

Научная статья

Original article

УДК 631.152



**РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО  
ОБЪЕКТА СХПК “ЭРЭЛ” ЗА СЧЕТ БИОТОПЛИВА В НАМСКОМ УЛУСЕ**  
DEVELOPMENT OF A HEATING SCHEME FOR THE AGRICULTURAL  
FACILITY OF THE AGRICULTURAL COMPLEX “EREL” AT THE EXPENSE OF  
BIOFUELS IN NAMSKY ULUS

**Кокиева Галия Ергешевна**, доктор технических наук, декан Инженерного факультета ФГБОУ ВО «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова» (670024, Республика Бурятия, город Улан-Удэ, ул. Пушкина, д.8), Профессор кафедры «Информационные и цифровые технологии» ФГБОУ ВО Арктический агротехнологический университет (677007, Республика Саха (Якутия), г.Якутск, шоссе Сергеляхское, 3 км., дом.3, ), тел. 8-924-8-66-537, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3447-1911> , [kokievagalia@mail.ru](mailto:kokievagalia@mail.ru)

**Птицын В.В.**, студент Инженерного факультета ФГБОУ ВО Арктический агротехнологический университет (677007, Республика Саха (Якутия), г.Якутск, шоссе Сергеляхское, 3 км., дом.3, ), тел. 8-924-8-66-537, ORCID: <http://orcid.org/> , [PtitcsinVV@mail.ru](mailto:PtitcsinVV@mail.ru)

**Kokieva Galiya Ergeshevna**, Doctor of Technical Sciences, Dean of the Faculty of Engineering, Buryat State Agricultural Academy. V.R. Filippova (670024, Republic of Buryatia, Ulan-Ude, Pushkina st., 8), Professor of the Department of Information and Digital Technologies, Arctic Agrotechnological University (677007, Republic of Sakha

## Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

(Yakutia), Yakutsk, Sergelyakhskoe Highway , 3 km., house 3, ), tel. 8-924-8-66-537, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3447-1911> , [kokievagalia@mail.ru](mailto:kokievagalia@mail.ru)

**Ptitsyn V.V.**, student of the Faculty of Engineering, FSBEI HE Arctic Agrotechnological University (677007, Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Sergelyakhskoe highway, 3 km., house 3, tel. 8-924-8-66-537, ORCID: <http://orcid.org/> , [PtitcsinVV@mail.ru](mailto:PtitcsinVV@mail.ru)

**Аннотация.** В последние годы происходит повышение цен на природный газ, что обуславливает увеличение себестоимости сельскохозяйственной продукции. Одним из перспективных видов топлива является биотопливо на основе навоза (биогаз). Оно наиболее доступно отечественному сельхозтоваропроизводителю. Его применение позволит снизить энергетическую зависимость сельского хозяйства от поставщиков нефтепродуктов и уменьшить вредные выбросы в атмосферу. В Якутии в основном используют твердые виды биотоплива такие как: дрова, топливные брикеты (гранулы), уголь. Помимо этого, в основном для отопления используем природный газ. Причина производства биотоплива заключается в том, что запасы нефти и угля не бесконечны. Рано или поздно они исчерпаются, и когда это произойдет, людям будет жизненно необходимы альтернативные виды топлива, на которых смогут ездить автомобили, работать котлы, турбины и так далее.

**Annotation.** In recent years, there has been an increase in natural gas prices, which causes an increase in the cost of agricultural products. One of the promising types of fuel is manure-based biofuels (biogas). It is most accessible to the domestic agricultural producer. Its application will reduce the energy dependence of agriculture on suppliers of petroleum products and reduce harmful emissions into the atmosphere. In Yakutia, solid biofuels are mainly used, such as: firewood, fuel briquettes (pellets), coal. In addition, we mainly use natural gas for heating. The reason for the production of biofuels is that the reserves of oil and coal are not infinite. Sooner or later they will be exhausted, and when this happens, people will need alternative fuels that cars can drive, boilers, turbines, and so on.

**Ключевые слова:** схема отопления, биотопливо, источники энергии

**Keywords:** heating scheme, biofuels, energy sources

## Введение

На данный момент развития биотоплива и альтернативных источников энергии растет и к 2030 году использование возобновляемых источников энергии рассчитывают на 30% от всех потребляемых источников энергии. Согласно источнику “Bioenergy Annual Report 2009” мировое потребление первичных источников энергии в 2008 году представлена в рис.1

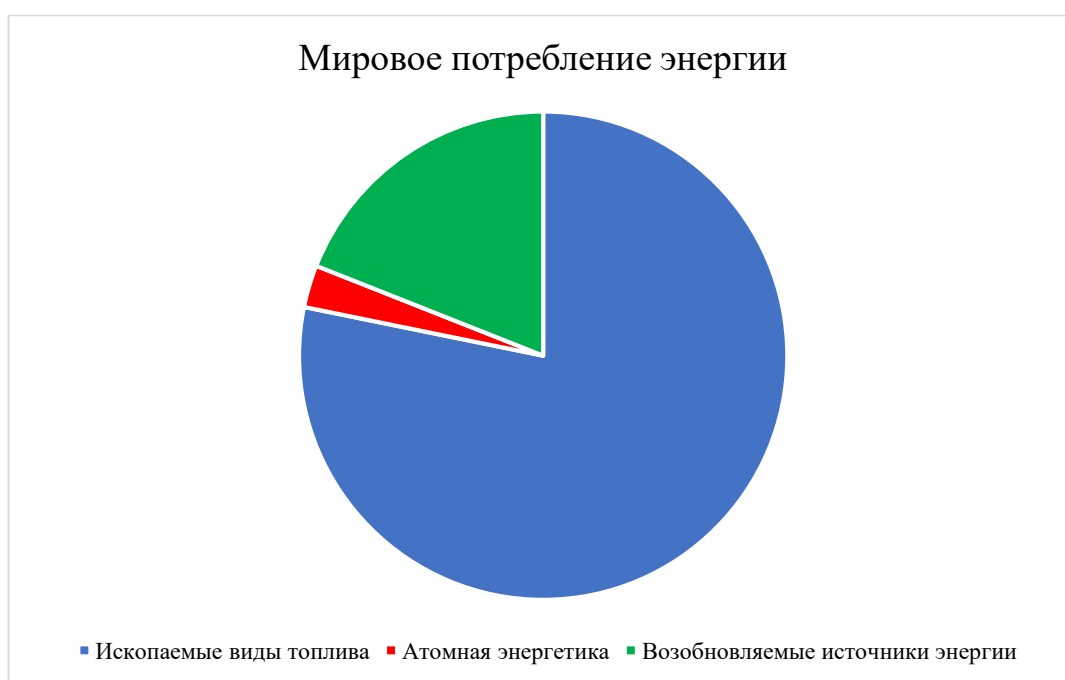


Рисунок 1. Мировое потребление энергии

Биотопливо — топливо из растительного или животного сырья, из продуктов жизнедеятельности организмов или органических промышленных отходов. 54—60 % биотоплива составляют его традиционные формы: дрова, растительные остатки и сушёный навоз для отопления домов и приготовления пищи. Их используют 38 % населения Земли. Первое поколение топлива производится из растений с высоким содержанием сахаров, жиров, крахмала. Например, соя, рапс, кукуруза, а также сахарная свекла. Выращивание этих культур наносит вред

## Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

климату. Второе поколение биотопливного сырья: трава, древесина, отходы сельского хозяйства. Подобная биомасса требует более технологичных методов обработки, но решает также проблему утилизации промышленных отходов.

Сырьевой базой третьего поколения служат водоросли. Их специально выращивают, но для этого не требуется ни пресной воды, ни земельных площадей. Неприхотливые водоросли позволяют получать топливо без расхода ценных ресурсов. Разные поколения биотоплива отличаются своими экологическими характеристиками. Наиболее предпочтительным вариантом для топливного производства является биомасса второго-третьего поколений.

Биотопливо разделяют на твёрдое, жидкое и газообразное. Твёрдое — это традиционные дрова и топливные гранулы. Жидкое топливо — это спирты, эфиры, биодизель и биомазут.

Газообразное топливо — различные газовые смеси с угарным газом, метаном, водородом получаемые при термическом разложении сырья в присутствии кислорода, без кислорода или при сбраживании под воздействием бактерий. Более широкое распространение в жизни человека получило твердое биотопливо. Этот вид топлива известен людям с древних времен – это обыкновенные дрова. В связи с развитием технологий и совершенствованием процессов обработки древесины, в данном сегменте твердого биотоплива появились новые участники, это топливные брикеты и топливные гранулы (паллеты), которые, по сути своей, похожи, отличаются лишь в технологии производства и способам использования.

Дизельное биотопливо — жидкое моторное топливо для дизельных двигателей, состоит из смеси эфиров жирных кислот. Данный вид биотоплива менее распространен, из-за малого производимого количества и необходимости конструктивных изменений в агрегатах, привычно работающих на бензине и

## Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

дизельном топливе. Газообразное биотопливо также пока не получило широкого распространения, к данному виду относятся:

### *Преимущества биотоплива*

#### *Мобильность*

По сравнению с другими источниками этот очень мобильный. Существуют и другие альтернативные технологии, к примеру, использование солнечного света или ветра. Они очень экологичные, но маломобильные, и в этом их проблема. Их нельзя использовать на постоянной основе, так как ветер и солнце не имеют постоянного характера, их продуктивность нельзя с точностью предсказывать. Есть и другие проблемы, как необходимость применения больших аккумуляторных батарей. Со временем они станут меньше, но другие минусы останутся. Биотопливо легко транспортировать, оно стабильное, его энергоплотность высокая и постоянная. Для применения можно не создавать новые объекты инфраструктуры и технологии, есть возможность модифицировать имеющиеся.

#### *Выгодная стоимость*

Если судить по ценам рынка, то многие виды биотоплива сейчас стоят как бензин. При этом они выигрывают по экологическим характеристикам, так как при сгорании образуется меньше вредных выхлопов. Биологическое топливо можно видоизменить, чтобы на нем смогли работать существующие двигатели, тогда оно станет применимым в любых условиях.

Экономические преимущества еще и в том, что такое горючее лучше влияет на двигатели. Соответственно, обслуживание двигателей будет требоваться реже, затраты сократятся. Если спрос на такой альтернативный источник энергии возрастет, то оно станет еще дешевле. Вполне возможно, что колонки с ним появятся на обычных заправках.

# Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

## *Универсальность*

Биогорючее обладает хорошими смазочными характеристиками, температура его возгорания достаточно высокая, это хорошо влияет на срок эксплуатации двигателя. Согласно подсчетам экспертов, ресурс двигателя может быть увеличен на целых 60%. К тому же для применения не нужно менять двигатели. Можно использовать проверенные временем надежные системы, от чего повышается безопасность.

## *Возобновляемость ресурса*

На производство бензина идет сырая нефть, это невозобновляемый источник энергии. В недрах земли еще много нефти, этих запасов хватит на долгое время, но все равно в определенный момент они иссякнут. Биотопливо делается из отходов сельскохозяйственного производства, которые всегда возобновляемые. Чем меньше на планете остается нефти, тем актуальнее мысли об альтернативе. Она станет не только перспективным источником дохода, но и рычагом влияния одних обществ на другие.

## *Снижение парникового эффекта*

Это одна из самых актуальных экологических проблем. Если не уделять ей достаточного внимания, то все обернется настоящим бедствием. Когда сжигается ископаемое топливо, побочным продуктом становится огромное количество углекислого газа. Это парниковый газ, который становится причиной парникового эффекта. Из-за него солнечное тепло не может покинуть планету. В совокупности с повышением температуры от сжигания нефти и угля формируется парниковый эффект. Биологические виды горючего не обладают таким действием, это более экологичная альтернатива парниковым газам. Внедрение новых источников могло бы снизить количество выброшенных парниковых газов на 65%. К тому же при выращивании сельскохозяйственных культур для производства биотоплива

## Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

поглощается оксид углерода. Это делает систему еще более устойчивой и экологичной. В биодизеле практически не содержится серы относительно обычного дизеля. Попадая в почву или воду, он практически полностью разлагается уже через три недели.

### *Недостатки биотоплива*

#### *Ограничения по территориальному признаку*

Региональная пригодность ограничена, это связано в первую очередь с климатическими особенностями. Растительное сырье можно выращивать только при определенных условиях, то есть лишь в некоторых регионах. Урожайность одной и той же культуры в разных местностях будет отличаться.

Выбирая регион для выращивания, стоит учесть целый ряд факторов:

*Водопользование.* Вода — это тоже ограниченный ресурс, который необходимо беречь. Чем меньше воды расходуется на выращивание — тем лучше. Соответственно, засушливые местности будут менее предпочтительными, так как их использование связано с большими расходами воды;

*Инвазивность.* Одни растения выживают и уничтожают другие растения, этот процесс сложно прогнозировать и контролировать. Ввиду этого обширное выращивание нового биоресурса может поставить под угрозу экосистему региона и стать причиной множества проблем;

*Удобряемость.* Каждому растению необходимы питательные вещества, в почве их может быть достаточно или недостаточно. Использование удобрений — это статья расходов и воздействие на экологическую обстановку;

*Климатические условия.* В некоторых регионах климат категорически не подходит для выращивания биотопливных культур. Он может быть слишком холодным и засушливым, и это невозможно изменить. Очевидно, что такие условия могут быть созданы не в каждом регионе. При несоблюдении одного из

## Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

них выращивание становится невыгодным или вовсе невозможным, что ставит под угрозу саму концепцию биотоплива.

### *Безопасность для продовольственной сферы*

Очередная проблема, связанная с масштабным выращиванием сельскохозяйственных культур, которые будут переработаны в топливо. Посевы занимают площади, которые могли бы быть использованы для производства продуктов питания. Мировое население постоянно становится больше по численности, для пропитания людей требуется больше еды. В связи с этим сельскохозяйственные земли становятся очень важным ресурсом. С каждым поколением людей данная проблема будет обретать все более острый характер.

### *Вид землепользования*

Существуют ограничения, касающиеся разрешенного способа использования определенных земель. В данном случае это касается тех земель, которые сейчас не используются под земледелие. Растительность, которые покрыты многие зоны, не может быть уничтожена просто так. Удалить имеющуюся растительность, чтобы освободить место для выращивания новой, нельзя по трем причинам:

- она является средой для обитания животных и микроорганизмов. При разрушении подходящей среды, они вымрут, и это скажется на фауне в целом;

- это негативное воздействие на экологию. Чтобы очистить территории, на них нужно загнать много техники, работы будут очень энергоемкими. В атмосферу неизбежно будет выброшено большое количество загрязняющих веществ, от этого экологическая составляющая будет утрачена. А она в концепции биотоплива играет самую важную роль;

- увеличится потребление удобрений. Это приведет к более сильному загрязнению почвы и водоемов, влияние отразится на всех сферах окружающей среды.



## Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

Как мы видим, для выращивания сырья на производство органического возобновляемого топлива необходимы сильные изменения в землепользовании. И каждое из этих изменений — это ощутимый недостаток. Выходит, что безопаснее использовать уже возделываемые земли, не распахивая новых. Но тогда мы возвращаемся к предыдущему минусу и подвергаем риску продовольственную безопасность. В Якутии распространено использование: дров, топливных гранул (из прессованных опилок), природного газа, каменного угля в качестве продуктов горения для отопления.

### *Сравнение характеристики биотоплива:*

Теплотворная способность (теплота сгорания) - основной показатель топлива, характеризует количество теплоты, выделяемое при полном сгорании топлива массой 1 кг или м<sup>3</sup>.

Чем выше удельная теплота сгорания топлива, тем меньше его расход. Поэтому теплотворная способность является одной из наиболее значимых характеристик топлива. При нагревании твердого топлива без доступа воздуха под воздействием высокой температуры сначала выделяются водяные пары, а затем происходит термическое разложение молекул с выделением газообразных веществ, получивших название летучих веществ. Летучие вещества обеспечивают более раннее воспламенение твердой частицы и оказывают значительное влияние на горение топлива. Молодые по возрасту топлива легко загораются, сгорают быстро и практически полностью. Наоборот, топливо с низким выходом летучих загораются труднее, горят намного медленнее и сгорают не полностью. Характеристики биотоплива представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики биотоплива

Биотопливо	Теплотворная способность, кДж/кг	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Выход летучих веществ, %
------------	----------------------------------	------------------------------	--------------------------

## Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

Сосновые дрова	15,5	400	85
Лиственничные дрова	15,5	520	85
Горючие сланцы	8,7	805	80–90
Торф	14,2	190	70
Бурый уголь	12,5	700	40–60
Каменный уголь	29,3	850	9–50
Щепа, опилки	8–10	150	85-90
Биогаз(60% CH <sub>4</sub> +40% CO <sub>2</sub> )	25	1,2	–
Природный газ	33	0,68	–

Исходя из таблицы следует что самым большим теплотворной способностью обладает природный газ, каменный уголь, биогаз, но следует учитывать, что у каменного угля большие выбросы парниковых газов и после сгорания оставляет большое количество золы и кокса (нелетучего остатка). И так следует понять, что лучшим сырьём для отопления будет природный газ, но у природного газа тоже есть свои минусы: невозобновляемость, дорогостоящая и опасная транспортировка, опасная добыча, опасность отравления и взрывоопасность. Самым большим преимуществом биогаза является возобновляемость, не загрязняет атмосферу (выделяемая двуокись углерода легко поглощается растениями), выделение окислов серы меньше, чем у природного топлива (угля, газа, нефти), дешевизна топлива, вторичное сырье. Из минусов затраты на транспортировку, неприятные запахи при производстве, полностью не исключает парниковый эффект. При получении биогаза на сельскохозяйственных биогазовых установках практическое применение находит не только сам газ, но и навоз,

## Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

используемый в качестве исходного сырья. После метанового сбраживания он улучшает свои свойства и применяется как удобрение.

### *Требования к системам удаления навоза*

По НТП АПК 1.10.01.001-00.

1) На фермах крупного рогатого скота удаление и транспортирование навоза за пределы животноводческих помещений следует осуществлять, как правило, механическими способами с помощью скреперных установок, скребковых транспортеров, бульдозеров. В обоснованных случаях при откорме поголовья на жоме или барде допускается гидравлическое удаление навоза с вентиляцией каналов.

Возможно также накопление навоза под решетчатым полом помещения для содержания скота с последующим его вывозом на поля мобильным транспортом.

При содержании скота на откормочных площадках навоз из-под навесов и с выгульно-кормовых площадок удаляют мобильными средствами.

2) Система уборки навоза и транспортировка его за пределы помещения должна обеспечивать чистоту помещений для содержания животных, проходов и ограждений, быть удобной в эксплуатации и не требовать больших затрат труда на управление, ремонт и санитарно-профилактическую обработку.

Проектирование систем удаления, обработки и подготовки к использованию навоза осуществляют с учетом требований НТП 17-99.

3) Суточное выделение экскрементов от одной головы крупного рогатого скота приведено в таблице 2.

Таблица 2 – суточное выделение экскрементов

Группа животных	Выход в сутки от одного животного, кг		
	моча	калл	всего
Быки производители	10	30	40

## Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

Коровы	20	35	55
Телята до 3 мес.	3,5	1	4,5
Телята то 3 до 6 мес.	2,5	5	3,5
Молодняк от 6 до 12 мес.	4	10	14
Молодняк от 12 до 18 мес.	12	15	27
Нетели	12	23	35

4) Для хранения навоза применяют прифермские и полевые навозохранилища. Объем прифермских навозохранилищ принимается, исходя из накопления и хранения навоза в течение шести месяцев. По заданию заказчика может быть запроектировано на ферме навозохранилище на ограниченный срок (до месяца) накопления навоза с периодическим вывозом и компостирование его в полевых хранилищах.

Емкость навозохранилищ следует принимать с учетом используемой подстилки.

5) Для отвода хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод (стоков от мойки оборудования, корне-клубнеплодов и др.) ферма должна быть оборудована канализацией. Производственные сточные воды, требующие предварительную очистку перед сбросом в сеть канализации, должны очищаться на локальных сооружениях.

6) Ливневые стоки с выгульных и кормовых площадок, загрязненные навозом, должны собираться системой открытых лотков в водонепроницаемые емкости для последующей утилизации на сельскохозяйственных угодьях.

7) Условия спуска сточных вод должны быть согласованы с территориальными органами Госсанэпиднадзора и удовлетворять требованиям

## Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

СанПиН 4630-88. В целях предотвращения загрязнения подземных вод следует предусматривать мероприятия в соответствии с «Положением о порядке использования и охраны подземных вод».

### *Требования к отоплению*

Согласно с НТП АПК 1.10.01.001-00.

1) При проектировании систем отопления и вентиляции расчетные параметры наружного воздуха следует принимать по данным СНиП 2.01.01-82 с учетом указаний СНиП 2.10.03-84.

2) Нормы выделения от одного животного теплоты, углекислоты и водяных паров приведены в таблице 3.

3) Изменение норм выделения теплоты, водяных паров и углекислоты в зависимости от температуры воздуха в помещении определяют путем умножения данных таблицы 3 на коэффициенты, приведенные в таблице 4.

Таблица 3 – Нормы выделения

Группа животных	Масса животных, кг	Теплота, Вт(ккал/ч)		Водяные пары, г/ч
		общая	сводная	
Коровы стельные (сухостойные) и нетели за 2 мес. до отела	400	607(522)	437(376)	250
	500	700(602)	504(433)	288
	600	784(674)	565(486)	323
Коровы лактирующие, при уровне лактации в сутки:				
	400	614(528)	442(380)	253

## Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

–5л	500	709(611)	511(439)	292
	600	797(685)	574(494)	328
–10л	400	643(553)	463(398)	265
	500	736(633)	530(456)	303
	600	822(707)	592(509)	338
–15л	400	716(616)	515(443)	295
	500	816(702)	587(505)	336
	600	905(778)	651(560)	373
–20л	400	779(670)	561(482)	321
	500	882(758)	635(546)	363
	600	971(835)	699(601)	400
–25л	400	847(728)	610(525)	349
	500	953(819)	686(590)	392
	600	1042(896)	750(645)	429
Быки- производители	600	1038(893)	747(642)	427
	800	1227(1055)	883(759)	505
	1000	1388(1193)	1000(860)	572
Телята в возрасте до 6 мес.	40	82,1(70,6)	59,1(50,8)	33,8
	50	112(96,3)	80,7(69,4)	46,2
	60	139(120)	120(86)	57,3
	70	169(145)	122(105)	69,7
	80	196(169)	141(121)	80,9
	90	216(186)	155(133)	88,8
	100	230(198)	166(143)	94,7
	120	255(219)	183(157)	105
	140	276(237)	199(171)	114
	160	299(257)	215(185)	123
	180	322(277)	232(199)	132
	200	343(295)	247(213)	141
Ремонтный молодняк в	140	311(268)	224(193)	128
	160	338(290)	243(209)	139
	180	364(313)	262(225)	150
	200	388(334)	279(240)	160

## Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

возрасте 6 мес. и старше	250	447(384)	322(277)	184
	300	503(432)	362(311)	207
	350	556(478)	400(344)	229
	400	607(522)	437(376)	250
Молодняк на откорме в возрасте 6 мес. и старше	160	454(390)	327(231)	187
	180	499(421)	352(303)	201
	200	523(449)	376(324)	215
	250	602(518)	433(373)	248
	300	747(643)	538(463)	279
	350	747(643)	538(463)	308
	400	811(697)	584(502)	334
	450	870(748)	626(539)	358
	500	927(796)	667(573)	381

1. В графе 3 приведены нормы выделения общей теплоты, т.е. общей теплопродукции животных, включая скрытую теплоту испарения.

2. Нормы тепло-, влаго- и газовыделений приведены для взрослых животных и молодняка старше 6 мес. при температуре окружающего воздуха 10 °С, для телят - при температуре 15 °С. При указанных температурных условиях количество выделяемой животными свободной теплоты составляет 72 % от выделяемой общей теплоты.

Таблица 4 – Изменение норм выделения теплоты

Температура воздуха в помещении, °С	Коэффициенты для расчета выделений животными			
	общей теплоты	свободной теплоты	водяных паров	углекислоты
Взрослый скот и молодняк				
-10	1,00	2,23	0,41	0,60
-5	1,00	1,19	0,51	0,67
0	1,00	1,14	0,65	0,77

5	1,00	1,08	0,80	0,88
10	1,00	1,00	1,00	1,00
15	1,00	0,90	1,26	1,10
20	1,00	0,78	1,56	1,22
25	1,04	0,67	1,99	1,38
30	1,15	0,62	2,51	1,65
Телята				
10	1,00	1,13	0,67	0,77
15	1,00	1,00	1,00	1,00
20	1,00	0,81	1,49	1,28
25	1,02	0,63	2,02	1,65

### *Технология брожения*

Процесс образования биогаза происходит за счет жизнедеятельности разного рода анаэробных бактерий, которые содержатся в самих фекалиях. Но для того, чтобы они активно «работали» необходимо им создать определенные условия: влажность и температуру. Для их создания строятся биогазовые установки рис.8. Это комплекс устройств, основа которого — биореактор, в котором и происходит разложение отходов, который сопровождается газообразованием.

### *Организация цикла переработки навоза и растительных отходов в биогаз*

*Различают три режима переработки навоза в биогаз:*

#### *Психрофильный режим*

Температура в биогазовой установке от +5°C до +20°C. При таких условиях процесс разложения идет медленно, газа образуется немного, его качество низкое.

#### *Мезофильный режим.*

На этот режим установка выходит при температуре от +30°C до +40°C. В этом случае активно размножаются мезофильные бактерии. Газа при этом образуется больше, процесс переработки занимает меньше времени — от 10 до 20 дней.

#### *Термофильный режим.*



## Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

Эти бактерии размножаются при температуре от +50°C. Процесс идет быстрее всего (3-5 дней), выход газа — самый большой (при идеальных условиях с 1 кг завоза можно получить до 4,5 литров газа). Большинство справочных таблиц по выходу газа от переработки даны именно для этого режима, так что при использовании других режимов стоит делать корректировку в меньшую сторону. Сложнее всего в биогазовых установках реализуется термофильный режим. Тут требуется качественная теплоизоляция биогазовой установки, подогрев и система контроля за температурой. Зато на выходе получаем максимальное количество биогаза. Еще одна особенность термофильной переработки — невозможность дозагрузки. Остальные два режима — психофильный и мезофильный — позволяют ежедневно добавлять свежую порцию подготовленного сырья. Но, при термофильном режиме, малый срок переработки позволяет разделить биореактор на зоны, в которых будет перерабатываться своя доля сырья с разными сроками загрузки. Для нас лучшим режимом для брожения будет термофильный режим и для этого нам придется корректировать систему отопления коровника. Таким образом чтобы из котла первым делом пошла в биогазовые установки чтобы там была температура +50°C.

### **Основная часть**

Намский улус – один из наименьших по площади муниципальных районов Якутии. В то же время – один из наиболее плотно населённых. В состав улуса входит 24 поселения. Крупнейшим из них является село Намцы, что лежит в 84 километрах к северу от Якутска. Намский улус раскинулся на просторах Центрально-Якутской равнины. На востоке с юга на север протекает река Лена. В Лену впадает много рек, в том числе крупный приток Алдан на севере улуса. Природа улуса однообразна. За пределами населённых пунктов расстилается тайга, на просторах которой встречаются озёра и болота. Потребительский

## Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

кооператив СХПК «ЭРЭЛ» зарегистрирован 30 марта 2001 года. Создан на основе коллективной собственности. СХПК «ЭРЭЛ» и действует на основе устава, имеет собственное имущество, самостоятельный баланс и расчетный счет. Основной целью деятельности СХПК «ЭРЭЛ», также как и целью любого коммерческого предприятия является получение прибыли. В связи с этим предприятие занимается следующим видом финансово-хозяйственной деятельности: заготовка, переработка, производство и реализация молочной продукции.

Основным видом деятельности предприятия является промышленная переработка молока. Сегодня предприятие выпускает более 20 наименований молочной продукции, в том числе масло сливочное. Производственную базу СХПК «ЭРЭЛ» составляют объекты по производству масла и цельномолочной продукции. В настоящее время на территории Намского улуса действует 21 объектов заготовки молока. Структура и состав подразделений предприятия обеспечивает обслуживание полного производственного процесса. Коровник расположен в Республике Саха (Якутия) в с. Крест-Кытыл Намского улуса. Село находится в 78 км от г. Якутска и 7 км от улусного центра, что обеспечивает доступность необходимых ресурсов. Село Крест-Кытыл расположена вдоль трассы Якутск-Намцы, на первой и второй надпойменных террасах, на левом берегу притоков р. Лены.

Основная деятельность - разведение крупного рогатого скота, производство молока и мяса крупного рогатого скота; производство кормовых культур для внутреннего потребления. Хозяйства располагает 188 га земельным участком для ведения крестьянско-фермерского хозяйства в собственности:

- Из них 36,8 производственная база;
- Пашни 110,2 га;
- Сенокосных угодий 41 га;

## Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

Коровник на 100 голов КРС представлен в рис.1 площадью 1264.1м<sup>2</sup> высотой 4,375м, из которых, 81.5м<sup>2</sup> – кормоцех, 912.5м<sup>2</sup> – стойло для коров, 82.12м<sup>2</sup> – тамбур, 86.8м<sup>2</sup> – гараж, 12.3м<sup>2</sup> – молочный цех, 11.7м<sup>2</sup> – комната отдыха персонала, 4.2м<sup>2</sup> – электрощитовая, 18.4м<sup>2</sup> – коридор, 4.73м<sup>2</sup> – склад, 9.16м<sup>2</sup> – раздевалка, 4.3м<sup>2</sup> – душевая, 2.22м<sup>2</sup> – с/у, 8.46м<sup>2</sup> – ветеринарная, 8.16м<sup>2</sup> – изолятор род. отделение, 9.12м<sup>2</sup> – 1-я котельная, 8.42м<sup>2</sup> – 2-я котельная. Само здание коровника 1-этажное, крестообразное в плане. Стены коровника сделаны из трехслойных стеновых навесных панелей заводского изготовления. Стыки облицованы уголками. Вокруг коровника предусмотрено озеленение посев многолетних трав. Антикоррозионная защита профилей из ЛСТК выполнено окрашиванием двухкомпонентной эмалью НП-1999. Конструктивная схема коровника – каркасная, из легких стальных тонкостенных конструкций по ГОСТ 14918 – 80\*. Основание – армированный железобетонный ленточный фундамент. Предусмотрены охлаждающие трубы под основанием коровника.

Коровник выполнен с учетом требований СНиП 21-01-97 “Пожарная безопасность зданий и сооружений”. Пути эвакуации имеют естественное освещение и обеспечивают безопасную эвакуацию людей.

Коровник рассчитан на природно-климатические условия:

- Наиболее холодная температура: -54 С°;
- Нормативный скоростной напор ветра: 30 кгс/м<sup>2</sup>;
- Нормативный вес снегового покрова: 70 кг/м<sup>2</sup>;



Рисунок 1. Вид коровника

#### *Система навозоудаления*

Регулярное удаление навоза из коровников – это залог здоровья животных. Удаление навоза в больших коровниках с использованием человеческого труда практически невозможно из-за того, что наносит вред людскому здоровью. На нашем коровнике есть цепной скребковый транспортер марки ТСН-160А рисунке 2 и рисунке 3 широко распространены в отечественных хозяйствах для уборки отходов жизнедеятельности животных. С их помощью навоз вместе с подстилкой не только удаляется из коровника, но и сразу грузится в тракторный прицеп. Нынешняя схема навозоудаления установленная в коровнике представлена в рисунке 4. Цепь со скребками горизонтального транспортера, уложенная в специальный канал, совершает кольцевое движение. Скребки транспортируют навоз по желобу до тех пор, пока он не упадет в приемник. Там он подхватывается скребками наклонного транспортера, выводится, с подъемом, за пределы

помещения и грузится в трактор. В таблице 5 приведены характеристики ТСН-160А

Таблица 5 – Характеристики транспортера ТСН-160А

Показатели	Значения
Подача, т/ч	4,5
Установленная мощность, кВт	5,5
Скорость движения цепи, м/с	0,18
Длина цепи горизонтального транспортера, м	160
Масса транспортера, кг	1890



Рисунок 2.Транспортер ТСН-160А



Рисунок 3. Наклонный транспортер

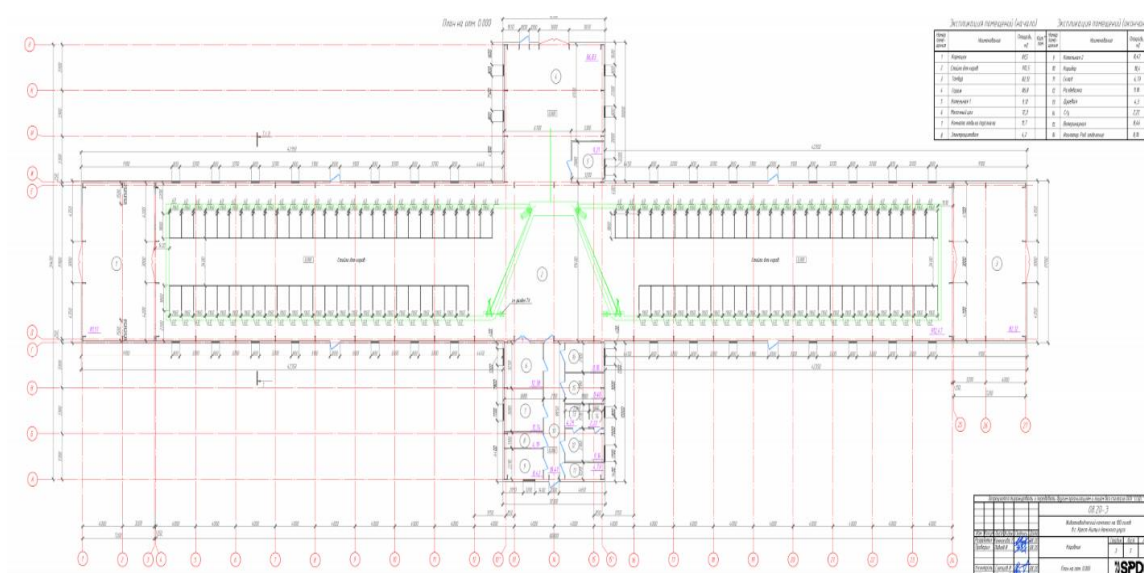


Рисунок 4. Схема навозоудаления

### Система отопления

Система отопления коровника, замкнутая с принудительной циркуляцией, водяное (двухтрубная) и местное воздушное отопление (с помощью тепловентиляторов с водяными теплообменниками марки "VOKCANO" представленный в рис.5 и в таб.7 представлены характеристики данного тепловентилятора), система выполнена из стекловолоконных труб, тройников и угольников. Для отопления коровника используются напольные стальные газовые котлы марки "ЛЕМАКС" в таб.6 представлены характеристики данного котла,

## Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

настенные секционные алюминиевые радиаторы марки "ROMMER" в таб.9 представлены характеристики радиатора (данные характеристики одной секции радиатора), два расширительных бака марки "STOUT", два циркуляционных насоса марки "WILO Star" в таб.8 представлены характеристики данного насоса. Расположение котла, насоса и расширительного бака представлена на рисунке 6. Схема отопления коровника представлена в рисунке 7

Таблица 6 – Характеристики котлов

Показатели	Значения
Максимальная тепловая мощность, кВт	16
Отапливаемая площадь, м <sup>2</sup>	160
КПД	90
Расход, м <sup>3</sup> /час	1,9
Максимальная температура теплоносителя, °С	90
Производительность при 30°С, л/мин.	5

Таблица 7 – Характеристики тепловентиляторов

Показатели	Значения
Максимальная тепловая мощность, кВт	29,9
Длина струи, м	23
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч	5300
Расход воды, м <sup>3</sup> /ч	0,58-1,33

Таблица 8 – Характеристики насосов

Показатели	Значения
Мощность, Вт	38
Максимальная давление воды, бар	10
Допустимая температура, °С	-10 – 110

Высота водяного столба, м	4
Вес, кг	3

Таблица 9 – Характеристики радиаторов

Показатели	Значения
Рабочее давление, МПа	1,2
Максимальное давление, МПа	2,4
Теплоотдача при 70 <sup>0</sup> С, Вт	130
Температура теплоносителя, <sup>0</sup> С	110



Рисунок 5. Тепловентилятор





Рисунок 6. Газовый котел, насос, расширительный бак

- ☐ - котел
- - теплоventильатор
- ▭ - радиатор

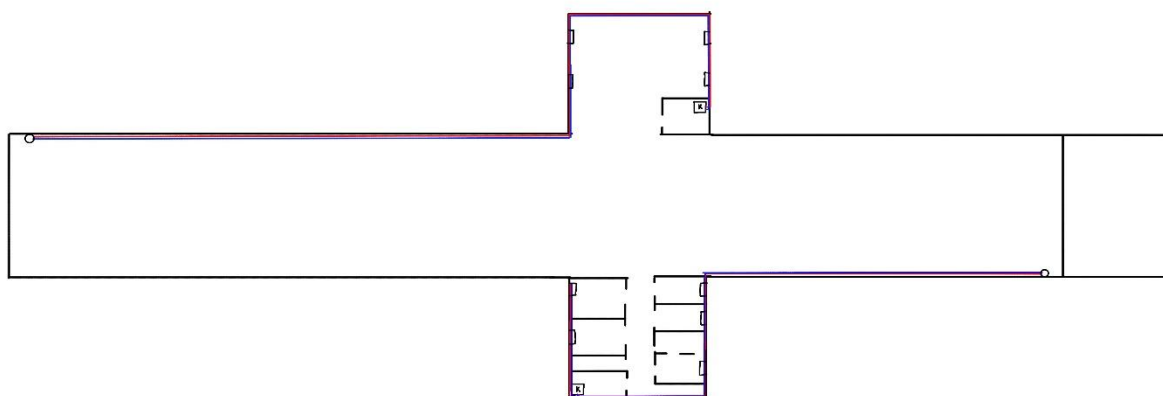


Рисунок 7. Схема отопления коровника

### *Расчеты количества биогаза*

1) Расчет количества вырабатываемого биогаза. Выработка биогаза идет неравномерно и зависит от многих факторов, в особенности от температуры

биомассы. Это осложняет расчеты. Поэтому плотность навоза в расчетах возьмем как  $710\text{кг}/\text{м}^3$ . В среднем из  $1\text{ м}^3$  субстрата можно получить  $70\text{-}80\text{ м}^3$  биогаза. В одном кубе навоза в среднем  $710\text{кг}$  из таб.2 на 100 голов скота за сутки мы получаем  $55*100 = 5500\text{кг}$  экскрементов это  $7,74\text{м}^3$  отсюда получаем  $7,74*70 = 541,8\text{м}^3$  или  $650,16\text{кг}$  биогаза за суточное добавление навоза.

2) Расчет мощности приборов с помощи метода объема помещения. Первым делом определяем объем коровника, для этого коровник площадью  $1264,1\text{м}^2$  и высотой  $4,375\text{м}$  он будет равен  $5530,43\text{м}^3$ .

#### *Разработка схемы отопления за счет биотоплива*

Для разработки схемы отопления биотопливом используется: котлы, насосы, расширительные баки, тепловентиляторы, радиаторы, трубы и биогазовые установки показанный в рис.8 куда входят: перемешивающее устройство, реактор, загрузчик, отвод и водяной затвор. На рис.9 представлена схема газоснабжения котла с помощи биотоплива, состоящий из: котла, две биогазовые установки, водяной затвор, газовые трубопроводы. Из биогазовых установок газовые трубы соединяются, затем труба входит в водяной затвор, после из водяного затвора биогаз направляется в котел. Схема отопления коровника с помощи биотоплива представлена на рисунке 10.

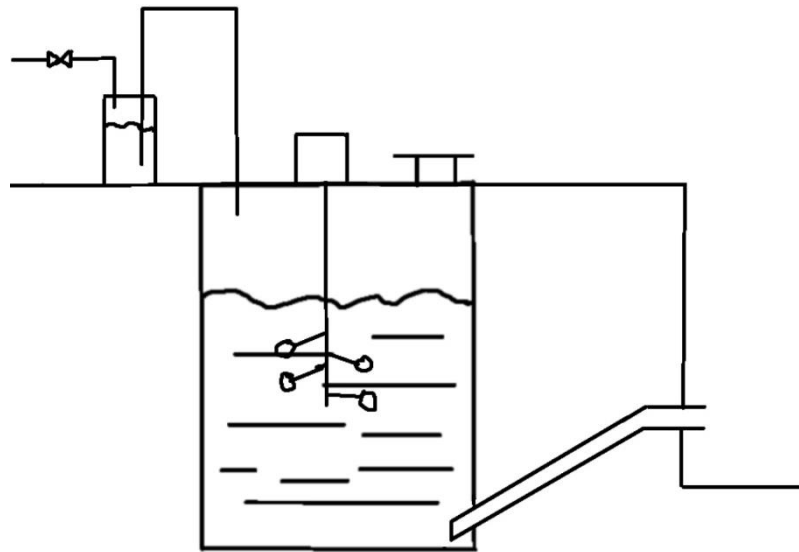


Рисунок 8. Схема биогазовой установки

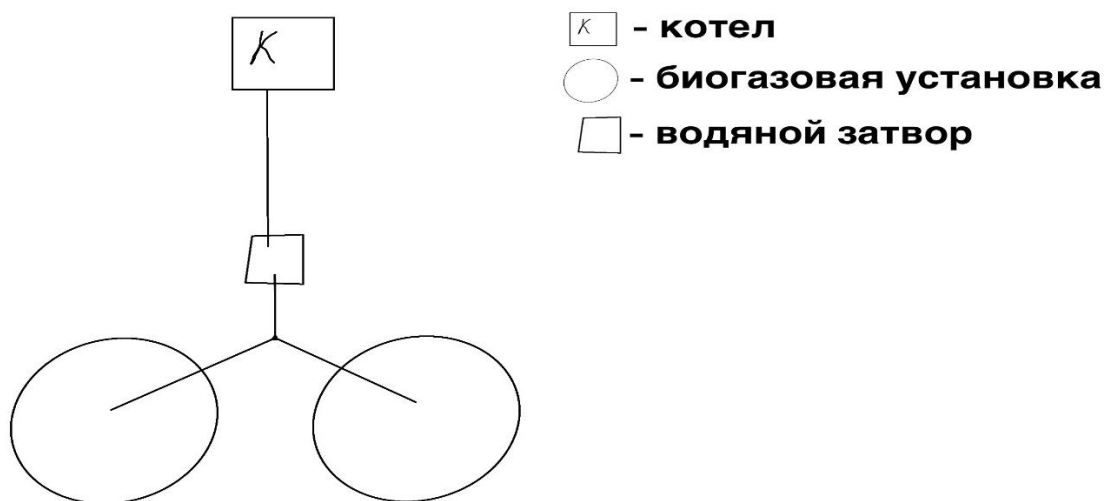


Рисунок 9. Схема газоснабжения

- ☐ - котел
- - тепловентилятор
- ▭ - радиатор
- - биотопливные установки

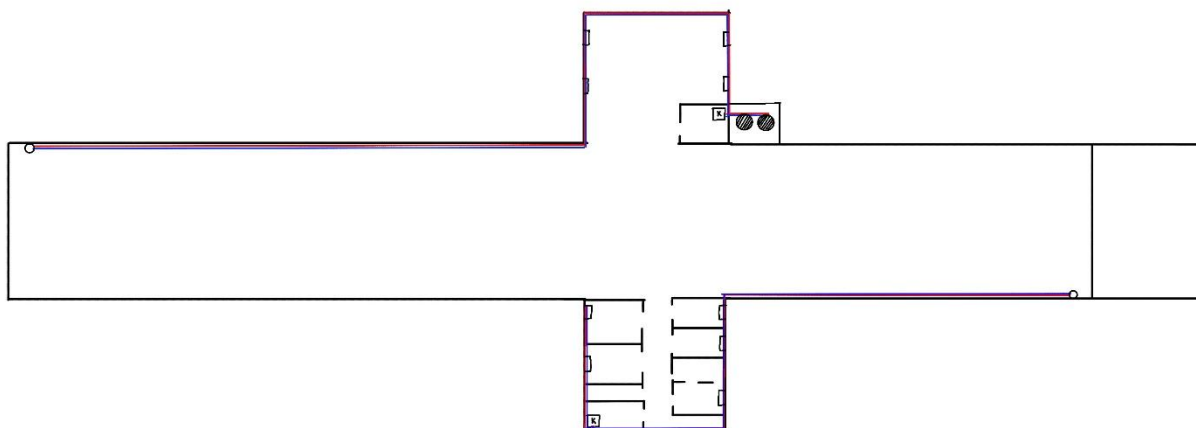


Рисунок 10. Схема отопления с помощью биогаза

В схеме рисунка 10 добавлен дополнительный нагрев реактора биогазовой установки для разогрева смеси для брожения.

#### *Экономическая часть*

В связи с тем, что современному человеку достаточно трудно обходиться без тепла и электричества, то биогазовые установки, которые являются агрегатами, производящими эти виды энергии, нужны всем и везде. Единственный фактор, который влияет на необходимость и возможность установки подобного агрегата в том или ином месте, это наличие достаточного количества органического сырья, необходимого для работы устройства. Принцип работы подобных устройств основан на брожении и разложении органических отходов сельскохозяйственных и иных производств, осуществляемом в реакторе биогазовой установки, под воздействием особых гидролизных, кислотообразующих и метанобразующих бактерий. В результате разложения сырья получается биогаз, состоящий из смеси

## Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

метана, углекислого газа и примесей прочих газов (аммиак, сероводород, азот и т.д.). При сравнении производства биогаза, служащего топливом для получения различных видов энергии, с другими видами получения альтернативной энергии, как то, солнечные электростанции и ветровые генераторы, то видно, что данные установки, обладают одним преимуществом, это способность работать, вне зависимости от внешних факторов (погода, сезонность и т.д.) в круглосуточном и круглогодичном циклах. Еще один аспект использования биогазовых установок, как то, возможность использовать в полном объеме установленную мощность агрегатов, сопоставляет их с традиционными устройствами получения энергии (нефть, газ и т.д.) и гарантирует их использование в ближайшей и долгосрочной перспективах.

Внутренняя энергия 1,0 м<sup>3</sup> биогаза, сопоставима с:\

1. 0,6 м<sup>3</sup> природного газа;
2. 0,74 л нефти;
3. 0,65 л дизельного топлива;
4. 0,48 л бензина.

При сжигании 1,0 м<sup>3</sup> биогаза выделяется 9,0 кВт тепловой энергии, что позволяет произвести до 1,5 кВт электрической энергии или обогреть помещение площадью до 80,0 м<sup>2</sup> в течение 2 часов. Для отопления коровника площадью 1264,1 м<sup>2</sup> рассчитываем количество сжигаемого биогаза: находим сколько тепловой энергии нужно для обогрева 1 м<sup>2</sup> методом от обратного  $1500\text{Вт}/80\text{м}^2 = 18,75\text{Вт}$ . Далее сколько тепловой энергии потребуется для коровника:  $1264,1\text{м}^2 * 18,75\text{Вт} = 23,7\text{кВт}$ . В итоге получаем 2,6 м<sup>3</sup> биогаза.

$$23,7\text{кВт} * 12 = 284,4 \text{ кВт/сутки}$$

$$284,4 * 31 = 8,8 \text{ МВт/месяц}$$

Если вывести из количества биогаза в природный газ, то получаем:

## Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

$0,6 \text{ м}^3 \text{ природного газа} = 1,0 \text{ м}^3 \text{ биогаза.}$

$2,6 \text{ м}^3 * 0,6 = 1,56 \text{ м}^3$  природного газа для обогрева коровника в течении 2х часов.

Тариф на природный газ в Намцах за  $1000 \text{ м}^3$  составит 7163 руб. отсюда выходит, что  $1,0 \text{ м}^3$  природного газа стоит:  $7163/1000=7,16$  руб., значит для отопления коровник в течении 2 часов стоимость природного газа составит:  $7,16 * 1,56 = 11,16$  руб. Получается за сутки выходит:  $11,16 * 12 = 133,92$  руб. В месяц выйдет  $133,92 * 31 = 4151,52$  руб. В результате проведенного экономического расчета в сравнении цен биогаза и природного газа мы в месяц экономим 4151,52 руб.

### **Вывод**

В работе были изучены технологии брожения, требования к отоплению и к навозоудалению. Изучена система навозоудаления которая сейчас установлена на коровнике состоящая из транспортеров марки ТСН-160А и цепных скребков.

Изучена нынешняя система отопления коровника, состоящая из: двух котлов, двух тепловентиляторов, двух насосов, расширительных баков, стекловолоконных труб, угольников, тройников. Помимо этого, рассмотрены характеристики котлов, насосов, расширительных баков. Проведен расчет количества биогаза, получаемый за суточное добавление навоза. Благодаря изучению технологии брожения навоза разработана схема биогазовой установки рис.8 с учетом всех необходимых устройств таких как: реактор – где происходит брожение экскрементов КРС, перемешивающего устройства – чтобы бактерии распространялись по всей массе навоза, загрузчик – где происходит загрузка навоза в реактор, отвод – где выводится результат брожения навоза (гнилой ил), отвод биогаза к водяному затвору – где происходит фильтрация биогаза от сероводорода.

### **Литература**

1. Агропромышленный комплекс России в 2010 году. - М.: ФГНУ "Росинформагротех", 2010.

2. Биоэнергетика: мировой опыт и прогноз развития / С. Г. Митин и др. - М.: ФГНУ "Росинформагротех", 2007. - 202 с.
3. Бельшев, А.С. Утонет ли Россия в навозе? / А.С.Бельшев // [www.wiborwto.ru](http://www.wiborwto.ru)
4. Бондаренко, А. М. Механизация процессов переработки навоза животноводческих предприятий в высококачественные органические удобрения: монография / А. М. Бондаренко, В. П. Забродин, В. Н. Курочкин. – зерноград: АЧГАА, 2010. – 184 с.
5. Бондаренко, А. М. Механико-технологические основы процессов производства и использования высококачественных органических удобрений: монография / А. М. Бондаренко. – зерноград, 2001. – 290 с.
6. Переработка навоза крупного рогатого скота в высококачественные органические удобрения в СПК (колхоз) им. С. Г. Шаумяна, Мясниковского района Ростовской области: отчет о НИР (заключ.): договор № 309 от 11 июня 2012 г. / ФГБОУ ВПО АЧГАА. – зерноград, 2012. – 113 с. – Исполн.: Бондаренко А. М., Рева А. Ф., Мирошникова В. В.
7. Переработка навоза крупного рогатого скота в высококачественные органические удобрения в СПК (колхоз) «Колос» Матвеево-Курганского района Ростовской области: отчет о НИР (заключ.): договор № 346 от 5 июня 2013 г. / ФГБОУ ВПО АЧГАА; рук. Бондаренко А. М. – зерноград, 2013. – 129 с.
8. Короленко, П. И. Суперудобрение органическое «Агровит-Кор»: технические условия ТУ 9291-001-40561837-98 / П. И. Короленко. – 1998. – 14 с.
9. Клуб БЭЭСТ (биотехнологические, экологические, энергосберегающие технологии) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://club-beest.com>.
10. Мирошникова, В. В. Технология переработки навоза применительно к молочным фермам модульного типа / В. В. Мирошникова, А. М. Бондаренко // Вестник аграрной науки Дона. – зерноград, 2013. – Вып. 4. – С. 2-11.

#### References

1. Agro-industrial complex of Russia in 2010. - М.: FGNU "Rosinformagrotech", 2010.

2. Bioenergetics: world experience and forecast of development / S. G. Mitin et al. - М.: FGNU "Rosinformagrotech", 2007. - 202 p.
3. Belyshev, A.S. Will Russia drown in manure? / A.S.Belyshev // [www.wiborwto.ru](http://www.wiborwto.ru)
4. Bondarenko, A.M. Mechanization of the processes of processing livestock manure into high-quality organic fertilizers: monograph / A.M. Bondarenko, V. P. Zabrodin, V. N. Kurochkin. – Zernograd: ACHGAA, 2010. – 184 p.
5. Bondarenko, A.M. Mechanical and technological bases of the processes of production and use of high-quality organic fertilizers: monograph / A.M. Bondarenko. – Zernograd, 2001. – 290 p.
6. Processing of cattle manure into high-quality organic fertilizers in the SEC (collective farm) named after S. G. Shaumyan, Myasnikovsky district of the Rostov region: research report (concluded): contract No. 309 of June 11, 2012 / FGBOU VPO ACHGAA. – Zernograd, 2012. – 113 p. - Execution: Bondarenko A.M., Reva A. F., Miroshnikova V. V.
7. Processing of cattle manure into high-quality organic fertilizers in the SEC (collective farm) "Kolos" of the Matveevo-Kurgan district of the Rostov region: research report (concluded): contract No. 346 of June 5, 2013 / FGBOU VPO ACHGAA; ruk. Bondarenko A.M. – Zernograd, 2013. – 129 p.
8. Korolenko, P. I. Organic super fertilizer "Agrovit-Core": technical specifications of TU 9291-001-40561837-98 / P. I. Korolenko. – 1998. – 14 p.
9. BEEST Club (biotechnological, ecological, energy-saving technologies) [Electronic resource]. – Access mode: <http://club-beest.com> .
10. Miroshnikova, V. V. Technology of manure processing in relation to modular dairy farms

© Кокиева Г.Е., Птицын В.В., *Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №3/2023*

**Для цитирования:** Кокиева Г.Е. Птицын В.В. РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ОБЪЕКТА СХПК “ЭРЭЛ” ЗА СЧЕТ БИОТОПЛИВА В НАМСКОМ УЛУСЕ// *Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №3/2023*