

УДК 631.371

UDC 631.371

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

**ПЕРСПЕКТИВЫ И ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ
БИОГАЗОУСТАНОВОК****PROSPECTS AND FEATURES OF BIOGASO-
LINE STATIONS**

Григораш Олег Владимирович
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой
grigorasch61@mail.ru
SPIN-код: 4729-2767

Grigorash Oleg Vladimirovich
Doctor of Engineering sciences, professor, head of the
chair
grigorasch61@mail.ru
SPIN-code: 4729-2767

Квитко Андрей Викторович
старший преподаватель
9061870011@mail.ru
SPIN-код: 4151-8088

Kvitko Andrey Viktorovich
senior lecturer
9061870011@mail.ru
SPIN-code: 4151-8088

Кошко Асиет Рамазановна
студентка
grigorasch61@mail.ru
*Кубанский государственный аграрный универси-
тет, Краснодар, Россия*

Koshko Asiet Ramazanovna
student
grigorasch61@mail.ru
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

В статье раскрывается одно из перспективных направлений, принадлежащим к энергоресурсосберегающим технологиям, это внедрение в сельскохозяйственное производство биогазоустановок. Проведён анализ применения биогазоустановок в мире. Для определения экономической эффективности биогазоустановок приведены данные для расчёта потенциала биомассы: органических отходов населённых пунктов; отходы животноводства; отходы птицеводства; отходы растениеводства; отходы перерабатывающей промышленности. Получены графические зависимости вырабатываемой электроэнергии в сутки от поголовья скота и птицы, а также от количества подсолнечника, риса и сахарной свеклы. Приведена также таблица теплотехнических свойств органических отходов сельскохозяйственного производства, позволяющая повысить эффективность расчётов для определения ресурсов биомассы. Рассматриваются схемы биогазоустановки, газотурбинной электростанции и паротурбинной электроустановки и раскрыты особенности их работы. Для улучшения эксплуатационно-технических характеристик биогазоустановок, предназначенных для выработки электроэнергии предложено в их конструкции использовать бесконтактные генераторы, а стабилизацию параметров электроэнергии осуществлять непосредственным преобразователем частоты. Раскрыты достоинства и недостатки биогаза, а также направления его эффективного использования. Показано, что использование в комплексе всех возможностей биогазоустановки (выработка удобрений и моторного масла, производство тепла и электроэнергии) позволит повысить их эффективность, а окупаемость составит от 3 до 5 лет, что в основном определяется объёмами биомассы

The article deals with one of the promising areas belonging to energy-saving technologies; it is the introduction of biogasoline stations into agricultural production. The analysis of the application in the world has been shown. To determine the cost-effectiveness of biogasoline stations we have shown the data for the calculation of the potential of biomass: organic waste settlements; animal waste; waste of poultry; crop residues; waste processing industry. We have obtained graphic dependences of electricity generated in the day from livestock and poultry, as well as the number of sunflower, rice, and sugar beets. The table also shows the thermal properties of organic agricultural wastes, allowing increasing the efficiency of calculations to determine the biomass resources. We have considered the schemes of biogasoline stations, a gas turbine power plant and a steam turbine power plant and disclosed the features of their work. To improve the operating and technical specifications of the stations intended for power generation we have proposed using non-contact generators and stabilization of parameters of electric power in their designs to carry out direct frequency converter. We have disclosed the advantages and disadvantages of biogas, as well as the direction of its effective use. It is shown that the use of all the possibilities in the complex of biogasoline stations (production of fertilizers and motor oil, production of heat and electricity) would improve the efficiency and the payback of investment would be from 3 to 5 years, which is mainly determined by the volumes of biomass

Ключевые слова: ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ, БИОГАЗОУСТАНОВКА, ПОТЕНЦИАЛ БИОМАССЫ, ГАЗОТУРБИННАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ, ПАРОТУРБИННАЯ УСТАНОВКА

Keywords: RENEWABLE ENERGY, BIOGASOLINE, THE POTENTIAL OF BIOMASS, GAS TURBINE POWER PLANT, STEAM TURBINE

Сегодня человечество использует сырьевые ресурсы, заложенные в недрах нашей планеты (нефть, газ, уголь и т. п.), при их переработке получается энергия, используемая в различных сферах нашей деятельности. Однако, известно, что ресурсы традиционного топлива ограничены, кроме того, применение традиционной энергии оказывает отрицательное воздействие на экологию [1, 2].

Перспективным является внедрение в сельскохозяйственное производство Краснодарского края возобновляемых источников энергии (ВИЭ) [3, 13]. Здесь важное место отводится биогазоустановкам (БГУ) [4].

Больше всего в настоящее время малых БГУ находится в Китае. В конце 2010 года в Китае действовало около 40 млн БГУ которые производили более 10 млрд м³ биогаза в год. В Индии сегодня действует более 5 млн малых БГУ.

Валовый (теоретический) потенциал биогазовой индустрии Германии оценивается в 100 млрд кВт·ч энергии к 2030 году, что будет составлять около 10% от потребляемой страной энергии.

Теоретический потенциал производства в России биогаза составляет до 70 млрд м³ в год, или около 110 млрд кВт·ч электроэнергии [0].

Биогаз содержит 60-70% метана, 30-40% углекислого газа, небольшое количество сероводорода, небольшие примеси водорода, аммиака и окислов азота. При этом, 1 м³ биогаза эквивалентен 0,8 м³ природного газа, 0,7 кг мазута, 0,6 л бензина, 1,5 кг дров. Из 1 м³ биогаза в когенерационной установке можно выработать 2 кВт·ч электроэнергии.

Для определения экономической эффективности БГУ необходимо провести расчёт ресурсов (потенциала) биомассы: органических отходов

населённых пунктов; отходы животноводства; отходы птицеводства; отходы растениеводства; отходы перерабатывающей промышленности.

Органические отходы населённых пунктов состоят из твёрдых бытовых отходов (ТБО) и осадков городских сточных вод (ОСВ) [1].

ТБО по нормам образования на одного человека для городских жителей составляют в среднем 1,2 кг/чел/сутки, для сельских – 0,52 кг/чел/сутки (для сельских жителей меньше из-за того, что пищевые отходы используются для корма домашних животных и птиц).

Теплотворная способность ТБО составляет 0,2 т у.т. на одну тонну сухого вещества ТБО с влажностью 50%.

Валовый потенциал энергии ТБО рассчитывается на всё население региона. Технический потенциал – на всё население без пищевых отходов, т.е. с учётом, что на одного человека 0,52 кг в сутки. Экономический потенциал – по количеству ТБО для городского населения.

На одного человека в сутки образуется до 0,26 кг ОСВ при влажности 75%. Теплотворная способность 1 кг сухого осадка составляет 2000 ккал или 6,8 кг у.т. в год на одного человека.

С учётом, что в Краснодарском крае численность городского населения составляет примерно 2,82 млн чел., а сельского – 2,47 млн чел., был определён суточный энергетический потенциал ТБО и ОСВ (таблица 1) [13].

Таблица 1 – Суточный энергетический потенциал твёрдых бытовых отходов (ТБО) и осадков городских сточных вод (ОСВ) Краснодарского края

Органические отходы населённых пунктов	Теоретический потенциал		Технический потенциал			Экономический потенциал
	т у.т.	ГВт·ч	т у.т.	ГВт·ч	т у.т.	ГВт·ч
ТБО	1096	8,91	835	6,79	586	4,76
ОСВ	96	0,78	51	0,41	51	0,41

Отходы животноводства. При определении ресурсов отходов животноводства необходимо учитывать, что выход физиологических отходов

на одну голову составляет:

для КРС – 30 кг/сутки при влажности 85%;

для свиней – 4 кг/сутки, при влажности 85%;

для мелкого рогатого скота (МРС) – 4 кг/сутки при влажности 70%.

Теплотворная способность 1 кг сухого навоза – 2000 ккал.

В таблице 2 приведены сведения по энергетическому валовому потенциалу отходов животноводства в сутки на 100 голов. В зависимости от количества голов с учётом сведений таблицы 2 можно определить энергетический потенциал животноводческого предприятия.

Таблица 2 – Энергетический валовый (теоретический) потенциал отходов животноводства и птицеводства в сутки на 100 голов

Отходы животноводства	ккал	кг у.т.	кВт·ч
Крупного рогатого скота	$6 \cdot 10^6$	857	6957
Мелкого рогатого скота	$7 \cdot 10^5$	100	813
Свиней	$8 \cdot 10^5$	114	927
Курицы-несушки	40000	5,7	46,4
Бройлеры	30000	4,3	35

На рисунке 1 представлен график зависимости вырабатываемой электроэнергии в сутки от количества голов КРС, свиней и птиц.

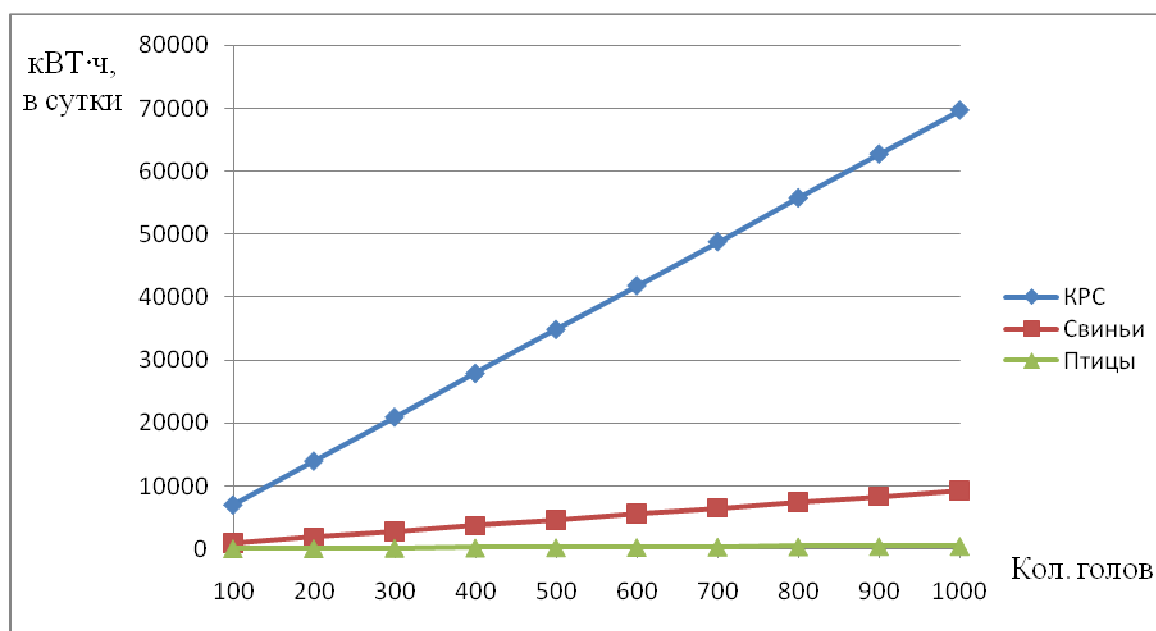


Рисунок 1 – Зависимость вырабатываемой электроэнергии в сутки от поголовья скота и птицы

Отходы птицеводства. Количество помёта на одну голову птицы определяется по известным зоотехническим данным при влажности 75%:

- 0,2 кг в сутки на курицу-несушку;
- 0,115 кг в сутки на голову бройлера (откормом 42 – 45 суток от 0,2 кг до 1,5 кг живого веса).

Теплотворная способность 1 кг сухого помёта – 2000 ккал.

Валовый потенциал энергии отходов птицеводства рассчитывается на всё поголовье. При этом на одну курицу несушку в год накапливается до 73 кг помёта при влажности 75%, на одну голову бройлера – 42 кг при той же влажности.

В таблице 2 приведены сведения по энергетическому валовому потенциалу отходов птицеводства в сутки на 100 голов.

Отходы растениеводства. Как известно, к отходам растениеводства относятся отходы производства зернобобовых культур, производства картофеля, сахарной свеклы, органические отходы производства подсолнечника и отходы производства овощей.

Отходы производства зернобобовых культур принимаются с учётом соотношения соломы или стеблей (кукуруза, рис и т.д.) и зерна 1...1,5 : 1 при влажности 15%. При этом, теплотворная способность 1 кг соломы или стеблей – 3500 ккал.

Валовый потенциал отходов зернобобовых культур равен техническому потенциалу и определяется с учётом годового урожая по всем категориям хозяйств. Экономический потенциал составляет 50% валового и технического потенциала. Так как солома и стебли в хозяйствах используются для других хозяйственных нужд (в основном в качестве подстилочного материала).

Масса органических отходов (ботва) при производстве картофеля, овощей и сахарной свеклы составляет от 30% до 50% от массы урожая, при влажности 65%. При этом, теплотворная способность 1 кг сухой ботвы –

2000 ккал.

Валовый потенциал отходов производства картофеля и овощей равен техническому потенциалу и рассчитывается на весь годовой урожай картофеля и овощей по хозяйствам всех категорий, включая подсобные приусадебные участки. Экономический потенциал – это то, что производится крупными сельхозпредприятиями и составляет не более 7%, для картофеля и 20% для овощей.

В таблице 3 приведены сведения по энергетическому валовому потенциалу отходов растениеводства на 100 кг сухого сырья.

Таблица 3 – Энергетический валовый (теоретический) потенциал отходов растениеводства на 100 кг сухого сырья

Отходы растениеводства	ккал	кг у.т.	кВт·ч
Солома и стебли (зерно-бобовых культур)	350000	50	407
Ботва (картофеля, овощей и сахарной свеклы)	200000	28,6	233

На рисунке 2 представлен график, где видно, сколько можно выработать электроэнергии в зависимости от количества подсолнечника, риса и сахарной свеклы.

Отходы перерабатывающей промышленности. Органические отходы маслосточной промышленности (лузга) составляет 20% от урожая семян, при влажности 15%. Теплотворная способность 1 кг лузги – 3500 ккал.

Отходами при производстве сахара из сахарной свеклы являются: свекловичным жом и свекловичная меласса. Выход этих отходов – 5% каждый от массы перерабатываемой свеклы.

Теплотворная способность жома – 2500 ккал/кг, мелассы – 4000 ккал/кг сахара, содержание сахара в мелассе – 70%, при влажности 30%.

Органическими отходами при производстве этанола из пищевого сы-

рья (зерна) является зерновая спиртовая барда. Выход барды составляет 12 единиц на единицу произведённого спирта. Теплотворная способность 1 кг сухой барды – 2000 ккал.

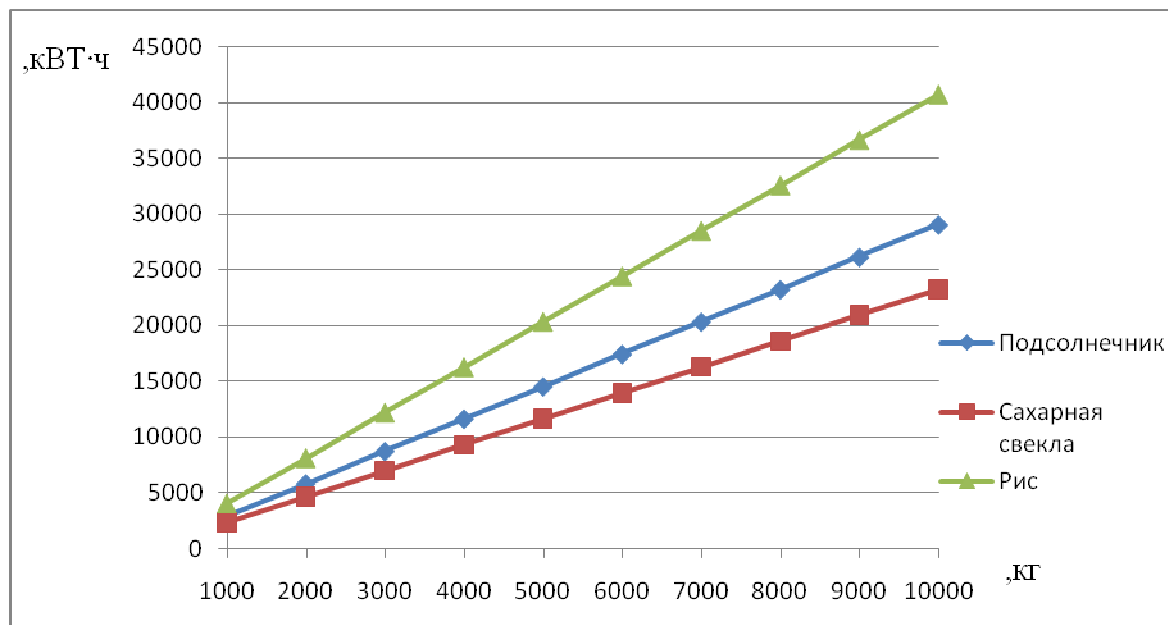


Рисунок 2 – Зависимость вырабатываемой электроэнергии от количества подсолнечника, риса и сахарной свеклы

Органические отходы мукомольно-крупяной перерабатывающей промышленности могут составить до 25% при влажности 15%. Теплотворная способность таких отходов – 3500 ккал.

Как известно, при переработке птичьего мяса, как правило, отходов нет. При переработке КРС, свиней и МРС органические отходы могут составлять до 16%, при влажности 70%.

Теплотворная способность 1 кг мясных отходов составляет 2500 ккал.

В таблице 4 приведены сведения по энергетическому валовому потенциалу перерабатывающей промышленности на 100 кг сырья.

В таблице 5 приведены данные по теплофизическим свойствам органических отходов сельскохозяйственного производства с учётом зоотехнических норм и теплофизических свойств физиологических отходов.

Таблица 4 – Энергетический валовый (теоретический) потенциал перерабатывающей промышленности на 100 кг сырья

Отходы перерабатывающей промышленности		ккал	кг у.т.	кВт ч
Маслобойная (лузга), мукомольная		350000	50	407
Сахароварение	Жом	250000	35,7	290
	Меласса	400000	57	463
Спиртовая (барда)		200000	28,6	233
Мясоперерабатывающая		250000	35,7	290

Таблица 5 –Теплофизические свойства органических отходов сельскохозяйственного производства

Вид органических отходов	Нормы производства отходов	Теплотворность, ккал на 1 кг сухого веса	Влажность отходов
Отходы животноводства (на одну голову):			
1) КРС	30 кг в сутки	2000	85%
2) МРС	4 кг в сутки	2000	70%
3) Свины	4 кг в сутки	2000	85%
Отходы птицеводства (на одну птицу):			
1) Куры-несушки	0,2 кг/сутки	2000	75%
2) Бройлеры при откорме 45 суток	0,115 кг/сутки	2000	75%
Вид органических отходов	Нормы производства отходов	Теплотворность, ккал на 1 кг сухого веса	Влажность отходов
Отходы растениеводства:			
1) Зернобобовые	1 : 1	3500	15%
2) Картофель	1 : 3	2000	65%
3) Сахарная свекла	1 : 3	2000	65%
4) Овощи	1 : 3	2000	65%
5) Подсолнечник	3 : 1	2500	20%
Отходы перерабатывающей промышленности:			
1) Мукомольно-крупяной	Доля отходов: 25%	3500	15%
2) Маслобойной	20%	3500	15%
3) Сахарной свеклы (мелассы)	5%	2800	30%
4) Мяса КРС, МРС, свиней	16%	2500	70%

Качество отходов характеризуется влажностью, выходом биогаза на единицу сухого вещества и содержанием метана в биогазе (рисунок 3).

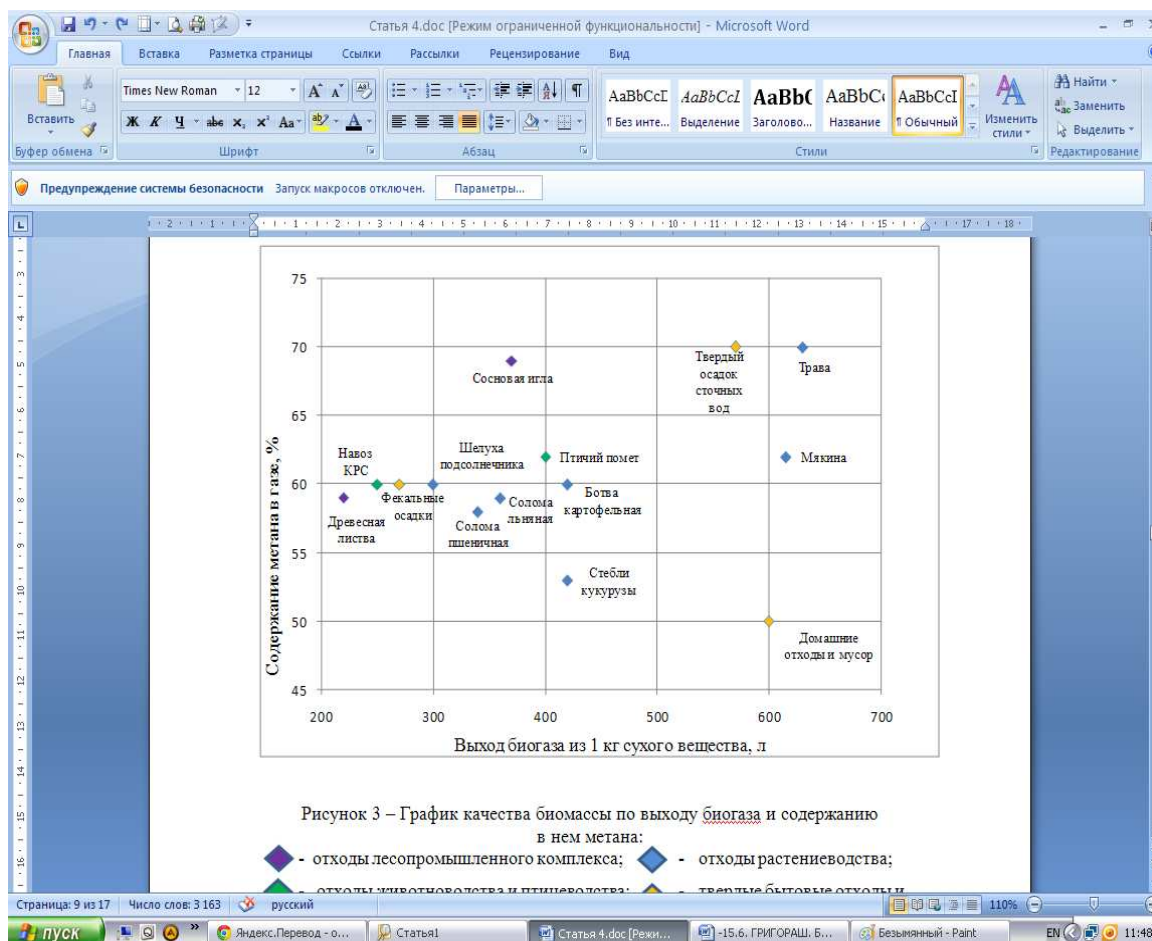


Рисунок 3 – График качества биомассы по выходу биогаза и содержанию в нем метана:

- ◆ - отходы лесопромышленного комплекса;
- ◆ - отходы растениеводства;
- ◆ - отходы животноводства и птицеводства;
- ◆ - твердые бытовые отходы и канализационные стоки

Производство биогаза позволяет предотвратить выбросы метана в атмосферу. Метан оказывает влияние на парниковый эффект в 21 раз более сильное, чем CO₂, и находится в атмосфере 12 лет. Захват метана – лучший краткосрочный способ предотвращения глобального потепления.

Переработанный навоз, барда и другие отходы применяются в ка-

честве удобрения в сельском хозяйстве. Это позволяет снизить применение химических удобрений, сокращается нагрузка на грунтовые воды.

Биогазовая установка (станция) – это самая активная система очистки. Любые другие системы очистки потребляют энергию, а не производят. Биогазовая станция перерабатывает отходы в биогаз и биоудобрения. Производство биогаза позволяет предотвратить выброс метана в атмосферу. Его улавливание – самый лучший способ предотвращения глобального потепления.

Биогазовые установки представляют собой строительные объекты, состоящие из герметичных реакторов оснащенных комплексом систем подачи сырья, подогрева, перемешивания, канализации, воздушной газовой и электрической. Они осуществляют переработку органических отходов в биогаз, тепло и электроэнергию, твердые органические и жидкие минеральные удобрения, углекислый газ.

Биогазовая установка, как правило, содержит следующие основные элементы (рисунок 4): емкости сбора и гомогенизации жидкого сырья; насосную станцию; загрузчик твердого сырья; реактор; когенерационный блок.

Принцип работы БГУ. Биомасса (отходы и зеленная масса) с помощью насосной станции из емкости сбора и гомогенизации жидкого сырья или шнекового загрузчика твердого сырья подаются в реактор. В реакторе находятся полезные бактерии питающиеся биомассой. Для поддержания жизни бактерий биомасса подогревается до температуры 35–38°C и перемешивается. Образующийся биогаз скапливается в хранилище (газгольдер). После прохождения очистки биогаз подается в котел для получения тепловой энергии или приводит во вращение турбину парогенератора электроэнергии.

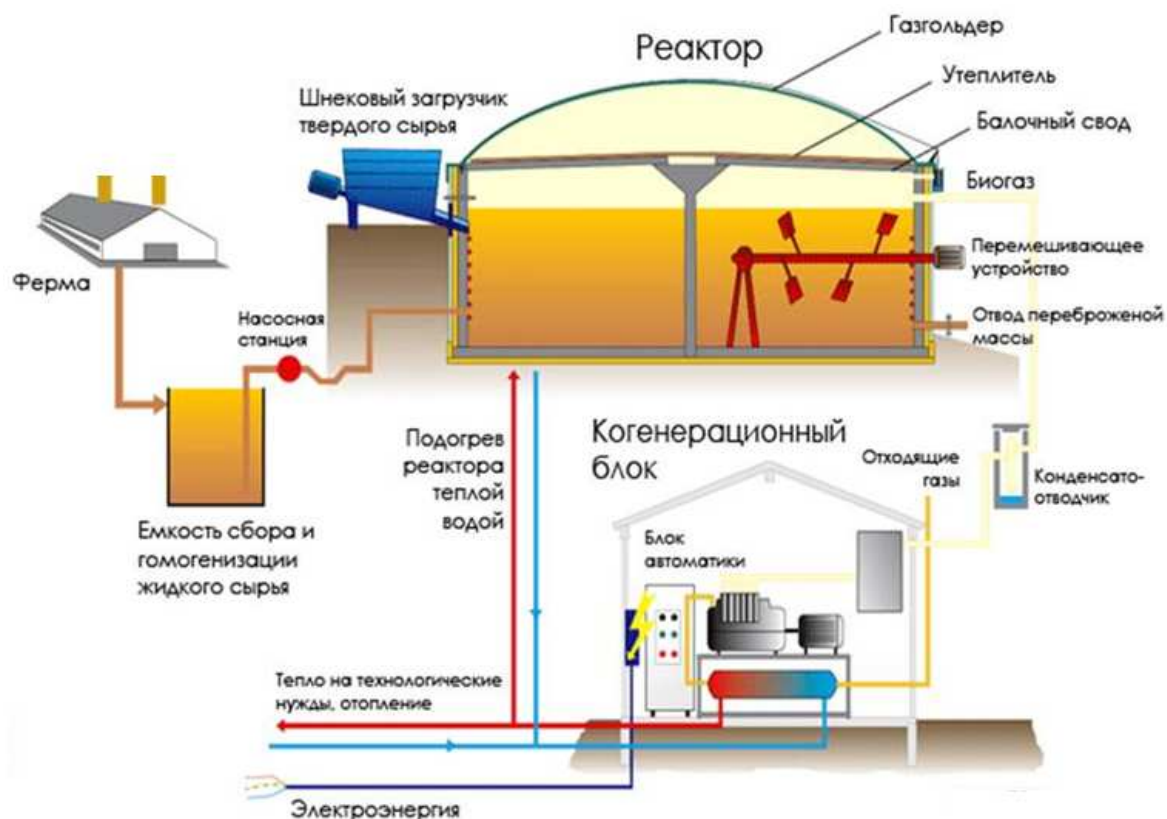


Рисунок 4 – Схема биогазоустановки

Реактор представляет собой подогреваемый и утепленный резервуар, оборудованный миксерами. Стройматериалом для промышленного резервуара чаще всего служит железобетон или сталь с покрытием.

Тепловые потери реактора зависят от площади его стенок, а в абсолютном выражении – от соотношения объема и площади стенок. С увеличением объема реактора, затраты на утепление стенок уменьшаются. Т.е., удельные расходы энергии на поддержание температуры реакции (а значит и КПД установки) сильно зависят от абсолютных размеров реакторов.

В настоящее время существует два способа получения электроэнергии с биогаза. В первом в качестве приводного двигателя электрогенератора применяется газотурбинный двигатель, а во-втором – паротурбинная установка.

На рисунке 5 приведена схема газотурбинной электростанции (ГТЭ).

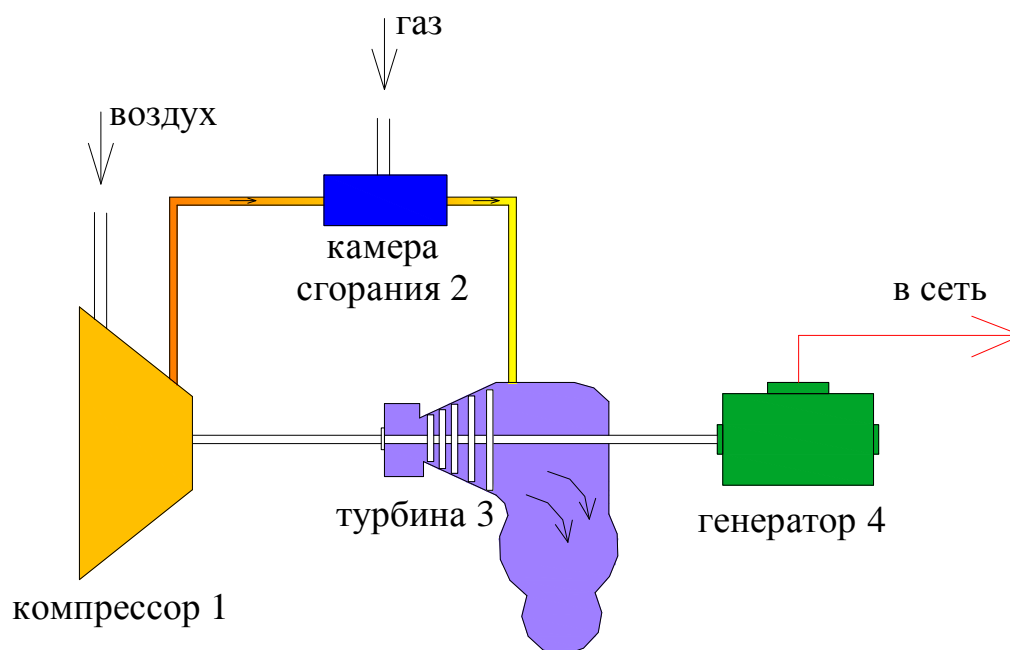


Рисунок 5 – Конструктивная схема газотурбинной электростанции

Принцип работы ГТЭ. Сжатый атмосферный воздух из компрессора 1 поступает в камеру сгорания 2, туда же подается основное топливо – газ. Смесь воспламеняется. При сгорании газовойоздушной смеси образуется большое количество продуктов сгорания под высоким давлением. Энергия в виде потока раскаленных газов с высокой скоростью устремляется на рабочее колесо турбины 3 и вращает его. В газовой турбине энергия продуктов сгорания преобразуется в механическую работу, часть которой расходуется на сжатие воздуха в компрессоре. Остальная часть работы передается на приводимый агрегат – электрический генератор 4. Работа, потребляемая этим агрегатом, является полезной работой. С выхода генератора электроэнергия поступает в сеть.

ГТЭ имеют основное преимущество, которое связано с высокой надёжностью работы. В среднем, длительность работы основных узлов без капитального ремонта составляет свыше 100 тыс. часов.

Газотурбинные двигатели имеют следующие основные недостатки:

1. Стоимость намного выше, чем у аналогичных по размерам поршневых двигателей, поскольку материалы, применяемые в турбине должны иметь высокую жаростойкость и жаропрочность.

2. Низкий механический и электрический КПД (потребление газа более чем в 1.5 раза больше на 1 кВт ч электроэнергии по сравнению с поршневым двигателем)

3. Необходимость использования газа высокого давления, что обуславливает необходимость применения дожимных компрессоров с дополнительным расходом энергии и падением общей эффективности системы.

Принцип работы паротурбинной электроустановки. Биогаз поступает на котельный агрегат, воспламеняется, при этом нагреваются радиаторы, в которых находится вода, выше температуры кипения (рисунок б). Вода испаряется и по паропроводу пар под высоким давлением поступает на лопатки турбины. На одном валу с турбиной находится генератор. При вращении турбины генератор вырабатывает электроэнергию, которая поступает в электрическую сеть. Пар охлаждается в конденсаторе пара и превращается в воду. Насос воду перекачивает в котельный агрегат, где процесс преобразования воды повторяется.

Для улучшения эксплуатационно-технических характеристик газотурбинных и паротурбинных установок в их составе должны применяться бесконтактные генераторы электроэнергии асинхронные с емкостным возбуждением или синхронные генераторы с возбуждением от постоянных магнитов [5]. Эти генераторы имеют высокие показатели надёжности, КПД, их ресурс непрерывной работы превышает в несколько раз ресурс эксплуатируемых контактных электрических машин. Кроме того, принципы и технические решения стабилизаторов напряжения этих генераторов одинаковы.

В качестве стабилизатора параметров электроэнергии, в рассмотренных схемах установок по производству электроэнергии с биогаза, целесо-

образно применять непосредственные преобразователи частоты. Принцип работы которых позволяет осуществлять стабилизацию напряжения и частоты тока источника электроэнергии [6, 7, 12].

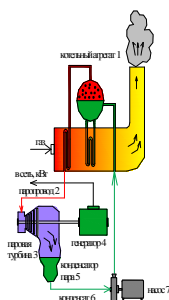


Рисунок 6 – Конструкция паротурбинной установки

Важным вопросом при проектировании БГУ является оптимизация системы по основным критериям эффективности (стоимости, КПД, показателям надёжности и т. п.). В [8 – 12] раскрыты основные способы оптимизации системы, в том числе вопросы модульного агрегатирования и борьбы с электромагнитными помехами.

На этапе проектирования БГУ рассматривая биогаз более подробно, как один из альтернативных ВИЭ, необходимо знать его основные достоинства и недостатки.

Достоинства биогаза:

1. Доступность, особенно для сельских жителей, которые могут организовать замкнутый цикл производства на хозяйстве.

2. Практически не истощаемая, самопополняющаяся сырьевая база.

3. Биогазовые установки, фактически вне конкуренции, по сравнению с другими агрегатами по утилизации мусора.

4. Постоянство выработки энергии и максимальное использование установленной мощности.

5. Использование биогаза дает возможность получения одновременно нескольких видов энергоресурсов: газа, моторного топлива, тепла, электроэнергии.

Недостатки биогаза:

1. Как не экологичен биогаз, но данный вид топлива полностью не исключает парниковый эффект. Сжигание биогаза хоть и минимизирует вредные выбросы в атмосферу, но не устраняет их полностью.

2. Вторая проблема биогаза, это доступность его только в сельских районах, богатых сырьем для производства.

3. Промышленные установки стоят относительно не дорого, но небольшие, индивидуальные биогазовые установки (мощностью исчисляемую десятками кВт) имеют относительно высокую стоимость, из-за больших капитальных затрат в расчете на единицу мощности.

Стоимость 1 кВт установленной электрической мощности биогазовой станции колеблется от 2 до 5 тыс. евро в зависимости от мощности станции. Однако сопоставление уровня капитальных затрат на единицу мощности с другими источниками энергии показывает, что проигрыш биогазовой энергетики по данному показателю неочевиден. Например, стоимость крупных атомных электростанций оценивается в 5 тыс. евро за кВт·ч. Стоимость 1 кВт крупных солнечных фотоэлектрических станций – 5 тыс. евро, ветроэлектростанций – 2 тыс. евро. Современные тепловые электростанции оцениваются ближе к 2 тыс. евро за кВт.

Биогаз в настоящее время может использоваться в зависимости от потребностей заказчика:

1. Он может сжигаться для целей теплоснабжения близлежащих потребителей – фермерских хозяйств, теплиц, предприятий АПК.

2. При использовании когенерационной установки БГУ дополнительно может стать источником электроэнергии.

3. Система очистки биогаза позволяет отделять углекислый газ от метана, который при использовании установки сжижения, может использоваться как моторное топливо.

4. Система очистки сточных вод позволяет производить, помимо биогаза и удобрений, еще и чистую воду.

Таким образом, использование в комплексе всех возможностей БГУ позволит повысить их эффективность, а окупаемость составит от 3 до 5 лет, что в основном определяется объемами биомассы.

Список литературы

1. Коваленко В.П., Григораш О.В., Лысых И.Г. Технологии производства биогаза из отходов животноводства и растениеводства. Труды КубГАУ. – Краснодар, 2012, № 4, с.243-247.

2. Григораш О.В., Коваленко В.П., Воробьев Е.В., Власов В.Г. Перспективы возобновляемых источников энергии в Краснодарском крае. Труды КубГАУ. – Краснодар, 2012, № 6, с.159-163.

3. Богатырев Н.И., Григораш О.В. Курзин Н.Н. и др. Преобразователи электрической энергии: основы теории, расчёта и проектирования. – Краснодар, 2002, с. 358.

4. Григораш О.В. Асинхронные генераторы в системах автономного электроснабжения. Электротехника. 2002. № 1. С 30-34.

5. Григораш О.В., Тропин В.В., Оськина А.С. Об эффективности и целесообразности использования возобновляемых источников энергии в Краснодарском крае. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 83. С.188-199.

6. Григораш О.В., Степура Ю.П., Сулейманов Р.А. и др. Возобновляемые источники электроэнергии. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – 272 с.

7. Григораш О.В., Квитко А.В., Алмазов В.В. и др. Непосредственный трехфазный преобразователь частоты с естественной коммутацией. Патент на изобретение RUS 2421867, 12.05.2010.

8. Григораш О.В., Степура Ю.П., Квитко А.В. Структурно-параметрический синтез автономных систем электроснабжения. Ползуновский вестник. 2011. № 2-1. С.71-75.

9. Григораш О.В., Божко С.В., Нормов Д.А. и др. Модульные системы гаранти-

рованного электроснабжения. Краснодар. 2005. С. 306.

10. Григораш О.В., Дацко А.В., Мелехов С.В. К вопросу электромагнитной совместимости узлов САЭ. Промышленная энергетика. 2001. № 2. С.44-47.

11 Григораш О.В., Гарькавый К. А., Квитко А.В., и др. Устройство стабилизации напряжения и частоты ветроэнергетической установки. Патент на изобретение RUS 2443903. 12.05.2010.

12. Григораш О.В., Попов А.Ю., Квитко А.В. и др. Удельная масса и предельная мощность бесконтактных генераторов электроэнергии. Труды КубГАУ. – Краснодар, 2011, № 29, С.198 –202.

13. Григораш О.В., Квитко А.В., Хамула А.А. Ресурсы возобновляемых источников энергии Краснодарского края. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 08. С. 207.

References

1. Kovalenko V.P., Grigorash O.V., Lysyh I.G. Tehnologii proizvodstva biogaza iz othodov zhivotnovodstva i rastenievodstva. Trudy KubGAU. – Krasnodar, 2012, № 4, s.243-247.

2. Grigorash O.V., Kovalenko V.P., Vorob'ev E.V., Vlasov V.G. Perspektivy vozobnovljaemyh istochnikov jenerгии v Krasnodarskom krae. Trudy KubGAU. – Krasnodar, 2012, № 6, s.159-163.

3. Bogatyrev N.I., Grigorash O.V. Kurzin N.N. i dr. Preobrazovateli jelektricheskoy jenerгии: osnovy teorii, raschjota i proektirovanija. – Krasnodar, 2002, s. 358.

4. Grigorash O.V. Asinhronnye generatory v sistemah avtonomnogo jelektrosnabzhenija. Jelektrotehnika. 2002. № 1. S 30-34.

5. Grigorash O.V., Tropin V.V., Os'kina A.S. Ob jeffektivnosti i celesoobraznosti ispol'zovanija vozobnovljaemyh istochnikov jenerгии v Krasnodarskom krae. Politematicheskij setevoy jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012. № 83. S.188-199.

6. Grigorash O.V., Stepura Ju.P., Sulejmanov R.A. i dr. Vozobnovljaemye istochniki jelektrojenerгии. – Krasnodar: KubGAU, 2012. – 272 s.

7. Grigorash O.V., Kvitko A.V., Almazov V.V. i dr. Neposredstvennyj trehfaznyj preobrazovatel' chastoty s estestvennoj kommutaciej. Patent na izobretenie RUS 2421867, 12.05.2010.

8. Grigorash O.V., Stepura Ju.P., Kvitko A.V. Strukturno-parametricheskij sintez avtonomnyh sistem jelektrosnabzhenija. Polzunovskij vestnik. 2011. № 2-1. S.71-75.

9. Grigorash O.V., Bozhko S.V., Normov D.A. i dr. Modul'nye sistemy garantirovannogo jelektrosnabzhenija. Krasnodar. 2005. S. 306.

10. Grigorash O.V., Dacko A.V., Melehov S.V. K voprosu jelektromagnitnoj sovmestivosti uzlov SAJe. Promyshlennaja jenergetika. 2001. № 2. S.44-47.

11 Grigorash O.V., Gar'kavyj K. A., Kvitko A.V., i dr. Ustrojstvo stabilizacii naprazhenija i chastoty vetrojenergeticheskoy ustanovki. Patent na izobretenie RUS 2443903. 12.05.2010.

12. Grigorash O.V., Popov A.Ju., Kvitko A.V. i dr. Udel'naja massa i predel'naja moshhnost' beskontaktnyh generatorov jelektrojenerгии. Trudy KubGAU. – Krasnodar, 2011, № 29, S.198 –202.

13. Grigorash O.V., Kvitko A.V., Hamula A.A. Resursy vozobnovljaemyh istochnikov jenerгии Krasnodarskogo kraja. Politematicheskij setevoy jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013. № 08. S. 207.