



**Некоммерческое
акционерное
общество**

**АЛМАТИНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ЭНЕРГЕТИКИ И
СВЯЗИ**

Кафедра
«Электроснабжение
промышленных
предприятий»

НЕТРАДИЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Задания и методические указания
к выполнению расчетно-графических работ №1 и 2
для студентов обучающихся по специальности
5В073100 - Безопасность жизнедеятельности
и защита окружающей среды

Алматы 2015

СОСТАВИТЕЛЬ Сырлыбаев Р.С. Нетрадиционные источники энергии. Задания и методические указания к выполнению расчетно-графических работ № 1 и 2 для студентов специальности 5В073100 - Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды.- Алматы: АУЭС, 2015.- 21 с.

К нетрадиционным источникам энергии (НИЭ) относятся: неископаемые возобновляемые Природой ресурсы (энергия Солнца, ветра, водных потоков, термальная земных недр, биомассы и т.д.) и до сих пор редко используемые полезные ископаемые (сланцевый газ, битуминозные песчаники, попутный газ и др.). По прогнозам ученых и производителей НИЭ должны прийти на смену традиционным ископаемым ресурсам - углю, нефти, газу, атомному сырью, запасы которых близки к истощению.

Методические указания содержат необходимые теоретические сведения, варианты заданий, методики проведения расчетов и справочный материал для решения задач по темам «Определение характеристик инсоляции и расчет параметров солнечного коллектора» и «Биомасса, энергетическая ценность. Расчет биогазогенератора».

Методические указания предназначены для студентов всех форм обучения специальности 5В073100 - Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды.

Ил. 3, табл. 7, библиогр. – 15 назв.

Рецензент: старший преподаватель каф. ЭССиС Б. К. Курпенев.

Печатается по плану издания некоммерческого акционерного общества «Алматинский университет энергетики и связи» на 2015 г.

НАО «Алматинский университет энергетики и связи», 2015 г.

Содержание

1 Расчетно-графическая работа № 1. Определение характеристик инсоляции и расчет параметров солнечного коллектора.....	4
1.1 Солнечная водонагревательная установка	4
1.2 Задание	6
1.3 Методические указания к расчетно-графической работе	7
2 Расчетно-графическая работа № 2. Биомасса, энергетическая ценность. Расчет биогазогенератора.	11
2.1 Виды биомассы и способы использования	11
2.2 Задание	13
2.3 Методические указания к расчетно-графической работе	14
Приложение А	17
Приложение Б	18
Список литературы	19

1 Расчетно-графическая работа № 1. Определение характеристик инсоляции и расчет параметров солнечного коллектора

Солнечное излучение является первопричиной и первоосновой жизни на нашей Планете. Светило нагревает атмосферу и поверхность Земли. Благодаря солнечной энергии дуют ветры, осуществляется круговорот воды в природе, нагреваются моря и океаны, растут растения и животные имеют корм. Именно благодаря солнечному излучению на Земле существуют ископаемые виды топлива [1, 2].

Казахстан имеет огромные возможности использования энергии возобновляемых источников, в частности Солнца. В РК суммарная годовая продолжительность солнечного сияния в разных регионах составляет 2200 - 3000 часов. Суммарная дневная радиация при различных интенсивностях облучения по Республике составляет 3,8-5,2 кВт·ч/м², это один из лучших показателей в мире [3, 4].

Солнечная энергия- это практически неисчерпаемый ресурс уверенно завоевывает устойчивые позиции в мировой энергетике. Привлекательность солнечной энергетике обусловлена рядом обстоятельств:

- солнечная энергетика доступна в каждой точке нашей планеты, различаясь по плотности потока излучения не более чем в два раза. Поэтому она привлекательна для всех стран, отвечая их интересам в плане энергетической независимости;

- солнечная энергия - это экологически чистый ресурс, позволяющий использовать его во все возрастающих масштабах без негативного влияния на окружающую среду;

- применением автономных гелиоустановок можно использовать солнечную энергию «по месту» её востребованности. Нет необходимости в прокладке дорогостоящих ЛЭП;

Основными направлениями использования солнечной энергии считаются:

- а) прямое превращение солнечной энергии в электрическую;

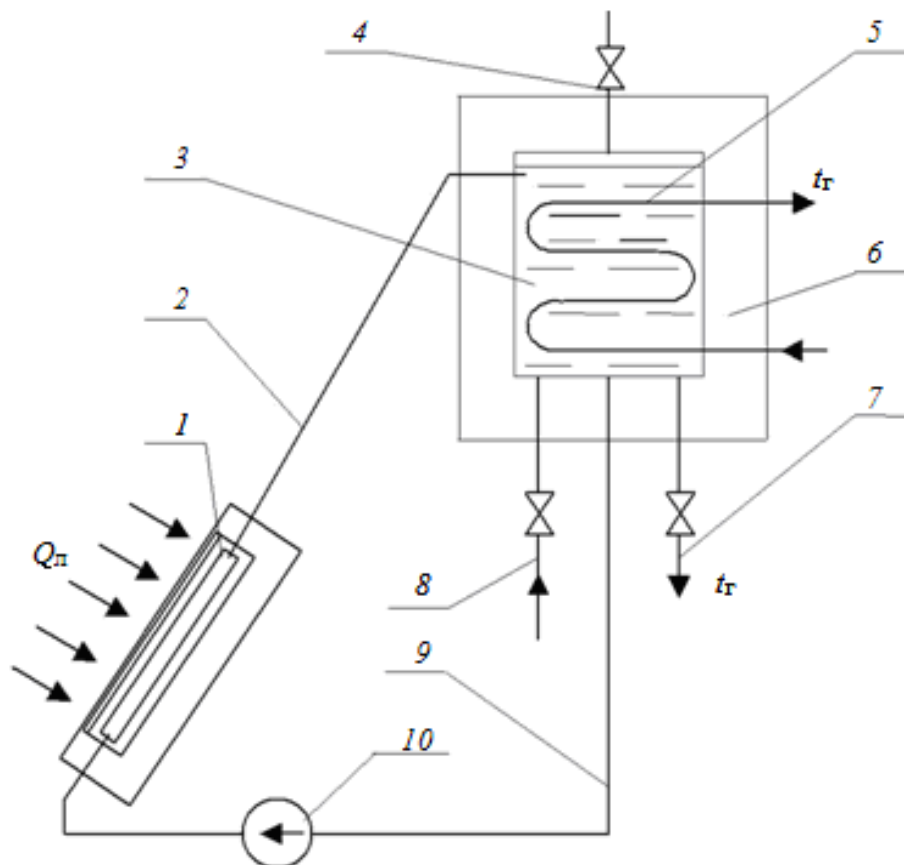
- б) получение тепла путем абсорбции (поглощения) солнечного излучения, в частности солнечными коллекторами.

1.1 Солнечная водонагревательная установка

На рисунке 1.1 представлена схема работы двухконтурной солнечной водонагревательной установки. Такие системы являются простейшим и эффективным устройством для горячего водоснабжения. Установка состоит из двух блоков: *солнечного коллектора 1* и теплоизолированного *накопительного бака 3*, из которого забирается горячая вода [5].

Нагретый в коллекторе теплоноситель (вода – в теплый сезон или антифриз – в холодный) по восходящему трубопроводу *2* поступает в накопительный бак *3*, пополняя запас жидкости и увеличивая ее температуру.

Нисходящий трубопровод 9 замыкает первичный контур. В баке установлен теплообменник 5 для передачи тепла теплоносителю (воде) второго контура, направляемому потребителю. Если в первом контуре циркулирует вода, то она может направляться на потребление прямо из бака через сливной патрубок 7. Через подпиточный патрубок 8 компенсируется расход теплоносителя первичного контура [5].



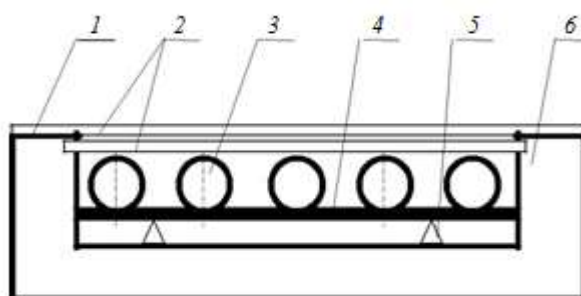
1 – коллектор; 2 – трубопровод восходящий; 3 – накопительный бак; 4 – воздушный клапан; 5 – теплообменник; 6 – теплоизоляция; 7 – сливной патрубок; 8 – подпиточный патрубок; 9 – трубопровод нисходящий; 10 – циркуляционный насос.

Рисунок 1.1 - Схема солнечной водонагревательной установки

Циркуляция жидкостей в контурах нагревательной установки может быть термосифонной, происходящей за счет незначительного различия плотностей холодной (плотной) и горячей (менее плотной) воды и принудительной с насосом. Установки первого типа очень просты и экономичны, но их бак должен всегда размещаться над коллектором. Чтобы интенсифицировать теплообменные процессы, в схеме предусматривается циркуляционный насос 10. Циркуляция теплоносителя происходит непрерывно в течение всего светового дня, что обуславливает постепенное повышение температуры t_{δ} в баке.

Рост продолжается до тех пор, пока не наступит равновесие между приходом тепла к воде и его расходом в виде тепловых потерь в окружающую среду и полезного тепла, отводимого потребителю [5]. Насосные нагревательные установки не накладывают ограничений по компоновке, но начальные вложения и расходы на эксплуатацию будут выше.

Устройство приемника излучения - солнечного коллектора показано на рисунке 1.2 [5]. Через коллектор вода протекает по параллельным трубам 3, закрепленным на зачерненной металлической пластине 4 (в простейшем случае это могут быть рубероид, толь). Пластины с трубами (абсорбер) для защиты от ветра и загрязнений, для создания *парникового эффекта* и во избежание излишних тепловых потерь помещают в корпус 1 со стеклянной крышкой 2 (1...2 слоя), корпус теплоизолирован 6.



1 – корпус; 2 – двойное остекление; 3 – трубы абсорбера;
4 – пластина абсорбера; 5 – опора; 6 – теплоизоляция.

Рисунок 1.2 - Устройство солнечного коллектора

Такая конструкция называется «черный ящик». Прошедшие через прозрачное покрытие 2 лучи Солнца, принесшие энергию $Q_{\text{л}}$ попадают на абсорбер. В его трубах происходит нагрев теплоносителя.

Целью выполняемой работы является уяснение студентами теоретических основ функционирования солнечных водонагревательных систем и приобретение навыков практических расчетов.

1.2 Задание

Предварительно определить продолжительность сияния, высоту стояния Солнца, плотность излучения в плоскости солнечного коллектора и оптимальный угол его наклона к горизонтальной поверхности для опорной точки Y и месяца M .

Схемы солнечной водонагревательной установки и коллектора представлены на рисунках 1.1 и 1.2. Две панели плоского пластинчатого нагревателя размерами $2 \times 0,84 \text{ м}^2$ каждая встроены в систему водонагревательной установки. Рассчитать необходимую разницу температур на входе в коллектор $t_{\text{н}}$ и выходе из него $t_{\text{к}}$ при лимите расхода воды за день L . Принять температуру воздуха $t_{\text{окр}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$. Технические характеристики

коллектора выбрать из типовых значений. В заключение следует дать графическую интерпретацию уравнения теплового баланса коллектора.

Индивидуальные задания формируются по таблице 1.1. Исходные данные выбираются по приложению А.

Таблица 1.1 - Индивидуальные задания для студентов

Величины и единицы их измерения	Численные значения величин, выбираемые по начальной букве фамилии студента									
	А, К, Ф	Б, Л, Х	В, М, Ц	Г, Н, Ч	Д, О, Ш	Е, П, Щ	Ё, Р, Э	Ж, С, Ю	З, Т, Я	И, У
Номер опорной точки, Y	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4
	Значения величин, выбираемые по предпоследней цифре номера зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Расчетный месяц, M	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	IX	V
	Численные значения величин, выбираемые по последней цифре номера зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Дневной расход воды L , 100 л	2	3	3,5	4	4,5	2,5	5,5	6	2	3
Температура воды в баке, t_b , °C	50	60	70	40	45	50	55	60	65	70

1.3 Методические указания к расчетно-графической работе

В задании предлагаются к рассмотрению вопросы конвертации солнечной энергии в тепловую посредством абсорбции солнечного излучения приемниками - коллекторами.

Потенциал доступной солнечной энергии характеризуется продолжительностью сияния Светила в конкретной точке и высотой его стояния над горизонтом [6]. В таблице 1 приложения А приведены данные для некоторых точек на территории Казахстана. Это – Капчагай (44° северной широты), Алаколь (47°), Жангизтобе (49°), Кургальджино (45°), Державинск (51°), Ерейментау (52°). Продолжительность солнечного сияния зависит не только от атмосферных условий, но и от широты местности φ и склонения Солнца δ (его угловой высоты над земным экватором), что в совокупности определяет h_n -полуденную высоту Солнца, град. [1, 2].

Полуденная высота Солнца может быть вычислена так [6]:

$$\sin h_n = \cos(\varphi - \delta), \quad (1.1)$$

тогда

$$h_n = \arcsin[\cos(\varphi - \delta)]^\circ. \quad (1.2)$$

В конкретный день склонение определяется по формуле:

$$\delta = 23,45 \sin\left(360 \frac{284 + n}{365}\right), \quad (1.3)$$

где n - порядковый номер дня, отсчитанный от 1 января.

В качестве n принимается номер среднего расчетного дня месяца. Его усредненные характеристики (приход солнечной энергии, продолжительность светового дня) можно распространить на весь месяц [5]. В таблице 1.2 приводятся значения n и δ для среднего дня I – XII месяцев [6].

Таблица 1.2 – Изменение солнечного склонения в течение года

Месяц года	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Расчетный день n с 1 января	17	47	75	105	135	162	198	228	258	288	318	344
Склонение Солнца δ , град.	-20,9	-13	-2,4	9,4	18,8	23,1	21,2	13,5	2,2	-9,6	-18,9	-23

Наибольшая эффективность использования энергии излучения достигается при перпендикулярности поверхности приемника лучам Солнца. Если обозначить β - угол наклона коллектора к горизонтали, то в истинный (астрономический) полдень он определится:

$$\beta = 90^\circ - h_n = 90^\circ - \arcsin[\cos(\varphi - \delta)]^\circ. \quad (1.4)$$

Для примера: номер среднего расчетного (с начала года) дня месяца, допустим, июля будет 198, склонение Солнца δ в этот день составит $21,2^\circ$ и оптимальный угол наклона коллектора, к примеру, в Капчагае должен быть $\beta = 23,07^\circ$.

Условие перпендикулярности плоскости коллектора лучам Солнца в течение светового дня, технически сложно осуществимо и не дает желаемого эффекта. Поступают проще и «грубее». Общепринята рекомендация для определения оптимального угла наклона к горизонту плоского коллектора в летний период $\beta = \varphi - 15^\circ$; зимой $\beta = \varphi + 15^\circ$; на круглый год $\beta = \varphi$ [7]. Точное наведение на Светило необходимо для установок с концентраторами солнечной энергии.

Нагревание холодного теплоносителя начинается с восходом Солнца и продолжается весь световой день в течение которого его температура в баке повышается от $t_{хол}$ до $t_{гор}$. После захода Солнца инсоляция прекращается и

начинается охлаждение теплоносителя в баке от $t_{гор}$ до $t_{хол}$ за счет теплотерь в окружающую среду [5].

Средняя инсоляция и продолжительность расчетного светового дня определяется с использованием таблиц 1 и 2 приложения А [6].

Полезное уловленное тепло Q , МДж на единицу площади коллектора (рисунок 1.2) за световой день определяется в зависимости от двух переменных – плотности суммарной солнечной радиации в плоскости коллектора $Q_{л}$, МДж/м² (рисунок 1.1) и разности средней температуры теплоносителя в коллекторе и температуры окружающей среды [3, 7, 8]:

$$Q = F [(\tau\alpha) Q_{л} - TU(t_{cp} - t_{окр})], \quad (1.5)$$

где F – коэффициент, характеризующий эффективность переноса тепла от абсорбера к жидкости, отводящей тепло;

$(\tau\alpha)$ – приведенная поглощательная способность коллектора;

U – коэффициент потерь тепловой мощности, Вт/м² · °С;

T – время учета утечек тепла, с;

$(t_{cp} - t_{окр})$ – разность температур средней по системе и внешней среды, °С.

Коэффициент F , характеризующий эффективность теплопереноса от абсорбера к теплоносителю, зависит от конструкции поглощающей системы, в частности от размеров труб (каналов) с нагреваемой жидкостью, толщины пластины и свойств жидкости. Кроме того, он зависит от расхода жидкости через коллектор.

Приведенная поглощательная способность $(\tau\alpha)$ учитывает результирующее влияние оптических свойств материалов коллектора в диапазоне длин волн солнечного спектра.

Если нет прозрачных покрытий, коэффициент тепловых потерь U сильно возрастает с ростом скорости ветра, однако, если имеется хотя бы одно покрытие, U возрастает в меньшей степени. Вакуумирование коллектора сильно снижает потери тепла. Оптические свойства поглощающей пластины и прозрачных покрытий в длинноволновом диапазоне также влияют на коэффициент тепловых потерь.

За среднюю температуру системы t_{cp} можно принять температуру жидкости на входе в коллектор t_H (рисунок 1.1), она определится [7, 8]:

$$t_H = (t_{окр} + t_{\delta}) / 2, \quad (1.6)$$

где t_{δ} – температура воды в накопительном баке, °С;

$t_{окр}$ – температура окружающего воздуха, °С.

Температура воды в баке к концу дня может достичь 85 °С.

Количество же тепла $Q_{ж}$, Дж, требуемого для нагрева жидкости на определенную разницу температур можно записать в виде [9]:

$$Q_{ж} = LC(t_k - t_n), \quad (1.7)$$

где t_k и t_n – конечная температура воды на выходе из коллектора и начальная на входе, $^{\circ}\text{C}$;

C – объемная теплоемкость воды, равная $4200 \text{ Дж/л} \cdot ^{\circ}\text{C}$;

L – объемный расход воды, л/день.

Уравнение дневного теплового баланса коллектора площадью A , м^2 запишется:

$$AF[(\tau\alpha)Q - TU(t_n - t_{окр})] = LC(t_k - t_n), \quad (1.8)$$

С учетом выражения (1.6) уравнение дневного теплового баланса (1.8) примет вид:

$$AF[(\tau\alpha)Q - TU(t_{окр} + t_{\delta})/2 - t_{окр}] = LC(t_k - t_n), \quad (1.9)$$

Типичные значения F составляют примерно $0,88 - 0,90$, $\tau\alpha$ – около $0,8$ при $\alpha = 0,9$ и двойном остеклении из трехмиллиметрового оконного стекла, а тепловые потери U коллектора примерно равны $6 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$. Для незастекленного и неизолированного коллектора значение $\tau\alpha$ будет близко к единице, а значение U по крайней мере вдвое больше, чем для застекленного коллектора [3, 7, 8]. Можно пользоваться комплексными характеристиками коллекторов европейских производителей: $F(\tau\alpha) = 0,71 \dots 0,81$ и $FU = 4,3 \dots 9,3 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$ [8]. Такие параметры подразумевают высокое качество материалов и исполнения.

Из уравнения теплового баланса коллектора находятся все необходимые характеристики.

2 Расчетно-графическая работа № 2. Биомасса, энергетическая ценность, расчет биогазогенератора

Биомасса-продукт фотосинтеза, происходящего под воздействием лучей Солнца, является одним из наиболее популярных и универсальных ресурсов на Земле. Биомасса является не только источником пищи (она лежит в начале трофических цепочек), но и энергии, строительных материалов, бумаги, тканей и многого другого.

Биомасса используется для энергетических целей с момента открытия человеком огня. Сегодня топливо из биомассы может использоваться для различных целей - от обогрева жилищ до производства электроэнергии и как горючее для автомобилей.

Биомасса является эффективным возобновляемым источником энергии. Ресурсы биомассы в различных видах есть почти во всех регионах мира, и почти в каждом из них может быть налажена ее переработка в энергию и топливо. На современном уровне за счет биомассы можно перекрыть 6-10% общего количества энергетических потребностей промышленно развитых стран [1, 2].

Все виды ископаемого топлива, которые потребляет человечество, - уголь, нефть, природный газ, дрова - представляют собой древнюю биомассу. В течение тысячелетий остатки растений превращались в топливо. Несмотря на то, что ископаемое топливо состоит из тех же компонентов - водорода и углерода - как и «свежая» биомасса, оно не может рассматриваться в качестве возобновляемого источника, потому что его образование требует весьма длительного времени (эпох).

Другое важное различие между биомассой и ископаемыми видами топлива определяется их воздействием на окружающую среду [10]. В процессе разложения растений химические вещества попадают в атмосферу. Напротив, ископаемое топливо «заперто» глубоко под землей и не воздействует на атмосферу до тех пор, пока не будет сожжено.

2.1 Виды биомассы и способы использования

Древесина является наиболее известным примером биомассы. В процессе её сжигания высвобождается энергия, которую дерево усвоило, поглотив солнечные лучи. Однако, древесина - только один пример биомассы. Кроме древесины могут использоваться и другие виды биомассы - сельскохозяйственные отходы (жом сахарного тростника, стебли кукурузы, рисовая солома и шелуха и т.д.), древесные отходы (опилки, порубочные остатки, щепа), бумажные отходы и отходы зеленых насаждений в городском мусоре, энергетические растения (быстрорастущие деревья, например, тополь или ива, травы, водоросли), а также метан, собранный на полигонах твердых бытовых отходов (ТБО), станциях очистки муниципальных сточных вод.

Биомасса считается одним из ключевых возобновляемых энергетических ресурсов будущего. Сегодня она обеспечивает 14% мирового потребления первичной энергии [11]. Увеличение населения и потребления энергии на одного

жителя, а также истощение ресурсов ископаемого топлива ведут к быстрому увеличению спроса на биомассу. В развивающихся странах биомасса обеспечивает 38% первичной энергии (а в некоторых странах - до 90%). Очевидно, биомасса останется наиболее востребованным источником энергии в развивающихся странах в течение всего XXI века.

Казахстан обладает значительными *биоэнергетическими ресурсами*. За счет переработки отходов сельскохозяйственного производства может быть получено ежегодно до 35 млрд. кВт · ч электрической и 44 млн. гигакалорий тепловой энергии. Потенциал отходов лесного хозяйства и лесопереработки (опилки, щепа) составляет 200 тыс. тн.э. (тонн нефтяного эквивалента). Твердые бытовые отходы (ТБО) обладают значительным биоэнергетическим потенциалом. В больших городах их «вырабатывается» в среднем 0,5 кг в день на 1 человека. В то же время не более 3% ТБО в Республике, вывозимых на полигоны, утилизируется [12].

Биомасса может использоваться такими способами [2, 3]:

- прямым сжиганием;
- как сырьё для производства жидкого моторного топлива;
- переработкой бытовых и сельскохозяйственных (чаще навоза животных) отходов с получением биогаза и ценных удобрений.

В таблице 2.1 приведена энергетическая емкость биомассы [11].

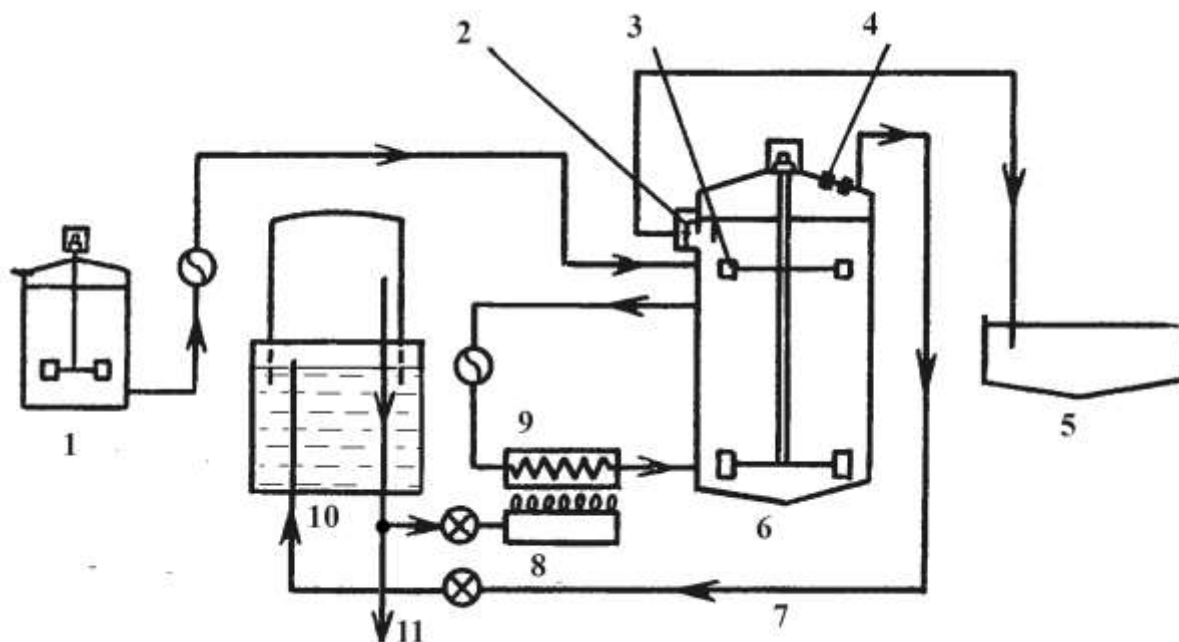
Таблица 2.1-Энергетическая емкость биомассы

Вид	Содержание воды, %	Энергоемкость, МДж/кг	Энергоемкость, кВт · ч/кг
Дуб	20	14,1	3,92
Сосна	20	13,8	3,83
Солома	15	14,3	3,97
Зерновые	15	14,2	3,94
Рапсовое масло	-	37,1	10,31
Антрацит	4	30,0-35,0	8,33-9,72
Бурый уголь	20	10,0-20,0	2,78-5,56
Печное топливо	-	42,7	11,86
Биометанол	-	19,5	5,42
Вид		МДж/м ³	кВт · ч/м ³
Канализационный газ		16,0	4,44
Древесный газ		5,0	1,39
Биогаз из навоза		22,0	6,11
Природный газ		31,7	8,81
Водород		10,8	3,00

Из таблицы видно, что навоз сельскохозяйственных животных обладает большим энергетическим потенциалом.

Биогаз содержит около 70% метана в объемном выражении, его получают из биоматериала путем анаэробного сбраживания в резервуарах (метантанках).

Переработанные в метантанке экскременты сельскохозяйственных животных по своим агрохимическим свойствам как удобрения превосходят сырой материал. Схема биогазогенераторной установки показана на рисунке 2.1 [13].



1- приемник биоматериала; 2 - клапан; 3 - мешалка; 4 - стекло; 5 - емкость для побочных продуктов; 6 - газогенератор (метантанк); 7 - отвод газа; 8 - горелка; 9 - теплообменник; 10 - водяной газгольдер; 11 - отбор газа.

Рисунок 2.1 – Технологическая схема биогазогенераторной установки

Целью выполняемой работы является уяснение студентами значения и роли биоресурсов в жизни Природы и общества, ознакомление с биогазовыми технологиями и приобретение навыков практических расчетов.

2.2 Задание

На животноводческой ферме откармливаются свиньи. Предполагается использовать их навоз для получения биогаза в газогенераторе (метантанке) с целью использования в качестве топлива для автомобилей (рисунок 2.1). Одному автомобилю требуется $V_{\text{б}}$ литров бензина в сутки. Эффективный КПД автомобильного бензинового ДВС $\eta_{\text{эб}} = 33\%$. Эффективный КПД двигателя при работе на биогазе $\eta_{\text{эг}} = 0,28$. Выход биогаза из биомассы (сухой массы) $c = (0,25 \dots 0,40) \text{ м}^3/\text{кг}$. Работу сжатия газа до параметров, обуславливаемых применимостью на автомобиле (объем резервуара с возимым запасом и давление в нём), принять равной 15% от получаемого энергоресурса. Определить поголовье животных n для обеспечения биогазом одного автомобиля и необходимый объем метантанка. Исходные данные выбираются по таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Исходные данные для задания

Величины и единицы их измерения	Численные значения величин, выбираемые по начальной букве фамилии студента									
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К
	Л	М	Н	О	П	Р	С	Т	У	Ф
	Х	Ц	Ч	Ш	Щ	Э	Ю	Я		
V_b , л/сут	6	8	10	11	12	13	8	10	11	12
	Численные значения величин, выбираемые по предпоследней цифре номера зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
c , м ³ /кг	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,34	0,35
	Численные значения величин, выбираемые по последней цифре номера зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
f_m , %	0,65	0,66	0,68	0,69	0,70	0,71	0,72	0,73	0,74	0,75

2.3 Методические указания к расчетно-графической работе

С учетом эффективного КПД автомобильного двигателя $\eta_{эб}=0,33$ [14] суточная энергоотдача ДВС при работе на бензине:

$$E = \eta_{эб} Q_{нб} V_b, \quad (2.1)$$

здесь V_b - расход бензина в сутки на один автомобиль, л/сут;

$Q_{нб}$ - низшая теплота сгорания бензина, $Q_{нб} = 34$ МДж/л.

Возможный энергетический выход E установки, потребляющей биогаз, определяется соотношением [15]:

$$E_2 = \eta_{э2} Q_{н2} V_2, \quad (2.2)$$

здесь $\eta_{э2}$ - эффективный КПД двигателя при работе на биогазе принимается $\eta_{э2} = 0,28$;

$Q_{н2}$ - низшая удельная объемная теплота сгорания биогаза при нормальных физических условиях, примем $Q_{н2} = 22$ МДж/м³;

V_2 - объем поступающего биогаза.

Заметим: в нашем случае система питания автомобильного ДВС для работы на газе требует некоторой адаптации. Сжигаемым агентом в биогазе является метан CH_4 , присутствует также углекислый газ CO_2 .

Соотношение (2.1) для чистого метана, содержащегося в биогазе, имеет следующий вид:

$$E_M = \eta_{\text{эз}} f_M Q_{\text{нм}} V_M, \quad (2.3)$$

где $Q_{\text{нм}}$ – удельная теплота сгорания метана (56 МДж/кг, при нормальных физических условиях 28 МДж/м³);
 f_M – объёмная доля метана в биогазе, %.

Объём биогаза определяется из выражения:

$$V_b = c t_0, \quad (2.4)$$

где c – выход биогаза из сухой биомассы, м³/кг;
 t_0 – сухая масса сбраживаемого материала, кг.

В суточном выходе навоза от одной свиньи содержится около 0,2 кг сухого сбраживаемого материала. 1кг этих разлагаемых составляющих позволяет получить в сутки $c=0,25\dots 0,40$ м³ биогаза при нормальных физических условиях. В этом объёме будет содержаться V_M м³ метана:

$$V_M = f_M c t_{0c}, \quad (2.5)$$

здесь t_{0c} - содержание сухого вещества в суточном выходе навоза от одной свиньи, кг.

Таким образом, экскременты одного животного после переработки обеспечивают суточную энергоотдачу:

$$E_I = f_M Q_{\text{нм}} V_M. \quad (2.6)$$

С учетом 15% забора энергии на сжатие газа при подготовке к сжиганию в ДВС навоз одной свиньи даст энергоотдачу *нетто*:

$$E'_I = 0,85 f_M Q_{\text{нм}} V_M. \quad (2.6')$$

Полезная работа двигателя при этом:

$$E'_{In} = 0,85 \eta_{\text{эз}} f_M Q_{\text{нм}} V_M. \quad (2.7)$$

Отходы от n животных обеспечат выход энергии от ДВС

$$\mathcal{E} = E'_{In} = 0,85 \eta_{\text{эз}} n f_M Q_{\text{нм}} V_M. \quad (2.8)$$

Приравняв уравнения (2.1) и (2.8), находим количество животных n ,

эксскременты которых обеспечат работу одного автомобиля в течение суток:

$$n = \eta_{\text{эб}} Q_{\text{нб}} V_{\text{б}} / 0,85 \eta_{\text{э2,м}} Q_{\text{нм}} V_{\text{м}}. \quad (2.9)$$

Размеры метантанка определяются индивидуально для каждого хозяйства по имеющемуся поголовью домашних животных n с учетом его возможного увеличения [11]. Объем газогенератора V определяется:

$$V = nv, \quad (2.10)$$

здесь v – расчетный объем метантанка на одно животное, м³.

Значения v по видам и группам животных приведены в таблице 1 приложения Б. Таблица предлагает два варианта расчетного объема v в зависимости от эффективности процесса. В случае низких рабочих температур (менее 32 °С) необходимо использовать реакторы большего объема. Наоборот, в случае использования термофильного режима (54-58 °С) можно использовать реакторы меньшего объема. Однако второй вариант более сложен для реализации и контроля. Поэтому он не может быть рекомендован для малых установок в индивидуальных хозяйствах [11].

Приложение А

Таблица А.1 – Среднемесячная продолжительность солнечного сияния, час

Местность, № опорной, точки	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1.Капчагай	121	152	198	225	264	291	332	323	276	238	165	140
2.Алаколь	145	184	210	242	340	334	353	349	270	206	131	128
3.Жангизтобе	53	133	170	205	301	314	317	366	204	170	115	75
4.Кургальджино	81	144	146	199	277	274	379	328	208	196	119	127
5.Державинск	122	146	138	178	270	255	367	340	196	199	139	139
6.Ерейментау	114	131	150	218	310	381	381	360	191	191	89	124

Таблица А.2 – Суммарная месячная солнечная радиация , МДж/м²

Местность, № опорной точки	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1.Капчагай	435	646	979	1289	1578	1736	1871	1719	1341	991	597	463
2.Алаколь	468	699	965	1292	1819	1861	1909	1769	1264	829	451	391
3.Жангизтобе	199	512	799	1128	1636	1754	1736	1799	997	677	381	228
4.Кургальджино	256	529	705	1090	1531	1589	1965	1632	992	746	379	359
5.Державинск	355	520	664	1001	1488	1506	1902	1662	931	741	427	384
6.Ерейментау	324	464	684	1117	1623	1972	1942	1722	898	699	278	338

Приложение Б

Таблица Б.1 - Объем метантанка биогазовой установки, необходимый для сбраживания навоза, полученного от одного животного [11]

Вид животных	Необходимый объем метантанка, м ³	
	низкая эффективность сбраживания	высокая эффективность сбраживания
КРС		
Телята до 1-го года	0,75	0,45
Телята (молодняк от 1 до 2 лет)	1,75	1,05
Телки (старше 2-хлет), быки на откорме, коровы	2,5	1,5
Племенные быки	3	1,8
Свиньи		
Поросята до 12 кг	0,03	0,02
Поросята от 12 кг до 20 кг	0,05	0,03
Поросята от 20 кг до 45 кг	0,15	0,09
Свиньи молодняк от 45 до 60 кг (свиньи на откорме)	0,4	0,24
Племенные свиньи более 90 кг	0,83	0,5
Овцы		
Овцы до 1 года (ягнята)	0,13	0,08
Овцы старше 1 года	0,25	0,15
Лошади		
Жеребята и лошади до 3 лет	1,75	1,05
Лошади старше 3 лет	2,75	1,65
Куры		
Цыплята-бройлеры, цыплята (1-я возрастная группа до 1200 грамм)	0,006	0,004
Цыплята-бройлеры, цыплята (2-я возрастная группа до 800 грамм)	0,004	0,002
Куры-несушки (1-й категории максимальный вес 1600 грамм)	0,008	0,005
Куры-несушки (2-й категории максимальный вес 1500 грамм)	0,008	0,005

Список литературы

- 1 Куашнинг Ф. Жаңартылатын энергия көздері жүйелері. Технология - Есеп - Үлгілеу. - Астана: Foliant баспасы, 2014. - 432 б.
- 2 Куашнинг Ф. Системы возобновляемых источников энергии. Технология – Расчеты - Моделирование: пер. с немецкого. - Астана: Foliant, 2013. - 432 с.
- 3 Қойшиев Т.Қ. Жаңғыртылатын энергия көздері: Оқулық. – Алматы, 2013. - 256 б.
- 4 Возобновляемые источники энергии: Учебное пособие/В. Н. Мукажанов. - Алматы: АУЭС, 2010. – 80 с.
- 5 Солнечная водонагревательная установка: Метод. разр./В. И. Ляшков, С. Н. Кузьмин. - Тамбов: Изд-во Тамб. гос. тех. ун-та, 2004. - 20 с.
- 6 Дауменов Т. Д., Карсыбаев М. Ш., Мукажанов В. Н. Возобновляемые источники энергии для крестьянских хозяйств // Вестник Алматинского института энергетике и связи. - Алматы, 2008, №1, с. 48-53.
- 7 Системы солнечного теплоснабжения /Ж. А. Жамалов, Е. С. Умбетов, М. М. Кунелбаев. – Алматы, 2010. – 180 стр.
- 8 Нетрадиционные возобновляемые источники энергии: Учебное пособие/Л. М. Четошникова. - Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2010. - 69 с.
- 9 Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Пособие по практическим занятиям/Л. В. Хахалева – Ульяновск, 2008. – 32 с.
- 10 Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Учебное пособие/Под ред. В. В. Денисова. - Ростов н/Д, Феникс, 2015. - 382 с.
- 11 Возобновляемые источники энергии и энергосбережение (Путеводитель по современным технологиям) / под ред. Н. Исакова. - Астана, 2008. - 354 с.
- 12 Сценарий развития направления «Безопасная, чистая и эффективная энергия» в Казахстане на период до 2030 года/Экспертная группа: М. Б. Кошумбаев, В. В. Стояк, С. А. Глазырин и др. - Астана: АО «Национальный центр государственной научно-технической экспертизы», 2013. - 42 с.
- 13 Дукенбаев К. Д. Нурекең Е. Энергетика Казахстана (технический аспект). - Алматы, 2001. - 312 с.
- 14 Ерофеев В. Л., Семенов П. Д. Пряхин А. С. Теплотехника: Учебник для вузов. - М.: ИКЦ «Академкнига», 2008. - 488 с.
- 15.Быстрицкий Г.Ф. Основы энергетике: Учебник. - М.: Кнорус, 2011. - 352 с.

Сводный план 2015 г. 18 поз.

Рашид Салихович Сырлыбаев

Нетрадиционные источники энергии

Задания и методические указания
к выполнению расчетно-графических работ №1 и 2
для студентов обучающихся по специальности
5В073100 - Безопасность жизнедеятельности
и защита окружающей среды

Редактор Н.М. Голева

Специалист по стандартизации Н.К. Молдабекова

Подписано в печать __.__.__.

Тираж __ экз.

Объем 1,3 уч.-изд. л.

Формат 60x84 1/16

Бумага типографская №1

Заказ ____. Цена 656 тг.

Копировально-множительное бюро
Некоммерческого акционерного общества
«Алматинский университет энергетики и связи»
050013 Алматы, Байтурсынова, 126.