

**Охрана окружающей среды и природопользование
ПОРЯДОК РАСЧЕТА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
БИОГАЗОВЫХ КОМПЛЕКСОВ**

**Ахова навакольнага асяроддзя і прыродакарыстанне
ПАРАДАК РАЗЛІКУ ЭКАНАМІЧНАЙ ЭФЕКТЫЎНАСЦІ БІАГАЗАВЫХ
КОМПЛЕКСАЎ**

Издание официальное



Минприроды

Минск

Ключевые слова: биогаз, биогазовый комплекс, биогазовая установка, биомасса, загрязняющие вещества, парниковые газы, животноводческие стоки, канализационные стоки, анаэробное сбраживание, мезофильный процесс, термофильный процесс, сбраживание биомассы, технико-экономические показатели

Предисловие

Цели, основные принципы, положения по государственному регулированию и управлению в области технического нормирования и стандартизации установлены Законом Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации».

Цели, основные принципы, положения по государственному регулированию и управлению техническим нормированием и стандартизацией в области охраны окружающей среды установлены Законом Республики Беларусь «Об охране окружающей среды».

1 РАЗРАБОТАН УО «Белорусский национальный технический университет» и управлением регулирования воздействий на атмосферный воздух и водные ресурсы Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь

ВНЕСЕН управлением регулирования воздействий на атмосферный воздух и водные ресурсы Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 5 сентября 2011 г. № 13-Т

3 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Настоящий технический кодекс установившейся практики не может быть воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Минприроды Республики Беларусь

Содержание

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ.....	1
2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ.....	1
3 ТЕРМИНЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	И 2
4 ОБЩИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СТРОИТЕЛЬСТВА БИОГАЗОВЫХ КОМПЛЕКСОВ И ПОЛУЧЕНИЯ БИОГАЗА....	3
5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СТРОИТЕЛЬСТВА БИОГАЗОВЫХ КОМПЛЕКСОВ.....	3
6 ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СБРАЖИВАНИЯ БИОМАССЫ.....	9
7 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СБРАЖИВАНИЯ БИОМАССЫ.....	12
8 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СБРАЖИВАНИЯ БИОМАССЫ.....	14
9 АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СБРАЖИВАНИЯ БИОМАССЫ.....	16
Приложение А (справочное).....	17
Приложение Б (справочное).....	18
Приложение В (справочное).....	19
Приложение Г (справочное).....	23
Приложение Д (справочное).....	24
Библиография	25

**Охрана окружающей среды и природопользование
ПОРЯДОК РАСЧЕТА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИОГАЗОВЫХ
КОМПЛЕКСОВ**

**Ахова навакольнага асяроддзя і прыродакарыстанне
ПАРАДАК РАЗЛІКУ ЭКАНАМІЧНАЙ ЭФЕКТЫЎНАСЦІ БІАГАЗАВЫХ
КОМПЛЕКСАЎ**

Environmental protection and nature use
Calculation of economic efficiency biogas complex

Дата введения 2012-01-01

1 Область применения

Настоящий технический кодекс установившейся практики (далее – технический кодекс) регламентирует основные технологические, энергетические, экологические, агротехнические и экономические показатели биогазовых комплексов и устанавливает порядок их расчетов.

Требования настоящего технического кодекса распространяются на биогазовые комплексы с объемом метантенка свыше 20 м³.

Требования настоящего технического кодекса обязательны для применения всеми юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, осуществляющими расчет экономической эффективности при проектировании, строительстве, эксплуатации биогазовых комплексов на территории Республики Беларусь.

2 Нормативные ссылки

В настоящем техническом кодексе использованы ссылки на следующие технические нормативные правовые акты в области технического нормирования и стандартизации (далее – ТНПА):

ТКП 17.02.01-2006 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Правила по обеспечению экологической безопасности автозаправочных станций

ТКП 17.08-01-2006 (02120) [Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосфера. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Порядок определения выбросов при сжигании топлива в котлах теплопроизводительностью до 25 МВт](#)

ТКП 17.08-10-2008 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосфера. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Правила расчета выбросов при обеспечении потребителей газом и эксплуатации объектов газораспределительной системы

ТКП 17.08-11-2008 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосфера. Выбросы загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферный воздух. Правила расчета выбросов от животноводческих комплексов, звероферм и птицефабрик

ТКП 17.02-03-2010 Охрана окружающей среды и природопользование. Правила размещения и проектирования биогазовых комплексов

ТКП 45-4.01-202-2010 Очистные сооружения сточных вод. Строительные нормы проектирования

ТКП 17.09-01-2011 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Климат. Выбросы и поглощение парниковых газов. Правила расчета выбросов за счет внедрения мероприятий по энергосбережению, возобновляемых источников энергии

СТБ 1626.1-2006 Установки котельные. Установки, работающие на газообразном, жидком и твердом топливе. Нормы выбросов загрязняющих веществ

Примечание – При пользовании настоящим техническим кодексом установившейся практики целесообразно проверить действие технического нормативного правового акта (ТНПА) по каталогу, составленному на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году.

Если ссылочные ТНПА заменены (изменены), то при пользовании настоящим техническим кодексом следует руководствоваться замененными (измененными) ТНПА. Если ссылочные ТНПА отменены без замены, то положение, в котором дана ссылка на них, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем техническом кодексе применяются термины установленные в СТБ 1626.1, ТКП 17.02-03, а так же следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 анаэробное сбраживание, переработка: Процесс расщепления органических веществ, протекающий без доступа кислорода под действием микроорганизмов или выделенных ими ферментов.

3.2 биогаз: Смесь газов, состоящая в основном из метана и углекислого газа, образующаяся в процессе метанового брожения органических веществ [1].

3.3 биогазовый комплекс: Комплекс оборудования, включающий в себя биогазовую установку и оборудование для дальнейшего преобразования биогаза и эффлюента в другие виды энергии, топлива и удобрения.

3.4 биогазовая установка: Комплекс оборудования и устройств, предназначенный для подготовки и переработки биомассы в биогаз и эффлюент, включающий в себя метантенк и агрегаты для переработки биомассы [1].

3.5 биомасса: Биологически разлагаемые компоненты продуктов и отходов сельского хозяйства (как растительного, так и животного происхождения), лесного хозяйства и связанных с ними производств, а также биологически разлагаемые компоненты промышленных и бытовых отходов, содержащих органические вещества биологического происхождения [1].

3.6 мезофильный режим: Метановое брожение биомассы, проводимое от 20 до 40 °С включительно [1].

3.7 сбраживание биомассы: Процесс превращения органических и других биоразлагаемых веществ в результате жизнедеятельности организмов метанового сообщества в биогаз и клеточную массу в анаэробных условиях [1].

3.8 метантенк: Резервуар, в котором осуществляется метановое брожение органического вещества биомассы [1].

3.9 термофильный режим: Метановое брожение биомассы, проводимое при температуре от 40 °С до 60 °С включительно [1].

3.10 эффлюент: Жидкие и твердые продукты переработки биомассы в метантенке [1].

4 Общие предпосылки строительства биогазовых комплексов и получения биогаза

4.1 Экономическая эффективность строительства биогазовых комплексов обусловлена в первую очередь тремя основными составляющими: энергетическая, экологическая и агротехническая.

4.1.1 Энергетическая: Получаемый при сбраживании биомассы биогаз пригоден для сжигания в энергетических и технологических установках. Часть производимой при этом тепловой и (или) электрической энергии используются для покрытия собственных нужд биогазовой установки. Излишки электрической и тепловой энергии могут быть использованы для удовлетворения других нужд предприятия, передаче сторонним организациям или переданы в государственные энергоснабжающие организации в соответствии с законодательством. При этом наблюдается системная экономия топлива, для целей настоящего технического кодекса под сэкономленным топливом понимается природный газ.

4.1.2 Экологическая: При анаэробном сбраживании происходит разложение большей части органических веществ содержащихся в биомассе. Это приводит к значительному сокращению выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферный воздух, в том числе от иловых площадок и навозных лагун за счет внедрения новой системы уборки, хранения и использования навоза. Сбраживание биомассы позволяет снизить содержание в них возбудителей вирусных и инфекционных заболеваний, что благоприятно влияет на сокращение загрязнения почв и поверхностных вод. Также снижается интенсивность запаха биомассы.

4.1.3 Агротехническая: Сбраживание биомассы положительно сказывается на их удобрительной способности. Внесение сброженной биомассы предотвращает эрозию и деградацию почв и повышает урожайность возделываемых площадей. В сброженной биомассе значительно сокращается содержание семян сорных растений, что приводит к снижению нормы вносимых гербицидов.

5 Экономическая оценка строительства биогазовых комплексов

5.1 Определение срока окупаемости строительства биогазового комплекса

5.1.1 Простой срок окупаемости T_{II} , лет, рассчитывается по формуле

$$T_{II} = \frac{\sum_{i=1}^n k^i \times P_{ycm}^i}{\Pi_{\text{Э}} + \Pi_{\text{ПГ}} + \Pi_{\text{ЗВ}} + \Pi_{\text{ВД}} + \Pi_{\text{УР}} + \Pi_{\text{Х}} + \Pi_{\text{О}} - Z_{\text{Р}} - Z_{\text{С}} - A_{\text{М}} - H_{\text{С}} - H_{\text{Р}}}, \quad (1)$$

где k^i – удельные капиталовложения в биогазовый комплекс с i -тым энергетическим оборудованием, тыс.руб./кВт установленной мощности, принимаются по сметным стоимостям оборудования, либо по зарубежным объектам аналогам. В случае отсутствия этих данных, для предварительных расчетов принимаются значения из таблицы 1;

P_{ycm}^i – установленная мощность биогазового комплекса с i -тым энергетическим оборудованием, кВт, определяемая по 6.2;

$\Pi_{\text{Э}}$ – приток денежных средств от продажи тепловой и (или) электрической энергии, тыс.руб./год, определяемый по 5.2.1;

$\Pi_{\text{ПГ}}$ – приток денежных средств от продажи добровольных сокращений выбросов парниковых газов, тыс.руб./год, определяемый по 5.2.2;

ТКП 17.02-05-2011

$\Pi_{ЗВ}$ – снижение выплат экологического налога в связи с сокращением выбросов загрязняющих веществ, тыс.руб./год, определяемое по 5.2.3;

$\Pi_{УД}$ – приток денежных средств от продаж разделенной твердой фракции в качестве удобрений, плодородных слоев почв и компостов, тыс.руб./год, определяемый по 5.2.4 в случае наличия разрешения санитарно-эпидемиологических служб и наличия гарантированных покупателей удобрений, плодородных почв и компостов;

$\Pi_{УР}$ – прибыль от увеличения урожайности, тыс.руб./год, определяемая по 5.2.5;

$\Pi_{Х}$ – приток денежных средств за счет сокращения объемов вносимых в почву химических веществ, тыс.руб./год, определяемый по 5.2.6;

$\Pi_{О}$ – приток денежных средств за счет сокращения объемов сбрасываемых стоков, снижения нагрузки на очистные сооружения, тыс.руб./год, определяемый по 5.2.7;

Z_P – ежегодные отчисления на обслуживание и ремонт биогазового комплекса, энергетического оборудования, тыс.руб./год, определяемые по 5.2.8;

Z_C – ежегодные затраты на закупку сырья для производства биогаза, тыс.руб./год, определяемые по 5.2.9;

A_M – годовые амортизационные отчисления, тыс.руб./год, определяемые по 5.2.10;

H_C – налоги, относящиеся на себестоимость производимой продукции, тыс.руб./год, определяемые в соответствии с налоговым законодательством;

H_P – налог на прибыль, тыс.руб./год, определяемый в соответствии с налоговым законодательством.

Таблица 1 – Удельные капиталовложения в биогазовый комплекс с различными типами энергетического оборудования

Тип энергетического оборудования	Удельные капиталовложения в биогазовый комплекс, k^i , тыс.руб./кВт установленной мощности
Паровые и водогрейные котельные установки	20 000 – 24 000 (установленной тепловой мощности.)
Когенерационные энергетические модули на базе двигателей внутреннего сгорания комплектно с установкой утилизации теплоты уходящих дымовых газов	30 000 – 35 000 (установленной электрической мощности)
Когенерационные энергетические модули на базе газовых турбин комплектно с установкой утилизации теплоты уходящих дымовых газов	35 000 – 40 000 (установленной электрической мощности)
Другое технологическое оборудование	25 000 – 30 000 (установленной электрической мощности)
Примечания 1 В капиталовложения включены затраты на строительные-монтажные, проектные и пусконаладочные работы. 2 Меньшие значения удельных капиталовложений принимаются для энергетических установок суммарной тепловой и электрической мощностью более одного МВт. 3 При работе в термофильном режиме к удельным капиталовложениям применяется коэффициент снижения капитальных вложений равным 0,95.	

5.1.2 При определении динамического срока окупаемости оценку экономической эффективности строительства и эксплуатации биогазовых

комплексов следует выполнять в соответствии с [9], [10] и [11] и учитывать следующие показатели:

- текущие и прогнозируемые цены на энергетические ресурсы и сырье;
- возможные источники финансирования строительства;
- текущая и прогнозируемая себестоимость основных видов получаемой продукции с учетом возможностей повышения экономической эффективности и надежности проекта за счет совершенствования проектных решений;
- снижение выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферный воздух;
- увеличение урожайности сельскохозяйственной продукции;
- снижение объемов вносимых ядохимикатов.

5.1.3 При размещении в соответствии с требованиями ТКП 17.02-03 на территории биогазового комплекса разнотипного энергетического оборудования общие капиталовложения определяются как сумма капиталовложений в каждый из типов установок.

5.2 Определение основных экономических показателей для биогазового комплекса

5.2.1 Приток денежных средств от продажи тепловой и (или) электрической энергии $П_{\text{Э}}$, тыс.руб./год, рассчитывается по формуле

$$П_{\text{Э}} = Q \times C_Q + N \times C_N \times 10^{-3}, \quad (2)$$

где Q – годовой отпуск тепловой энергии сторонним организациям, Гкал/год, определяемый по приборам учета или по 6.1;

C_Q – стоимость тепловой энергии, тыс.руб./Гкал, определяемая индивидуально для каждого внедряемого биогазового комплекса на основании постановлений Министерства экономики, для проведения предварительных расчетов принимается равной 220000 рублей за Гкал;

N – годовой отпуск электрической энергии в государственные энергетические сети, кВт·ч/год, определяемый по приборам учета или по 6.1;

C_N – стоимость электрической энергии, руб./кВт·ч, определяемая индивидуально для каждого внедряемого биогазового комплекса на основании постановлений Министерства экономики, для проведения предварительных расчетов принимается равной 600 рублей за кВт·ч.

5.2.1.1 В случае выработки биогазовым комплексом одновременно тепловой и электрической энергии, а также в случае размещения на биогазовом комплексе энергетического оборудования различного типа, общую установленную мощность биогазового комплекса следует определять как сумму мощностей различных энергетических установок.

5.2.1.2 В случае использования тепловой энергии для собственных нужд биогазовой установки, а также на цели отопления и горячего водоснабжения других объектов предприятия-владельца биогазового комплекса, годовой отпуск тепловой энергии сторонним организациям приравнивается к нулю.

5.2.1.3 Величина годового отпуска тепловой энергии сторонним организациям и годового отпуска электрической энергии в государственные энергетические сети рассчитывается как годовой возможный объем производства (выработки) тепловой и (или) электрической энергии на биогазовом комплексе, уменьшенный на объем энергии, использованной на собственные нужды биогазового комплекса.

5.2.1.4 При определении экономической эффективности биогазовых комплексов приток денежных средств от продажи тепловой и (или) электрической

ТКП 17.02-05-2011

энергии может быть заменен притоком денежных средств от системной экономии природного газа Π_G , тыс.руб./год, который рассчитывается по формуле

$$\Pi_G = G_G \times C_G, \quad (3)$$

где G_G – годовая экономия природного газа, тыс.м³/год, определяемая по 6.3;

C_G – стоимость природного газа, тыс.руб./тыс.м³, определяемая индивидуально для каждого внедряемого биогазового комплекса по состоянию на 1 января года, в котором производится расчет, для проведения предварительных расчетов принимается равной 1300000 рублей за тыс.м³ природного газа.

5.2.2 Приток денежных средств от продажи добровольных сокращений выбросов парниковых газов Π_{III} , тыс.руб./год, определяется по международным расценкам в зависимости от их состава, количества, стоимости и рассчитывается по формуле

$$\Pi_{III} = \Delta G_{III} \times C_{III}, \quad (4)$$

где ΔG_{III} – снижение выбросов парниковых газов в атмосферный воздух в пересчете на диоксид углерода, т/год, определяемое по ТКП 17.09-01 или для проведения предварительных расчетов по 5.2.2.1;

C_{III} – стоимость тонны выбросов парниковых газов в пересчете на диоксид углерода, реализованных по схеме добровольных сокращений выбросов, тыс.руб./т, для проведения предварительных расчетов принимается равной 30000 рублей за тонну выбросов.

5.2.2.1 Для проведения предварительных расчетов снижение выбросов парниковых газов в атмосферный воздух в пересчете на диоксид углерода может быть рассчитано по формуле

$$\Delta G_{III} = \frac{P_{ycm}}{500} \times 10500, \quad (5)$$

где P_{ycm} – установленная мощность биогазового комплекса, кВт;

10500 – величина сокращения выбросов парниковых газов в пересчете на диоксид углерода для биогазового комплекса мощностью 500 кВт, т/год, при сокращении выбросов диоксида углерода на 9600 т/год, метана на 37,24 т/год, закиси азота на 0,38 т/год.

5.2.3 Снижение выплат экологического налога в связи с сокращением выбросов загрязняющих веществ $\Pi_{ЗВ}$, тыс.руб./год рассчитывается по формуле

$$\Pi_{ЗВ} = \sum_i \Delta G_{ЗВ}^i \times S_{ЗВ}^i, \quad (6)$$

где $\Delta G_{ЗВ}$ – снижение (увеличение) выбросов i -го загрязняющего вещества в атмосферный воздух при горении биогаза за счет замещения природного газа, определяемое по ТКП 17.08-01 с учетом положений раздела 8, а также снижение выбросов аммиака, метанола (спирт метиловый), сероводорода, метиамина (монометиламин), фенола (гидроксibenзол) за счет внедрения новой системы уборки, хранения и использования навоза, определяемое по ТКП 17.08-11, т/год или для проведения предварительных расчетов по 5.2.3.1;

$S_{ЗВ}^i$ – ставка экологического налога за выброс i -ого загрязняющего вещества в атмосферный воздух, тыс.руб./т.

5.2.3.1 Для проведения предварительных расчетов снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух может быть рассчитано по формуле

$$\Delta G_{зв} = \frac{P_{уст}}{500} \times (1,32_2 + 0,88_3 + 1,65_4), \quad (7)$$

где $P_{уст}$ – установленная мощность биогазового комплекса, кВт;

1,32 – величина сокращения выбросов загрязняющих веществ второго класса опасности (азота диоксид, сероводород, метиламин (монометиламин), фенол (гидроксибензол)) для биогазового комплекса мощностью 500 кВт, т/год;

0,88 – величина сокращения выбросов загрязняющих веществ третьего класса опасности, равная разнице между сокращением выбросов загрязняющих веществ (азота оксид, метанол (спирт метиловый)) и увеличением выбросов загрязняющих веществ (серы диоксид, твердые частицы) для биогазового комплекса мощностью 500 кВт, т/год;

1,65 – величина сокращения выбросов загрязняющих веществ четвертого класса опасности (аммиак, углерода оксид, углеводороды предельные алифатического ряда $C_1 - C_{10}$ (алканы)) для биогазового комплекса мощностью 500 кВт, т/год.

5.2.4 Приток денежных средств за счет продаж разделенной твердой фракции в качестве удобрений, плодородных слоев почв и компостов $\Pi_{уд}$, тыс.руб./год рассчитывается по формуле

$$\Pi_{уд} = \frac{G_{уд} \times C_{уд} \times T}{24 \times 1000}, \quad (8)$$

где $G_{уд}$ – суточный объем образующейся твердой фракции, кг/сут, определяемый по 7.2;

$C_{уд}$ – стоимость твердой фракции, тыс.руб./т, зависящая от ее состава и агротехнических свойств и определяемая индивидуально для каждого биогазового комплекса, для проведения предварительных расчетов стоимость твердой фракции принимается равной 520000 рублей за тонну удобрений;

T – число часов работы технологического оборудования в году, ч, для проведения предварительных расчетов принимается равной 8760 ч/год.

5.2.5 Прибыль от увеличения урожайности $\Pi_{ур}$, тыс.руб./год, рассчитывается по формуле

$$\Pi_{ур} = \sum_i \Delta U_{ур}^i \times C_K^i, \quad (9)$$

где $\Delta U_{ур}^i$ – увеличение урожайности i -ой сельскохозяйственной культуры в натуральном выражении, т/год, определяемое по 9.1;

C_K^i – стоимость i -ой сельскохозяйственной культуры, тыс.руб./т, принимается по среднерыночным расценкам на момент проведения расчетов, для проведения предварительных расчетов принимается равной 360000 рублей за тонну.

5.2.6 Приток денежных средств за счет сокращения объемов вносимых пестицидов и гербицидов Π_x , тыс.руб./год, рассчитывается по формуле

$$\Pi_x = \sum_i C_x^i \times \frac{\Delta X^i}{100} \times S_x, \quad (10)$$

ТКП 17.02-05-2011

где C_x^i – первоначальная стоимость обработки химическими препаратами для i -ой сельскохозяйственной культуры, тыс. руб./га. Первоначальная стоимость вносимых химических препаратов определяется для каждого из обрабатываемых участков полей в зависимости от их типа и состава индивидуально для каждого предприятия, для проведения предварительных расчетов первоначальная стоимость обработки химическими препаратами принимается равной 35000 рублей на гектар земли;

ΔX^i – сокращение внесения химических препаратов для i -ой сельскохозяйственной культуры, %, определяемое по таблице 2;

S_x – площадь земли, на которую вносятся химические препараты, га/год, определяется индивидуально для каждого предприятия.

5.2.6.1 Анаэробное сбраживание способствует обеззараживанию стоков (помета), улучшает их ветеринарно-санитарные, гигиенические характеристики. Снижается микробная обсемененность, уменьшаются значения ХПК и БПК (в некоторых случаях на 85–90 %), содержание подвижных форм тяжелых металлов: никеля, меди и цинка.

5.2.6.2 При сбраживании биомассы происходит дегельминтизация и исчезают всхожие семена сорных растений в обработанной органике, в то время как в исходном навозе их насчитывается до 1000 шт. на тонну и более, за счет чего значительно снижается расход гербицидов и пестицидов при обработке возделываемых площадей.

Таблица 2 – Уменьшение объемов используемых препаратов после внесения сброженных стоков

Сельскохозяйственная культура	Снижение внесения химических препаратов, %
Зерновые культуры	7
Многолетние травы	2
Кукуруза	9
Свекла кормовая	8
Картофель	9

Примечание - Данные, приведенные в таблице, используются для предварительных расчетов, для точных расчетов следует использовать данные существующих комплексов по определенным видам культур

5.2.7 Приток денежных средств за счет сокращения объемов сбрасываемых стоков, снижения нагрузки на очистные сооружения Π_o , тыс.руб./год, рассчитывается по формуле

$$\Pi_o = \frac{\Delta C_H \times T \times \sum_i V_i}{24 \times 1000}, \quad (11)$$

где ΔC_H – снижение стоимости вносимых в качестве удобрений и не поступающих на очистные сооружения удобрений, тыс.руб./т, для проведения предварительных расчетов принимается равной 60000 рублей за тонну сырья поступающего на переработку;

T – число часов работы технологического оборудования в году, ч, для проведения предварительных расчетов принимается равной 8760 ч/год;

V_i – объем i -ого сырья поступающего на переработку, кг/сут, определяемый по

таблицам В.1, В.2, В.3 Приложения В.

5.2.8 Ежегодные отчисления на обслуживание и ремонт биогазового комплекса, энергетического оборудования Z_p , тыс.руб./год, рассчитывается по формуле

$$Z_p = \sum_i \frac{z_i}{100} \times K^i, \quad (12)$$

где z_i – доля отчислений от первоначальной стоимости основного оборудования биогазового комплекса с i -ым энергетическим оборудованием в год, %, принимаются по данным, представленным заводами изготовителями в зависимости от состава оборудования биогазового комплекса. Для проведения предварительных расчетов принимаются значения из таблицы 3;

K^i – капиталовложения в биогазовый комплекс с i -ым энергетическим оборудованием, тыс.руб./год, для проведения предварительных расчетов принимаются значения из таблицы 1.

5.2.9 Ежегодные затраты на закупку сырья для производства биогаза Z_c , тыс.руб./год, определяются по следующему выражению

$$Z_c = \sum_i V_c^i \times C^i, \quad (13)$$

где V_c^i – объем i -ого закупаемого сырья поступающего на переработку, т/год;

C^i – стоимость i -ого закупаемого сырья поступающего на переработку, тыс.руб./т, определяемая индивидуально для каждого биогазового комплекса. При использовании для работы биогазового комплекса собственного сырья, и отсутствии закупки сырья у сторонних организаций, стоимость закупаемого сырья приравнивается к нулю.

Таблица 3 – Отчисления на обслуживание и ремонт биогазового комплекса с различными типами энергетического оборудования

Тип энергетического оборудования	Годовая доля отчислений, %
Паровые и водогрейные котлоагрегаты	9,3
Когенерационные энергетические модули на базе двигателей внутреннего сгорания комплектно с установкой утилизации теплоты уходящих дымовых газов	13,2
Когенерационные энергетические модули на базе газовых турбин комплектно с установкой утилизации теплоты уходящих дымовых газов	18,7
Другое технологическое оборудование	11,5

5.2.10 Годовые амортизационные отчисления A_M , тыс.руб./год, рассчитываются по формуле

$$A_M = k_A \times K^i, \quad (14)$$

где k_A – коэффициент амортизации, принимаемый в соответствии с [6];

K^i – капиталовложения в биогазовый комплекс с i -ым энергетическим оборудованием, тыс.руб./год, для проведения предварительных расчетов

принимаются значения из таблицы 1.

6 Энергетические аспекты сбраживания биомассы

6.1 Определение количества отпускаемой тепловой и электрической энергии

6.1.1 Количество отпускаемой тепловой энергии сторонним организациям и электрической энергии в государственные энергетические сети напрямую зависит от мощности устанавливаемого энергетического оборудования, числа часов его работы и собственных нужд биогазового комплекса.

6.1.2 В случае размещения на биогазовом комплексе энергетического оборудования различного состава, общее количество отпускаемой тепловой и электрической энергии следует определять как сумму энергии, отпускаемой различными энергетическими установками. При этом потребление тепловой и электрической энергии на собственные нужды биогазового комплекса учитывается по одному разу соответственно.

6.1.2.1 При установке паровых или водогрейных котлоагрегатов, работающих на вырабатываемом биогазе, годовой отпуск тепловой энергии сторонним организациям Q , Гкал/год, рассчитывается по формуле

$$Q = \frac{0,97 \times Q_K \times T_{\text{Э}} - (Q_B \times k_{\text{СН}} \times T_B) / 24}{1163}, \quad (15)$$

где Q_K – тепловая мощность биогазового комплекса, кВт, определяемая по 6.2;

$T_{\text{Э}}$ – число часов работы энергетического оборудования в году, час, для проведения предварительных расчетов принимается равным 8350 час/год;

Q_B – суточный объем производимого биогаза, м³/сут, определяемый по 7.1;

$k_{\text{СН}}$ – удельное потребление тепловой энергии на собственные нужды биогазового комплекса, кВт·ч/м³, определяемое по таблице 4;

T_B – число часов работы биогазового комплекса в году, час, определяется по фактической выработке биогаза, для проведения предварительных расчетов принимается равным 8760 час/год.

6.1.2.2 При установке паровых или водогрейных котлоагрегатов, работающих на биогазе и вырабатывающих электрическую энергию, годовой отпуск электрической энергии в государственные энергетические сети N , кВт·ч/год, рассчитывается по формуле

$$N = 0,86 \times 10^{-3} \times Q_K \times Q_B \times T_{\text{Э}} / T_B, \quad (16)$$

где Q_K , Q_B , $T_{\text{Э}}$, T_B – то же, что и в формуле (15).

Таблица 4 – Удельное потребление тепловой и электрической энергии на собственные нужды биогазового комплекса, кВт·ч/м³

Показатель	Значение в мезофильном режиме	Значение в термофильном режиме
Удельное потребление электроэнергии без механического разделения	0,099	0,076
Удельное потребление электроэнергии с механическим разделением	0,180	0,152

Показатель	Значение в мезофильном режиме	Значение в термофильном режиме
Удельное потребление тепловой энергии без регенерации	1,188	2,2
Удельное потребление тепловой энергии с регенерацией	0,994	1,49

6.1.3.1 При установке когенерационного энергетического модуля на базе двигателя внутреннего сгорания или газовой турбины комплектно с установкой утилизации теплоты уходящих дымовых газов, годовой отпуск тепловой энергии сторонним организациям Q , Гкал/год, рассчитывается по формуле

$$Q = \frac{Q_{двс,гт} \times T_{Э} - (Q_{Б} \times k_{сн} \times T_{Б}) / 24}{1163}, \quad (17)$$

где $Q_{двс}$ – тепловая мощность когенерационного энергетического модуля на базе двигателя внутреннего сгорания комплектно с установкой утилизации теплоты уходящих дымовых газов, кВт, определяемая по 6.2;

$Q_{гт}$ – тепловая мощность когенерационного энергетического модуля на базе газовой турбины комплектно с установкой утилизации теплоты уходящих дымовых газов, кВт, определяемая по 6.2;

$T_{Э}$, $Q_{Б}$, $k_{сн}$, $T_{Б}$ – то же, что и в формуле (15).

6.1.3.2 При установке когенерационного энергетического модуля на базе двигателя внутреннего сгорания или газовой турбины комплектно с установкой утилизации теплоты уходящих дымовых газов, годовой отпуск электрической энергии в государственные энергетические сети N , кВт·ч/год, рассчитывается по формуле

$$N = N_{двс,гт} \times T_{Э} - Q_{Б} \times k_{сн} \times T_{Б} / 24, \quad (18)$$

где $N_{двс}$ – электрическая мощность когенерационного энергетического модуля на базе двигателя внутреннего сгорания комплектно с установкой утилизации теплоты уходящих дымовых газов, кВт, определяемая по 6.2;

$N_{гт}$ – электрическая мощность когенерационного энергетического модуля на базе газовой турбины комплектно с установкой утилизации теплоты уходящих дымовых газов, кВт, определяемая по 6.2;

$Q_{Б}$, $T_{Б}$, $k_{сн}$ – то же, что и в формуле (15).

6.2 Определение тепловой и электрической мощности биогазового комплекса

6.2.1 Установленная тепловая и электрическая мощности биогазового комплекса определяются составом и параметрами энергетического оборудования. В случае размещения на биогазовом комплексе энергетического оборудования различного типа, общую установленную тепловую и электрическую мощность следует определять как сумму мощностей различных энергетических установок.

6.2.2 Выбор состава энергетического оборудования определяется технологическим процессом производства на предприятии, тепловыми и электрическими нагрузками предприятия, возможностью использования тепловой энергии.

6.2.3 При установке паровых или водогрейных котлоагрегатов, когенерационного энергетического модуля на базе двигателя внутреннего сгорания,

ТКП 17.02-05-2011

когенерационного энергетического модуля на базе газовой турбины, другого технологического оборудования, тепловая мощность биогазового комплекса $Q_{К,ДВС,ГТ}$, кВт, рассчитывается по формуле

$$Q_{К,ДВС,ГТ} = \frac{Q_B \times Q_B^H \times \eta_y \times 1,163}{24 \times 10^5}, \quad (19)$$

где Q_B – суточный объем производимого биогаза, м³/сут, определяемый по 7.1;

Q_B^H – низшая рабочая теплота сгорания биогаза, ккал/м³, для проведения предварительных расчетов принимается равной 5200 ккал/м³;

η_y – коэффициент полезного действия устанавливаемого оборудования, %, принимается по данным завода изготовителя, для проведения предварительных расчетов принимается равным для котлоагрегата 91 %, для когенерационного энергетического модуля на базе двигателя внутреннего сгорания равным 52 %, когенерационного энергетического модуля на базе газовой турбины равным 43 %.

6.2.4 При установке когенерационного энергетического модуля на базе двигателя внутреннего сгорания, когенерационного энергетического модуля на базе газовой турбины, другого технологического оборудования, электрическая мощность биогазового комплекса $N_{ДВС,ГТ}$, кВт, рассчитывается по формуле

$$N_{ДВС,ГТ} = \frac{Q_B \times Q_B^H \times \eta_K \times 1,163}{24 \times 10^5}, \quad (20)$$

где Q_B , Q_B^H – то же, что и в формуле (19);

η_K – электрический коэффициент полезного действия, %, для проведения предварительных расчетов принимается равным для когенерационного энергетического модуля на базе двигателя внутреннего сгорания 35 %, для когенерационного энергетического модуля на базе газовой турбины 29 %.

6.3 Определение системной экономии природного газа

6.3.1 Годовая экономия природного газа, G_G , тыс.м³/год, рассчитывается по формуле

$$G_G = \frac{7 \times (b_B \times Q + b_{\text{Э}} \times N / 1000)}{Q_G^H}, \quad (21)$$

где b_B – удельный расход топлива на выработку одной Гкал тепловой энергии на биогазовом комплексе, кг у.т./Гкал, для проведения предварительных расчетов принимается равным 168 кг у.т./Гкал;

Q – годовой отпуск тепловой энергии сторонним организациям, Гкал/год, определяемый по 6.1;

$b_{\text{Э}}$ – удельный расход топлива на выработку одного кВт·ч электроэнергии на замыкающей конденсационной электростанции, г у.т./кВт·ч, для проведения предварительных расчетов принимается равным 312 г у.т./кВт·ч;

N – годовой отпуск электрической энергии в государственные энергетические сети, кВт·ч/год, определяемый по 6.1;

Q_G^H – низшая рабочая теплота сгорания природного газа, ккал/м³, для проведения предварительных расчетов принимается равным 8000 ккал/м³.

7 Технологические аспекты сбраживания биомассы

7.1 Выход биогаза при использовании различных видов исходного сырья

7.1.1 Суточный объем производимого биогаза Q_B , м³/сут, в мезофильном режиме работы биореактора рассчитывается по формуле

$$Q_B = \sum_i \frac{b_i \times V_i \times (100 - W_i)}{100}, \quad (22)$$

где b_i – усредненный выход биогаза для i -го сырья, принимаемый по таблице А.1 Приложения А, м³/кг;

V_i – объем i -ого сырья поступающего на переработку, кг/сутки, определяемый по таблицам В.1, В.2, В.3 Приложения В;

W_i – влажность i -ого сырья поступающего на переработку, %, определяемая по таблицам В.1, В.2, В.3 Приложения В.

7.1.2 При эксплуатации биогазового комплекса в термофильном режиме выход биогаза увеличивается на 20% по сравнению с мезофильным. Для расчета суточного объема производимого биогаза в термофильном режиме следует результат, полученный по формуле (22) умножить на коэффициент 1,2.

7.1.3 Основные характеристики и усредненный состав компонентов биогаза приведены в таблице Б.1 Приложения Б. Теплота сгорания, температура воспламенения и предел воспламеняемости определяются содержанием метана CH_4 , поскольку незначительные количества H_2 и H_2S на этот показатель практически не влияют.

7.1.4 Критические значения давления и температуры отдельных компонентов биогаза определяют практическую нецелесообразность сжижения биогаза. В случае получения сжиженного газа необходимо учитывать положения и требования ТКП 17.02-01; ТКП 17.08-10.

7.2 Выход твердой фракции при использовании различных видов исходного сырья

7.2.1 Сброженную биомассу рекомендуется разделять на жидкую и твердую фазы и утилизировать их в отдельности, например, твердую часть, чтобы получить готовый для продажи продукт, гранулируют и сушат.

7.2.2 Целесообразность разделения сброженной биомассы на фракции независимо от мощности предприятия в каждом конкретном случае должна быть дополнительно определена, исходя из его влажности, требований к дальнейшей обработке, хранению и использованию, а так же подтверждена технико-экономическими расчетами.

7.2.3 Суточный объем образующейся твердой фракции $G_{уд}$, кг/сутки, рассчитывается по формуле

$$G_{уд} = \sum_i \frac{V_i \times k_c \times (1 - W_c / 100)}{100 \times (1 - W_T / 100)}, \quad (23)$$

где V_i – то же что и в формуле (22);

k_c – доля сброженной биомассы, поступающей на разделение, %;

W_c – влажность свежей биомассы, поступающей на сбраживание, %, определяемая по 7.2.4;

W_T – влажность твердой фракции после разделения, %, определяется составом и типом оборудования для разделения сброженной биомассы, для проведения

предварительных расчетов принимается равной 72%.

7.2.4 Влажность свежей биомассы W_c , %, рассчитывается по формуле

$$W_c = \frac{\sum_i V_i \times W_i}{\sum_i V_i}, \quad (24)$$

где V_i , W_i – то же что и в формуле (22).

7.2.5 Разделение сброженной биомассы на фракции можно проводить гравитационным, механическим и комбинированным способами. Способ разделения определяется на основании технико-экономических расчетов с учетом особенностей технологического процесса предприятия, технологии удаления, обработки и хранения биомассы.

7.2.6 Одним из более перспективных направлений использования разделенной биомассы является на данный момент использование твердой фракции в качестве удобрения. Здесь предусматриваются все случаи использования твердой фракции как удобрения при соответствии его состава ТНПА. Его можно использовать без обработки или с минимальной обработкой – компостированием.

7.2.7 Помещения, которые предназначены для хранения твердой фракции разделенной биомассы, оборудование и площадки, на которых производятся работы с твердой фракцией разделенной биомассы, должны быть надежными и гидроплотными, чтобы исключить контакт твердой фракции сброженной биомассы и грунтовых вод.

7.2.8 Площадки могут выполняться как поверхностного типа, так и с заглублением, размер площадок принимается из расчета хранения двух, трех дневного объема твердой фракции разделенной биомассы.

7.2.9 С временных площадок твердая фракция должна вывозиться мобильным транспортом на производственные (полевые, в летний период) площадки, либо к механизированным цехам для дальнейшей переработки. В случае невозможности вывоза разделенной твердой фракции необходимо прекратить процесс разделения сброженной биомассы.

7.3 Объемы и влажность исходного сырья для сбраживания биомассы

7.3.1 Расчетное среднесуточное количество и влажность экскрементов от одного животного разных половозрастных групп при кормлении свиней полнорационными концентрированными кормами приведены в таблице В.1 (приложение В).

7.3.2 Расчетное среднесуточное количество и влажность экскрементов от одного животного разных половозрастных групп при кормлении крупяного рогатого скота полнорационными концентрированными кормами приведено в таблице В.2 (приложение В).

7.3.3 Расчетное среднесуточное количество помета от одной птицы при кормлении полнорационными концентрированными кормами приведено в таблице В.3 (приложение В).

7.3.4 Количество сырого осадка и активного ила, образующегося на городских очистных сооружениях коммунально-бытовых стоков, а так же их влажность, определяются в соответствии с ТКП 45-4.01-202 в зависимости от общего объема стоков. Для предварительных расчетов можно воспользоваться данными [2, 5, 8].

7.3.5 Количество отходов сельскохозяйственной деятельности и продуктов сельского хозяйства, направляемых на сбраживание, их состав и влажность определяют инструментальными методами. Для предварительных расчетов можно воспользоваться данными [2, 5, 8].

8 Экологические аспекты сбраживания биомассы

8.1.1 В результате работы биогазового комплекса происходит сокращение выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферный воздух при замещении природного газа и от иловых площадок и мест временного хранения животноводческих стоков за счет внедрения новой системы уборки, хранения и использования навоза.

8.1.2 Снижение (увеличение) выбросов i -того загрязняющего вещества в атмосферный воздух $\Delta G_{ЗВ}^i$, т/год, при введении в эксплуатацию биогазового комплекса рассчитывается по формуле

$$\Delta G_{ЗВ}^i = M_{БК}^i - M_{ПГ}^i - \Delta M_H^i, \quad (25)$$

где $M_{БК}^i$ – валовой выброс i -ого загрязняющего вещества в атмосферный воздух при сжигании биогаза, т/год, определяемый по ТКП 17.08-01 на основании данных по составу биогаза, которые приведены в таблице Г.1 Приложения Г;

$M_{ПГ}^i$ – валовой выброс i -ого загрязняющего вещества в атмосферный воздух при сжигании природного газа, т/год, определяемый по ТКП 17.08-01;

ΔM_H^i – снижение валового выброса i -ого загрязняющего вещества в атмосферный воздух при внедрении новой системы уборки, хранения и использования навоза систем вследствие использования навоза в качестве сырья для работы биогазового комплекса, т/год, определяемый по ТКП 17.08-11.

8.1.2.1 Отрицательное значение $\Delta G_{ЗВ}^i$ свидетельствует о снижении выбросов i -того загрязняющего вещества в атмосферный воздух, положительное значение $\Delta G_{ЗВ}^i$ свидетельствует об увеличении выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

8.1.3 Показатели по выбросам загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферный воздух от газопоршневых, газотурбинных и других технологических установок принимаются в соответствии с данными, предоставленными заводами-изготовителями. При расчете выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферный воздух от газопоршневых, газотурбинных, когенерационных, других технологических установок необходимо использовать данные, содержащиеся в сертификатах, паспортах, технических условиях на данный тип оборудования, в которых устанавливаются гарантированные заводом-изготовителем:

- концентрации загрязняющих веществ в отходящих газах;
- объемы отходящих дымовых газов;
- величины расхода топлива, мощности;
- содержание кислорода в отходящих дымовых газах;
- другие характеристики, необходимые для проведения расчета выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферный воздух).

8.1.4 При сжигании биогаза и (или) газообразного топлива в различных энергетических установках количество выбросов каждого загрязняющего вещества суммируется.

9 Агротехнические аспекты сбраживания биомассы

9.1 Определение влияния метанового сбраживания на увеличение урожайности сельскохозяйственных культур.

9.1.1 В процессе сбраживания биомассы содержание общего азота, фосфора и калия в сброженных животноводческих стоках не претерпевают заметных изменений (таблица Д.1 Приложения Д). Анаэробная переработка обуславливает значительное

ТКП 17.02-05-2011

увеличение в стоках уровня аммонийного азота, снижение содержания общего углерода, сухого и органического вещества. С повышением содержания аммонийного азота в сброженных стоках увеличивается значения pH.

9.1.2 В результате анаэробного сбраживания улучшаются реологические свойства удобрений, снижается общее содержание взвешенных веществ, количество частиц крупного размера, понижается плотность, возрастает гомогенность, равномерность поверхностного и внутривнесения удобрений.

9.1.3 Согласно результатам полевых опытов действие сброженных стоков на физические, агрохимические, биологические и токсикологические свойства почвы дает прибавку урожайности до 11% [4]. Это в первую очередь связано с перегруппировкой основных видов почвенных микроорганизмов в направлении повышения удельного веса агрономически более ценных бактерий (усваивающих минеральные формы азота, минерализующих органическое вещество, аммонификаторов), снижения доли продуцентов токсичных соединений – грибов, актиномицетов.

9.1.4 Расчет увеличения урожайности производится только для объемов, не разделенных на жидкую и твердую фракции стоков.

9.1.5 Увеличение урожайности i -ой сельскохозяйственной культуры в натуральном выражении ΔU_{yp}^i , т/год определяется по следующему выражению

$$\Delta U_{yp}^i = 0,1 \times U^i \times S^i \times \Delta u^i / 100, \quad (26)$$

где U^i – первоначальная урожайность i -ой сельскохозяйственной культуры при внесении не обработанных стоков, ц/га, принимаемая для каждой сельскохозяйственной культуры индивидуально для каждого предприятия, для каждого из обрабатываемых участков полей;

S^i – площадь занятая i -ой сельскохозяйственной культурой на которую вносились сброженные стоки, га/год, определяется по 9.1.6;

Δu^i – изменение урожайности i -ой сельскохозяйственной культуры после внесения сброженных стоков, %; определяемое по таблице 5.

9.1.6 Площадь занятая i -ой сельскохозяйственной культурой, на которую вносились сброженные стоки S^i , га/год, рассчитывается по формуле

$$S^i = \frac{180 \times 10^{-3} \times (100 - k_c) \times \sum_i V_i}{100 \times H}, \quad (27)$$

где V_i – то же, что и в формуле (22);

k_c – то же, что и в формуле (23);

H – норма внесения стоков в почву, определяемая индивидуально для каждого предприятия и типа сырья, т/га, для проведения предварительных расчетов принимается равным 50 т/га.

9.1.7 Для использования в качестве удобрения на полях сброженных стоков необходимо заключение (разрешение) о возможности их внесения.

Таблица 5 – Увеличение урожайности сельскохозяйственных культур при внесении сброженных стоков

Сельскохозяйственная культура	Увеличение урожайности, %
Озимая рожь	1,5
Кукуруза на силос	4,7
Картофель	3,2
Горохоовсяная смесь	0,7
Яровая пшеница	9,6
Рапс яровой	11,4
Редька масличная	7,4
Ячмень	4,2
Свекла кормовая	0,9
Клевер + тимофеевка + люцерна	2,3
Люцерна	6,4
Примечания 1 урожайность кукурузы и трав дана на зеленую массу 2 увеличение урожайности прочих сельскохозяйственных культур для предварительных расчетов следует принимать равной 3%	

Приложение А
(справочное)

Таблица А.1 – Выход биогаза из различных видов исходного сырья в мезофильном режиме брожения

Вид исходного сырья	Выход биогаза из 1 кг сухого вещества, м ³ /кг	Содержание метана в газе, %
Навоз животных		
Навоз КРС	0,250...0,340	65
Свиной навоз	0,340...0,580	65-70
Птичий помет	0,310...0,620	60
Конский навоз	0,200...0,300	56...60
Овечий навоз	0,300...0,620	70
Отходы хозяйства		
Сточные воды, фекалии	0,310...0,740	70
Овощные отходы	0,330...0,500	50-70
Картофельная ботва	0,280...0,490	60-75
Свекольная ботва	0,400...0,500	85
Растительные сухие отходы		
Пшеничная солома	0,200...0,300	50-60
Солома ржи	0,200...0,300	59
Ячменная солома	0,250...0,300	59
Овсяная солома	0,290...0,310	59
Кукурузная солома	0,380...0,460	59
Лен	0,360	59
Конопля	0,360	59
Свекольный жом	0,165	
Листья подсолнечника	0,300	59
Клевер	0,430...0,490	
Другое		
Трава	0,280...0,630	70
Листва деревьев	0,210...0,290	58
Домашние отходы и мусор	0,6	50
Фекальные осадки	0,25...0,31	60
Твердый осадок сточных вод	0,44...0,57	70
Избыточный активный ил сточных вод	0,41...0,46	55-60
Примечание – При эксплуатации биогазового комплекса в термофильном режиме выход биогаза увеличивается на 20% по сравнению с мезофильным		

Приложение Б
(справочное)

Таблица Б.1 – Основные физические свойства биогаза

Характеристика	Компоненты газа						Биогазовая смесь (60% CH ₄ +40% CO ₂)
	CH ₄	CO ₂	N ₂	O ₂	H ₂	H ₂ S	
Объёмная доля, %	55 – 70	27 – 40	< 3	< 0,4	< 1,0	< 3,0	100
Молекулярный объем, м ³ /кмоль	22,38	22,26	22,39 5	22,39	22,43	22,14	–
Низшая теплота сгорания, МДж/м ³	35,76	–	–	–	10,83	23,65	21,46
Высшая теплота сгорания, МДж/м ³	40,16	–	–	–	12,8	25,85	24,1
Предел воспламеняемости (содержание в воздухе). % при н.у.							
-нижний	5	–	–	–	4	4,3	8,33
-верхний	15	–	–	–	75	45,5	25
Число Воббе, МДж/м ³							
- низшее	48,23	–	–	–	41,03	21,7	22,14
- высшее	53,3	–	–	–	48,49	23,72	24,62
Теоретический объем воздуха для горения, м ³ /м ³	9,52	–	–	–	0,5	2,38	5,71
Температура воспламенения в смеси с воздухом, °С	545	–	–	–	510	290	545
Критическое давление, МПа	4,7	7,5			1,3	8,9	7,5 – 8,9
Критическая температура, °С	-82,5	31,0			–	100	-2,5
Нормальная плотность, г/л	0,72	1,93			0,09	1,54	1,22
Критическая плотность, г/л	102	468			31	349	320
Относительная плотность по воздуху	0,55	1,53	0,97	1,105	0,07	1,19	0,94

Приложение В
(справочное)

Таблица В.1 – Количество и влажность экскрементов свиней (НТП 17-99*) ([7])

Половозрастные группы животных	Показатели	Состав экскрементов		
		В том числе		
Хряки	Масса, кг			
	Влажность, %			
Свиноматки:				
- холостые	Масса, кг			
	Влажность, %			
- супоросные	Масса, кг			
	Влажность, %			
- подсосные	Масса, кг			
	Влажность, %			
Поросята (возраст, дней):				
26-42	Масса, кг			
	Влажность, %			
43-60	Масса, кг			
	Влажность, %			
61-106	Масса, кг			
	Влажность, %			
Свиньи на откорме (масса, кг)				
до 70	Масса, кг			
	Влажность, %			
более 70	Масса, кг			
	Влажность, %			
Примечания 1 Общую зольность экскрементов следует принимать 15 %, плотность сухого вещества экскрементов - 1400 кг/м ³ . 2 Содержание мочи следует принимать 65 % от общей массы экскрементов, содержание сухого вещества в моче - 17 % от общей массы сухого вещества в экскрементах.				

Таблица В.2 – Количество и влажность экскрементов крупного рогатого скота (НТП 17-99*) ([7])

Половозрастные группы животных	Показатели	Состав экскрементов		
		В том числе		
Быки - производители	Масса, кг			
	Влажность, %			
Коровы	Масса, кг			
	Влажность, %			
Телята:				
до 3 мес.	Масса, кг			
	Влажность, %			
до 6 мес.	Масса, кг			
	Влажность, %			
на откорме с 4 до 6 мес.	Масса, кг			
	Влажность, %			
Молодняк: телки и нетели				
6-12 мес.	Масса, кг			
	Влажность, %			
12-18 мес. и нетели	Масса, кг			
	Влажность, %			
На откорме:				
6-12 мес.	Масса, кг			
	Влажность, %			
старше 12 мес.	Масса, кг			
	Влажность, %			
Примечания				
1 Плотность сухого вещества экскрементов следует принимать 1250 кг/м ³ , зольность сухого вещества – 16%.				
2 Количество и влажность подстилочного навоза крупного рогатого скота определяется расчетным путем из условий содержания животных, а также вида, влажности и количества добавляемой подстилки на голову в сутки.				

ТКП 17.02-05-2011

Таблица В.3 – Количество и влажность экскрементов птицы (НТП 17-99*) ([7])

Виды и возрастная группа птиц	Выход помета, кг	Расчетная влажность, помета, %	Объемная масса помета, т/м ³
1	2	3	4
Взрослая птица			
Куры:			
- яичные родительского стада	0,189	71-73	0,6-0,7
- яичные промышленного стада	0,175	71-73	0,6-0,7
- мясные родительского стада	0,276-0,300	71-73	0,6-0,7
Индейки	0,450	64-66	0,6-0,7
Утки	0,423	80-82	0,7-0,8
Гуси	0,594	80-82	0,7-0,8
Молодняк ремонтный			
Куры яичные (возраст, недель):			
1-4	0,024	66-74	0,6-0,7
5-9	0,097	66-74	0,6-0,7
10-12	0,176	66-74	0,6-0,7
Куры мясные (возраст, недель):			
1-8	0,140	66-74	0,6-0,7
9-18 (19)	0,184	66-74	0,6-0,7
19 (20)-26	0,288	66-74	0,6-0,7
Индейки (возраст, недель):			
1-17	0,378	70-72	0,6-0,7
18-33 (34)	0,480	70-72	0,6-0,7
Гуси (возраст, недель):			
1-3	0,330	76-78	0,7-0,8
4-9	0,480	76-78	0,7-0,8
10-30 (27)	0,195	76-78	0,7-0,8
31 (28)-34	0,495	76-78	0,7-0,8
Утки (возраст, недель):			
1-7 (8)	0,230	76-78	0,7-0,8
8 (9)-21	0,210	76-78	0,7-0,8
22-26	0,234	76-78	0,7-0,8
8-21 (тяжелый кросс)	0,234	76-78	0,7-0,8
22-28 (тяжелый кросс)	0,253	76-78	0,7-0,8
Молодняк на мясо:			
Цыплята-бройлеры (возраст, недель):			
1-8 (в клетках)	0,135	66-74	0,6-0,7
1-9 (на полу)	0,158	66-74	0,6-0,7

Окончание таблицы В.3

1	2	3	4
Индейки (возраст, недель):			
1-8	0,175	70-72	0,6-0,7
9-16	0,364	70-72	0,6-0,7
9-23	0,420	70-72	0,6-0,7
Гуси (возраст, недель):			
1-3	0,352	76-78	0,7-0,8
4-9	0,480	76-78	0,7-0,8
Утки (возраст, недель):			
1-8	0,230	76-78	0,7-0,8
Примечания			
1 Усушка помета взрослых кур, индеек и молодняка старше 60 дней при клеточном содержании составляет (%): через 12 ч - 13; через 24 ч – 27.			
2 Усушка помета молодняка кур и индеек в возрасте 1-60 дней составляет (%): через 12 ч - 16; через 24 ч - 32. Усушка помета кур и индеек (взрослых и молодняка при напольном содержании) составляет 50 %; уток – 35 %.			
3 Объемная масса помета составляет 0,7-0,9 т/м ³ , зольность - 17,3 %, влажность - 55-60 %.			

Приложение Г
(справочное)

Таблица Г.1 – Расчетные характеристики биогаза

Вид топлива	Нормальная плотность, кг/м ³	Низшая теплота сгорания, МДж/м ³	Содержание компонентов, объемная доля. %					
			Q_f^D	CH ₄	CO ₂	N ₂	O ₂	H ₂
Биогаз	1,16	21,77	60	33,5	3	0,5	1	2

Таблица Г.2 – Продукты сгорания биогаза

Вид топлива	Объем воздуха и продуктов сгорания при $\alpha = 1, i^3 / i^3$				Объем воздуха и продуктов сгорания при $\alpha = 1.4, i^3 / i^3$							Отношение объема сухих и влажных продуктов сгорания
	$V_{\hat{A}}^0$	$V_{RO_2}^0$	$V_{N_2}^0$	$V_{H_2O}^0$	$V_{\hat{A}}^{1.4}$	$V_{RO_2}^{1.4}$	$V_{N_2}^{1.4}$	$V_{H_2O}^{1.4}$	$V_{i_2}^{1.4}$	$V_{DRY}^{1.4}$	$V_{DAMP}^{1.4}$	
Биогаз	5,78	0,95	4,43	1,36	8,1	0,95	6,19	1,42	0,47	7,68	9,1	0,84

Приложение Д
(справочное)

Таблица Д.1 – Влияние температурного режима анаэробной переработки на химический состав животноводческих стоков

Показатель	Нативные стоки	Сброженные стоки	
		15-дневная ферментация в условиях	
		мезофильного режима (35°С)	Термофильного режима (55°С)
Влажность, %	89,1	91,4	92,7
Зола, %	20,8	32,7	43,0
Органическое вещество, %	79,2	67,3	57,0
Углерод общий, %	37,7	30,6	25,9
Азот общий, % на сырое вещество	0,45	0,45	0,46
Азот аммонийный, % на сырое вещество	0,28	0,33	0,34
P ₂ O ₅ общий, % на сырое вещество	0,25	0,25	0,25
K ₂ O общий, % на сырое вещество	0,38	0,39	0,38
pH	7,0	7,3	7,6
Лигнин,	7,2	7,8	7,8
Гемицеллюлоза, %	22,7	20,0	19,0
Целлюлоза, %	16,8	16,6	16,7
Уксусная кислота, мг/л	1,9	0,7	0,6
Пропионовая кислота, мг/л	1,5	1,5	1,8
Масляная кислота, мг/л	2,0	2,6	2,7

Библиография

- [1] Магомедов А.М.. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии / А.М. Магомедов – Махачкала: Издательско-полиграфическое объединение "Юпитер", 1996. – 245 с.
- [2] Янко, В. Г. Обработка сточных вод и осадка в метантенках / В. Г. Янко, Ю. Г. Янко. – Киев: «Будивельник», 1978. – 120 с.
- [3] Баадер, В. Биогаз: теория и практика (Пер. с нем. и предисловие М. И. Серебряного.) / В. Баадер, Е. Доне, М. Бренндерферэ – М.: Колос, 1982. – 148 с.
- [4] Отчет о научно-исследовательской работе по ГНТП «Экологическая безопасность» заданию 3.3 «Провести экологическую оценку снижения вредного воздействия на окружающую среду при эксплуатации биогазовых установок и разработать комплекс мер, направленных на стимулирование их внедрения». (промежуточный) 3.3.01.1 Анализ агротехнических требований по обеззараживанию и утилизации органики с учетом экологических требований. 2008г.
- [5] Евилевич, А.З. Осадки сточных вод / А.З. Евилевич, Л.: Издательство литературы по строительству, 1965. – 323 с.
- [6] Инструкция о порядке начисления амортизации основных средств и нематериальных активов (с дополнениями). Утвержденная постановлением Министерства экономики Республики Беларусь, Министерства финансов Республики Беларусь и Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 27 февраля 2009 г. № 37/18/6
- [7] Нормы технологического проектирования
НТП 17-99* Нормы технологического проектирования систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета
- [8] Гюнтер, Л.И. Метантенки / Л.И. Гюнтер, Л.Л. Гольдфарб. – М: «Стройиздат», 1991г. – 128 с.
- [9] Правила по разработке бизнес-планов инвестиционных проектов. Утверждены постановлением Министерства экономики Республики Беларусь от 31 августа 2005 г. №158
- [10] Строительные нормы Республики Беларусь
СНБ 1.02.03-97 Порядок разработки согласования, утверждения и состав обоснований инвестиций в строительство предприятий, зданий и сооружений
- [11] Строительные нормы Республики Беларусь
СНБ 1.03.02-96 Состав, порядок разработки и согласования проектной документации в строительстве