубы;

$\sigma_{доп} = 15\text{кгс/мм}^2$  — допускаемое напряжение на разрыв для стали 20;

$\varphi = 1$  — коэффициент прочности шва для бесшовной трубы,

$$S_p = \frac{8,6 \cdot 86}{230 \cdot 15 \cdot 1 + 8,6} = 0,2 \text{ мм}$$

$$S = 0,2 + 4,8 = 5 \text{ мм}$$

Скорость биогаза от биореактора до вакуумного насоса по коллекторной трубе вычисляем по формуле (3.20)

$$V_{\text{б.з.к}} = \frac{Q_{\text{б.з.к}}}{0,785d_1^2}, \quad (3.20)$$

где  $Q_{\text{б.г.к}}$  - расход биогаза реактора, м<sup>3</sup>;

$V_{\text{б.г.к}}$  - скорость биогаза от биореактора до вакуумного насоса, м/с;

$d$  - диаметр трубопровода, м.

$$V_{\text{б.з.к}} = \frac{0,375}{0,785 \cdot 0,175^2} = 15,6 \text{ м/с}$$

Скорость биогаза от вакуумного насоса до газгольдера рассчитываем по формуле (3.21)

$$V_{\text{б.з.г}} = \frac{Q_{\text{б.з.к}}}{0,785d_2^2}, \quad (3.21)$$

где  $V_{\text{б.г.г}}$  - скорость биогаза от вакуумного насоса до газгольдера, м/с

$$V_{\text{б.з.г}} = \frac{0,375}{0,785 \cdot 0,120^2} = 33 \text{ м/с}$$

Скорость биогаза от секции биореактора до коллекторной трубы вычисляем по формуле (3.22)

$$V_{\text{б.з.с}} = \frac{Q_{\text{б.з.с}}}{0,785d_1^2}, \quad (3.22)$$

где  $V_{\text{б.г.с}}$  - скорость биогаза от секции биореактора до коллекторной трубы, м/с;

$Q_{\text{б.г.с}}$  - расход биогаза секции, м<sup>3</sup>.

$$V_{o.з.с} = \frac{0,0416}{0,785 \cdot 0,175^2} = 1,73 м / с$$

Скорость отработанной биомассы от биореактора до насоса по коллекторной трубе и после насоса вычисляется по формуле (3.23)

$$V_{o.б} = \frac{Q_{o.б}}{0,785 d_3^2}, \quad (3.23)$$

где  $Q_{o.б}$  - расход отработанной биомассы реактора, м<sup>3</sup>;

$V_{o.б}$  - скорость отработанной биомассы от реактора до насоса, м/с.

$$V_{o.б.к} = \frac{0,013}{0,785 \cdot 0,076^2} = 2,87 м / с$$

Скорость отработанной биомассы от секции биореактора до коллекторной трубы рассчитывается по формуле (3.24)

$$V_{o.б.с} = \frac{Q_{o.б.с}}{0,785 d_3^2}, \quad (3.24)$$

где  $Q_{o.б.с}$  - расход отработанной биомассы секции, м<sup>3</sup>;

$V_{o.б.с}$  - скорость отработанной биомассы от секции реактора до коллекторной трубы, м/с.

$$V_{o.б.с} = \frac{0,0014}{0,785 \cdot 0,076^2} = 0,32 м / с$$

3.2.4 Выбор грузоподъемного оборудования для загрузки биомассы в биореактор и снятия и установки крышек люков секций биореактора

Для снятия и установки крышек люков секций биореактора выбираем таль электрическую Т 200-511с характеристикой, отраженной в таблице 3.4.

Таблица 3.4 - Характеристика грузоподъемного оборудования

| Характеристика              | Значение |
|-----------------------------|----------|
| 1                           | 2        |
| Грузоподъемность, т         | 2        |
| Установленная мощность, кВт | 1,5+0,2  |

Продолжение таблицы 3.4

| 1                                  | 2          |
|------------------------------------|------------|
| Монорельсовый путь ГОСТ 19425-74   | 18м        |
| Скорость подъема, м/мин (м/с)      | 4,0(0,066) |
| Скорость передвижения, м/мин (м/с) | 20 (0,33)  |

Для захвата и перемещения биомассы из накопительной ямы в секции биореактора выбираем грейфер 5-T2 mo-M-B (рисунок 3.3) подвешиваемый на тали Т-500-521 с характеристикой, показанной в таблице 3.5.

Таблица 3.5 - Характеристика грузоподъемного оборудования

| Характеристика                     | Значение   |
|------------------------------------|------------|
| Установленная мощность, кВт        | 5,5 +0,37  |
| Монорельсовый путь ГОСТ 19425-74   | 30м        |
| Скорость подъема, м/мин (м/с)      | 4,8 (0,08) |
| Скорость передвижения, м/мин (м/с) | 20 (0,33)  |

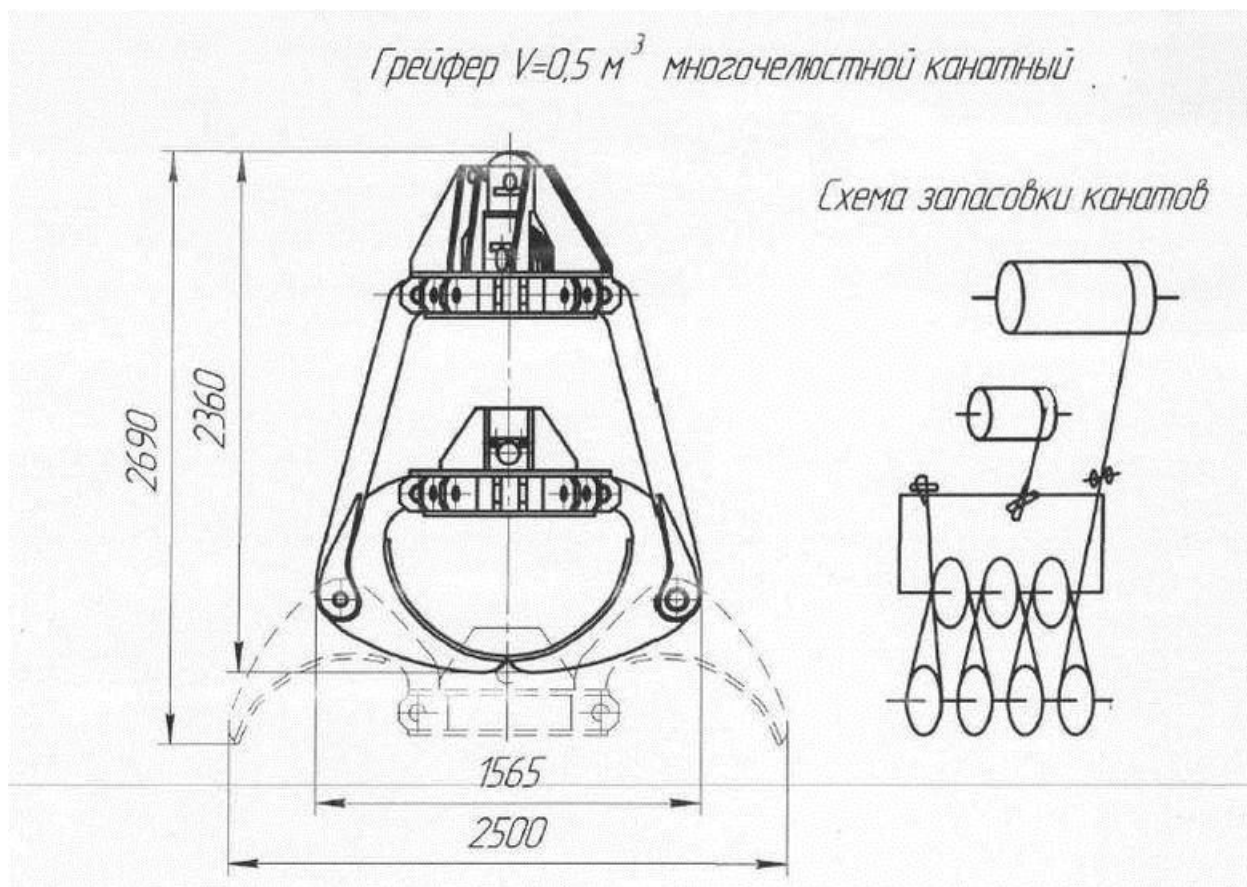
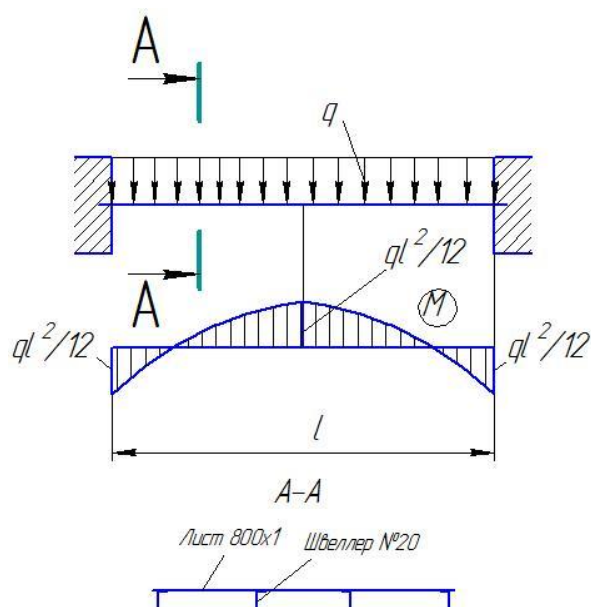


Рисунок 3.3 - Общий вид грейфера 5-Т2 то-М-В

### 3.2.5 Проверка крышки секции биореактора на жесткость

В данном подразделе приводятся расчеты толщины стального листа крышки реактора, так же вычисляется нагрузка и максимальный прогиб крышки. На рисунке 3.4 показана схема нагрузки крышки и её сечение.



### Рисунок 3.4 - Схема нагрузки крышки биореактора и её сечение

Максимальный прогиб посередине крышки вычисляем по формуле (3.25)

$$v_{\max} = \frac{ql^4}{384EJ_x} \leq [f] \quad (3.25)$$

где  $q$  - суммарная интенсивность равномерно распределённой нагрузки от веса крышки и избыточного давления внутри биореактора, кгс/м;

$l$  - длина пролёта крышки, м;

$E = 2 \cdot 10^5$  МПа –модуль упругости стали;

$J_x$  - суммарный момент инерции составного сечения, см<sup>4</sup>.

Суммарный момент инерции составного сечения рассчитывается по формуле (3.26)

$$J_x = J_{x.\text{лист}} + 4 \cdot J_{x.\text{шв}}, \quad (3.26)$$

где  $J_{x.\text{лист}}$  - момент инерции листа крышки, см<sup>4</sup>;

$J_{x.\text{шв}} = 1520$  см<sup>4</sup> – момент инерции швеллера № 20.

Момент инерции листа крышки определяется по формуле (3.27)

$$J_{x.\text{лист}} = \frac{b \cdot h^3}{12}, \quad (3.27)$$

где  $b$  - ширина листа, см;

$h$  - толщина листа крышки, см.

$$J_{x.\text{лист}} = \frac{810 \cdot 1^3}{12} = 66,7 \text{ см}^4$$

$$J_x = 66,7 + 4 \cdot 1520 = 6147 \text{ см}^4$$

Допустимый прогиб определяется по формуле (3.28)

$$[f] = \frac{1}{400} \cdot l, \quad (3.28)$$

где  $[f]$  - допустимый прогиб, м.

$$[f] = \frac{1}{400} \cdot 10 = 0,025 \text{ м}$$

$$v_{\max} = \frac{8000 \cdot 10^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 6147 \cdot 10^{-8}} = 0,0169 \leq [f] = 0,025 \text{ м}$$

Крышка удовлетворяет условиям жесткости.

### 3.2.6 Расчеты необходимого освещения

Данный вид работы относится к VIII разряду зрительных работ, подразряд А. При системе общего освещения искусственное освещение равно 200лк. [70].

Коэффициент запаса для светильников  $k = 1,5$ .

Коэффициент неравномерности освещенности  $Z = 1,3$ .

В помещении будут применяться лампы ЛХБ 40-4.

Характеристика лампы ЛХБ 40-4:

- Мощность 40 Вт.
- Световой поток 2600 лм.
- Средняя продолжительность горения 10000 ч.

Коэффициент использования светового потока вычисляется по формуле (3.29)

$$\eta = \frac{b \cdot l}{h \cdot (b + 1)}, \quad (3.29)$$

где  $\eta$  - коэффициент использования светового потока;

$b$  – ширина помещения, м;

$l$  – длина помещения, м;

$h$  – высота нахождения лампы, м.

$$\eta = \frac{5 \cdot 6}{6 \cdot (5 + 1)} = 0.8$$

Тип светильника ВЛО.

Коэффициент использования светового потока  $\eta = 0.8$

Число светильников определяется по формуле (3.30)

$$N = \frac{E \cdot S \cdot k \cdot Z}{\Phi \cdot \eta}, \quad (3.30)$$

где  $E$  – минимальная нормируемая освещенность, лк;

$S$  – площадь помещения, м<sup>2</sup>;

$k$  – коэффициент запаса, учитывающий старение ламп, запыление и загрязнение светильников;

$Z$  – отношение средней освещенности к минимальному;

$\Phi$  – Световой поток одной лампы, лм.

$$N = \frac{200301.51.3}{26000.8} = 6$$

Проектировочная схема расположения светильников отображена на рисунке 3.5.

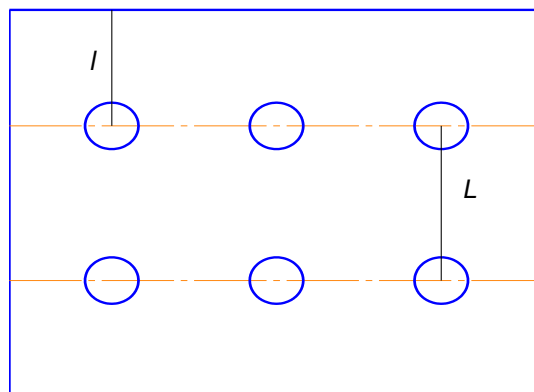


Рисунок 3.5 - Проектировочная схема расположения светильников

Расстояние между соседними светильниками  $L$  будет равняться 2м.

Расстояние от крайних светильников до стен  $I$  будет равняться 0.8м.

## 4 Экономическое обоснование дипломного проекта

### 4.1 Маркетинговый анализ

В данном дипломном проекте при разработке технологии утилизации пищевых отходов в биогаз особое внимание уделяется огромным капитальным вложениям, ведь именно по этой причине биогазовые технологии слабо развиты в России.

Проведя тщательный анализ рынка биогазового оборудования можно сделать вывод, что для требуемых объемов переработки 30000 т/год или 82.2 т/сут. возможно подобрать биогазовую станцию под ключ, однако это весьма затратно. В таблице 4.1 показаны некоторые предложения производителей биогазовых комплексов.

Таблица 4.1 - Предложения биогазовых комплексов

| Наименование производителя           | Наименование биогазовой станции | Производительность установки т/сут. | Цена оборудования за ед., руб. |
|--------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| ООО «АП БМП», г. Волгоград           | БУГ-80                          | 80                                  | 68704000                       |
| ОАО «РЧФ нефтегаз» г. Москва         | BioMash-20                      | 20                                  | 18400000                       |
| ООО «Агроббиогаз» г. Санкт-Петербург | БИО-100                         | 100                                 | 77725000                       |
| ДО «П.И.Г» г. Минск                  | БГС-М                           | 130                                 | 89432000                       |

На основании анализа представленных БГК, можно предположить, что срок окупаемости таких установок велик, поскольку представленное оборудование характеризуется высокой ценой. Вследствие чего возникает обоснованная потребность в создании аналога БГК - так называемой управляемой свалки, с целью минимизации затрат.

## 4.2 Описание производственной деятельности

Установка, выбранная в качестве проекта, включает в себя грунтовый биореактор, загрузочный резервуар, яму для сбора удобрений, грейферный кран, газгольдер, таль электрическую.

Биореактор объемом 3645 м<sup>3</sup> вырабатывает 32.4 тыс. м<sup>3</sup> газа в сутки. На создание грунтового биореактора, а так же на загрузочный резервуар и яму для сбора удобрений потребуется материала: газонепропускающий бетон М 350 в количестве 545.4 м<sup>3</sup> по цене 3250 руб. за 1 м<sup>3</sup>, арматурная сетка 20х20х0,8 в количестве 6 тонн по цене 127500 руб. за тонну. Стоимость подключения к электросети будет равняться примерно 300000 рублей. Оплата за монтаж составит 1700000 руб. Из биореактора биогаз подается в газгольдер, примерная цена которого 8500000руб [2].

## 4.3 Расчет годовой производственной мощности

В данном разделе рассчитаем производственную мощность установки по формуле (4.1). Производственная мощность определяется по ведущему оборудованию - биореактор, в котором осуществляется основной производственный процесс – анаэробное разложение биомассы и выделение биогаза.

$$M = Q_{\text{час}} \cdot \Phi_{\text{эф}}, \quad (4.1)$$

где  $Q_{\text{час}}$  – часовая производительность аппарата, м<sup>3</sup>/час;

$\Phi_{\text{эф}}$  – эффективный фонд времени работы оборудования в год, час.

$$M = 1350 \cdot 8160 = 11060000 \text{ м}^3$$

В рассматриваемом проекте биореактор работает круглосуточно. Остановка производится только для выполнения планового ремонта. По формуле (4.2) находится эффективный фонд времени работы оборудования.

$$\Phi_{эф} = (D_k - D_{рем}) \cdot 24, \quad (4.2)$$

где  $D_k$  – календарная продолжительность года, сут;

$D_{рем}$  – плановые простои оборудования для ремонта, сут;

$$\Phi_{эф} = (365 - 25) \cdot 24 = 8160ч$$

Исходя из вышеперечисленных расчетов можно составить таблицу 4.2, отражающую расчет годовой производственной мощности основного оборудования

Таблица 4.2 - Расчет годовой производственной мощности основного оборудования

| Показатели                                                   | Количество |
|--------------------------------------------------------------|------------|
| Календарная продолжительность года, сут.                     | 365        |
| Плановые простои оборудования, сут.                          | 25         |
| Эффективное время работы оборудования, сут.                  | 340        |
| Эффективное время работы оборудования, час.                  | 8160       |
| Часовая производительность оборудования, м <sup>3</sup> /час | 1350       |
| Годовая производственная мощность, м <sup>3</sup> /год       | 11060000   |

#### 4.4 Расчет капитальных вложений (инвестиций)

В данном разделе рассчитываются все капитальные вложения, связанные с внедрением разрабатываемого проекта. В данном случае достаточно учесть только затраты на приобретение оборудования.

Капитальные затраты на оборудование складываются из прямых затрат на его приобретение и сопутствующих затрат:

Сначала рассчитаем прямые капитальные вложения в основное оборудование. Это затраты, которые понесет объект непосредственно на приобретение оборудования.

Затраты на биореактор:

Площадь реактора вычисляется по формуле (4.3)

$$S_{p0} = a \cdot b, \quad (4.3)$$

где  $a$  - длина реактора, м;

$b$  - ширина ректора, м.

$$S_{p0} = 72.9 \cdot 10 = 729 \text{ м}^2$$

С учетом посекционного разделения реактора, площадь реактора вычисляется по формуле (4.4)

$$S_p = S_{p0} + s_{\text{стенки}} \cdot a \cdot b, \quad (4.4)$$

где  $s_{\text{стенки}}$  - толщина стенки разделяющей секции реактора, м<sup>2</sup>.

$$S_p = 729 \cdot 0.2 \cdot 8.1 \cdot 10 = 745 \text{ м}^2$$

По формуле (4.5) вычисляем объем бетона, необходимый для заливки дна реактора

$$V_d = S_p \cdot s_d, \quad (4.5)$$

где  $s_d$  - толщина бетонного слоя, м<sup>2</sup>.

$$V_d = 745 \cdot 0.3 = 223.5 \text{ м}^3$$

По формуле (4.6) вычисляем объем бетона, необходимый на заливку стен реактора

$$V_{st} = (a + b) \cdot 2 \cdot h \cdot s_{cm}, \quad (4.6)$$

где  $h$  – высота реактора, м;

$s_{cm}$  - толщина стен реактора, м.

$$V_{st} = (74.5 + 10) \cdot 2 \cdot 5 \cdot 0.2 = 169 \text{ м}^3$$

С учетом посекционного разделения реактора, количество бетона вычисляется по формуле (4.7)

$$V_{st_s} = n \cdot b \cdot s_{cm} \cdot h, \quad (4.7)$$

где  $n$  – количество стенок, необходимых для посекционного разделения реактора.

$$V_{st_s} = 8 \cdot 10 \cdot 0.2 \cdot 5 = 80 \text{ м}^3$$

Для вычисления общего количества бетона, необходимого для изготовления реактора применим формулу (4.8)

$$V_{общ.p} = V_d + V_{st} + V_{st_s} \quad (4.8)$$

$$V_{общ.p} = 223.5 + 169 + 80 = 472.3 \text{ м}^3$$

Цена на бетон всего реактора рассчитывается по формуле (4.9)

$$Ц_{б.p.} = V_{общ.p} \cdot Ц_{б}, \quad (4.9)$$

где  $Ц_{б}$  – цена за  $1 \text{ м}^3$  бетона м350, руб.

$$Ц_{б.p.} = 472.3 \cdot 3250 = 1388725 \text{ руб.}$$

Для строительства биореактора потребуется 4.5т арматурной сетки размером 20х20х8. Цена арматурной сетки на реактор вычисляют по формуле (4.10)

$$Ц_{с.p} = Ц_{с} \cdot m_{с}, \quad (4.10)$$

где  $Ц_{с}$  – цена одной тонны арматурной сетки, руб.

$m_{с}$  – масса арматурной сетки, т.

$$C_{c.p} = 137500 \cdot 4.5 = 618750 \text{ руб.}$$

Затраты на материал для строительства грунтового биореактора рассчитываются по формуле (4.11)

$$C_{p-pa} = C_{б.p} + C_{c.p}, \quad (4.11)$$

$$C_{p-pa} = 1388725 + 618750 = 2007475 \text{ руб.}$$

Рассчитываем затраты на загрузочный резервуар объемом 440 м<sup>3</sup>, размерами 10x8.8x5м.

Объем бетона для заливки дна резервуара вычисляется по формуле (4.12)

$$V_{б.д.p} = a_1 \cdot b_1 \cdot s_d, \quad (4.12)$$

где  $a_1$  - длина загрузочного резервуара, м;

$b_1$  - ширина загрузочного резервуара, м.

$$V_{б.д.p} = 10 \cdot 8.8 \cdot 0.3 = 26.4 \text{ м}^3$$

Объем бетона для заливки стенок резервуара по формуле (4.13) составит

$$V_{б.с.p} = (a_1 + b_1) \cdot 2 \cdot h \cdot s_{ст.}, \quad (4.13)$$

где  $h$  – высота реактора, м.

$$V_{б.с.p} = (10 + 8.8) \cdot 2 \cdot 5 \cdot 0.2 = 37.6 \text{ м}^3$$

По формуле (4.14) рассчитываем общий объем бетона на резервуар

$$V_{б.рез} = V_{б.д.p} + V_{б.с.p} \quad (4.14)$$

$$V_{\text{б.рез}} = 26.4 + 37.6 = 64 \text{ м}^3$$

Стоимость бетона для отделки резервуара по формуле (4.15) составит

$$C_{\text{б.рез}} = V_{\text{б.рез}} \cdot C_{\text{б}} \quad (4.15)$$

$$C_{\text{б.рез}} = 64 \cdot 3250 = 208000 \text{ руб.}$$

Для строительства загрузочного резервуара потребуется 0.8 т арматурной сетки, следовательно, цена арматурной сетки на резервуар по формуле (4.16) составит

$$C_{\text{с.рез}} = C_{\text{с}} \cdot m_{\text{с.рез}}, \quad (4.16)$$

где  $m_{\text{с.рез}}$  – масса арматурной сетки резервуара, т.

$$C_{\text{с.рез}} = 137500 \cdot 0.8 = 110000 \text{ руб.}$$

Затраты на материал для строительства загрузочного резервуара рассчитываем по формуле (4.17)

$$C_{\text{рез}} = C_{\text{б.рез}} + C_{\text{с.рез}}, \quad (4.17)$$

$$C_{\text{рез}} = 208000 + 110000 = 318000 \text{ руб.}$$

Рассчитаем затраты на яму для хранения удобрений объемом 80 м<sup>3</sup>, размерами 5х5х3м.

Объем бетона для заливки дна ямы по формуле (4.18) составит

$$V_{\text{д.я}} = a_2 \cdot b_2 \cdot s_d, \quad (4.18)$$

где  $a_1$  - длина ямы для удобрений, м;

$b_2$  - ширина ямы для удобрений, м.

$$V_{\text{д.я}} = 5 \cdot 5 \cdot 0.2 = 2.5 \text{ м}^3$$

Объем бетона для заливки стенок ямы по формуле (4.19) составит

$$V_{\text{с.я}} = (a_2 + b_2) \cdot 2 \cdot h \cdot s_{\text{ст.1}}, \quad (4.19)$$

где  $h$  – ямы для удобрений, м;

$S_{\text{ст1}}$  – толщина стенки ямы под сбор удобрений, м.

$$V_{\text{с.я}} = (5 + 5) \cdot 2 \cdot 3 \cdot 0.1 = 6.4 \text{ м}^3$$

Рассчитаем общий объем бетона на яму по формуле (4.20)

$$V_{\text{б.я}} = V_{\text{д.я}} + V_{\text{с.я}}, \quad (4.20)$$

$$V_{\text{б.я}} = 2.5 + 6.4 = 8.9 \text{ м}^3$$

Стоимость бетона для отделки ямы составит по формуле (4.21)

$$Ц_{\text{б.я}} = V_{\text{б.я}} \cdot Ц_{\text{б}} \quad (4.21)$$

$$Ц_{\text{б.я}} = 8.9 \cdot 3250 = 28925 \text{ руб.}$$

Для строительства ямы под сбор удобрений потребуется 0.2т арматурной сетки, следовательно, цена арматурной сетки на резервуар по формуле (4.22) составит

$$Ц_{\text{с.я}} = Ц_{\text{с}} \cdot m_{\text{с.я}}, \quad (4.22)$$

где  $m_{\text{с.я}}$  – масса арматурной сетки на яму под сбор удобрений, т.

$$Ц_{\text{с.я}} = 137500 \cdot 0.2 = 27500 \text{ руб.}$$

Затраты на материал для строительства ямы под сбор удобрений рассчитаем по формуле (4.23)

$$C_{я} = C_{б.я} + C_{с.я} \quad (4.23)$$

$$C_{рез} = 28925 + 27500 = 56425 \text{ руб.}$$

Рассчитаем стоимость стальных листов на крышки биореактора

Масса квадратного метра стального листа десяти равняется  $m_{с.к.м} = 80.2 \text{ кг}$ , тогда масса стали, требуемая на весь биореактор, будет рассчитана по формуле (4.24)

$$m_c = S_p \cdot m_{с.к.м}, \quad (4.24)$$

$$m_c = 792 \cdot 80.2 = 58.465 \text{ т}$$

Стоимость стали на реактор рассчитаем по формуле (4.25)

$$C_{см} = m_c \cdot C_{с.к.м}, \quad (4.25)$$

где  $C_{с.к.м}$  – стоимость одной тонны стали, руб.

$$C_{см} = 58.465 \cdot 37080 = 4688893 \text{ руб.}$$

Стоимость реактора, с учетом всех использованных материалов по формуле (4.26) будет составлять

$$C_p = C_{см} + C_{p-ра} \quad (4.26)$$

$$C_p = 4688893 + 2007475 = 6696368 \text{ руб}$$

В таблице 4.3 отражены прямые капитальные вложения в основное оборудование, полученные в результате расчетов.

Таблица 4.3 - Прямые капитальные вложения в основное оборудование

| Наименование оборудования | Кол-<br>во | Стоимость<br>оборудования, руб. |          | Амортизация |         |
|---------------------------|------------|---------------------------------|----------|-------------|---------|
|                           |            | за ед.                          | всего    | %           | руб.    |
| Грунтовый биореактор      | 1          | 6696368                         | 6696368  | 13          | 879136  |
| Загрузочный резервуар     | 1          | 318000                          | 318000   | -           | -       |
| Яма для сбора удобрений   | 1          | 56425                           | 56425    | -           | -       |
| Газгольдер                | 1          | 8500000                         | 8500000  | 10          | 850000  |
| Кран грейферный           | 1          | 10490000                        | 10490000 | 10          | 1049000 |
| Вакуумный насос           | 2          | 200000                          | 400000   | 10          | 40000   |
| Подключение к электросети | 1          | 300000                          | 300000   |             |         |
| Таль электрическая        | 1          | 115000                          | 115000   | 10          | 11500   |
| Итого                     | 9          | 26675793                        | 26875793 | -           | 2859637 |

Таким образом, капитальные затраты равны затратам на приобретение оборудования плюс расходы на монтаж и доставку и считаются по формуле (4.27)

$$K_{\text{общ}} = K_{\text{об}} + K_{\text{дост}} + K_{\text{монт}}, \quad (4.27)$$

где  $K_{\text{дост}}$  - затраты на доставку оборудования, руб.;

$K_{\text{монт}}$  - затраты связанные с монтажом оборудования, руб.

$$K_{\text{общ}} = 26875793 + 895000 + 1700000 = 29470793 \text{ руб.}$$

#### 4.5 Организация труда рабочих

На установке предположительно будет работать 4 человека, т.к. биореактор работает круглосуточно, то для производственного персонала принят двенадцатичасовой рабочий день и четырех бригадный принцип комплектования.

По формуле (4.28) рассчитаем номинальный годовой фонд времени рабочего

$$\Phi_{HP} = (D_k - D_{np} - D_{вых}) \cdot T_{см} - D_{пред} \cdot T_{сок}, \quad (4.28)$$

где  $D_k$  – количество календарных дней в году;

$D_{np}$  – количество праздничных дней;

$D_{вых}$  – количество выходных;

$T_{см}$  – продолжительность рабочей смены;

$D_{пред}$  – количество предпраздничных дней;

$T_{сок}$  – время, на которое сокращается предпраздничный день, час.

$$\Phi_{HP} = (365 - 14 - 102) \cdot 8 - 4 \cdot 2 = 1987ч$$

Анализируя график сменности производственного рабочего следует, что половина дней месяца и года являются рабочими. По формуле (4.29) можно рассчитать фонд времени производственного рабочего, работающего по сменному графику

$$\Phi_{\partial p} = D_k / 2 \cdot T_{см}, \quad (4.29)$$

$$\Phi_{\partial p} = 365 / 2 \cdot 12 = 2190ч$$

Количество часов переработки сверх нормы рабочего времени рассчитаем по формуле (4.30)

$$\Phi_{пер} = \Phi_{\partial p} - \Phi_{HP}, \quad (4.30)$$

$$\Phi_{пер} = 2190 - 1987 = 203ч$$

По формуле (4.31) рассчитаем действительный эффективный фонд времени рабочего

$$\Phi_{\partial p} = \Phi_{\partial p} \cdot (1 - Bo / 100), \quad (4.31)$$

где  $B_o$  – планируемый процент времени на отпуск рабочих, болезни и т.д., 12%.

$$\Phi_{\text{доп}} = 2190 \cdot (1 - 12/100) = 1927 \text{ч}$$

Организация труда рабочих отражена в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Организация труда рабочих

|                          |    |
|--------------------------|----|
| Явочное число в смену    | 1  |
| Тариф, руб/час           | 45 |
| Количество смен (бригад) | 4  |
| Списочная численность    | 4  |

#### 4.5.1 Расчет заработной платы рабочих

Для расчета заработной платы используется средневзвешенная тарифная ставка в размере 45 рублей ( $Z_{cp}$ ).

Годовой фонд заработной платы определяется по формуле (4.32)

$$Z_{год} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (4.32)$$

где  $Z_{осн}$  – основной фонд заработной платы, руб.;

$Z_{доп}$  – дополнительный фонд заработной платы.

По формуле (4.33) рассчитаем основной фонд заработной платы рабочего

$$Z_{осн} = Z_{тар} + Z_{прем} + Z_{празд} + Z_{ночн} + Z_{св.н} \quad (4.33)$$

где  $Z_{тар}$  – оплата по тарифу, руб.;

$Z_{прем}$  – премия, руб.;

$Z_{празд}$  – доплата за работу в праздничные дни, руб.;

$Z_{ночн}$  – доплата за работу в ночное время, руб.;

$Z_{св.н.}$  – доплата за работу сверх нормы рабочего времени, руб.

По формуле (4.34) произведем расчет оплаты дней отпуска рабочего

$$З_{доп} = З_{отп} + З_{уч} + З_{гос}, \quad (4.34)$$

где  $З_{отп}$  – оплата дней отпуска, руб.;

$З_{уч}$  – оплата ученических отпусков, руб.,  $З_{уч} = 0$ ;

$З_{гос}$  – оплата дней за выполнение государственных обязанностей, руб.,  
 $З_{гос} = 0$ .

Годовая тарифная заработная плата рабочего рассчитывается по формуле (4.35)

$$З_{тар} = З_{ср} \cdot \Phi_{эдр} \cdot \sum Ч_{сп} \cdot K_z, \quad (4.35)$$

где  $K_z$  – коэффициент загрузки,  $K_z = 1$ .

$$З_{тар} = 45 \cdot 1927 \cdot 4 = 346860 \text{ руб.}$$

Премия производственного рабочего рассчитывается по формуле (4.36)

$$З_{прем} = З_{тар} \cdot K_{ПП}, \quad (4.36)$$

где  $K_{ПП}$  – коэффициент премий,  $K_{ПП} = 0,4$  (40%).

$$З_{прем} = 346860 \cdot 0,4 = 138744 \text{ руб.}$$

Доплата за работу в праздничные дни высчитываем по формуле (4.37)

$$З_{празд} = З_{ср} \cdot t_{сс} \cdot n_{сс} \cdot Ч_{я} \cdot Д_{пр} \cdot K_z, \quad (4.37)$$

где  $t_{сс}$  – продолжительность смены, час;

$n_{сс}$  – число смен в сутки.

$$З_{празд} = 45 \cdot 12 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 14 \cdot 1 = 30240 \text{ руб.}$$

Доплата за работу в ночное время высчитывается по формуле (4.38)

$$З_{ночн} = З_{тар} \cdot (1 + К_n) / 3 \cdot К_z, \quad (4.38)$$

где  $К_n$  - коэффициент оплаты труда в ночное время, не менее 20%.

$$З_{ночн} = 346860 \cdot (1 + 1.2) / 3 \cdot 1 = 254364 \text{ руб.}$$

По формуле (4.39) рассчитываем оплату труда сверх нормы рабочего времени

$$З_{св.н} = З_{ср} \cdot \Phi_{пер} \cdot Ч_{сп} \cdot К_{св.н} \cdot К_z, \quad (4.39)$$

где  $Ч_{сп}$  - количество рабочих;

$К_{св.н}$  - коэффициент оплаты сверх нормы рабочего времени,  $К_{св.н} = 0.4$

$$З_{св.н} = 45 \cdot 203 \cdot 4 \cdot 0.4 \cdot 1 = 14616 \text{ руб.}$$

$$З_{осн} = 346860 + 138744 + 30240 + 254364 + 14616 = 784824 \text{ руб.}$$

Оплата дней отпуска рассчитывается по формуле (4.40)

$$З_{отп} = З_{осн} \cdot (\Phi_{др} - \Phi_{эдр}) / \Phi_{эдр}, \quad (4.40)$$

$$З_{отп} = 784824 \cdot (2190 - 1927) / 1927 = 107114 \text{ руб.}$$

По формуле (4.33) годовой фонд заработной платы составит

$$З_{год} = 784824 + 107114 = 891938 \text{ руб.}$$

Расчет отчислений на страховые выплаты выполняется по формуле (4.41)

$$ОСВ = З_{год} \cdot К_c, \quad (4.41)$$

где  $К_c$  – коэффициент отчислений на страховые выплаты,  $К_c = 0.3$ .

$$ОСВ = 891938 \cdot 0.3 = 267581 \text{ руб.}$$

Результаты всех расчетов по зарплате сведем в таблицу 4.5.

Таблица 4.5 - Результаты по зарплате

| Фонд заработной платы           | Результаты вычислений, руб. |
|---------------------------------|-----------------------------|
| Средний тариф                   | 45                          |
| Оплата по тарифу                | 346860                      |
| Доплаты:                        |                             |
| премия                          | 138744                      |
| праздничные                     | 30240                       |
| ночные                          | 254364                      |
| сверх нормы                     | 14616                       |
| Основной фонд зарплаты          | 769704                      |
| Дополнительный фонд зарплаты    | 107114                      |
| Годовой фонд зарплаты           | 891938                      |
| Отчисления на страховые выплаты | 267581                      |

#### 4.6 Организация управления производством

К штату рабочих будет прикреплен 1 руководитель, который будет работать по 8 часовому рабочему дню с двумя выходными в неделю.

Используя формулы расчетов подразделов 4.4 и 4.5 получаем:

$$\Phi_{нр} = (365 - 14 - 102) \cdot 8 - 5 \cdot 1 = 1987ч$$

$$\Phi_{эдр} = 1987 \cdot (1 - 12 / 100) = 1748ч$$

Тарифная ставка руководителя на 20% больше, чем у производственных рабочих и составит 54 руб.

Оплата по тарифу:

$$З_{тар} = 54 \cdot 1748 \cdot 1 \cdot 1 = 94392 \text{ руб.}$$

$$З_{прем} = 94392 \cdot 0.4 = 37756 \text{ руб.}$$

Доплата за работу в праздничные дни:

$$З_{празд} = 54 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 14 \cdot 1 = 6048 \text{ руб.}$$

Основной фонд заработной платы:

$$З_{осн} = 94392 + 37756 + 6048 + 0 + 0 = 138196 \text{ руб.}$$

Оплата дней отпуска:

$$З_{отп} = 138196 \cdot (1987 - 1748) / 1748 = 18895 \text{ руб.}$$

Годовой фонд заработной платы:

$$З_{год} = 157091 \text{ руб.}$$

Расчет отчислений на страховые выплаты:

$$OCB = 157091 \cdot 0.3 = 47127 \text{ руб.}$$

Полученные данные сведем в таблицу 4.6.

Таблица 4.6 -Заработная плата руководителя (бригадира)

| Фонд заработной платы        | Результаты вычислений, руб. |
|------------------------------|-----------------------------|
| Средний тариф                | 54                          |
| Оплата по тарифу             | 94392                       |
| Доплаты:                     |                             |
| премия                       | 37756                       |
| праздничные                  | 6048                        |
| ночные                       | —                           |
| сверх нормы                  | —                           |
| Основной фонд зарплаты       | 138196                      |
| Дополнительный фонд зарплаты | 18895                       |
| Годовой фонд зарплаты        | 157091                      |
| Общие страховые выплаты      | 47127                       |

#### 4.7 Расчет себестоимости продукции

Необходимо рассчитать себестоимость 1000 м³ товарной продукции (биогаз). Основой для расчета являются: калькуляция себестоимости продукции, результаты расчетов по организации труда и заработной платы всех работников пункта.

##### 4.7.1 Расчет расходов на сырье

Для получения 1000 м³ биогаза нужно переработать 2.5 т. органической массы. Расходы на биомассу отсутствуют, т.к. она образуется естественным путем и является отходом.

##### 4.7.2 Расчет расходов на энергию

По формуле (4.42) рассчитаем годовой расход электроэнергии

$$P_{э.зод} = (\sum N_{ог} \cdot Kz_{з.ог} \cdot KzN \cdot \Phi_{эф}) / \eta_{дв} \cdot \eta_{с}, \quad (4.42)$$

где  $\Sigma N_{\partial в}$  – суммарная мощность электродвигателей, кВт;

$K_{з. \partial в}$  - коэффициент загрузки электродвигателей по времени,  $K_{з. \partial в} = 0,9$ ;

$K_{зN}$  - коэффициент загрузки электродвигателей по мощности,  $K_{зN} = 0,9$ ;

$\eta_{\partial в}$  – КПД электродвигателей,  $\eta_{\partial в} = 0,95$ ;

$\eta_c$  – КПД электросети пункта,  $\eta_c = 0,95$ .

$$P_{э.зод} = (40 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 8160) / 0,95 \cdot 0,95 = 292946 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Расход электроэнергии на 1000 м<sup>3</sup> продукции рассчитаем по формуле (4.43)

$$P_{э.уд} = P_{э.зод} / M \cdot 1000 \quad (4.43)$$

$$P_{э.уд} = 292946 \cdot 11060000 \cdot 1000 = 26.48 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^3$$

Для наглядности сведем полученные данные в таблицу 4.7.

Таблица 4.7 -Расчет электроэнергии на 1000 м<sup>3</sup> продукции

| Показатели                              | Электроэнергия |
|-----------------------------------------|----------------|
| Единица измерения                       | кВт·ч          |
| Расход на 1000 м <sup>3</sup> продукции | 26.48          |
| Цена за единицу измерения, руб.         | 3.44           |
| Сумма, руб.                             | 91.09          |

#### 4.7.3 Расчет по заработной плате

Затраты на заработную плату определяются, исходя из рассчитанного фонда заработной платы рабочих. Основная заработная плата на 1000 м<sup>3</sup> продукции рассчитывается по формуле (4.44)

$$З_{осн.уд} = З_{осн} / M \cdot 1000 \quad (4.44)$$

Дополнительная заработная плата на 1000 м<sup>3</sup> продукции рассчитывается по формуле (4.45)

$$З_{доп.уд} = З_{доп} / M \cdot 1000 \quad (4.45)$$

Отчисления на страховые выплаты на 1000 м<sup>3</sup> продукции рассчитываются по формуле (4.46)

$$ОСВ_{уд} = ОСВ / M \cdot 1000 \quad (4.46)$$

Для производственного рабочего:

$$З_{осн.уд} = 769704 / 11060000 \cdot 1000 = 69.59 \text{ руб.}$$

$$З_{доп.уд} = 107114 / 11060000 \cdot 1000 = 9.68 \text{ руб.}$$

$$ОСВ_{уд} = 267581 / 11060000 \cdot 1000 = 24.19 \text{ руб.}$$

Для бригадира:

$$З_{осн.уд} = 138196 / 11060000 \cdot 1000 = 12.49 \text{ руб.}$$

$$З_{доп.уд} = 18895 / 11060000 \cdot 1000 = 1.7 \text{ руб.}$$

$$ОСВ_{уд} = 47127 / 11060000 \cdot 1000 = 4.2 \text{ руб.}$$

Полученные расчеты по заработной плате занесем в таблицу 4.8.

Таблица 4.8 Расчеты по заработной плате

| Группы работников        | Основная заработная плата |        | Дополнительная заработная плата |        | Отчисления на страховые выплаты |        |
|--------------------------|---------------------------|--------|---------------------------------|--------|---------------------------------|--------|
|                          | на 1000 м <sup>3</sup>    | руб.   | на 1000 м <sup>3</sup>          | руб.   | на 1000 м <sup>3</sup>          | руб.   |
| Производственный рабочий | 69.59                     | 769704 | 9.68                            | 107114 | 24.19                           | 267581 |
| Бригадир                 | 12.49                     | 138196 | 1.70                            | 18895  | 4.20                            | 47127  |
| Итого                    | 82.08                     | 907900 | 11.38                           | 126009 | 28.39                           | 314708 |

#### 4.7.4 Расчет расходов на содержание и эксплуатацию оборудования

По данной статье учитываются следующие затраты:

- амортизация оборудования (принимается по данным таблицы 4.3);
- текущий ремонт и содержание оборудования (затраты на запасные части, материалы и накладные расходы) – 30% от амортизации оборудования;
- износ и восстановление инструментов и приспособлений – 5% от амортизации оборудования;
- прочие расходы – 1% от амортизации оборудования.

Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования занесем в таблицу 4.9.

Таблица 4.9 -Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования

| Наименование статей                      | Сумма, руб. |
|------------------------------------------|-------------|
| Амортизация оборудования                 | 2859637     |
| Текущий ремонт и содержание оборудования | 857891      |
| Износ и восстановление оборудования      | 142981      |
| Прочие расходы                           | 28596       |
| Итого                                    | 3889105     |
| Затраты на 1000 м <sup>3</sup> продукции | 351.6       |

Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования на 1000 м<sup>3</sup> продукции рассчитаем по формуле (4.47)

$$Роб.уд = Роб / М \cdot 1000, \quad (4.47)$$

где Роб - общие затраты на содержание и эксплуатацию оборудования, руб.

$$Роб.уд = 3889105 / 11060000 \cdot 1000 = 351.6 \text{ руб.}$$

#### 4.7.5 Расчет цеховых расходов

По данной статье учитываются следующие затраты:

- амортизация зданий (2% от его стоимости) – 0;
- содержание зданий – 0;
- затраты на охрану труда – 10% от зарплаты всех работающих;
- прочие расходы – 0,5% от зарплаты всех работающих.

Результаты расчетов сводятся в таблицу 4.10.

Таблица 4.10 -Расчет цеховых расходов

| Наименование статей расхода              | Сумма, руб. |
|------------------------------------------|-------------|
| Амортизация зданий                       | —           |
| Содержание зданий                        | —           |
| Затраты на охрану труда                  | 90790       |
| Прочие расходы                           | 4540        |
| Итого                                    | 95330       |
| Расходы на 1000 м <sup>3</sup> продукции | 8.6         |

Цеховые расходы на 1000 м<sup>3</sup> продукции рассчитаем по формуле (4.48)

$$P_{ц.уд} = P_{ц} / M \cdot 1000, \quad (4.48)$$

где  $P_{ц}$  - цеховые расходы, руб.

$$P_{ц.уд} = 95330 / 11060000 \cdot 1000 = 8.6 \text{ руб.}$$

#### 4.7.6 Анализ себестоимости 1000 м<sup>3</sup> продукции

В таблицу 4.11 сводятся все показатели себестоимости продукции.

Таблица 4.11 -Анализ себестоимости

| Наименование статей | Ед.изм. | Сумма |
|---------------------|---------|-------|
| 1                   | 2       | 3     |
| Сырье и материалы   | Руб.    | —     |
| Топливо и энергия   | Руб.    | 91.09 |

Продолжение таблицы 4.11

| 1                                                 | 2    | 3      |
|---------------------------------------------------|------|--------|
| Основная заработная плата                         | Руб. | 82.08  |
| Дополнительная заработная плата                   | Руб. | 11.38  |
| Общие страховые выплаты                           | Руб. | 28.39  |
| Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования | Руб. | 351.6  |
| Цеховые расходы                                   | Руб. | 8.6    |
| Цеховая себестоимость                             | Руб. | 573.14 |
| Внепроизводственные расходы                       | Руб. | 28.65  |
| Полная себестоимость                              | Руб. | 601.79 |

Цеховая себестоимость рассчитывается по формуле (4.49)

$$C_{ц} = P_{с.уд} + P_{э.уд} + Z_{осн.уд} + Z_{доп.уд} + ОСВ_{уд} + P_{об.уд} + P_{ц.уд} \quad (4.49)$$

$$C_{ц} = 91.09 + 82.08 + 11.38 + 28.39 + 351.6 + 8.6 = 573.14 \text{ руб.}$$

Внепроизводственные расходы рассчитываются по формуле (4.50)

$$P_{внепр} = C_{ц} \cdot K_{внепр}, \quad (4.50)$$

где  $K_{внепр}$  - коэффициент внепроизводственных расходов,  $K_{внепр} = 5\%$ .

$$P_{внепр} = 573.14 \cdot 0.05 = 28.65 \text{ руб.}$$

Полная себестоимость рассчитывается по формуле (4.51)

$$C_n = C_{ц} + P_{внепр} \quad (4.51)$$

$$C_n = 573.14 + 28.65 = 601.79 \text{ руб.}$$

#### 4.8 Расчет экономической эффективности проекта

Для оптовых потребителей природного газа стоимость  $1 \text{ м}^3$  составляет 3.821 руб. Из-за некоторых недостатков предлагается понизить стоимость биогаза на 20%. Тогда стоимость  $1 \text{ м}^3$  будет составлять 3.056 руб.

По формуле (4.52) определим ожидаемую прибыль (условно-годовую экономию) от снижения себестоимости продукции

$$Прож = (Срын - Сп) \cdot М, \quad (4.52)$$

где  $Срын$  – рыночная стоимость 1000 м3 биогаза, руб.

$$Прож = (3056 - 601.79) \cdot 11060 = 27143562 \text{ руб.}$$

По формуле (4.53) определим налог на прибыль

$$Нпр = Прож \cdot Кнал, \quad (4.53)$$

где  $Кнал$  – ставка налога на прибыль (20% или 0,2).

$$Нпр = 27143562.6 \cdot 0.2 = 5428712 \text{ руб.}$$

Чистая ожидаемая прибыль рассчитывается по формуле (4.54)

$$Пчист = Прож - Нпр \quad (4.54)$$

$$Пчист = 27143562.5 - 5428712 = 21714850.5 \text{ руб.}$$

По формуле (4.55) определим расчетный срок окупаемости капитальных вложений (инвестиций), необходимых для осуществления проекта

$$Ток = Кобиц / Пчист \quad (4.55)$$

$Ток = 28970793 / 21714850.5 = 1.334.2$  (что составляет примерно 1 год 4 месяца)

В заключении составим таблицу 4.12 технико-экономических показателей проекта.

Таблица 4.12 -Технико-экономические показатели проекта

| Показатели                                  | Ед. изм. | Значение показателя |
|---------------------------------------------|----------|---------------------|
| Производственная мощность                   | м3       | 11060000.00         |
| Себестоимость продукции                     | руб.     | 601.79              |
| Ожидаемая прибыль от снижения себестоимости | руб.     | 27143562.00         |
| Капитальные вложения                        | руб.     | 28970793.00         |
| Чистая прибыль                              | руб.     | 21714850.50         |
| Срок окупаемости                            | год      | 1.33                |

По данным расчетов представляемый проект является эффективным с экономической точки зрения. Это является следствием высокой экономической эффективности и сравнительно малой себестоимостью биогаза.

## **5 Безопасность и экологичность технического объекта**

### **5.1 Технологическая характеристика объекта**

Расположение биогазовых комплексов (БГК) должно быть вблизи источников сырья. Факторами, влияющими на место расположения, являются:

- наличие свободных площадей;
- расположение склада обрабатываемого материала;
- место нахождения потребителей сырья данного продукта;
- место нахождения жилого массива, административных помещений.

Предложенный в данном дипломном проекте биогазовый комплекс располагается на территории города. Режим переработки – непрерывный. Вид производственной продукции - производство биогаза (для последующего преобразования в электрическую и тепловую энергию) и органических удобрений.

Биогазовая установка включает в себя такое оборудование как:

- биореактор с автоматикой;
- водогрейный котел;
- загрузочная емкость;
- насос;
- газгольдер;
- емкость для хранения удобрения.

Непосредственная задача работников комплекса состоит в наблюдении за процессом производства. Рядом с биогазовой установкой будут располагаться специальные урны под твердые и жидкие отходы. Газообразных отходов не будет, т.к. полученный газ будет поступать в газгольдер. В таблице 5.1 отражены технологические характеристики объекта.

Таблица 5.1 - Технологический паспорт объекта

| Наименование оборудования, инструмента | Работы, операции, выполняемые на этом оборудовании или этим инструментом   | Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию | Материалы, вещества |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Загрузочная емкость                    | Сбор пищевых отходов                                                       | Оператор                                                                         | Пищевые отходы      |
| Насос                                  | Предназначен для подачи субстрата в биореактор                             | Оператор                                                                         | Пищевые отходы      |
| Грунтовый биореактор                   | Происходит метановое брожение с разложением органических веществ субстрата | Оператор                                                                         | Пищевые отходы      |
| Бункер-отстойник                       | Предназначен для накопления сброженной массы и переработка в удобрение     | Оператор                                                                         | Пищевые отходы      |
| Газгольдер                             | Предназначен для хранения биогаза                                          | Оператор                                                                         | биогаз              |

## 5.2 Идентификация профессиональных рисков

В состав биогаза входят сероводород, углекислый газ и метан. Метан, в свою очередь, практически не ядовит. Он горюч, при контакте с O<sub>2</sub> превращается в опасное вещество. При утечке улетучивается без последствий. Сероводород, если и представляет опасность для здоровья человека, то встречается в небольшом количестве и легко обнаруживается по неприятному запаху, так как он тяжелее воздуха. Однако нельзя допустить, чтобы газ накапливался в приямках. Избыточное количество газа уменьшает ощущение запаха и это может привести к летальному исходу.

CO<sub>2</sub> так же может накапливаться в низинах, ямах, прямках и так же представляет опасность для жизни и здоровья людей.

По ГОСТ 12.0.003-74, опасные и вредные вещества разделяются на категории: физические, химические, биологические, психофизиологические. [62]. Профессиональные риски отражены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 –Идентификация профессиональных рисков

| Наименование<br>опасного и вредного<br>производственного<br>фактора | Виды работ, оборудование,<br>технологические операции при<br>которых встречается данный<br>производственный фактор | Источник опасного<br>и/или вредного<br>производственного<br>фактора |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Выделение токсичных газов                                           | Возможность утечки газа из-за плохой герметичности биореактора                                                     | Биогазовый реактор                                                  |
| Монотонность труда рабочих                                          | Операторы наблюдают за показаниями приборов в течении 12 часов                                                     | Непрерывное производство                                            |
| Положение рабочего места на возвышенности                           | Загрузочные и выгрузочные работы на кране                                                                          | Высота                                                              |
| Токсические вещества                                                | В случае протечки метана                                                                                           | Биореактор, газгольдер                                              |
| Поражение органов дыхания                                           | В случае протечки метана                                                                                           | Биореактор, газгольдер                                              |
| Патогенные микроорганизмы                                           | Микроорганизмы в биореакторе                                                                                       | биореактор                                                          |

### 5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Общие требования безопасности:

- К обслуживанию БГК можно привлекать людей не моложе 18 лет, после проведения инструктажа по технике безопасности на производстве. Отметка о проведении инструктажа ставится в журнал с подписью рабочего и инструктора по технике безопасности. Инструктаж по охране труда должен

проводиться ежедневно перед началом смены. Люди, обслуживающие БГК и персонал по обслуживанию проходят медицинский осмотр раз в полгода.

- Над металлическим биореактором установлен датчик на присутствие метана, который снабжен звуковым сигналом. При работе с БГК учитывается опасность газа, и следить за исправностью вспомогательного оборудования. Если находят неполадки работу нужно закончить, проводится ремонт специально обученным персоналом.

- Если произошло возгорание работу нужно так же прекратить.

- Если на производстве произошла травма рабочего, персонал обязан уметь оказать первую помощь.

- Специалисты по ремонту отвечают за безопасность на рабочем месте.

Необходимые требования безопасности перед рабочей сменой:

1 Убедиться в наличие специальных приспособлений при чрезвычайных ситуациях.

2 Убедиться в проходимом доступе к электрооборудованию и выключателям приборов.

3 Проверить на отсутствие неисправностей контейнеры БГК.

4 По окончании работы и в течение рабочего дня рабочие должны проводить текущие гигиенические процедуры.

5 Если температура понижена, либо повышена, рабочие используют соответствующую одежду.

Необходимые требования безопасности в течение рабочей смены:

-Выполняя производственные задачи нужно быть последовательным в исполнении технологических задач.

-Подавая сырье (отходы) нужно учитывать их массу в биореакторе.

-Во время работы нужно наблюдать за давлением в системе. Если давление растёт, нужно снизить его до оптимальных чисел.

-Чтобы избежать возгорания, запрещено использовать открытый огонь.

-Не курить на рабочем месте.

Необходимые требования безопасности по завершению рабочей смены:

1 Убедиться в исправности БГК.

2 Обо всех рабочих неисправностях сообщать дежурному.

3 Грязную рабочую одежду сдавать дежурному для сдачи ее в прачечную.

Для снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов используют различные методы и средства, отраженные в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

| Опасный и/или вредный производственный фактор | Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора | Средства индивидуальной защиты работника |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Выделение метана при утечке                   | Непрерывное наблюдение за приборами КИПиА, контроль давления в системе                                                         | Противогаз спи-20                        |
| Патогенные микроорганизмы в реакторе          | Изолирование кожи, глаз и органов дыхания от воздействия микроорганизмов                                                       | Спецодежда, спецобувь, респиратор, очки  |
| Работы на высоте                              | Оборудовать смотровые площадки и лестницы поручнями                                                                            | Монтажный пояс                           |

#### 5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Далее мы рассматриваем сравнение потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара с разработкой технических средств и/или организационных методов по обеспечению

(улучшению) пожарной безопасности технического объекта (производственно-технологического, произведенной продукции, используемых сырьевых материалов, а также должны быть указаны реализующиеся пожаробезопасные характеристики произведенных технических объектов в процессах их эксплуатации.

#### 5.4.1 Идентификация опасных факторов пожара

Идентификация опасных факторов пожара:

1 Класс возгорания (по типу пожароопасных веществ) для конкретизации средств пожаротушения.

2 Класс возгорания по типу их ликвидации; распределение командного пожарного состава для ликвидации возгораний.

3 Класс опасных ситуаций, способствующих возникновению пожара для оптимальной безопасности людей и имущества.

Пожары делятся по способу возгорания и классифицируются:

1) возгорание, спровоцированное горением твердых горючих материалов (А);

2) возгорание, связанное с горением жидких веществ (В);

3) возгорание, спровоцированное с воспламенением газов (С);

4) возгорание, спровоцированное с горением металлов (D);

5) возгорание, спровоцированное горением установок, находящихся под напряжением (Е);

6) возгорание, радиоактивных веществ (F).

К пожароопасным ситуациям, представляющим опасность для человека, относят:

- открытый огонь;
- высокие температуры;
- жара;
- высокий процент выделения токсичных веществ;
- задымление.

К опасным ситуациям возгораний относят:

- 1) разрушение зданий, сооружений в результате пожара, образование осколков;
- 2) ядовитые вещества, попадающие в воздух во время пожара;
- 3) замыкание на электротехнических установках;
- 4) опасные последствия возгораний (взрыва);
- 5) токсическое воздействие на человека веществ, используемых для ликвидации возгораний.

По результатам выполненной идентификации опасных факторов пожара оформляется таблица 5.4.

Таблица 5.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

| Участок, подразделение            | Оборудование          | Класс пожара | Опасные факторы пожара                                              | Сопутствующее проявления факторов пожара                 |
|-----------------------------------|-----------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Установка по производству биогаза | Биогазовый реактор    | С            | Пламя, жара, выделение токсичных веществ                            | Взрыв, образующиеся в процессе пожара осколки            |
| Установка по производству биогаза | Газгольдер            | С            | Пламя, жара, выделение токсичных веществ                            | Взрыв, образующиеся в процессе пожара осколки            |
| Установка по производству биогаза | Загрузочный резервуар | А            | Пламя, жара, выделение токсичных веществ, снижение видимости в дыму | Образуются токсичные вещества, возможность взрыва метана |

#### 5.4.2 Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технического объекта

Для выполнения этого раздела необходимо подобрать (обосновать) использование эффективных технических средств, организационно-технических методов, предпринятых мер защиты от пожара - согласно действующим нормативным документам, на основании типа функционирующего (модернизируемого) технологического процесса, используемого (предлагаемого) оборудования, идентифицированного класса пожара, выявленных опасных факторов пожара. В таблице 5.5 указаны технические средства обеспечения пожарной безопасности.

Таблица 5.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

| Первичные средства пожаротушения                             | Мобильные средства пожаротушения | Стационарные установки и системы пожаротушения | Средства пожарной автоматики | Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре | Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный) | Пожарные сигнализация, связь и оповещение.       |
|--------------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Огнетушители, ящики с песком, совковые лопаты, бочки с водой | Пожарные расчеты                 | Трубопровод с водой                            | Пожарные извещатели          | Противогаз СПИ-20                                          | Лопата, пожарное ведро, асбестовое полотно                  | Имеется на основном технологическом оборудовании |

### 5.4.3 Организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению пожара

В данном разделе разрабатываются организационные мероприятия по предотвращению возникновения пожара или опасных факторов способствующих возникновению пожара.

В соответствии с действующими нормативными документами, с учетом типа реализуемого технологического процесса, используемого производственно-технологического и инженерно-технического оборудования вида работ (технологических операций), действующими (перспективными) нормативными требованиями, предъявляемыми к производимой продукции в отношении соблюдения противопожарной безопасности, необходимо разработать организационные мероприятия по предотвращению пожара.

Организационно-технические мероприятия по обеспечению пожарной безопасности приведены в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

| Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта | Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий                                                                                       | Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты                                                                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Биогазовая установка                                                      | Ограничить попадание искр и огня в огнеопасную среду; обеспечение БГК громоотводами; свести к минимуму территорию распространения огня; провести вывод людей из опасной зоны; | Обеспечить в жилых и административных зданиях противопожарную защиту; определить место для курения; выделить склады под хранение готовой продукции с точки зрения пожаробезопасности; |
| Процесс переработки пищевых отходов                                       | обеспечить сохранение производственного                                                                                                                                       | создать график пожаробезопасности; перед приемом смены проверять                                                                                                                      |

|  |                                                                 |                                                |
|--|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
|  | оборудования и материалов; запустить антипожарное оборудование. | соблюдение правил погрузки горючих материалов. |
|--|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|

### 5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

В данном разделе проводится идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при реализации технологического процесса (изготовления, транспортировки), и/или возникающих при эксплуатации проектируемого производственно-технического объекта и/или возникающих при утилизации производственно-технологических отходов и брака, и/или возникающих при утилизации технологического объекта завершившего свой жизненный цикл. Разрабатываются конкретные технические и организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду производимом данным техническим объектом в процессе его производства, технической эксплуатации и конечной утилизации по завершению его жизненного цикла.

По виду реализуемого производственно-технологического процесса, и осуществляемой функциональной эксплуатацией техническим объектом - необходимо провести идентификацию негативных экологических факторов, результаты которой отразить в таблице 5.7. При идентификации экологических факторов использовать действующие (при наличии – и перспективные нормативные требования, планируемые к введению в будущем) нормативные документы.

Таблица 5.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

| Наименование<br>технического<br>объекта,<br>технологическо<br>го процесса | Структурные<br>составляющие<br>технического<br>объекта,<br>технологическо<br>го процесса, | Воздействи<br>е<br>техническог<br>о объекта<br>на<br>атмосферу | Воздействи<br>е<br>техническог<br>о объекта<br>на<br>гидросферу | Воздействие<br>техническог<br>о объекта на<br>литосферу |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|

|                                                                      |                                                                                               |                                               |             |                                    |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------|------------------------------------|
|                                                                      | энергетическая установка транспортное средство и т.п.                                         |                                               |             |                                    |
| Биогазовая установка, получение биогаза при брожении пищевых отходов | Биогазовый реактор, газгольдер, аппарат для осушки биогаза, загрузочная емкость, коммуникации | Возможен выброс метана в атмосферу при утечке | отсутствует | Разрушение почвы при строительстве |

Необходимо разработать мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду рассматриваемого технического объекта (дипломного проекта), согласно нормативных документов оформить таблицу 5.8.

Таблица 5.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

|                                                                              |                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Наименование технического объекта                                            | Биогазовая установка                                                                                                                                                                      |
| Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу  | Чтобы не допустить опасных выбросов метана в атмосферу, необходимо постоянно соблюдать технологический режим, следить за давлением в системе и не допускать разгерметизации оборудования. |
| Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу | Негативное воздействие на гидросферу отсутствует.                                                                                                                                         |
| Мероприятия по снижению негативного антропогенного                           | Кроме разрушения почвы при строительстве никаких негативных воздействий на почву не будет производиться, следовательно, мероприятия по снижению негативного воздействия на литосферу      |

|                          |                       |
|--------------------------|-----------------------|
| воздействия на литосферу | проводиться не будут. |
|--------------------------|-----------------------|

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ литературы и существующих конструкций реакторов брожения пищевых отходов позволяют сделать следующие выводы:

Предложена конструкция грунтового биореактора, разделенного на 9 секций и позволяющего механизировано загружать пищевые отходы, а так же осуществлять изъятие твердого остатка.

Предложенная конструкция позволяет перерабатывать пищевые отходы Центрального района и получать биогаз в объеме 11060000 м<sup>3</sup>/год.

Биореактор параллельно может вырабатывать до 9000 т/год эффективных удобрений для сельского хозяйства. Что позволяет получить дополнительную прибыль.

Образующаяся в каждой секции реакционная вода является эффективным жидким удобрением для сельского хозяйства и может быть так же реализована со значительным экономическим эффектом.

Предложенная технологическая схема в модульном уменьшенном варианте может быть успешно использована в сельском хозяйстве для биоброжения отходов животноводства и овощеводства.

Использование грунтового биореактора позволит существенно улучшить экологическую обстановку городов и получить общий экономический эффект в 21.7млн руб./год.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Балдин Е.И., Ведеников Г.С. «Металлические конструкции. Общий курс» // Стройиздат 1986г. - 157 с.
- 2 Бартоломей, А.А. Основы проектирования и строительства хранилищ отходов: Учебн. пособие для стр-х вузов / А.А. Бартоломей, Х. Брандл, А.Б. Понамарев. – М.: Изд-во АВС. – 143 с.
- 3 Веревкин С.И., Корчагин В.А «Газгольдеры» // М.: Стройиздат 2001г. - 260 с.
- 4 Винаров А.Ю., Кухаренко А.А., Ипатова Т.В., Бурмистров Б.В. Биотехнология переработки отходов животноводства и птицеводства в органическое удобрение. – М.: ФИПС, 1998. – 114 с.
- 5 Дрейер А.А. Твердые промышленные и бытовые отходы, их свойства и переработка [Текст]/А. Сачков, К. Никольский, Ю. Маринин, А. Миронов. :«Экология городов», 1997. – 198 с.
- 6 Емцев В.Т., Мишустин Е.Н. Микробиология: учебник для вузов. – М.: Дрофа, 2006. – 444 с.
- 7 Жилина Т.Н., Заварзин Г.А. Методы выделения и культивирования метанобразующих бактерий // Теоретические и методические основы изучения анаэробных микроорганизмов. Пущино: Академия наук СССР. 1978. С. 158-163.
- 8 Заварзин Г.А., Колотилова Н.Н. Введение в природоведческую микробиологию: Учебное пособие. – М.: Книжный дом «Университет», 2001. – 256 с.
- 9 Заварзин Г.А. Трофические связи в метаногенном сообществе // Изв. АН. СССР. Сер. Биол. 1986. Т.3. С. 341-360.
- 10 Иванов М.К. Технологии метаногенеза наших дней. Вып. 2. - М.: Знание, 1987. - 160 с

- 11 Ильин В.К., Биотехнологии метаногенеза с использованием микробной ассоциации, адаптированной к животному и растительному субстрату[Текст] / В.К. Ильин, И.Н. Лыков, С.А. Сафранов, М.И. Морозенко, Н.И. Волыхина, Е.В. Волыхина, Е.А. Тарасов, К.С. Лауринавичюс, Д.А. Цветкова. – Калуга: Секция биотехнологии, 2005. – 325 с.
- 12 Лашинский, А. А. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник, - Л.: Машиностроение , 1981, 382с .
- 13 Лобанюк А.Г. Биотехнология сельскохозяйственных растений. М.: Агропромиздат, 1987. - 217 с.
- 14 Макшанова Н.А., Ефремова Т.В. Пищевые отходы общества и реакторы их переработки в биогаз. Сборник трудов молодых ученых 2-го Международного экологического конгресса «Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов». Тольятти 2009, том 2, с. 263.
- 15 Миндубаев А.З., Белостоцкий Д.Е., Минзанова С.Т., Миронов В.Ф., Алимова Ф.К., Миронова Л.Г., Коновалов А.И. Метаногенез: биохимия, технология, применение //Ученые записки Казанского государственного университета. Естественные науки. – 2010. – Т.152, кн.2. – С. 178-191.
- 16 Панцхава Е.С. Применение метанового брожения для очистки сточных вод // Микробиология очистки воды. – Киев, 1982. – С. 167-168.
- 17 Потапов П.А. Методы локализации и обработки фильтрата полигонов захоронения твердых бытовых отходов / П.А. Потапов, Е. И. Пупырев, А.Д. Потапов, - М.: Изд-во АВС. – 167 с.
- 18 Сафронова С.А. Применение ресурсосберегающих технологий утилизации твердых бытовых отходов как направление повышения стабильности эколого-экономического развития региона [Текст] / С.А. Сафронова. - МГТУ КалФ. Калуга, 2010. – 96 с.
- 19 Сметанин В.И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления / М.: Колос, 2000 – 223 с.

- 20 Ульянова Е.В., Малышева А.П. Экономическое обоснование системы селективного сбора твердых бытовых отходов. Сборник трудов молодых ученых 2-го Международного экологического конгресса «Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов». Тольятти 2009, том 2, с. 263.
- 21 Хаскин В.В., Акимова Т.А. Промышленная экология. Изд. 3, М. 2006. - 495 с.
- 22 Чуприн А.А., Щукина А.Я. Качество обращения с отходами производства и экологическая безопасность общества. Сб. трудов Всероссийской научно-практической конференции «Промышленная и экологическая безопасность как условие обеспечения качества продукции и услуг». Изд. ТГУ, Тольятти, 2002, с.146.
- 23 Чурбанова И.Н. Микробиология. – М.: Высш. школа, 1987. – 239 с.
- 24 Шварц Д. А. Отходы, упаковка и окружающая среда / Д. Шварц. – Рига: Латвия, 1995. – 68 с.
- 25 Шеина О.А., Сысоев В.А. Биохимия процесса производства биогаза как альтернативного источника энергии // Вестник ТГУ. – 2009. – Т.14, вып.1. – С. 73-76.
- 26 Шлегель Г. Общая микробиология. / Перевод. с нем. под ред. Е.Н. Кондратьевой. – М.: «Мир», 1987. – 567 с.
- 27 Щукин В.П. Эколого-экономические равновесия и их анализ на основе законов развития фундаментальных наук. Сб. материалов 3й Международной научно-практической конференции «Экономика, экология и общество России в 21-м столетии» [Текст] / В.П. Щукин, В.К. Ляхов, А.Я. Щукина. - СПбГТУ, С-Петербург, 2001, 887 с.
- 28 Щукина А.Я., Экономическое развитие в условиях лимитированной окружающей среды. Диссертация на соискание ученой степени доктора экономических наук. М.: ВИЭМС, 2006г., 456 с.
- 29 Щукина А.Я., Ляхов В.К., Щукин В.П. Функциональная экономика. Тольятти, ТГУ, 2001,180с.

- 30 Яковлев С.В., Карюхина Т.А. Биохимические процессы в очистке сточных вод. – М., 1980. – 200 с.
- 31 Алборов И.Д. Исследование биохимических процессов, происходящих на полигонах твердых бытовых отходов[Текст] / И.Д. Алборов С. В. Степанова // Вестн. МАНЭБ. - 2002. - Т.7, N 9(57). - С.32-34.
- 32 Алексеев С.А. Что такое ЦТЗ [Текст] / С. А. Алексеев // Экологический бюллетень "Чистая земля". - Спец. выпуск, №1. – 1997. С. 1-5.
- 33 Ананиашвили Г.Д. Основы биоэнергетики и биоэнергетического строительства в сельском хозяйстве: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – М., 1959. – 29 с.
- 34 Беляев С.С. Метанобразующие бактерии и их роль в биохимическом цикле углерода: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Пущино, 1984. – 45 с.
- 35 Букринская Э.Н. Логистическое обеспечение рециклинга ТБО в мегаполисе. Журнал «Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция», №4, 2006г., с. 71.
- 36 Глаголев М.В. Метаногенез болот (результаты и перспективы исследований) // Вестник ТГПУ. – 2008. – Вып.4 (78). – С. 74-77.
- 37 Глаголев М.В., Суворов Г.Г. Болота в проблеме метана как парникового газа: что сделано и что предстоит сделать? // Доклады по экологическому почвоведению. – 2008. – Т.2, №2, вып.8. – С.19-43.
- 38 Добрынина О.М., Калинина Е.В. Технологические аспекты получения биогаза // Вестник Пермского государственного технического университета. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. – 2010. - №2. – С. 33-40.
- 39 Жуков, Б. Судьбы вывоза мусора у «них» и у нас[Текст] / Б. Жуков, Е. Груева. – Итоги, 1999. С.5-7.
- 40 Иванов С.Р. Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов[Текст]: утв. Минстроем России 02.11.96, согласована с Госкомсанэпиднадзором России 10.06.96 -№01-8/1711. – М., 1998 г. – 130 с.

- 41 Капронов И.В. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2011 году» // Гос. Доклад. – 2012. 523 с.
- 42 Карякин М.А., Вайссер Т. От очистки сточной воды аэробным способом до получения из нее энергии // Водоочистка. 2007. №2. С. 30-32.
- 43 Корзникова М.В., Блохин А.Ю., Козлов Ю.П. Оценка степени конверсии органического вещества отходов животноводства и птицеводства в биогаз (на примере РФ) // Вестник ВГУ, серия: химия, биология, фармация. – 2008. - №2. – С.108-111.
- 44 Котляков В.М. Климатические изменения и будущее окружающей среды. //Международный журнал социальных наук. - М: РАН/Юнеско, 1997, май – с.84-96.
- 45 Коцюрбенко О.Р. Метаногенные микробные сообщества из холодных наземных экосистем: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – М., 2005, с. 69.
- 46 Кравченко, Д.Б. Экономико-экологическое управление системой утилизации твердых бытовых отходов[Текст]: автореф. дис. на соиск. учен.степ. к.э.н. Кравченко Д.Б. – Санкт-Петербург, 2005. – 33 с.
- 47 Миндубаев А.З., Минзанова С.Т., Скворцов Е.В., Миронов В.Ф., Зобов В.В., Белостоцкий Д.Е., Миронова Л.Г., Коновалов А.И. Возможности применения психрофильного режима для получения биогаза // Материалы II Международной научно-практической конференции «Постгеномная эра в биологии и проблемы биотехнологии» 15-16 сентября 2008 г., Казань. – С.81.
- 48 Савельева О.В., Котова И.Б., Нетрусов А.И., 2000.Сборник трудов научной конференции “Проблемы экологии и физиологии микроорганизмов”. МГУ , Диалог, 2000. - С. 243.
- 49 Шеина О.А. Биохимия процесса производства биогаза как альтернативного источника энергии[Текст] / О.А. Шеина, В.А. Сысоев // Вестник ТГУ. – 2009. – Т.14, вып.1. – С. 73-76.
- 50 Щербакова В.А. Автореферат диссертации на соискание учёной степени канд. биол. наук. Пущино, 2000. - С. 47.

- 51 Барбара Эдер, Хайнц Шульц. Биогазовые установки. Практическое пособие. – 1996, переиздано 2006 <http://zorgbiogas.ru/biblioteka/kniga-o-biogaze>
- 52 Ильин В.К., Лыков И.Н., Сафронова С.А., Морозенко М.И., Волыхина Н.И., Волыхина Е.В., Тарасов Е.А., Лауринавичюс К.С., Цветкова Д.А. Биотехнологии метаногенеза с использованием микробной ассоциации, адаптированной к животному и растительному субстрату // <http://readings.gmik.ru/lecture/2005>
- 53 Нормативно технический документ [Электронный ресурс] // Вып. 2. Резервуары и газгольдеры. Режим доступа: [http://uralstroyinfo.ru/?id=577&type=1&doc=2\\_2560](http://uralstroyinfo.ru/?id=577&type=1&doc=2_2560)
- 54 Передовой источник информации по проблемам ТБО [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.solidwaste.ru>
- 55 Портал ООО «Экология Производства» [Электронный ресурс] - Режим доступа <http://nwecology.ru/>
- 56 Проблемы ТБО и действия общественности [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://lipgarbage.narod.ru>
- 57 Публикация материалов и документации связанной с биохимией [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://biokhimija.ru/>
- 58 Сварные и ремонтные работы в основаниях мокрых газгольдеров. [Электронный источник] Режим доступа: <http://www.okanit.ru/node/513>
- 59 Справочник химика 21 [Электронный ресурс] // Химия и химическая технология. Режим доступа: <http://chem21.info/info/874829/>
- 60 Электронная библиотека [Электронный ресурс] // Афанасьев В.А. Сооружение газохранилищ и нефтебаз. Режим доступа: <http://www.dobi.oglib.ru/bgl/1057/56.html>
- 61 ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. М., 1974. – 19 с.
- 62 ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей среды, 21 с.

- 63 ГОСТ 12.3.002-75 ССБТ Процессы производственные. Общие требования безопасности. М., 1976.
- 64 ГОСТ 14098-91. Соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкции. М.: ИПК Издательство стандартов, 2004г. - 78 с.
- 65 ГОСТ 25424-90 Пластины твердосплавные напаиваемые типа 25. Конструкция и размеры. М.: ИПК Издательство стандартов, 1998г. - 26с.
- 66 ГОСТ 25781-83. Формы стальные для изготовления железобетонных изделий. М.: Издательство стандартов, 1994. - 51 с.
- 67 ГОСТ 8695-75 Трубы. Метод испытания на сплющивание Сб. ГОСТов. М.: ИПК Издательство стандартов, 2002г. - 57 с.
- 68 НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. М., 2003-42с.
- 69 СНиП 2.01.28-85 "Полигоны для обезвреживания и захоронения токсико-химических промышленных отходов: основные положения по проектированию"[Текст]. - М.:ЦИТП, 1985. - 39 с.
- 70 СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение Актуализированная редакция; введ. 2011-05-20. – М.: ОАО «ЦПП», 2011. – 70 с.