

**КЫРГЫЗСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ К.И. СКРЯБИНА**

**ОШСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ М.М. АДЫШЕВА**

На правах рукописи
УДК 631.2

Жусубалиева Айнагуль Жумабаевна

**Технология обогрева животноводческих помещений с использованием
гелио и биоэнергетической установки**

05.20.01 – технологии и средства механизации сельского хозяйства

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:

доктор технических наук,
профессор Осмонов Ы.Дж.

Бишкек – 2024

| СОДЕРЖАНИЕ | | Стр. |
|---|--|------|
| ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ | | 5 |
| ВВЕДЕНИЕ..... | | 7 |
| РАЗДЕЛ 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ..... | | 13 |
| 1.1. | Анализ гелиоколлекторов: преимущества и недостатки..... | 13 |
| 1.2. | Анализ методов расчета энергетического баланса гелиоколлекторов..... | 21 |
| 1.2.1. | Методы определения тепловых потерь плоских гелиоколлекторов | 24 |
| 1.2.2. | Метод определения тепла, воспринимаемое теплоносителем в плоском гелиоколлекторе..... | 26 |
| 1.3. | Оценка гелиоэнергетических ресурсов..... | 28 |
| 1.4. | Устройства для обогрева пола животноводческих помещений: преимущества и недостатки..... | 30 |
| 1.4.1. | Электрические устройства..... | 30 |
| 1.4.2. | Биотермические установки..... | 37 |
| 1.5. | Энергетический и тепловой баланс животноводческого помещения..... | 39 |
| 1.6. | ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 1..... | 43 |
| РАЗДЕЛ 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ..... | | 46 |
| 2.1. | Обоснование выбора конструктивно – технологической схемы гелио – и биотермической установки для обогрева пола телятника | 46 |
| 2.2. | Моделирование энергосберегающей технологии обогрева пола телятника..... | 48 |
| 2.2.1. | Системное описание и принципы моделирования показателей функционирования технологии..... | 48 |
| 2.2.2. | Моделирование изменчивости солнечных сияний за отопительный период..... | 53 |
| 2.2.3. | К обоснованию угла наклона гелиоколлектора..... | 55 |
| 2.2.4. | Статистическое моделирование накопления навоза в телятнике | 57 |

| | | |
|--------|--|------------|
| 2.3. | Основы теплового расчета телятника..... | 59 |
| 2.3.1. | Динамические характеристики подсистем: «гелиоколлектор – биотермическая установка – телятник»..... | 60 |
| 2.3.2. | Тепловой расчет обогрева пола телятника..... | 62 |
| 2.4. | Выводы по разделу 2..... | 75 |
| | РАЗДЕЛ 3. ПРОГРАММА, МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО – ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ..... | 77 |
| 3.1. | Программа экспериментально – теоретических исследований | 77 |
| 3.2. | Методика исследований..... | 77 |
| 3.2.1. | Методика определения тепловой мощности гелиоколлектора для обогрева пола телятника в зависимости от географической широты местности и времени отопительного периода..... | 77 |
| 3.2.2. | Методика по определению общего коэффициента полезного действия (КПД) трубчатого гелиоколлектора..... | 83 |
| 3.2.3. | Методика определения общего коэффициента тепловых потерь гелиоколлектора..... | 89 |
| 3.2.4. | Методика определения инсоляции телятника и прилегающей территории за отопительный период..... | 93 |
| 3.2.5. | Обоснование мест размещения и угла наклона гелиоколлектора | 100 |
| 3.2.6. | Методика определения температуры биотепла выделяемого при самонагревании навоза..... | 104 |
| 3.2.7. | Определение теплопроизводительности и тепловой мощности биотермической установки..... | 108 |
| 3.2.8. | Методика расчета термосифонной системы обогрева пола телятника..... | 110 |
| 3.3. | Выводы по разделу 3..... | 113 |
| | РАЗДЕЛ 4. ТЕХНИКО – ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГРЕВА ПОЛА ТЕЛЯТНИКА..... | 118 |

| | | |
|------|--|-----|
| 4.1. | Статистическая оценка энергосберегающей технологии..... | 118 |
| 4.2. | Технико – экономическая эффективность гелиоустановки..... | 122 |
| 4.3. | Технико – экономическая эффективность биотермической установки..... | 124 |
| 4.4. | Выводы по разделу 4..... | 126 |
| | ОБЩИЕ ВЫВОДЫ..... | 127 |
| | СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ..... | 132 |
| | ПРИЛОЖЕНИЯ..... | 142 |

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

Альтернативные источники энергии – получение энергии из возобновляемых источников: Солнца, вода, ветер, биомасса и т.п..

Биомасса – органическая субстанция биологического происхождения (навоз, помет, остатки растительности, пищевые отходы и т.п.).

Биоудобрение – переработанная биомасса в биогазовых установках в жидком и твердом виде.

Возобновляемые источники энергии – источники вырабатывающие энергию из возобновляемых ресурсов.

Экскременты животных – отходы жизнедеятельности организма подлежащих удалению: моча, навоз, пот, выдыхаемый воздух.

Энергосбережение – комплекс мероприятий направленных на сохранение и эффективное использование энергии.

Солнечный коллектор – устройство предназначенное для преобразования солнечной радиации в тепловую энергию.

Биотепло – тепло выделяемое при самонагревании биомассы (например, навоза сельскохозяйственных животных).

Микроклимат животноводческих помещений – нормативные метеорологические условия, которые зависят от теплофизических особенностей климата, технологического оборудования, условий отопления и вентиляций.

Система – совокупность элементов, объединенных между собой внутренними связями и образующих качественно новое целое, взаимодействующее с окружающей средой посредством внешних связей.

Инсоляция – облучение помещения и территорий солнечными лучами в совокупности светового, биофизического и теплового воздействия.

ГОСТ – государственный стандарт

НТП-1 – 99 – нормы технологического проектирования предприятий КРС

КРС – крупный рогатый скот

СНиП – строительные нормы и правила

КНАУ – Кыргызский национальный аграрный университет

с.ш. – северная широта

ВИЭ – возобновляемые источники энергии

у.т. – условное топливо

ССТП – система солнечного теплоснабжения

КПД – коэффициент полезного действия

КФХ – крестьянско – фермерское хозяйство

СХК – сельскохозяйственный кооператив

F_R – коэффициент отвода тепла гелиоколлектора

$P_{\text{экс}}^{\text{ср}}$ - экспериментальная часовая мощность биотермической установки

Ψ – географическая широта местности

$P_{\text{б.у}}$ - тепловая мощность биотермической установки

K – коэффициент теплопередачи

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы диссертации. Исследования, направленные на использование энергии возобновляемых ресурсов является актуальным. При этом улучшаются показатели энергосбережения и автономизации. Приход новых технологий и материалов повышает конкурентоспособность ВИЭ. В развитых странах, например, в Дании доля энергии от использования ВИЭ в общем энергобалансе составляет до 50%, в Испании – 30%. Общий вклад ВИЭ в мировом энергобалансе достигает до 20% от конечного потребления энергии.

В 2000 году странами членов ООН принята Декларация тысячелетия, где обозначены 8 целей, 7 из которых связаны с использованием ВИЭ. Практическая реализация данной Декларации отражены в документах: Киотский международный протокол (1998г.); Йоханнесбургский мировой саммит (2002г.); Парижское соглашение по климату (2015г.); Соглашение по климату (COP – 26) (2021г).

В Кыргызстане правовые вопросы использования ВИЭ отражены в законе «О возобновляемых источниках энергии», «О государственной политике в сфере использования нетрадиционных ВИЭ», программе «Биотопливо» [1], [2].

Географическое расположение и климатические условия Кыргызской Республики является благоприятными для использования ВИЭ, такие как солнечная радиация, вода, ветер и биомасса.

В зоне постоянного проживания населения (до 2000м над уровнем моря), 1м² гелиоэнергетической установки может генерировать до 600 Вт/ч (летом), 400 Вт/ч (зимой) электрической энергии [3].

Потенциал использования биомассы, только по навозу составляет более 5,5 млн. тонн в год. При переработке данной массы с помощью биогазовой технологии существует возможность выработать до 110 млн. м³ биогаза и 5,4 млн. тонн биоудобрения. Также снижается выброс парниковых газов. Несмотря на такие ресурсы практическое использование энергии

возобновляемых источников в Кыргызстане находится на уровне 1% [5]. Это показывает недостаточность исследовательских работ в этом направлении.

Развитие использования ВИЭ в Кыргызстане может иметь несколько направлений: адаптация мирового опыта и зарубежных технологий; коммерциализация отечественных разработок; разработка новых технологий и технических средств.

В настоящее время использование ВИЭ в сельском хозяйстве Кыргызстана, в частности в условиях фермерских (крестьянских) хозяйств почти отсутствуют. В некоторых случаях используют солнечную радиацию для подогрева воды примитивными способами, то есть используются различные емкости заполненные водой покрашенные на черный цвет. В технологических процессах в основном используется традиционные источники энергии от централизованных линий электропередач.

Если учесть специфику энергопотребления фермерских хозяйств такие как: сезонный характер выполняемых работ; небольшие объемы потребления энергии; отдаленность от источников энергии; способы содержания животных и др. то более приемлемым и надежным является автономность и независимость при энергоснабжении. Такому способу энергоснабжения более полно отвечает повсеместное использование ВИЭ, особенно в условиях пастбищ.

Связь работы с приоритетными научными направлениями: Диссертационная работа выполнена в Ошском государственном университете, использованы материалы научно – исследовательских работ по проекту: «Разработка технологии и технических средств энерго – и теплоснабжения фермерских хозяйств с использованием возобновляемых источников энергии» (договор № ОН – 33/14) финансируемый по линии Министерства образования и науки Кыргызской Республики.

Цель исследования. Целью исследования является разработка технологии обогрева пола телятника и обоснование параметров гелио и биоэнергетической установки.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести сравнительный анализ существующих технологий обогрева животноводческих помещений для обоснования выбора энергосберегающей системы обогрева с помощью местных возобновляемых источников энергии;
- разработать технологию обогрева пола телятника на основе энергосберегающей системы с использованием гелио и биоэнергетической установки;
- разработать методику обоснования параметров гелиоколлектора и биотермической установки при их совместном функционировании в животноводческом помещении;
- провести теоретические и экспериментальные исследования теплообменных процессов гелио и биоэнергетической установки: вывести аналитические зависимости температурных режимов и технико-эксплуатационных показателей установки;
- провести расчет технико-экономической эффективности энергосберегающей системы.

Объектами исследования являются условия функционирования технологии обогрева пола телятника с использованием гелио и биоэнергетической установки, энергосберегающая система обогрева пола телятника (патент Кыргызской Республики №349), навоз животных.

Предметом исследования послужили закономерности, устанавливающие зависимости температурного режима животноводческого помещения от параметров гелио биоэнергетической установки.

Научная новизна работы:

- разработана энергосберегающая технология обогрева пола телятника с помощью гелио и биоэнергетической установки;
- разработаны методики определения: мощности и мест размещения гелиоколлектора; теплоизоляция животноводческого помещения и прилегающих территорий фермерского хозяйства;

- получены аналитические зависимости, описывающие теплообменные процессы в животноводческом помещении при совместном функционировании гелио и биоэнергетической установки;

- техническая новизна работы подтверждена патентом Кыргызской Республики на полезную модель КР №349.

Практическая значимость исследования заключается в обеспечении необходимого температурного режима пола телятника, путем использования солнечной радиации и биотепла навоза в процессе его перегноя. Экспериментальными исследованиями установлено, что в телятнике фермерского хозяйства «Гайрат – Бекзад» с содержанием 150 голов телят в возрасте от 2 до 6 месяцев, в отопительный период, обеспечен температурный режим пола в диапазоне $12^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, что соответствует нормативному показателю. Методики расчета мощностных, температурных и технико-эксплуатационных показателей гелио и биоэнергетической установки использованы в учебном процессе энергетического направления.

Экономическая значимость полученных результатов. Предлагаемая технология обогрева пола телятника отвечает современным требованиям энергосбережения, за счет использования возобновляемых источников энергии, в частности энергии Солнца и биоэнергию навоза (как собственное сырье). Годовая экономия от использования данной технологии составляет 33480,94 сом за отопительный период.

Методическую основу исследований составили методы математической физики, теплотехники использованные при описании теплообменных процессов, а также методы экспериментальных исследований и статистической обработки.

Основные положения, выносимые на защиту:

- технология обогрева пола телятника путем использования энергосберегающей системы: гелио и биоэнергетическая установка;

- закономерности управляемого энергосберегающего нагрева воды в гелиоколлекторе и в биотермической установке регулированием температуры;

- математическая модель, описывающая динамику нагрева и охлаждения воды в общем баке–аккумуляторе;

- конструктивно – технологическая схема энергосберегающей системы обогрева пола телятника и параметры гелио и биоэнергетической установки.

Личный вклад соискателя: сформулированы цель и задачи исследования, выполнены теоретические и экспериментальные исследования, разработана новая технология обогрева пола телятника с использованием гелио и биоэнергетической установки.

Апробация результатов исследований: материалы диссертации апробированы на международных, республиканских научно – практических конференциях: в Кыргызском национальном аграрном университете им.

К.И. Скрябина посвященной 60 – летию академика НАН КР Нургазиева (г. Бишкек, 2021г.); Кыргызско – узбекском университете (г. Ош, 2021г.); Ташкентский 1 – Международный конгресс современной науки (Узбекистан, г. Ташкент, 2022г.); Институте машиноведения и автоматики НАН КР (г. Бишкек, 2022); Применение технологии искусственного интеллекта для управления «Умной животноводческой фермой» (г. Москва 2023г.); «Научно – технологическое развитие страны в условиях четвертой промышленной революции» посвященная 5 - летию действий по развитию горных регионов, объявленного резолюцией Генеральной Ассамблеи ООН «Устойчивое горное развитие» и 70 – летию Кенжаева Идирисбека Гуламовича.

Публикации: По теме диссертации опубликованы 13 печатных работ, из них 1 в издании скопус, РИНЦ, 1 патент Кыргызской Республики.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, основной части в четырех разделах и общих выводах, списка использованных источников из 136 наименований и 6 приложений. Работа изложена на 163 страницах, содержит 45 рисунков и 26 таблиц.

РАЗДЕЛ 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1. Анализ гелиоколлекторов: преимущества и недостатки

Гелиоколлектор преобразует энергию излучения Солнца в полезную тепловую энергию. Основные характеристики гелиоколлектора следующие: конструктивные параметры; энергетические параметры; технология изготовления; применяемые материалы [6].

Конструктивные параметры следующие: площадь панели; удельная масса; отношение площади панели к эффективной площади; удельный объем каналов теплоносителя [7].

Основными теплоэнергетическими параметрами являются: произведение эффективности коллектора F' и коэффициента пропускной способности $F' \cdot \tau \alpha$ (где τ – пропускная способность прозрачной изоляции, α – поглощательная способность панели коллектора); произведение эффективности коллектора и коэффициента теплопотерь $F' \cdot U_L \cdot T^*$ (где U_L – коэффициент тепловых потерь, T^* – приведенная температура); коэффициент полезного действия коллектора $\eta = F' \cdot \tau \alpha - F' \cdot U_L \cdot T^*$;

Сравнительный анализ гелиоколлекторов по выше указанным параметрам, выпускаемые фирмами и странами производителями приведены в таблицах 1.1 и 1.2. [8], [9]

Таблица 1.1 – Анализ гелиоколлекторов по конструктивным параметрам

| № п/п | Конструктивные параметры | Страны и фирмы производители | | | | | | |
|----------|--|------------------------------|------|-----|------|------|------|-----|
| | | I | II | III | IV | V | VI | VII |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | Габаритная площадь, м ² | 1 | 0,8 | 2 | 1,8 | 1,1 | 0,7 | 1,8 |
| 2 | Удельная масса, кг/м ² | 22 | 32 | 31 | 25 | 25 | 47 | 25 |
| 3 | Отношение эффективной площади к габаритной | 0,84 | 0,87 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,81 | 0,9 |
| 4 | Удельный объем каналов теплоносителя, л/м ² | 1,2 | 1,3 | 1.8 | 2,37 | 1,37 | 5,2 | 2,2 |

Примечание: I – НПП Конкурент; II – Кировский мехзавод; III – США; IV – АО Солто; V – НПО Машиностроения; VI – Посибтепломаш; VII – Западная Европа.

Анализ показывает, что габаритная площадь гелиоколлекторов находится в диапазоне от 0,7 до 2 м². При малой габаритной площади коллектора возрастает удельная масса за счет увеличения суммарной поверхности боковых граней и число соединения коллекторов между собой. Это приведет к росту стоимости коллектора. При больших габаритах и массе увеличивается затраты на монтаж и транспортные расходы. Поэтому в Западной Европе большинство гелиоколлекторов имеют площадь до 2 м², а в России до 1,5 м². Наиболее распространенная удельная масса 20 – 25 кг/м² (до 70%).

Отношение эффективной площади к габаритной, служит качественной характеристикой конструкции гелиоколлектора и называется коэффициентом заполнения K_3 . При низком значении K_3 коллектор имеет хорошую боковую изоляцию, а при $K_3 = 1$ повышается потери через боковые грани из-за малой толщины боковой изоляции. Поэтому почти у всех конструкций гелиоколлекторов K_3 находятся в диапазоне 0,81 – 0,90. Гелиоколлекторы с коэффициентом заполнения $K_3 = 1$ используются для подогрева воды в бассейнах и в ёмкостях. Такие коллекторы имеют низкую стоимость.

Удельный объём каналов теплоносителя показывает скорость движения теплоносителя по каналу. Чем меньше объём жидкости в коллекторе, тем меньше его тепловая инерция.

Основные материалы при изготовлении гелиоколлекторов – это медь и алюминий. Кроме этих материалов используется пластик и нержавеющая сталь. Материалы должны быть коррозионно–стойкие. В большинстве случаев поглощающий лист изготавливается из отмеченных материалов в процентном соотношении: меди – 71%, алюминия – 19%, пластика – 6% и нержавеющей стали – 4% [10], [11].

Таблица 1.2 – Анализ гелиоколлекторов по теплоэнергетическим параметрам

| № п/п | Теплоэнергетические параметры | Страны и фирмы производители | | | | | | |
|-------|---|------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| | | I | II | III | IV | V | VI | VII |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | Произведения эффективности коллектора и коэффициента пропускной способности ($F^l \cdot \tau \alpha$) | 0,6 | 0,72 | 0,76 | 0,76 | 0,72 | 0,61 | 0,81 |
| 2 | Произведения эффективности коллектора и коэффициента тепловых потерь ($F^l \cdot U_L$) | 3,3 | 4,0 | 3,3 | 5,0 | 3,9 | 8 | 4,3 |

Примечание: Для анализа выбраны те же фирмы и страны производители гелиоколлекторов, что и в таблице 1.1.

Теплоэнергетические параметры гелиоколлекторов характеризуют их качества, то есть соответствие их ГОСТу 28310 – 89 «Солнечные коллекторы» [12].

Произведение эффективности коллектора и коэффициента пропускной способности ($F^l \cdot \tau \alpha$) у всех модификаций гелиоколлекторов лежат в диапазоне от 0,6 до 0,8. Выпускаемые отмеченными фирмами и странами гелиоколлекторы соответствующие данному диапазону имеют небольшую тепловую эффективность и успешно конкурирует в рынке.

Произведение эффективности коллектора и коэффициента тепловых потерь ($F^l \cdot U_L$) у гелиоколлекторов селективным поглощающим покрытием лежат в диапазоне от 3,3 до 5,0 Вт/(м²·°С). Коллекторы с селективным покрытием поглощающего элемента имеет значение $F^l \cdot U_L$ больше 5,0 Вт/(м²·°С). Максимальное значение до $F^l \cdot U_L = 23$ Вт/(м²·°С) имеют коллекторы без прозрачной изоляции.

Анализ конструктивных и теплоэнергетических параметров гелиоколлекторов ведущих фирм и стран показывают, что на эти параметры существенным образом влияет используемые материалы при их изготовлении и технологичность изготовления.

Следующим этапом анализа гелиоколлекторов является существующая классификация по конструктивному типу и по способу повышения коэффициента полезного действия (рисунок 1.1) [13], [14].

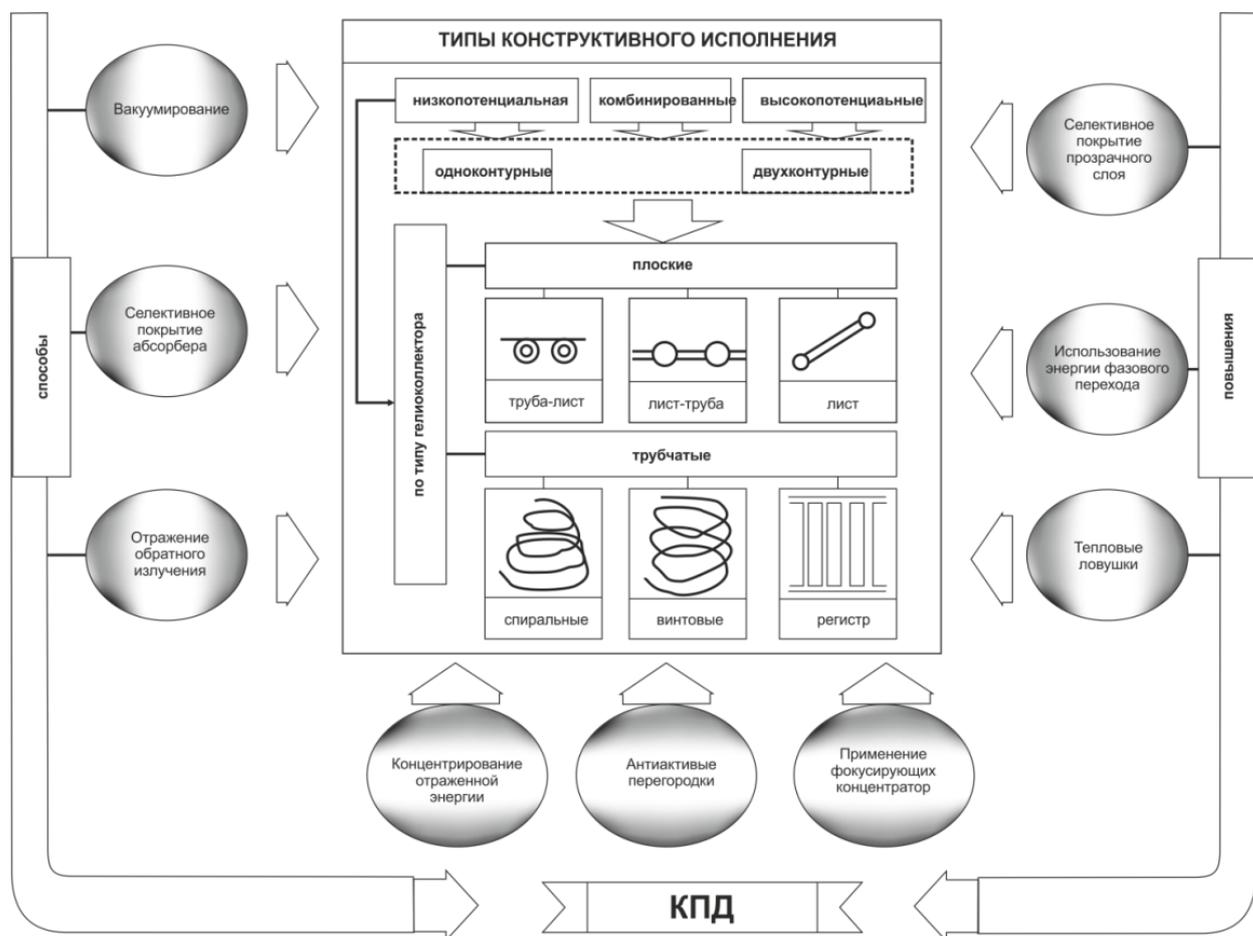


Рисунок 1.1-Классификация гелиоколлекторов по конструкции и по способу повышения КПД

Данная классификация гелиоколлекторов показывает, что по конструктивному исполнению они делятся на три типа: низкопотенциальные, высокопотенциальные и комбинированные. По конструкции гелиоколлекторы разделены на: одноконтурные, двухконтурные, плоские и трубчатые с фокусирующими концентраторами.

Плоские коллекторы предназначены для подогрева теплоносителя ниже 100°C , так как они поглощают прямое и рассеянное излучение. Коллекторы с фокусирующими концентраторами имеют оптическую систему, которая увеличивает излучение и они предназначены для подогрева теплоносителя до высоких температур.

В классификации отмечены, что фокусирование концентраторами достигается способами: концентрирование отражённой энергии; активными перегородками; применением фокусирующих концентраторов.

Типы конструкции поглощающих панелей могут быть: панельные (труба – лист, лист – труба, лист); ёмкостные (спиральные, винтовые, регистр).

Способами для увеличения плотности лучистого потока, падающего на приёмник является вакуумирование, селективное покрытие абсорбера и отражения обратного излучения. Численное значение увеличения плотности лучистого потока называется степенью концентрации.

Можно привести в качестве примера гелиоаккумулятор фирмы «Corning», использующий концентрирующее зеркало, которое улавливает падающие в окошко все лучи и концентрирует их на приёмнике после многократного отражения. Зеркала могут быть ротационно–симметричными и цилиндрически – симметричными [15].

Определённый интерес представляет ёмкостные солнечные водонагреватели, которые дают невысокую температуру нагрева воды (40-45°С). Их называют инерционными. Температурные уровни нагрева воды, которое они обеспечивают вполне приемлемы для подогрева пола животноводческих помещений[16].

По такому же назначению можно использовать интегрированный солнечный водонагреватель (рисунок 1.2).

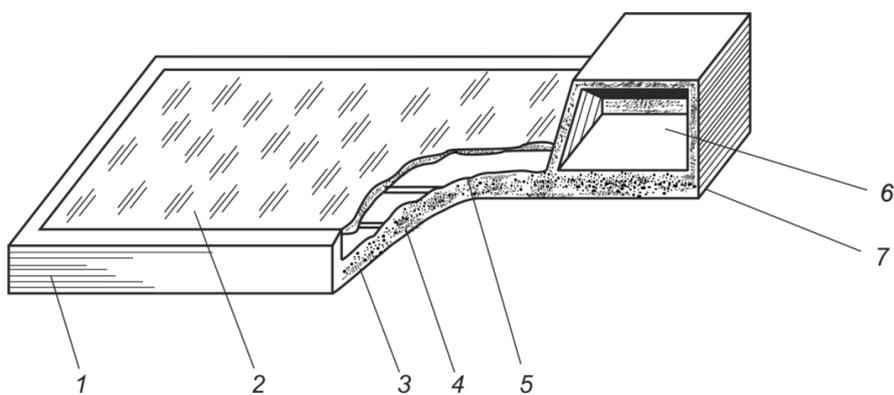


Рисунок 1.2. Интегрированный солнечный нагреватель: 1 – корпус; 2 – остекление; 3 – теплоизоляция; 4 – тепловая труба; 5 – ребро; 6 – бак; 7 – отражатель.

Во внутрь теплоизолированного корпуса 1 с остекленной верхней крышкой 2, размещена ёмкость 6. Для подвода холодной воды и отвода горячей воды установлены патрубки 4. Для повышения эффективности водонагревателя вовнутрь корпуса установлен отражатель 7. Коэффициент полезного действия таких водонагревателей достигает до 60%, [17].

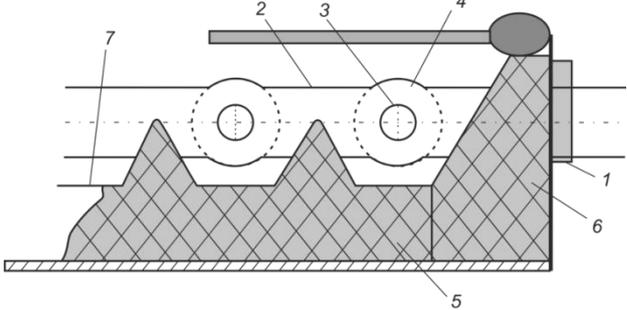
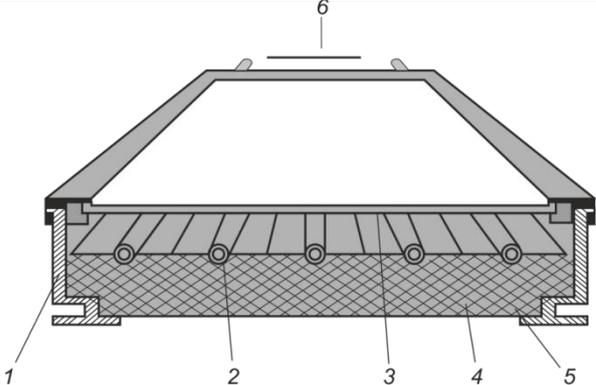
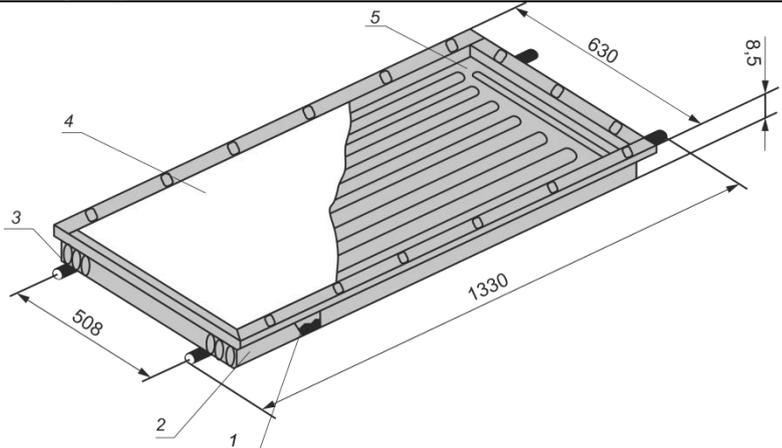
Такие же типы коллектор–аккумулятор выпускается фирмой «GulfThermalGorp» (США), в которой бак панель выполнен из восьми тонкостенных труб из нержавеющей стали. Общий объём бак–панели достигает до 100 л. [17].

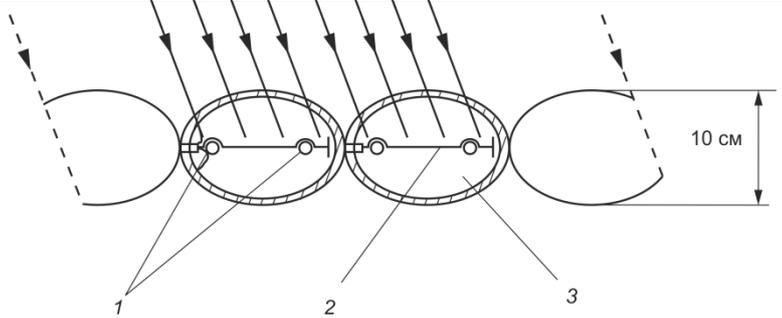
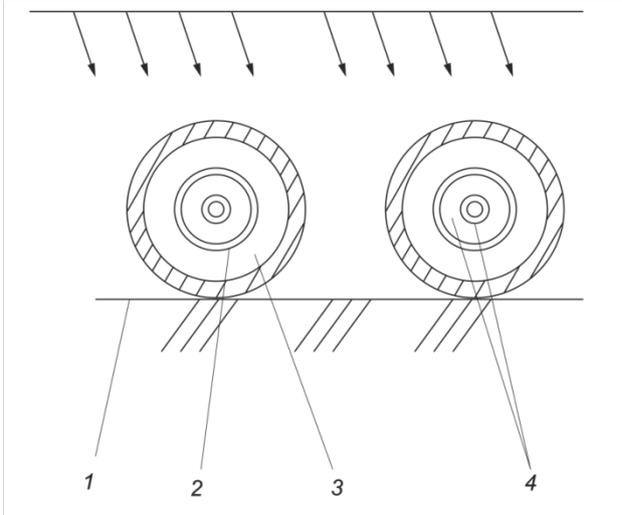
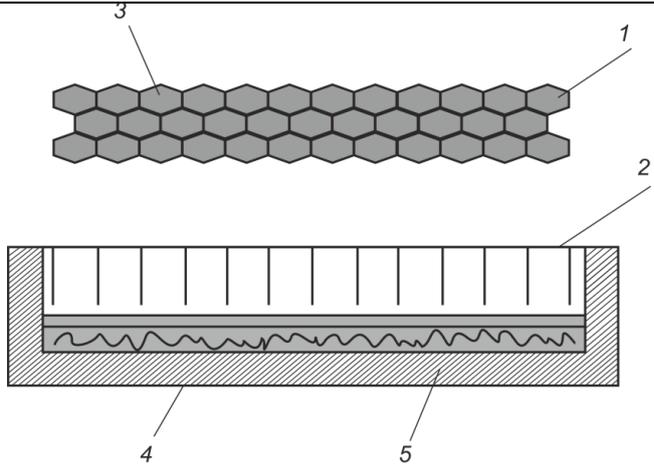
Основные недостатки гелиоколлекторов:

- концентрирующие гелиоколлектора поглощают мало рассеянного солнечного излучения и требует постоянной или периодической настройки;
- невозможность обеспечения абсолютно непроницаемого соединения разнородного материала, и вакуум через некоторое время ухудшается (ненадёжность качества контакта между трубами и листом, так как теплопроводность трубы и листа разные) [6];
- трубно–листовые конструкции материалоемкие, изготовление их трудоёмкие, особенно пайка или сварка регистра труб к гидравлическим коллекторам;
- теплопроводники типа листотрубного не выдерживают водопроводного давления;
- возможность утечки теплоносителя из коллекторного контура при повреждении или разрушении;
- обеспечение вакуума между поглощающей панелью и стеклянной оболочкой затруднено;

Анализ существующих гелиоколлекторов позволило выявить перспективные и наиболее приспособленные для теплоснабжения сельскохозяйственных объектов (таблица 1.3).

Таблица 1.3 Перспективные гелиоколлекторы

| № п/п | Типы гелиоколлекторов | Схемы |
|-------|--|--|
| 1 | 2 «ГЕЛИОС»(Кыргыз стан). Трубчатый регистр теплопроводной панели выполнен с обелением для подавления конвекции в межреберном пространстве [18], [19]. |  <p>1–корпус; 2–коллекторная труба; 3–труба теплоприемной панели; 4–обеления; 5–задний теплоизолятор; 6–бак теплоизолятора; 7–отражатель</p> |
| 2 | КИЕВЗНИЭП КСП – 1,6/1,5 - ЛАС – 1 (Украина). Медные трубы припаяны к задней стороне медных листов. Трубы и пластины теплоприемника медные [20] |  <p>1–корпус; 2–поглощающий элемент; 3–стекло оконное; 4–теплоизоляция; 5–защитная пластина; 6–штуцер;</p> |
| 3 | Б 8. 440 Листо-трубная (Украина, Таджикистан, Узбекистан). Теплоноситель движется между двумя плоскими поверхностями, одна из которых поглощает солнечную энергию, создаются благоприятные условия для объема тепла с поверхности [21] |  <p>1–теплоизоляция; 2–корпус; 3–присоединительные трубки; 4–стекло; 5–лучепоглощающая панель;</p> |

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|
| 4 | <p>Фирма «Corning» (США). Снабжен медной поглощающей пластиной со спектр селективной поглощающей поверхностью на солнечной стороне [22]</p> |  <p>1 – подводящая и отводящая труба; 2 – селективно поглощающая поверхность; 3 – вакуум.</p> |
| 5 | <p>Фирма «Owens – Illinois». Внешняя сторона отводящей трубы снабжена спектр селективным поглощающим слоем. Белая поверхность отражает часть поступающего между трубами излучения на поглощающую поверхность [23]</p> |  <p>1–белая отражающая поверхность; 2–селективно-поглощающая поверхность; 3–вакуум; 4–подводящая и отводящая труба</p> |
| 6 | <p>Гелиоколлектор с сотовой структурой (Франция). По структуре напоминает пчелиные соты и состоит из продолговатых ячеек круглые, прямоугольного или шестиугольного сечения. Ячейки изготовлены из стекла или пластмассы [24]</p> |  <p>1–вид сверху; 2–разрез; 3–сотовая структура; 4–изоляция; 5–накопитель.</p> |

Таким образом, существует большое многообразие гелиоколлекторов по конструктивному исполнению и по способу повышения коэффициента

полезного действия. Классификация гелиоколлекторов в основном охватывает данные показатели. Общими признаками гелиоколлекторов можно отметить вакуумированные оболочки, изготовленные из стекла, как технологичный, наиболее дешёвый материал. Кроме того конструктивное исполнение вакуумных коллекторов и теплоприёмного элемента у многих гелиоколлекторов имеют много общего. Дальнейшее совершенствование гелиоколлекторов предусматривают улучшение конструктивных и теплоэнергетических показателей путём использования новых инновационных материалов улучшающие их оптические характеристики.

1.2. Анализ методов расчёта энергетического баланса гелиоколлекторов

Исходными данными для расчёта энергетического баланса гелиоколлекторов является: интенсивность направленной и рассеянной солнечной радиации на поверхность приёмника; высота стояния солнца и угол падения солнечных лучей; чистота поверхности приёмника; влажность воздуха; облачность [25], [26].

Существует метод расчёта общего количества солнечной радиации падающей и поглощающей лучевоспринимающей поверхностью гелиоколлектора за определённое время. Общее количество учитывает облачность, когда падает на поверхность только рассеянная солнечная радиация и прозрачность атмосферы, когда на поверхность падает радиация всех видов.

Общее количество солнечной радиации на воспринимающую поверхность гелиоколлектора за время dt складывается из следующих составляющих:

$$\frac{10-n}{10} (E_1 \mathcal{E}_1 dt + E_2 \mathcal{E}_2 dt + E_4 \mathcal{E}_1 dt) + \frac{n}{10} E_4' \mathcal{E}_1 dt + E_3 \mathcal{E}_1' dt + E_5 \mathcal{E}_1'' dt \tau_0 = Q_0 (\varphi, \beta, \eta_{отр}, \varepsilon, U, T_0) dt, \quad (1.1)$$

где n – облачность, баллы;

ε_1 -интегральный коэффициент поглощения приёмной поверхности гелиоколлектора солнечной радиации;

ε_1' –то же, земной радиации;

ε_1'' - то же, атмосферный радиации;

E_1 - интенсивность прямой солнечной радиации;

E_2 – то же, отраженной от земной поверхности;

E_3 – собственное излучение единицы земной поверхности;

E_4 –рассеянная радиация;

E_4' – тоже, облачного неба;

E_5 -интегральное атмосферное излучение в направлении земной поверхности;

U - упругость водяных паров;

φ – влажность воздуха;

$\eta_{\text{отр}}$ – коэффициент отражения земной поверхности;

T_0 –температура окружающего воздуха;

β – склонение солнца;

Q_0 – солнечная постоянная.

При расчёте составляющих формулы (1.1) могут быть использованы экспериментальные данные[26].

Интенсивность радиации, как среднее значение может быть определена по эмпирической формуле:

$$E_4 = 70\sqrt{\sin \beta}, \quad (1.2)$$

где E_4 – интенсивность рассеянной радиации, Вт/м²·ч;

β – угол высоты стояния солнца, град.

При облачности неба E_4 уменьшится и будет иметь следующий вид:

$$E_4' = 90 \cdot n^{0,33} \cdot \sin \beta, \quad (1.3)$$

Интенсивность прямой солнечной радиации определяется по формуле Бугера [27]:

$$E_1 = Q_0 P^m, \quad (1.4)$$

где P – коэффициент прозрачности атмосферы, баллы;

m – масса биосферы, кг.

Изменение коэффициента облачности n и прозрачности P атмосферы на территории СНГ приведены на рисунке 1.3.

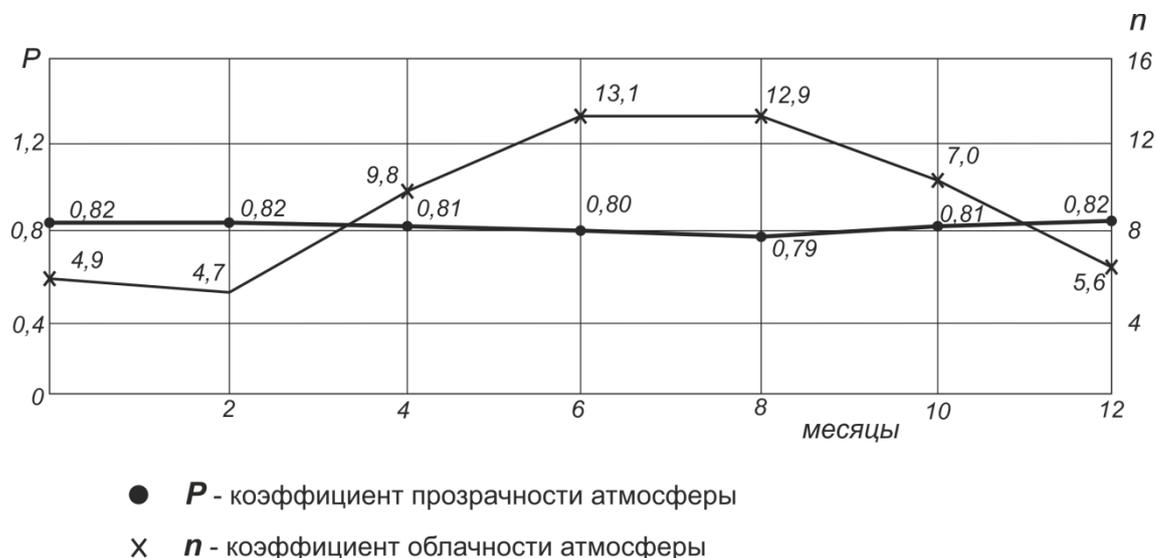


Рисунок 1.3 – Годовое изменение коэффициента прозрачности P атмосферы и облачности n (баллы).

Масса атмосферы (m) зависит от температуры и давления и определяется по известной формуле:

$$m = \frac{H}{H_0} \cdot \frac{j}{58,36'' \cdot \cos \beta}, \quad (1.5)$$

где, j - рефракция;

H - давление, мм. рт. ст.;

H_0 - стандартное атмосферное давление, $H_0 = 760$ мм.рт.ст.

$$j = 21,5 \frac{H}{H_0} \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{2} - \beta \right), \quad (1.6)$$

Высота стояния солнца определяется по формуле [27]:

$$\sin \beta = \cos \delta \cdot \cos \Psi^\circ \cdot \cos \gamma + \sin \Psi^\circ \cdot \sin \delta$$

где Ψ° - географическая широта местности, град;

γ - часовой угол, град (число часов, отсчитываемое от полудня и умноженное на 15).

Величина склонения солнца δ на 21 число каждого месяца приведена в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Величина склонения солнца δ на 21 число каждого месяца

| Месяц | δ | Месяц | δ | Месяц | δ |
|---------|----------|--------|----------|----------|----------|
| Январь | - 19°51 | Май | +20°09 | Сентябрь | +0°48 |
| Февраль | - 10°38 | Июнь | +23°27 | Октябрь | - 10°38 |
| Март | - 0°09 | Июль | +20°32 | Ноябрь | - 19°53 |
| Апрель | +11°47 | Август | +12°12 | Декабрь | - 23°27 |

Падающее солнечное излучение для наклонных поверхностей E_H и для горизонтальных поверхностей E_T в зависимости от высоты солнца показывают, что при больших высотах солнца интенсивность солнечной радиации мало зависит от высоты солнца. При малых высотах солнца небольшое изменение высоты солнца (при уменьшении высоты) сопровождается значительным уменьшением солнечной радиации (таблица 1.5).

Таблица 1.5 – значения E_H и E_T для летних и осенних условий в зависимости от высоты солнца.

| Высота солнца | | 1 | 3 | 5 | 10 | 20 | 30 | 60 | 90 |
|---------------|-------|------|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|
| Лето | E_H | 54,5 | 148 | 226 | 372 | 550 | 654 | 786 | 815 |
| | E_T | 0,95 | 7,7 | 19,7 | 64,5 | 188 | 326 | 681 | 815 |
| Осень | E_H | 57,3 | 158 | 243 | 398 | 588 | 699 | 840 | 870 |
| | E_T | 1,00 | 8,2 | 21,2 | 69,0 | 201 | 349 | 726 | 870 |

1.2.1. Методы определения тепловых потерь плоских гелиоколлекторов

В выводах было отмечено, что простотой конструкции и надёжностью обладают плоские гелиоколлекторы и они могут быть использованы для обогрева пола животноводческих помещений, так как подогревают теплоноситель ниже 100° С.

Расчёт теплотерь плоского гелиоколлектора сводится к определению стационарного теплового потока от нагретой поверхности в окружающую среду.

Теплопотери гелиоколлектора q_n составляет сумму теплопотерь путём лучеиспускания ($q_{\text{л}}$) и конвекции ($q_{\text{к}}$):

$$q_n = q_{\text{л}} + q_{\text{к}}, \quad (1.8)$$

Для поверхности стекла гелиоколлектора равное 1 м^2 , можно записать:

$$q_n \cdot F_c = KF_c(T_k - T_0) + \frac{KF_c}{\alpha_1} q_{\lambda 1} + \frac{KF_c}{\lambda_c} q_{\lambda 2}, \quad (1.9)$$

где F_c -площадь стекла гелиоколлектора, ;

K - обратная величина коэффициенту теплопередачи конвекцией и теплопроводностью;

T_k -средняя температура поглощающей поверхности, К;

T_0 -температура воздуха, К;

α_1 -коэффициент теплоотдачи воздуха внутри гелиоколлектора к внутренней поверхности стекла, Вт/м²;

λ_c - коэффициент теплопроводности стекла, Вт/м²;

$q_{\lambda 1}$ -тепло, излучаемое поверхностью труб и экранов на внутреннюю поверхность стекла, Вт/м²;

$q_{\lambda 2}$ -тепло, излучаемое наружной поверхностью гелиоколлектора,Вт/м²;

Из величин входящую в формулу (1.9) известны температуры T_k и T_0 . Основная задача сводится к определению общего термического сопротивления: застекления, дна и боковых стенок гелиоколлектора.

Потери теплового потока в сторону застекления складывается из потерь за счёт сопротивления воздуха и стекла.

При стационарном состоянии из-за малости влияния термического сопротивления стекла на величину теплового потока в расчётах оно не учитывается.

Коэффициент теплоотдачи от воздуха внутри гелиоколлектора к внутренней плоской поверхности стекла, для упрощенных случаев определяется по формуле[29]:

$$\alpha_1 = 200^4 \sqrt{T_k - T_{c1}}, \quad (1.10)$$

где C_1 – некоторые функции от T_k , T_o , V_o и ϕ (скорости и влажности воздуха), расположения труб и их диаметры.

Значения C_1 найдено после группировки соответствующих величин и сокращения на величину (T_k и T_o) и окончательно записано так [30]:

$$C_1 = 4,8 + 0,363 - \sqrt{(4,8 - 0,363U)^2 - 8,6}, \quad (1.11)$$

$$\text{где } U = \frac{\alpha_3(\alpha_3 + \alpha_{л2})}{\alpha_2 + \alpha_{л2} + \alpha_3}, \quad (1.12)$$

где α_2 , $\alpha_{л2}$, α_3 – коэффициенты теплоотдачи элементов гелиоколлектора в окружающую среду.

1.2.2. Метод определения тепла, воспринимаемое теплоносителем в плоском гелиоколлекторе

Исходными данными при определении тепла воспринимаемое теплоносителем является: нагреваемое 1 м^2 площади гелиоколлектора; время подогрева массы G воды до определённой температуры (час); теплоёмкость воды $C = 4,19 \cdot 10^3 \text{ кДж/кг} \cdot \text{°C}$; температура протекающей воды на входе и выходе из коллектора соответственно $t_{вх}^6$ и $t_{вых}^6$.

Общее количество тепла воспринятой водой равно [31]:

$$q_{пол} = G \cdot C (t_{вх}^6 - t_{вых}^6), \quad (1.13)$$

где G – масса воды, кг.

Данное количество тепла складывается из следующих составляющих [32]:

$$q_{пол} = q_{ст} + q_{с.к} + q_{нк} + q_{вк}, \quad (1.14)$$

где $q_{ст}$ – количество тепла передаваемое с поверхности труб гелиоколлектора радиацией и конвекцией;

$q_{с.к}$ – тепло излучаемое свободной частью теплоприёмника на каналы;

$q_{нк}$ – тепло прямого солнечного излучения теплопроводящих каналов;

$q_{вк}$ – тепло переданное путём конвекции от воздуха в гелиоколлекторе к поверхности теплоотводящих каналов.

Определение составляющих формулы (1.14) облегчиться при использовании

полинома с целыми показателями. Например, для определения $q_{\text{вк}}$ используется множитель:

$$316 \left(\frac{T_c}{100} - \frac{T_k}{100} \right)^{1/4},$$

с помощью, которого $q_{\text{вк}}$ равно:

$$q_{\text{вк}} = A_1 \cdot 316 \left(\frac{T_c}{100} - \frac{T_k}{100} \right)^{1/4}, \quad (1.15)$$

Как показывает анализ, этот множитель может быть с достаточной степенью точности представлен полиномом первой степени:

$$316 \left(\frac{T_c}{100} - \frac{T_k}{100} \right)^{1/4} = 316 \left(\frac{T_c}{100} - \frac{T_k}{100} \right) + G. \quad (1.16)$$

Для учёта теплотерь гелиоколлектора можно воспользоваться следующими коэффициентами [33], [34], [38], [39].

$$\eta_c = \frac{F_{c.c}}{F_c} = 1 - \frac{F_{c.m}}{F_c}, \quad (1.17)$$

где $F_{c.c}$ - площадь светлой поверхности стеклянного перекрытия гелиоколлектора, м²;

F_c - общая площадь стеклянного перекрытия гелиоколлектора, м²;

$F_{c.m}$ - площадь теневой поверхности стеклянного перекрытия, м²;

$$\eta_\varphi = 1 - \frac{F_{m.k}}{F_c}, \quad (1.18)$$

где $F_{m.k}$ - разность между общей поверхностью и площади проекции освещённой поверхности каналов $F_{c\sigma}$, м² (то есть $F_{m.k} = F_c - F_{c\sigma}$);

$$X_1 = 1 - \frac{K_\sigma}{K_c} \cdot \frac{F_\sigma}{F_c}, \quad (1.19)$$

где F_σ, F_c - поверхности гелиоколлектора соответственно без стекла и со стеклом, м²;

Отношение K_σ/K_c равно [35]:

$$\frac{K_{\delta}}{K_c} = \frac{1}{1 + (R_{\delta} \pm R_c)K_c}, \quad (1.20)$$

где R_{δ}, R_c - термические сопротивления конвекции и теплопроводности, соответственно.

Таким образом, анализ методов для расчёта энергетического баланса гелиоколлекторов показывают, что оптимизация их конструктивных элементов достигается путями снижения тепловых потерь и повышения термического коэффициента полезного действия. К примеру, увеличение диаметра канала от 14 до 30 мм уменьшает термический КПД гелиоколлектора незначительно и наоборот, то есть при уменьшении диаметра каналов от 14 мм и ниже термической КПД уменьшается сильнее. Снижение температуры воды на выходе из гелиоколлектора увеличивает термический КПД например, в нормальном эксплуатационном режиме гелиоколлектора (для $t = 60^{\circ}\text{C}$) практическое значение КПД равно 0,28, по мере снижения температуры вытекающей воды на 10°C КПД возрастает до 0,4 [36], [37], [38], [39].

1.3. Оценка гелиоэнергетических ресурсов

Для оценки гелиоэнергетических ресурсов на основе обобщения результатов экспериментальных исследований и теоретических расчетов составляют кадастр. Такой кадастр был составлен по различным районам Средней Азии и Закавказья [40], [41], [42], [43].

Однако данные кадастры не имели актинометрические сети и периоды наблюдения были небольшими по времени.

В современных условиях при оценке гелиоэнергетических ресурсов широко используют математический аппарат. Полное солнечное излучение для определённой местности были получены путём составления марковских переходных матриц и модели бета-распределения [44], [45]. Для расчёта дневного излучения составлена математическая модель в виде функции дня года и математические регрессии для различных характеристик излучения с последующим расчётом статистических показателей [46], [47].

В работе [16] путём определения количественных характеристик прямой солнечной радиации на территории Республики Казахстан выделены пять зон и составлено гистограмма, которая позволяет вести расчёты показателей гелиосистем.

С помощью статистических моделей разработанных на основе экспериментальных исследований прямого месячного, почасового диффузного солнечного излучения можно осуществить прогнозную оценку гелиоэнергетических ресурсов [48], [49].

При оценке технически и экономически выгодной солнечной мощности выделены два критерия: первый, средний промежуток времени, когда радиация составляет не ниже $0,4 \text{ кВт/м}^2$, превышает 6 часов в день; второй, среднее число безоблачных дней должно быть не менее половины среднего числа пасмурных дней [50].

Таким образом, оценка гелио энергетических ресурсов имеет специфику для каждого региона с учётом климатических условий. При этом основная задача сводится: к радиационно-климатическому зондированию региона; выявлению климатических особенностей, ряда количественных характеристик изменения солнечной радиации. Кроме того, необходимо осуществить сравнительный анализ многолетних данных актинометрических станций.

В условиях фермерских хозяйств могут быть успешно применены автономные солнечные станции SHOMEKIT, который вырабатывает мощность до 5 кВт электроэнергии, не требует специального обслуживания, монтаж и демонтаж может осуществляться на любом месте [51]. Также может быть использована автономно-мобильная солнечная электростанция на базе стандартных контейнеров, которая вырабатывает мощность до 11 кВт с выходным напряжением 220/380 В электроэнергии. Снабжён аккумулятором [52].

1.4 Устройства для обогрева пола животноводческих помещений: преимущества и недостатки

1.4.1. Электрические устройства

Известно большое многообразие электрических устройств для обогрева пола животноводческих помещений, которые имеют преимущества и недостатки. Полы животноводческих помещений должны отвечать ветеринарно-санитарным требованиям, связанные теплоизоляционными свойствами материалов. По ветеринарно-санитарным нормам для содержания молодняка требуется коэффициент теплоусвоения не более $11,6 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

Основным элементом электрических нагревателей является нагревательное устройство, которое состоит из корпуса, заключенного в раму, теплопроводящей пластины и трубчатых нагревателей [53]. Устройство для обогрева пола животноводческих помещений, состоящее из корпуса, заключенного в бетонный пол, нагревательного элемента и металлической пластины, также является электрическим [54].

Основным недостатком электрических нагревателей, предназначенных для обогрева пола животноводческих помещений является электробезопасность, то есть соблюдать требования электробезопасности на местах значительной сырости какими являются полы животноводческих помещений затруднено. Кроме того, электрический нагреватель полов животноводческих помещений металлоёмкие и неэффективные.

Для устранения отмеченных недостатков разработано устройство [55] (рисунок 1.4). Устройство состоит из воздушной полости 2, стеклянной пластины 5, и пароизолирующей плёнки 8. В устройстве не используются металлические нагревательные элементы. Однако, в данном устройстве нерешенными остаются вопросы электробезопасности и сложность изготовления.

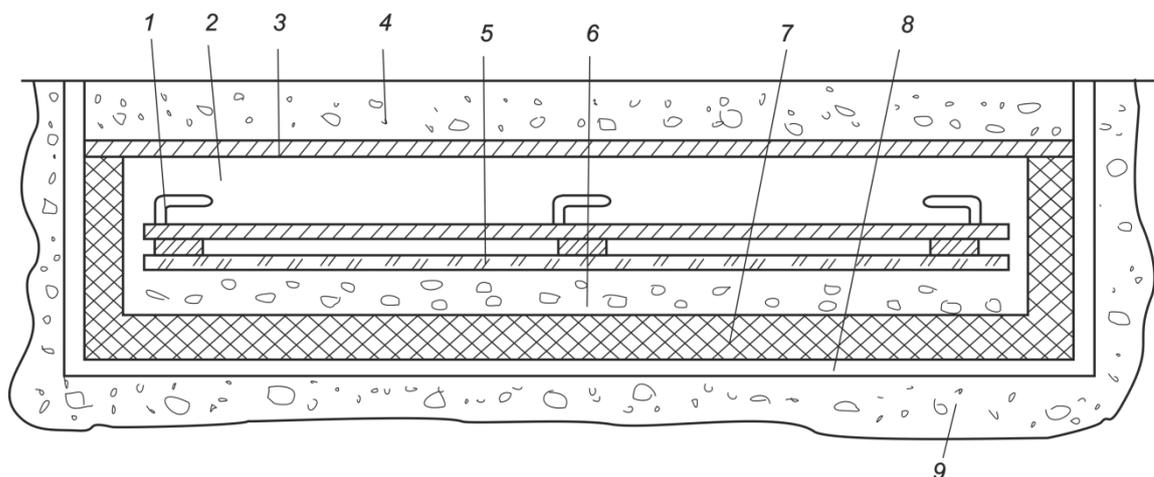


Рисунок 1.4 – Устройство для обогрева пола животноводческих помещений: 1–нагревательный элемент; 2–воздушная прослойка; 3–металлическая пластина; 4–бетон; 5–стеклянная пластина; 6–подушка; 7–теплоизоляционный корпус; 8–полиэтиленовая пленка; 9–бетонный пол;

Полы, содержащие покрытие из керамзитобетонных плит более полно отвечают санитарно-гигиеническим условиям содержания животных и обладают продолжительным сроком службы. Однако в них невысокие теплозащитные свойства [56].

Также существуют полы из керамзитобетонных плит, нанесённых на него аглопоритбетона марки 75 покрытое из резинокордными плитами [57]. Такие полы негативно влияют на организм животных.

Коэффициентом теплоусвоения порядка $15 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ обладают полы помещений для содержания животных из лёгкого керамзитобетона толщиной 80мм [58].

Для улучшения теплоизоляционных свойств полов основание пола выполнена в виде трапециевидных валиков (рисунок 1.5). Теплоизоляционный слой 2 имеет воздушные полости, занимающими 25-40% объёма, в бетоне используется политерм [59]. Политерм—это наполнение полистирольный вспененный гранулированный [60].

Как показали исследования, при использовании пола наполнителем политерм (0,3–0,7%) достигается величина коэффициента теплоусвоения полов, равных $8,2 - 9,5 \text{ Вт/ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

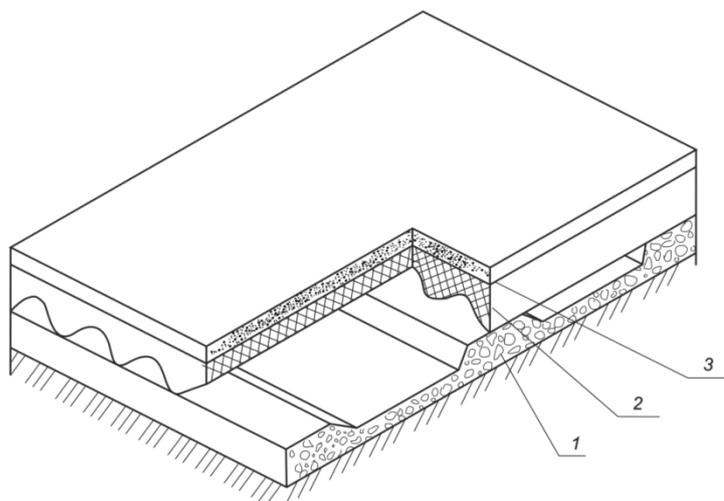


Рисунок 1.5- Устройство полов для содержания животных:

1–основание; 2–теплоизоляционный слой; 3–покрытие пола.

В устройстве [61] воздух нагревается в теплогенераторе и подаётся в подпольные каналы животноводческого помещения.

Для устранения данного недостатка «Устройство для отопления помещения» [62], также содержащее теплогенератор и выполненные в полу животноводческого помещения воздухозаборные каналы.

Данное устройство производит тепло в 3-5 раза больше по сравнению с теплогенераторами, за счёт отбора тепла из животноводческого помещения, то есть за счёт отбора тепла от удаляемого из помещения воздуха.

В устройстве [63] используется центробежный компрессор с трубой, в котором используется тепло атмосферного воздуха. Однако для осуществления такой системы отопления необходимо иметь громадное теплообменное оборудование, что сильно повышает стоимость отопления помещения.

Известны конструкции электрообогреваемых панелей для обогрева молодняка животных. Панель содержит бетонную плиту, в которой расположены нагревательный элемент и стеклянные герметичные трубы [64]. Недостатками данной панели являются сложность ремонтных работ и пониженная электробезопасность из-за появления электрического напряжения на поверхности панели при нарушении изоляции нагревателя.

С целью устранения отмеченных недостатков разработана электронагреваемая панель [65] (рисунок 1.6).

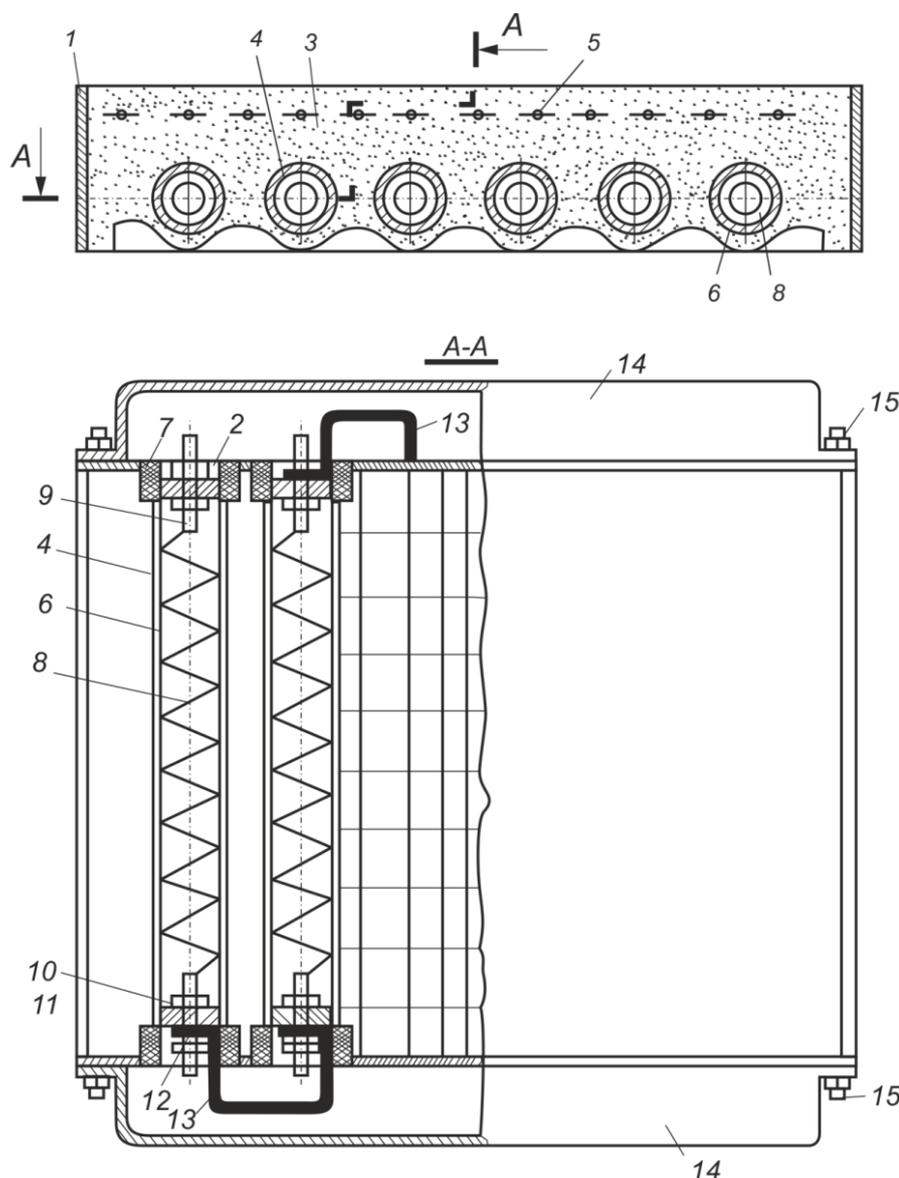


Рисунок 1.6 – Электрообогреваемая панель для молодняка животных:
 1–каркас; 2–отверстия; 3–бетонная плита; 4 – сквозные отверстия;
 5–сетка–экран; 6–стеклянные трубы; 7–прокладка.; 8–нагревательный элемент;
 9 –стержни; 11–шайба; 12–гайка; 13–провода; 14–крышка; 15–болт;

Существует электроустановки для локального обогрева животноводческих помещений и создания микроклимата в зоне нахождения молодняка животных. К таким установкам относятся облучатели типа ССПО, ОРИ, ОВИ, ОЭИ-50с лампами ИКЗК – 220 – 250, ИКЗ – 220 – 500, КИ – 220 – 1000[66],[67].

Инфракрасные лампы зарубежного производства имеют срок службы до 10000 ч. К примеру, лампы марки IR175, R-PAR, LPLPB (InterHeart Южная Корея), галогенная лампа (RYU – ARMCOLTD) и др. [68].

Известны тёмные излучатели ЭИС – 0,25 – И1 «Ирис» и ОКБ – 1376А [69]. Источниками излучения в них служит керамическая плитка, в которую запрессована нагревательная спираль. Иностранными фирмами также выпускается конструкции «тёмных» облучателей, у которых специальный паз греющей плоской панели устанавливается ТЭНы. Таким фирмам относятся: Frisco (Швеция) – серия Elztrip; «ИКО Лайн» (Россия) – серия ЭЛК; Energotech (Швеция) – серия EnergoStrip [70].

Основными недостатками облучателей являются: невысокий КПД (всего 60-70% потребляемой энергии преобразуется в ИК излучение); неравномерность теплового потока в зоне обогрева животных; негативное воздействие постоянного светового излучения на животных; повышение температуры до уровня недопустимой; низкий срок службы ламп; значительный перерасход электрической энергии.

Снизить затраты электроэнергии возможно в режиме обеспечения заданной тепловой поток для обогрева телятника путём автоматического регулирования мощности нагревательного элемента с учётом положения животного (стоячее и лежачее) [71] (рисунок 1.7.).

Это происходит если телёнок встанет на ноги, то он перекрывает собой и отражает обратно поверхностью кожи оптический луч, посылаемый датчиком положения животного. При этом мощность нагревательного элемента снижается в 2–2,7 раза.

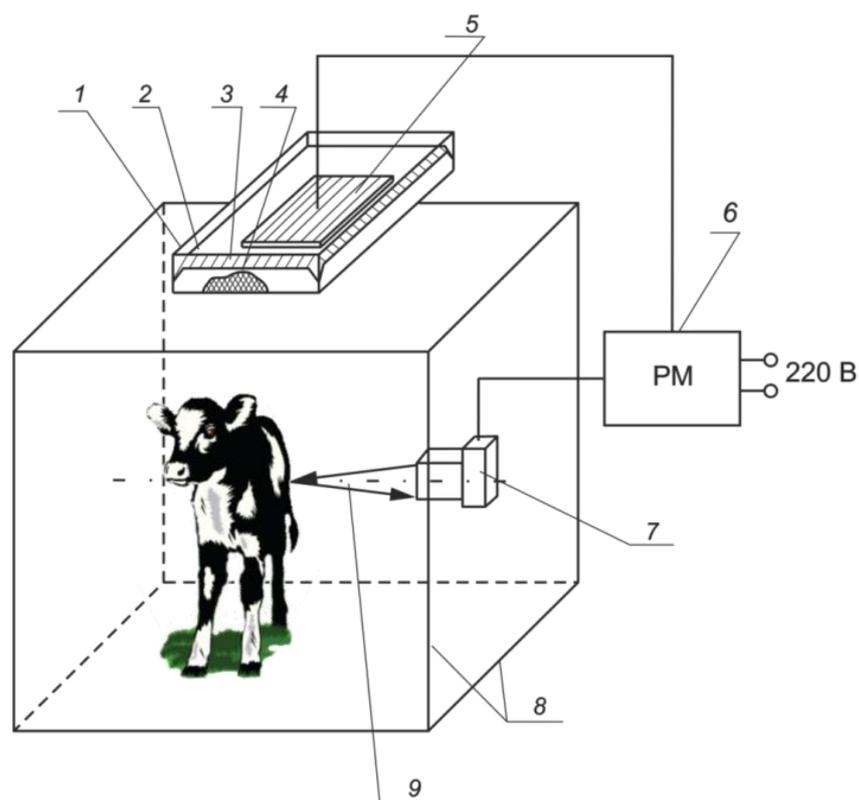


Рисунок 1.7 – Общая схема энергосберегающего инфракрасного электрического обогревателя телят: 1–корпус; 2–теплоизолятор; 3–профилированный отражатель; 4–защитная решетка; 5–нагревательный элемент; 6–регулятор; 7–датчик; 8–ограждающая конструкция; 9–оптическая ось.

Целью уменьшения негативного влияния химических ингредиентов, которые используются при покрытии полов в ходе подготовки элементов покрытия их подвергают ультразвуковому воздействию в течение не менее 1 мин/кг, на частоте около 22 кГц с интенсивностью 10 Вт /см² [71].

Технические характеристики электронагревательных элементов для полов животноводческих помещений, где содержится молодняк, приведены в таблице 1.6 [72].

Таблица 1.6. Технические характеристики электронагревательных элементов для пола

| Нагревательный элемент | Диаметр токоведущей жилы, мм | Допустимая удельная мощность, Вт на 1м пог. длины | Рабочее напряжение, В | Срок службы, тыс. ч. | Допустимая температура, °С |
|------------------------|------------------------------|---|-----------------------|----------------------|----------------------------|
| ПОСХВ | 1,1 | 5-7 | 220 | 12 | 70 |
| ПОСХП | 1,1 | 7-9 | 220 | 12 | 90 |
| ПОСХВТ | 1,4 | 9-11 | 220 | 12 | 105 |
| ПСО | 4-6 | 40-60 | 60 | 30 | 130 |
| КМНС, КМЖ | 3x1 | До 100 | 220 | - | 250 |

Питание электрообогреваемого пола осуществляется при помощи понижающих термоустойчивых трансформаторов.

1.4.2 Биотермические установки

Биотермические установки относятся к альтернативным источникам тепловой энергии, сменяющим традиционные энергоресурсы. Тепло в данных установках образуется при сбраживании сельскохозяйственных отходов (в основном навоза).

В известном устройстве [73], теплообменник в виде трубчатых змеевиков пропущен через хранилище навоза. Змеевики связаны прямым и возвратным трубопроводами с испарителем теплового насоса. Однако при такой схеме тепло пара из верхних слоев не достигает плиты пола. При этом нижние слои являются препятствием для прохода тепла, вследствие чего приходится часто выпускать конденсат, что приводит к уменьшению использования тепла навоза.

В устройстве [74] также используется тепло навоза для подогрева воды и пола помещения. Данное устройство включает ёмкость для водосбора, змеевик для подогрева воды, водопроводную сеть и автопоилку. Змеевик размещён в навозной массе. Недостатком устройства является недостаточное использование тепла навозной массы.

Улучшение использования тепла навоза достигается в биотермической установке (рисунок 1.8) [75].

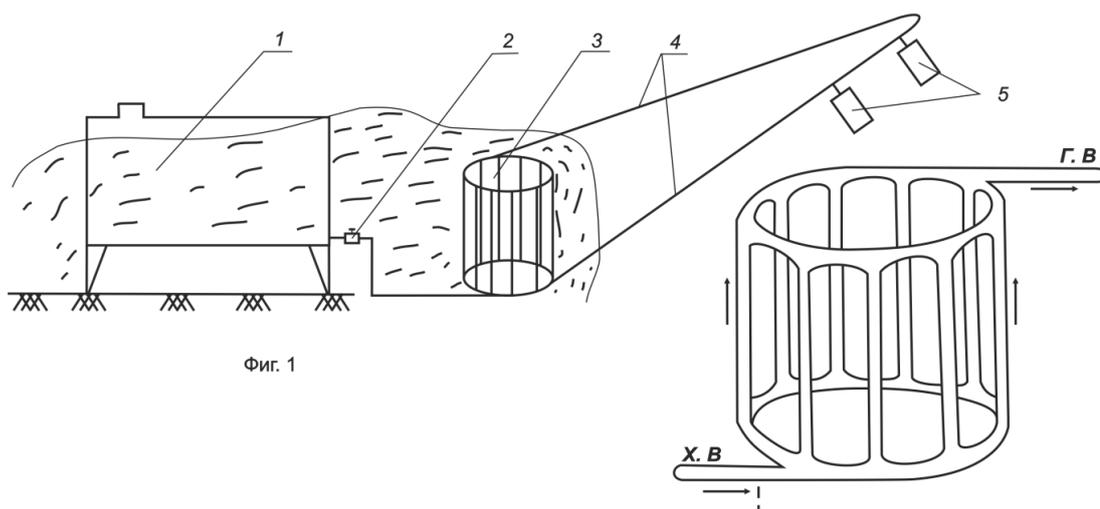


Рисунок 1.8- Схема биотермической установки:

1–ёмкость; 2–вентиль; 3–змеевик; 4–водопроводная сеть; 5 –автопоилки.

Вода из ёмкости 1 для водосбора подаётся в змеевик 3 для подогрева воды, размещённый в навозной массе. За счёт выделяемого навозом тепла вода нагревается и подаётся к автопоилкам 5 и в животноводческое помещение.

В рассмотренных биотермических установках показан общий принцип использования выделяемой биоэнергии. Формирование тепла в биотермической установке во многом зависит от выравненности и плотности нагрева, равномерности его распределения и аккумуляирования тепла, выделяемого навозной массой.

В ходе экспериментальных исследований регистрировались следующие параметры нагрева навоза: конский и овечий навоз со смесью соломы влажностью 70-75% при штабельной укладке, в процессе аэробном сбраживании выделяли тепло до 65-70°C, которая сохранялась на протяжении 46 дней исследования с 20 февраля до 6 апреля (или от начала до конца окота). Температурные параметры находились в прямой зависимости (коэффициент корреляции $r=+0,6$) от доминирующего признака – температуры «навоза». Охлаждение циркулируемой воды носил последовательный характер в пределах температур 35-10° С [76], [77].

Таким образом, использование биотермических установок позволяет создавать микроклимат в животноводческих помещений с учётом

биологических особенностей организма молодняка животных и оказывает положительное влияние на повышение сохранности молодняка.

1.5. Энергетический и тепловой баланс животноводческого помещения

В животноводческом помещении существует система: «человек–животное–окружающая среда» (Ч–Ж–С) где человек и животное испытывает определённое влияние со стороны окружающей среды. Вместе с тем человек и животное воздействует на окружающую среду в процессе жизнедеятельности.

При расчёте теплового баланса животноводческих помещений, где содержится определённое поголовье животных необходимо учитывать энергозатраты организма животных, которые в общем виде имеет вид [78],[79].

$$\mathcal{E}_в + \mathcal{E}_{вн} = \mathcal{E}_о + \mathcal{E}_Т \quad (1.21)$$

где $\mathcal{E}_в$ –внутренняя энергия животного, кДж;

$\mathcal{E}_{вн}$ –внешняя энергия животного, кДж;

$\mathcal{E}_о$ –энергия организма животного на основной обмен, кДж;

$\mathcal{E}_Т$ –тепловые потери организма, кДж;

Из формулы (1.21) следует, что источником внутренней энергии ($\mathcal{E}_в$) для животного является корм, вода и воздух. Вместе с тем, животное окружает среда обитания, из которого животное получают внешнюю энергию ($\mathcal{E}_{вн}$) обусловленные внешними тепловыми источниками.

Расходуемая организмом животного энергия ($\mathcal{E}_о$) в процессе метаболизма (обмена веществ) служит для поддержания организма в нормальном состоянии.

К затратным видам энергии организма относятся тепловые потери ($\mathcal{E}_Т$). Виды энергии как $\mathcal{E}_{вн}$, так и $\mathcal{E}_Т$ разделяются на контактные, радиационные и конвективные.

Равенство левой и правой части формулы (1.21) предполагает идеальный энергетический баланс организма животного. Однако на практике имеет место энергетическое неравенство:

$$\Delta\mathcal{E} = \mathcal{E}_в(\mathcal{E}_о + \mathcal{E}_Т) \pm \mathcal{E}_{вн} \quad (1.22)$$

Из формулы (1.22) следует, что основным источником энергии организма животного является $\mathcal{E}_в$, образующая на основе питания и дыхания. Затраты организма животного на основной обмен веществ $\mathcal{E}_о$ и тепловые потери $\mathcal{E}_т$ определяются физическими законами теплообмена. Внешняя энергия $\mathcal{E}_{вн}$ может благоприятно воздействовать на организм животного или наоборот, в зависимости от климата.

При значениях $\Delta\mathcal{E} \gg 0$ происходит гипертермия (перегрев организма), при значениях $\Delta\mathcal{E} \ll 0$ возможно развитие гипотермия (переохлаждение организма).

Таким образом наиболее благоприятным условиям содержания животных в помещении следует считать выполнение равенства $\Delta\mathcal{E} \approx 0$. Такой энергетический баланс организма животного и окружающей среды должен иметь место в процессе жизнедеятельности животного содержащегося в помещении.

В подобии энергетического дисбаланса (1.22) в организме животного имеет место тепловой дисбаланс организма ΔQ :

$$\Delta Q = \Delta\mathcal{E} - \mathcal{E}_о + \mathcal{E}_м \quad (1.23)$$

С другой стороны, существуют уравнение теплового баланса организма животного и среды обитания, которое имеет следующий вид [78]:

$$\Delta Q = \pm Q_m \pm Q_u \pm Q_k - Q_{ис} \quad (1.24)$$

где Q_m —контактная теплопроводность;

Q_u —лучистый теплообмен;

Q_k —конвективный теплообмен;

$Q_{ис}$ —теплоотдача испарением;

Важно исследовать физический смысл составляющих формулы (1.24) и влияние их на организм животных.

При контактной теплопроводности Q_m количество энергии зависит от коэффициента теплопроводности и градиента температур контактирующих поверхностей. Кожа животного обладает чувствительностью волоконном

рецептором, которые позволяют ему достаточно точно распознавать температуру взаимодействующих с ним объектов.

Лучистый теплообмен Q_u между животным и окружающей средой происходит за счёт испускания, и погашения этими объектами электромагнитного излучения. Общее количество передаваемого тепла зависит от разности температур кожи животного (T_1) и объекта внешней среды (T_2). При $T_1 > T_2$ происходит потери тепла, при $T_1 < T_2$ происходит внешние тепловые нагрузки на организм животного.

В случае $T_1 < T_2$ существует жёсткие ограничения которые характеризуются следующей зависимостью:

$$Y_m = \frac{P_m}{S_o}, \quad (1.25)$$

где Y_m – интенсивность внешнего теплоизлучения, Вт/м²;

P_m – мощность внешнего теплового потока энергии, Вт;

S_o – площадь теплового облучения, м².

В расчётах теплового баланса животноводческих помещений следует учесть, что с учётом примерно пятикратного ослабления земной атмосферой энергия солнечного излучения у поверхности Земли составляет около 270 Вт/м².

Лучистый поток определяется формулой [80]:

$$q_l = C_{np} \cdot F \cdot \psi_{1-2} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right], \quad (1.26)$$

где T_1 – средняя температура поверхности тела одежды человека, К;

T_2 – средняя температура окружающих поверхностей, К;

ψ_{1-2} – коэффициент облучаемости;

$C_{np} = C_1 C_2 | C_o$ – приведенный коэффициент излучения, Вт/(м²К⁴);

$C_1 C_2$ – коэффициенты излучения теплообменных поверхностей, Вт/(м²К⁴);

C_o – коэффициент излучения абсолютно чёрного тела, $C_o = 5,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$.

Конвективный теплообмен обусловлен макродвижением соприкасающегося с организмом животного воздуха. Количество тепла,

передаваемое конвекцией зависит от разности температур животного и окружающей среды. Теплота расходуемая на нагревание вдыхаемого воздуха определяется формулой:

$$q_d = V_l \cdot \rho_v \cdot C_p (t_v - t_{вд}), \quad (1.27)$$

где V_l —легочная вентиляция, м³/с;

ρ_v —плотность вдыхаемого воздуха кг/м³;

C_p —удельная теплоёмкость вдыхаемого воздуха, Дж/кг·гр;

t_v —температура выдыхаемого воздуха, °С;

$t_{вд}$ —температура вдыхаемого воздуха, °С;

$$V_l = V_v \cdot n, \quad (1.28)$$

V_v —объём вдыхаемого за один вдох воздуха, м³;

n —число циклов дыхания в секунду.

Таким образом на конвективный теплообмен влияет скорость движения воздуха, влажность и давление воздуха [81]. Теплоотдача испарением происходит при высокой температуре воздуха и является эффективным способом сброса излишков метаболического тепла [82].

Тепло выделяемое животным при испарении влаги определяется по формуле:

$$q_n = G_n \cdot r, \quad (1.29)$$

где G_n - количество выделяемой влаги, кг/с;

r —скрытая теплота испарения, Дж/кг.

Тепловой баланс системы: «животное - окружающая среда» (Ж - С) в соответствии с формулой (1.24) зависит от температуры t , скорости V_v , относительной влажности $W\%$ и барометрического давления воздуха $P_б$. Кроме того на тепловой баланс системы «Ж–С» влияет температура окружающих предметов T и интенсивность движения животного U . В общем виде данную зависимость можно записать в следующем виде:

$$Q = f(t, V_v, W, P_б, T, U) \quad (1.30)$$

1.6. Выводы по разделу 1

1. По данным ведущих фирм и стран конструктивные и теплоэнергетические параметры гелиоколлекторов зависят от способов фокусирования солнечной энергии путём концентрирования отраженной энергии, применение активных перегородок и фокусирующих концентраторов, а также от используемых материалов и технологичности изготовления.

Простотой конструкции и надёжности обладает плоские гелиоколлекторы, которые предназначены для подогрева теплоносителя ниже 100°C . Такие коллекторы поглощают прямые и рассеянные солнечные излучения и могут быть использованы в животноводческих помещениях, в частности для обогрева пола данных помещений.

2. Анализом выявлены основные недостатки гелиоколлекторов: концентрирующие гелиоколлекторы поглощают мало рассеянного солнечного излучения и требуют постоянной настройки; невозможность обеспечения абсолютной герметичности присоединении разнородного материала из-за разности их теплопроводности вакуум через некоторое время ухудшается; материалоемкость трубно – листовых конструкций, нетехнологичность их изготовления; возможность утечки теплоносителя из коллекторного контура при повреждении; теплопроводники не выдерживают высокого давления.

3. Интенсивность солнечного излучения для наклонных поверхностей при больших высота солнца мало зависит от высоты солнца. Для горизонтальных поверхностей при малых высотах солнца небольшое изменение высоты солнца (при уменьшении высоты) сопровождается значительным уменьшением солнечной радиации. Поэтому при выборе мест размещения гелиоколлекторов необходимо учитывать угол наклона лучевовоспринимающих поверхностей.

4. Оптимизации конструктивных и эксплуатационных параметров гелиоколлекторов осуществляется путём снижения тепловых потерь и повышения термического коэффициента полезного действия. Исследованиями установлено, что при уменьшении диаметра каналов от 14мм и ниже

термический КПД уменьшается значительно. По мере снижения температуры вытекающей воды на 10°С термический КПД возрастает от 0,28 до 0,4.

5. Оценка гелиоэнергетических ресурсов осуществляется с учётом специфики каждого региона в зависимости от климатических условий. Основная задача оценки включает: радиационно–климатическое зондирование региона; выявление климатических особенностей и ряда количественных характеристик изменения солнечной радиации; анализ многолетних данных актинометрических станций.

6. Основными недостатками электрических нагревателей для обогрева пола животноводческих помещений является: пониженная электробезопасность из-за появления электрического напряжения на поверхности пола при нарушении изоляции нагрева; негативное влияние химических ингредиентов которые используются при покрытии полов (керамзит, аглопоритбетон, резинокордные плиты); сложность выполнения ремонтных работ при повреждении проволочного электрического нагревателя и извлечения её из бетонной плиты для замены; повышенная стоимость и низкая надёжность;

7. В биотермических установках тепло образуется в процессе сбраживания сельскохозяйственных отходов (в основном навоза). Формирования тепла зависит от выравненности, плотности и равномерности нагрева биомассы и аккумуляирования тепла. Использование биотермических установок способствует улучшению микроклимата в животноводческих помещениях, так как при этом лучше учитывается, биологические особенности организма молодняка животных и повышается их сохранность.

8. Наиболее благоприятным условием содержания сельскохозяйственных животных, особенно молодняка является создание в животноводческом помещении энергетического и теплового баланса путем исследования физических, информационных и экологических показателей составляющих формул (1.21), (1.22) и (1.24).

Анализ состояния вопроса и сформулированные выводы позволяют выдвинуть следующие задачи:

-провести сравнительный анализ существующих технологий обогрева животноводческих помещений для обоснования выбора энергосберегающей системы обогрева с помощью местных возобновляемых источников энергии;

-разработать технологию обогрева пола телятника на основе энергосберегающей системы с использованием гелио и биоэнергетической установки;

-разработать методику обоснования параметров гелиоколлектора и биотермической установки при их совместном функционировании в животноводческом помещении;

-провести теоретические и экспериментальные исследования теплообменных процессов гелио и биоэнергетической установки; вывести аналитические зависимости температурных режимов и технико–эксплуатационных показателей установки;

-провести расчет технико–экономической эффективности энергосберегающей системы.

РАЗДЕЛ 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ

2.1. Обоснование выбора конструктивно – технологической схемы гелио – и биотермической установки для обогрева пола телятника

Здоровье молодняка сельскохозяйственных животных которые до 60% времени суток находятся в лежачем положении, зависит от температуры пола животноводческого помещения. Полы животноводческих помещений должны иметь хорошие теплоизоляционные свойства. Согласно ветеринарно–санитарным нормам для содержания сельско–хозяйственных животных потребуется теплоусвоения их организма не более $11,6 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$. [58]. По данным технологического норматива температура пола телятника составляет 12°C с учетом дифференциала температуры $\Delta t_{\text{н}} = \pm 2^\circ\text{C}$ [83].

Разработанная нами гелио – и биотермическая установка, которая составляет основу энергосберегающей технологии обогрева пола телятника поясняется общей схемой (рисунок 2.1) [84], [85], [86].

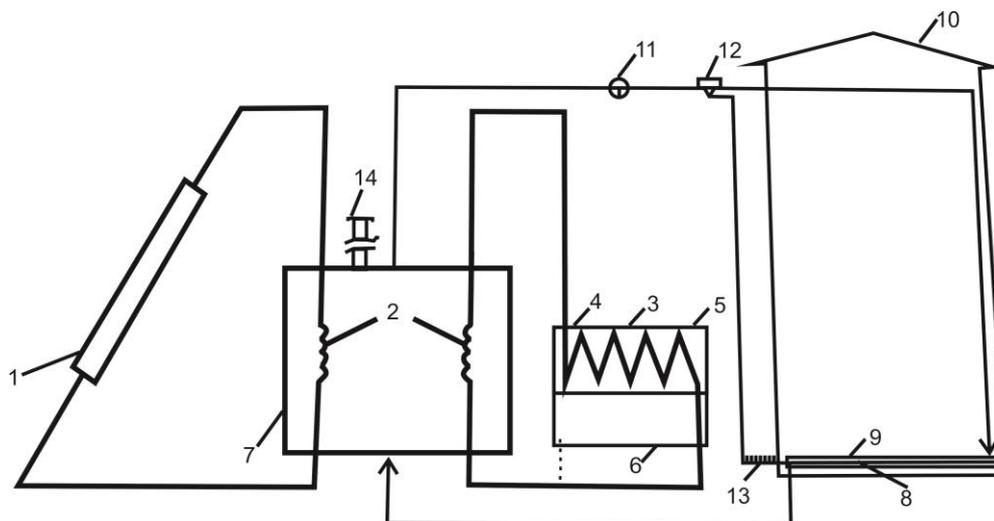


Рис. 2.1 – Общая схема энергосберегающей технологии обогрева пола телятника: 1–гелиоколлектор; 2–теплообменник; 3–биотермическая установка; 4–верхняя емкость; 5–змеевик; 6–нижняя емкость; 7–бак аккумулятора; 8–змеевик пола; 9–пол; 10–животноводческое помещение; 11–клапан; 12–терморегулятор; 13–датчик; 14–горловина;

Функционирование энергосберегающей технологии обогрева пола телятника осуществляется следующим образом.

Вода, нагретая с помощью солнечного коллектора 1 с одной стороны и также вода в биотермической установке 3, нагретая за счет теплоты, выделяемой в процессе перегноя из свежего навоза, размещенного в верхней емкости 4, где установлен змеевик 5, с другой стороны, циркулируют через собственные теплообменники 2 по способу термосифона, так как система выполнена с уклоном 2° от верхней точки, нагревая воду в бак–аккумуляторе 7. Для поддержания нормативного значения температуры (12°C) пола 9 телятника 10 нагретая вода также по способу термосифона циркулирует по внутренней системе: бак–аккумулятор 7, клапан 11, терморегулятор 12, змеевик пола 8, бак–аккумулятор 7. Циркуляция воды во внутренней системе будет приостановлена в случае повышения температуры ($+2^\circ\text{C}$) от нормы (12°). При этом терморегулятор 12 закрывает клапан 11 по сигналу датчика 13. Клапан 11 будет в закрытом положении до тех пор, пока температура пола не достигнет нижнего предела нормативной температуры ($t_n^{min} = 10^\circ\text{C}$). При данной температуре пола клапан 11 открывается, циркуляция воды во внутренней системе будет восстановлена. Расход воды в баке–аккумуляторе в результате испарения пополняется через горловину 14. Использованный навоз (перегной) через дно верхней емкости сбрасывается в нижнюю емкость 6, а верхняя емкость 4 заполняется свежим навозом.

Технология позволяет одновременно использовать солнечную радиацию и тепло выделяемого из свежего навоза в процессе его разложения для обогрева пола телятника. При этом, повышается эксплуатационная надежность системы по сравнению с отдельным использованием гелиоколлектора и биотермической установки. Система отвечает современным требованиям энергосбережения за счет использования тепловой энергии возобновляемых ресурсов.

2.2. Моделирование энергосберегающей технологии обогрева пола телятника

2.2.1. Системное описание и принципы моделирования показателей функционирования технологии

Системное описание технологии осуществлено в виде взаимосвязанных подсистем [87].

$$S = S_1 U S_2 U S_3, \quad (2.1)$$

где S_1 - подсистема «гелиоколлектор»;

S_2 - подсистема «биотермическая установка»;

S_3 - подсистема «животноводческое помещение» (телятник);

Каждая подсистема состоит из своих элементов, и вместе с тем, в системе имеются общие элементы для каждой подсистемы (таблица 2.1).

Таблица 2.1. Подсистемы, элементы подсистем и общие элементы.

| Подсистемы | Элементы подсистем | Общие элементы |
|------------|--------------------------|----------------------------------|
| S_1 | S_{11}, S_{12} | $S_{14}, S_{15}, S_{16}, S_{17}$ |
| S_2 | S_{21}, S_{22}, S_{23} | S_{18} |
| S_3 | S_{31}, S_{32}, S_{33} | |

$$S_1 = S_{11} U S_{12}; \quad S_2 = S_{21} U S_{22} U S_{23}; \quad S_3 = S_{31} U S_{32} U S_{33};$$

S_{11} —поглощающая панель гелиоколлектора; S_{12} —прозрачная изоляция;

S_{21} —верхняя емкость для свежего навоза; S_{22} —змеевик; S_{23} —нижняя емкость для перегноя; S_{31} —пол телятника; S_{32} —змеевик пола; S_3 —здание (телятник); S_{14} —бак-аккумулятор; S_{15} —теплообменник; S_{16} —клапан; S_{17} —терморегулятор; S_{18} —датчик.

В данной системе, подсистемы S_1 и S_2 являются источниками тепловой энергии и снабжают подсистему S_3 теплом в зависимости от погодных условий. В подсистеме S_1 солнечная энергия преобразуется в тепловую, а в подсистеме S_2 выделяется тепло в результате брожения свежего навоза.

Функционирование подсистем S_1 и S_2 осуществляется во времени и зависит от объективных факторов: времени года, погодных условий (температура, влажность воздуха) и ветер. В целом функционирование системы

(технологии) носит вероятностный характер, то есть в каждый момент времени система находится в одном из возможных состояний: на вход системы могут поступать входные сигналы, система способна выдавать выходные сигналы.

Моделирование подобных систем осуществляется с помощью теории агрегативных систем, где в качестве агрегатов служит система и подсистемы [88], [89].

На рисунке 2.2. дана блок–схема функционирования энергосберегающей технологии обогрева пола телятника.

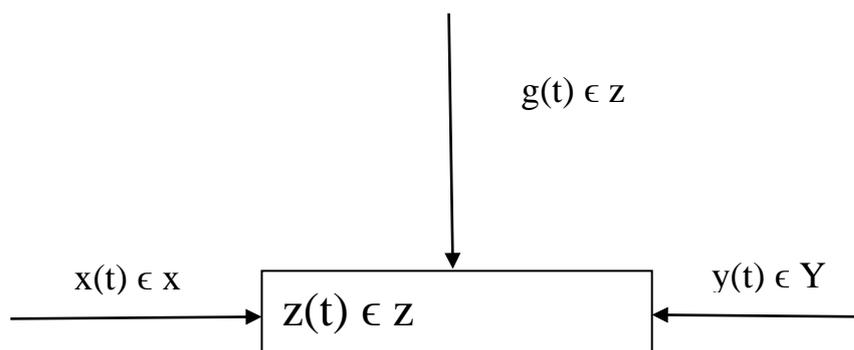


Рисунок 2.2–Блок–схема функционирования технологии: $X(t)$ –характер поступления тепловой энергии (солнца, навоз); $Y(t)$ –количество вырабатываемой тепловой энергии; $Z(t)$ –пол телятника; $g(t)$ –варианты возмущения входных параметров системы.

В данной системе нас больше интересует состояние векторов $Z(t)$ и $Y(t)$ которые определяются соответственно операторами H и W .

В каждый момент времени t_1 телятник (пол телятника) находится в одном из возможных состояний, которое определяется оператором H и его предыдущим состоянием $Z(t_0)$, (где $t_1 > t_0$):

$$Z(t) = H\{[t, t_0, Z(t_0), (t, X_e)]_{t_0}^{t_1} \cdot \omega\}, \quad (2.2)$$

Оператор W определяет выходной сигнал (количество тепла) $Y(t)$ для момента времени, например t_c – суточное время:

$$Y(t) = W\{[t, t_0, Z(t_0), (t, X_e)]_{t_0}^{t_c} \cdot \omega\}, \quad (2.3)$$

где ω – случайные возмущения, воздействующие на телятник в момент t_1 (t_c).

Моделирование технологии предусматривает поведения ее в некоторые дискретные моменты времени:

$$t_0 < t_1 < t_2 < \dots < t_n < \dots \quad (2.4)$$

В данном случае t_0 считается фиксированным. В общем виде состояние телятника в любой момент времени характеризуется функциональной зависимостью трех векторов:

$$Z_j(t) = f[x_1, x_2, \dots, x_k; Z_1(t_0), Z_2(t_0), \dots, Z_e(t_0); q_1(t), q_2(t), \dots, q_m(t)], \quad (2.5)$$

$$j = (1, \dots, k), (1, \dots, e), (1, \dots, m),$$

где x_k –вектор – функция параметров гелиоколлектора и биотермической установки;

Z_e –вектор–функция тепловых характеристик телятника;

q_m –вектор–функция входных возмущений.

Теоретический анализ функционирования технологии осуществляется по общепринятой схеме: «вход–процесс–выход», соблюдая при этом принцип системности. Где «вход» внешние показатели воздействия, «выход» ожидаемые показатели, которые определяются исследованиями закономерностей взаимодействия процессов между входными и выходными параметрами.

В энергосберегающей технологии подсистема S_1 , которая предназначена для солнечного теплоснабжения имеет агрегат A_1 (гелиоколлектор). Математическое моделирование агрегата A_1 предусматривает установление вида и характера преобразования входных векторных функций (X_1') и (g_1') в выходные (Y_1') ;

$$Y' = A_1(X_1', g_1'), \quad (2.6)$$

Для любой пары векторных функций $[X_{1(n)}'(\tau)], [g_{1(n)}'(\tau)]$ в интервале наблюдения $\tau_0 < \tau < \tau_n$ существует:

$$Y_n'(\tau) = A_1[X_{1(n)}'(\tau)] \text{ и } Y_n'(\tau) = A_1[g_{1(n)}'(\tau)], \quad (2.7)$$

Поскольку компоненты $X_{1(n)}'(\tau), g_{1(n)}'(\tau)$ и $Y_n'(\tau)$ являются случайными процессами, они задаются множеством реализаций:

$$X'_{1(n)}(\tau) = \{X'_{1(n)1}(\tau); X'_{1(n)2}(\tau); X'_{1(n)3}(\tau); \dots X'_{1(n)i}(\tau)\}, \quad (2.8)$$

$$q'_{1(n)}(\tau) = \{q'_{1(n)1}(\tau); q'_{1(n)2}(\tau); q'_{1(n)3}(\tau); \dots q'_{1(n)i}(\tau)\}, \quad (2.9)$$

$$Y'_n(\tau) = \{Y'_n1(\tau); Y'_n2(\tau); Y'_n3(\tau); \dots Y'_ni(\tau)\}, \quad (2.10)$$

Аналогично подсистема S_2 которая предназначена для теплоснабжения телятника имеет агрегат A_2 (биотермическую установку), также обладает случайными процессами и имеет множество реализаций:

$$Y'' = A_2(X'_1, g''_1), \quad (2.11)$$

Кроме того каждая подсистема S_1 и S_2 имеет собственные пространственно–временные характеристики. Для подсистемы S_1 пространственно–временной характеристикой является интенсивность солнечной радиации, которая переменна во времени и в пространстве:

$$Y'(\tau) = Q_{cp}(t), \quad (2.12)$$

где Q_{cp} –количество солнечной радиации.

Тепло выделяемое из навоза зависит от его химико–физических свойств (C_n), массы (M_n) и температуры атмосферного воздуха (T_c):

$$Y''(\tau) = Q_n(C_n, M_n, T_c), \quad (2.13)$$

где Q_n – количество тепла выделяемое из навоза.

Температура атмосферного воздуха также имеет собственную закономерность:

$$Y(\tau) = T_c(\tau), \quad (2.14)$$

где T_c – температура атмосферного воздуха.

Таким образом, в качестве основных уравнений исследуемой системы (технологии) можно выделить следующие закономерности:

$$X_1(\tau) = [Q_{cp}(t) + T_c(t)]\eta_{cp}; \quad (2.15)$$

$$X_2(\tau) = [Q_n(C_n, M_n) + T_c(t)]\eta_n; \quad (2.16)$$

где η_{cp} и η_n - коэффициенты полезного действия соответственно гелиоколлектора и биотермической установки.

Таким образом, математическое моделирование энергосберегающей технологии показывает, что она представляет собой систему взаимосвязанных явлений и процессов.

Границы данной системы и необходимость ее разделения на подсистемы определяется целями и задачами подсистем, которые наглядно показано в диаграмме (рисунок 2.3).

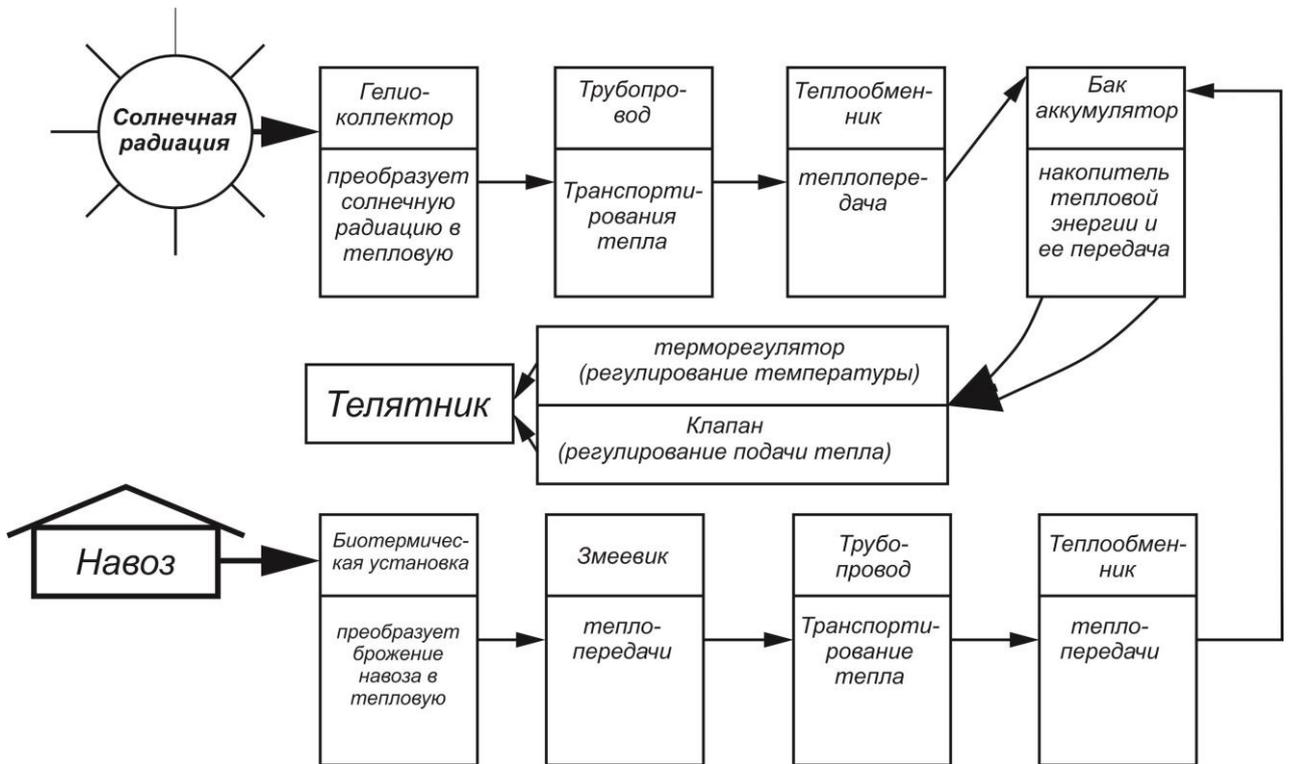


Рисунок 2.3—Диаграмма функции совмещения гелиоколлектора и термической установки.

Данная диаграмма представляет собой информационную модель энергосберегающей технологии обогрева пола телятника и решается с использованием методов функционального анализа: FAST (Functional Analysis System Technique) [90]. Сущность функционального анализа заключается в том, что вероятность появления любой из перечисленных функциональных переходов можно рассчитать через частность:

$$P(y) = \frac{1}{j^*} \sum_{j=1}^{j^*} y_j, \quad (2.17)$$

где $P(y)$ —вероятность появления величины y ;

j^* - число заявок, поступивших в систему в течении интервала моделирования;

y_j -значения величины Y за j -й заявки.

Расчет статистических показаний осуществляется по общепринятой методике [91], [92].

Математическое ожидание величины X :

$$X = \frac{1}{j^*} \sum_{(j)} X_j, \quad (2.18)$$

где X_j - значение величины X для j - й заявки;

Дисперсия величины X :

$$D_x^2 = M[x^2] - [M(x)]^2, \quad (2.19)$$

где D_x^2 -дисперсия x ;

$M[x^2]$ -математическое ожидание X^2 ;

$[M(x)]^2$ -квадрат математического ожидания величины X .

Среднеквадратическое отклонение величины X :

$$\delta_x = \sqrt{M[x^2] - [M(x)]^2}, \quad (2.20)$$

2.2.2. Моделирование изменчивости солнечных сияний за отопительный период

Исходными материалами для моделирования изменчивости солнечных сияний послужили среднестатистические значения СНиП 23.02.00 «Строительная климатология Кыргызской Республики» за отопительный период (таблица 2.2) [93].

Таблица 2.2 – Суммарная солнечная радиация в Кыргызской Республике в зависимости от географической широты местности за отопительный период, кВт – ч/(м²·месяц)

| Месяцы отопительного периода | Географическая широта, град. с. ш. | | | | | | | | Усредненная |
|------------------------------|------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------|
| | 40° | 44° | 48° | 52° | 56° | 60° | 64° | 68° | |
| | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Октябрь (с 15 числа) | $\frac{141,8}{2}$ | $\frac{129,3}{2}$ | $\frac{112,9}{2}$ | $\frac{95,6}{2}$ | $\frac{74,2}{2}$ | $\frac{57,8}{2}$ | $\frac{48,1}{2}$ | $\frac{33,9}{2}$ | 43,4 |
| Ноябрь | 99,5 | 85,6 | 70,6 | 53,9 | 35,3 | 23,4 | 15,6 | 9,45 | 49,2 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Декабрь | 82,8 | 65,1 | 51,2 | 35,0 | 23,4 | 13,1 | 9,2 | 6,9 | 35,8 |
| Январь | 89,5 | 72,6 | 57,5 | 45,6 | 31,4 | 18,9 | 9,73 | 7,78 | 41,6 |
| Февраль | 120,9 | 101,5 | 90,1 | 75,1 | 61,2 | 46,9 | 37,2 | 31,1 | 70,5 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Март (до 15 числа) | $\frac{177,6}{2}$ | $\frac{167,6}{2}$ | $\frac{157,1}{2}$ | $\frac{146,8}{2}$ | $\frac{129,8}{2}$ | $\frac{112,9}{2}$ | $\frac{112,6}{2}$ | $\frac{78,4}{2}$ | 67,7 |

Графическое изображение суммарной солнечной радиации в Кыргызстане в виде зависимости изменения данной радиации на горизонтальную поверхность от географической широты местности в течении отопительного периода приведена на рисунке 2.4[94].

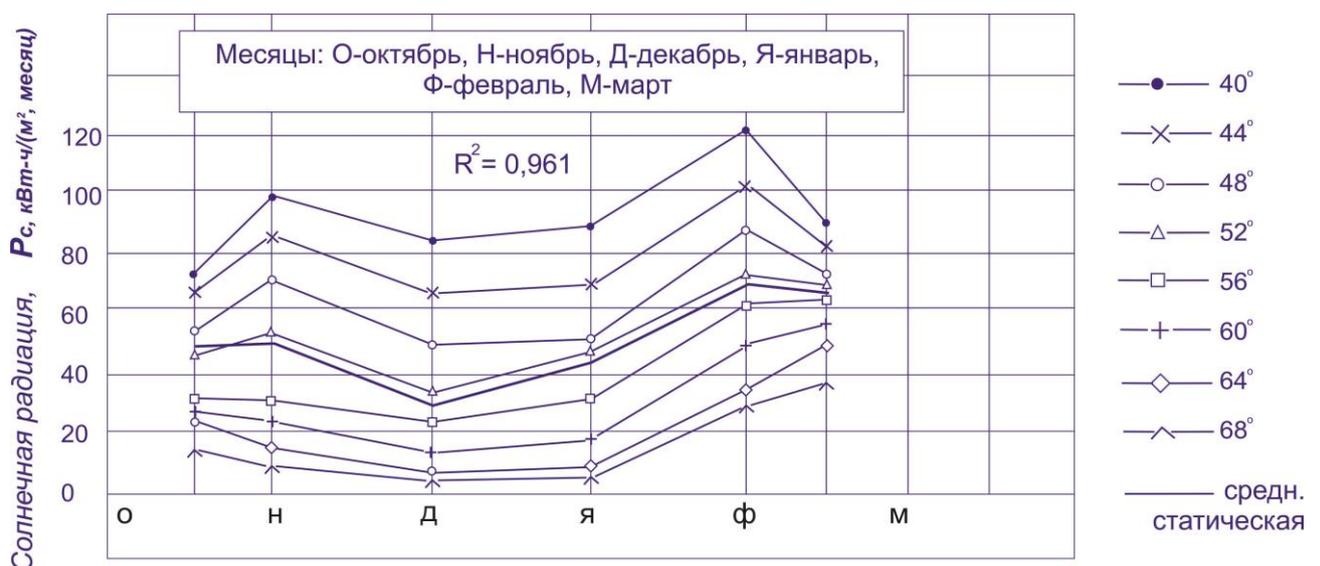


Рисунок 2.4–Зависимость изменения солнечной радиации P_c от географической широты (град.с.ш) местности за отопительный период

Усредненные данные солнечной радиации на горизонтальную поверхность по географическим широтам на 1м² за отопительный период занесены в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 – Усредненная солнечная радиация на горизонтальную поверхность в расчете на 1м²

| Географическая широта град. с.ш. | 40° | 44° | 48° | 52° | 56° | 60° | 64° | 68° |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Средняя за отопительный период, кВт·ч (м ² ·месяц) | 92,06 | 78,87 | 67,40 | 55,13 | 42,22 | 31,27 | 25,38 | 18,56 |
| Средняя за отопительный период, кВт/м ² | 0,26 | 0,22 | 0,19 | 0,15 | 0,12 | 0,09 | 0,07 | 0,05 |
| Средняя за день, Р _{ср} | 0,026 | 0,022 | 0,019 | 0,015 | 0,012 | 0,009 | 0,007 | 0,005 |

Примечание: 1. Пример перевода $92,06 \frac{\text{кВт}\cdot\text{ч}}{\text{м}^2\cdot\text{месяц}} = 92,06 \frac{\text{кВт}\cdot\text{ч}}{[(\text{м}^2\cdot(30\cdot12))\cdot4]} = 92,06 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2\cdot360} = 0,26 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}$; (где 30 – дни в месяце, 12 – средние дневные часы в сутке) пример перевода $0,26 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2} = 0,26 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2\cdot10} = 0,026 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}$; (где 10 средние активные часы в сутки).

Обработка и анализ объективных материалов СНиП 23.02.00 показывает, что на территории Кыргызской Республики использование солнечной энергии за отопительный период требует дополнительного применения активных технических средств для преобразования данного вида энергии в тепловую или электрическую. Критерием эффективности использования солнечной радиации служит показатель, когда солнечная радиация за средний промежуток времени составляет не ниже 0,4 кВт/м² [16]. Полученные расчетные данные (0,05...0,26 кВт/м²) не отвечает данному критерию, поэтому при использовании солнечной радиации для обогрева пола животноводческих помещений за отопительный период необходимо дополнительно использовать другие средства обогрева, в частности биотермическую установку, где можно использовать тепло свежего навоза в процессе его брожения.

2.2.3. К обоснованию угла наклона гелиоколлектора

Основным фактором повышения эффективности гелиоколлектора является обоснование его угла наклона. В справочниках приводятся среднемесячные значения интенсивности солнечной радиации на горизонтальную поверхность [95].

Для наклонной поверхности предложена следующая рекомендация в виде формулы:

$$\Delta^\circ = \text{Ш}^\circ - 15^\circ, \quad (2.21)$$

где Δ° - оптимальный угол наклона гелиоколлектора к горизонту, град;

Ш° - географическая широта местности, град;

Коэффициент полезного действия гелиоколлектора зависит от полезной солнечной энергии, которая преобразуется в коллекторе. В свою очередь полезная солнечная энергия на горизонтальную поверхность складывается от векторов:

$$H^c = H^n \cdot \cos \theta_z, \quad (2.22)$$

где H^c – вертикальная составляющая вектора солнечной радиации;

H^n - вектор потока прямого излучения;

θ_z – угол наклона гелиоколлектора, град.

Для определения угла падения прямой солнечной радиации рекомендовано формула [96]:

$$\begin{aligned} \cos \theta_n = \sin \left(23,45 \cdot \sin 360 \left(284 + \frac{n}{365} \right) \right) \\ \cdot \sin \text{Ш}^\circ \cdot \cos z^1 - \sin \beta \cdot \cos \text{Ш}^\circ \cdot \sin \text{Ш}^\circ \cdot \cos j + \cos \beta \cdot \cos \text{Ш}^\circ \\ \cdot \cos z^1 \cdot \cos V^\circ \cdot \cos \beta \cdot \sin \text{Ш}^\circ \cdot \sin z^1 \cdot \cos j \cdot \cos V^\circ + \cos \beta \cdot \sin z^1 \\ \cdot \sin j \cdot \sin V^\circ, \end{aligned} \quad (2.23)$$

где $\beta = [23,45 \cdot \sin 360 (284 + \frac{n}{365})]$ - склонение солнца, град;

z^1 – угол между рассматриваемой плоскостью и горизонтальной поверхностью, град;

j – азимут плоскости, град;

V° - часовой угол, град;

n – порядковый номер дня.

При расчете угла наклона гелиоколлектора необходимо учитывать поправочный коэффициент R_B :

$$R_g = \frac{\cos(III^\circ - Z') \cos \beta \cdot \cos V^\circ + \sin(III^\circ - Z') \sin \beta}{\cos III^\circ \cdot \cos \beta \cdot \cos V^\circ + \sin III^\circ \cdot \sin \beta}, \quad (2.24)$$

Зависимости (2.21) – (2.24) показывают, что для расчета коэффициента полезного действия гелиоколлектора (полезной солнечной энергии) необходимо иметь данные углов: β , Z' , γ , V° и поправочных коэффициентов R_B за определенное время (годовой цикл или за отопительный период).

Существует усовершенствованная методика расчета солнечной радиации H_r , где учитываются прямая, рассеянная и отраженная радиация от поверхности земли [96]:

$$H_m = H_g \cdot R_g + H_d \frac{1 + \cos Z'}{2} + (H_d + H_g) \frac{1 - \cos Z'}{2} \rho, \quad (2.25)$$

где H_B , H_d – прямая и рассеянная составляющая солнечной радиации на горизонтальную поверхность;

ρ – отраженная радиация от поверхности земли (9 – 10% от суммарной радиации).

2.2.4. Статистическое моделирование накопления навоза в телятнике

В телятнике навоз является собственным сырьем и источником тепловой энергии. Данный вид энергии может быть использована для отопления пола телятника. Для этого необходимо изучить процесс накопления навоза в телятнике. Необходимо отметить, что изучить накопление навоза в условиях пастбищ затруднено. Как правило, телята в возрасте до 4 месяцев обычно содержатся в стойловом содержании, поэтому есть возможность изучить процесс накопления навоза на этот период.

При этом исходными данными являются: поло – возрастная группа животных, их поголовье, суточное выделение навоза одним животным (в среднем), продолжительность нахождения данного вида животного в стойле.

Для решения отмеченной задачи с учетом исходных данных можно воспользоваться методами статистического моделирования использующие соответствующие векторы – функции [89],[97]:

- период привязанного содержания животных,

$$X = \{x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)\}$$

- уравнение для описания массы навоза,

$$F = \{f_1(t), f_2(t), \dots, f_k(t)\}$$

- изменение внутреннего состояния телятника,

$$Z = \{z_1(t), z_2(t), \dots, z_l(t)\}$$

- выходные показатели телятника по выходу навоза,

$$Y = \{y_1(t), y_2(t), \dots, y_m(t)\}$$

Число составляющих данных векторов n , k , l , m зависит от условий содержания животных, способа уборки навоза (ручная или механизированная), вместимости навозосборника, объема верхней емкости биотермической установки (см. рис. 2.1).

Моделирование накопления навоза в телятнике учитывает его состояние, которое определяется следующими параметрами: первоначальная масса навоза в телятнике m_0 , количество телят n_0 , момент начала выделения навоза t_i , масса выделенного навоза с одного теленка (в среднем) m_0' за определенное время, продолжительность накопления навоза t_n .

Пусть в момент времени начала накопления навоза обозначается, как t_{nvi} :

$$t_{nvi} = t_{pi}, \text{ если } t_{nvi} < t_{ni}, \quad (2.26)$$

$$t_{nvi} = t_{kvi}, \text{ если } t_{kvi} > t_{kvi-1}, \quad (2.27)$$

где t_{pi} - момент времени начало выделения навоза i - того теленка;

t_{kvi-1} - момент времени окончания выделения навоза $i - 1$ теленком;

Накопленная масса навоза в момент времени окончания выделения $i - 1$ теленка составляет:

$$m_n = n_0 \cdot m_0(tk) + \sum_{t_1}^{t_k} [n_0 m_0(t_k - 1) + n_0 m_0(t_k)], \quad (2.28)$$

Для сбора данной массы навоза потребуется специальная емкость вместимостью:

$$V_H = n_0 \cdot m_0(t_k) + \sum_{t_1}^{t_{k-1}} [n_0 m_0(t_k - 1) + n_0 m_0(t_k)], \quad (2.29)$$

Следовательно, вместимость верхней емкости V_H^g биотермической установки равна:

$$V_H^g \geq V_H \quad (2.30)$$

Из условия (2.30) вместимость нижней емкости V_H^g биотермической установки составляет:

$$V_H^H \geq V_H^g \quad (2.31)$$

Статистика накопления навоза в телятнике (фермерского хозяйства Гайрат – Бекзад) поголовьем 25-26 телят содержащиеся по стойловому способу составлено экспериментальными исследованиями. Статистика и обработка экспериментальных данных приведены в разделе 3 «Методика исследований».

Расчетная суммарная масса навоза из телятника, которое может быть переработана для выделения тепловой энергии в биотермической установке составляет:

$$M_{20} = \frac{m_1 \cdot D \cdot n}{\rho_H}, \quad (2.32)$$

где M_{20} - годовой выход навоза при стойловом содержании телят, т (m^3);

m_1 – суточное выделение навоза от одного теленка, кг;

D – число дней накопление навоза эквивалентное ко времени содержания телят на стойле, дни;

n – количество телят находящиеся в стойле, голов;

ρ_H - плотность навоза, кг/ m^3 .

Как было упомянуто выше в условиях пастбищ учет и сбор навоза целесообразно. Реальное накопление навоза происходит только в стойловом содержании животных. Накопление навоза в животноводческих помещениях происходит повсеместно, так как распределение сельскохозяйственных животных на территории Кыргызской Республики также имеет повсеместный характер.

2.3. Основы теплового расчета телятника

2.3.1. Динамические характеристики подсистем: «гелиоколлектор – биотермическая установка – телятник»

В пункте 2.2.1 подраздела 2.2. рассмотрены в формализованном виде характерные состояния подсистем: «гелиоколлектор–биотермическая установка–телятник» без выявления качественных и количественных взаимосвязей входных и выходных переменных (зависимость (2.1)).

При анализе динамических характеристик данных подсистем в виде одной системы S , температура пола телятника рассматривается как функция данной системы, где существует взаимосвязи и зависимости входных и выходных переменных величин. Количественные или качественные значения величин определяются расчетным путем или на основе экспериментальных исследований с учетом внешних факторов. Динамика изменения температуры пола телятника $t_{п}$ в процессе функционирования системы S по времени при определенной температуре воздуха снаружи $t_{н}$ имеет гиперболический характер в виде растущей экспоненты [98].

В каждом частном случае в зависимости от погодных условий, поголовья телят в помещении и режима работы источников тепловой энергии температура пола изменяется однотипно. Поэтому для описания исследуемых процессов можно использовать общий вид математической модели, которые отличаются друг от друга по значению исходных величин параметров.

На рисунке 2.5. представлены возможные взаимосвязи входных и выходных факторов в системе: «гелиоколлектор–биотермическая установка–телятник».

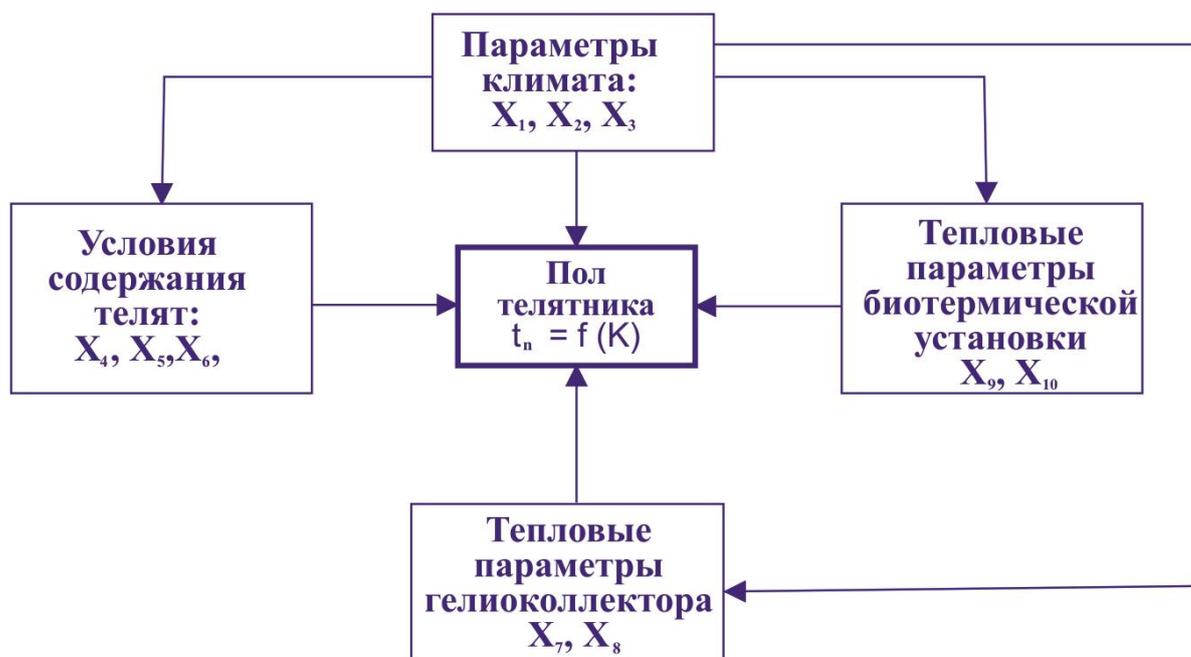


Рисунок 2.5 – Комплекс факторов и их взаимосвязь в системе: «гелиоколлектор–биотермическая установка–телятник»: x_1 –температура t_n ; x_2 –относительная влажность W_n , x_3 –скорость движения воздуха v_n , x_4 – количество телят в помещении, x_5 –способ содержания; x_6 –кратность уборки навоза, x_7 –температура воды у входа в гелиоколлектор, x_8 – температура воды на выходе из гелиоколлектора, x_9 –температура воды у входа в биотермическую установку, x_{10} –температура воды на выходе из биотермической установки.

Схема наглядно показывает, что температура пола телятника t_n –является функцией комплекса факторов изменяющиеся во времени $t_n = f(k)$, где $k=x_1\dots x_{10}$. Эти факторы взаимосвязаны и выступают одновременно на температуру пола телятника. Входные переменные ($x_1 - x_6$) поддаются к измерению и выходные параметры (x_7-x_{10}) также являются измеряемыми. Климатические факторы (x_1, x_2, x_3) относятся к случайным явлениям и могут создавать случайные возмущения в системе.

Основная задача исследуемой системы–выделение управляемых параметров, независимо от климатических факторов, которые создадут необходимую температуру пола телятника за выбранный период. Для решения таких задач существуют общеизвестные методы–«задача управления» [99], [100].

Формулировка рассматриваемой задачи в виде схемы приведена на рисунке 2.6.

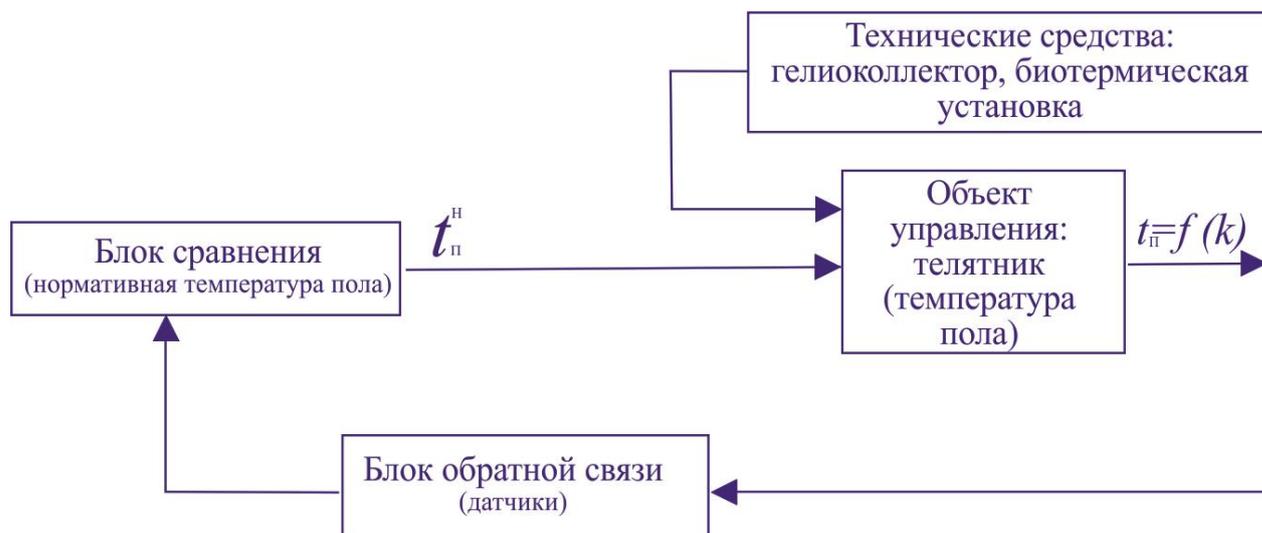


Рисунок 2.6 – Схема управления системой: «гелиоколлектор – биотермическая установка – телятник»

Схема показывает, что объектом управления является телятник, где нужно обеспечить необходимую температуру пола. Выходная функция $t_{п} = f(k)$ – регулируемая переменная с помощью технических средств, которые являются средствами возмущения. Обратная связь осуществляется датчиками температуры (блок обратной связи). Сравнение выходных сигналов $t_{п} = f(k)$ с нормативными параметрами выполняет блок сравнения. Блок обратной связи, в случае повышения (или понижения) температуры пола $t_{п}$ вносят коррективы с помощью технических средств.

2.3.2. Тепловой расчет обогрева пола телятника

Основным способом содержания телят является стойлово – выгульное. Тепловая энергия для обогрева пола телятника нужна в отопительный период (с 15 октября по 15 февраля). В данном периоде время стойлового содержания телят увеличивается.

В рассматриваемой системе технологический процесс обогрева пола телятника имеет следующий вид: «тепло животных (ТЖ)» - тепловая энергия технических средств (ТС) – температура пола (ТП)», (ТЖ –ТС – ТП) (рисунок 2.6).

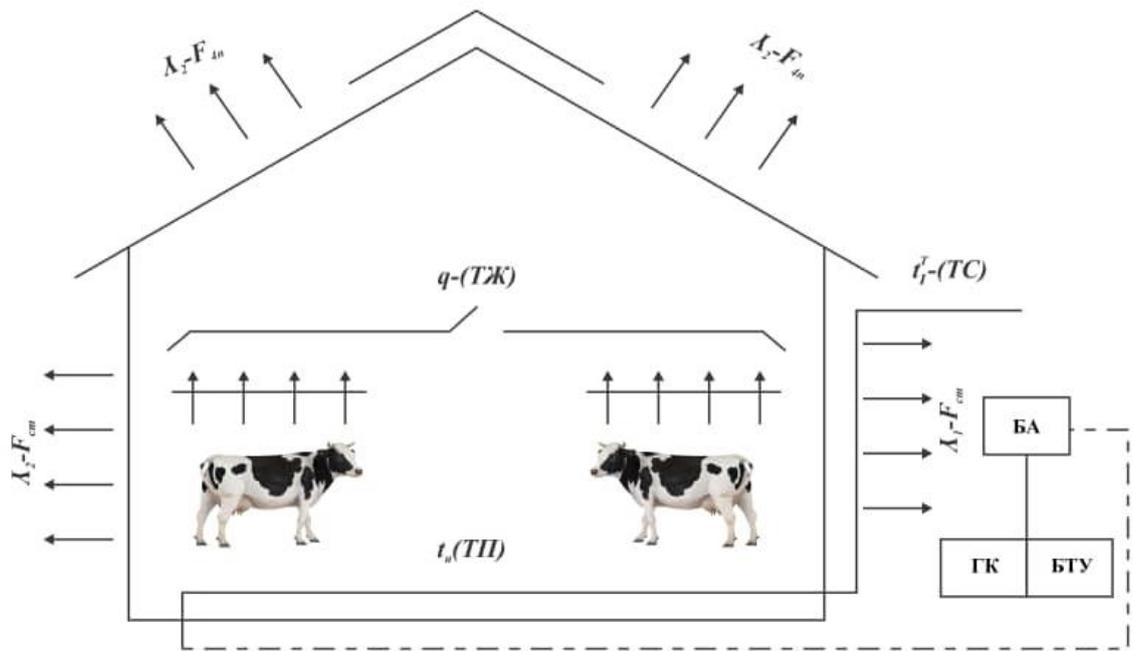


Рисунок 2.6. Технологическая схема обогрева пола телятника; 1 – телятник; 2 – пол телятника; ГК – гелиоколлектор; БТУ – биотермическая установка; БА – бак – аккумулятор.

Аналогичный технологический процесс рассмотрен в работе Р.А. Омарова [101]. Применительно рассматриваемого технологического процесса можно выделить следующие закономерности:

- теплопроизводительность технологического процесса «ТЖ – ТС – ТП»,

$$Q_T = \frac{\varphi[q_{жс} - (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3)(t_6 \pm (t_n + t_n)) - \varphi[q_{жс} - (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3)(t^H \pm (t_n + t_n))] \cdot \exp(-\tau \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3}{C_6})}{(\varphi - 1) [1 - \exp(-\tau \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3}{C_6})]}, \quad (2.33)$$

- закономерность изменения температуры воздуха внутри телятника, t_6

$$t_6 = t_n - \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3} (Q_m - q_{жс}) - \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3} [Q_m - q_{жс} (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3) (t_n \pm t^H)] \cdot \exp\left(-\tau \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3}{C_6}\right), \quad (2.34)$$

- закономерность изменения температуры пола телятника, t_n

$$t_n = t_n = \frac{1}{\lambda_3} (Q_T - q_{жс}) - \frac{1}{\lambda_3} [Q_T - q_{жс} (\lambda_3) (t_n \pm t^H)] \cdot \exp\left(-\tau \frac{\lambda_3}{C_6}\right), \quad (2.35)$$

где $q_{жс}$ - тепло выделяемое из животных, кДж;

λ_1 - коэффициент теплопередачи стен телятника, кДж/м²·ч·°С;

λ_2 - коэффициент теплопередачи чердачного перекрытия, кДж/м²·ч·°С;
 λ_3 - коэффициент теплопередачи пола телятника, кДж/м²·ч·°С;
 t_n - температура атмосферного воздуха расчетного периода, °С;
 t_e - температура телятника, °С;
 t^H - нормативная температура телятника, °С;
 t_n - температура пола телятника, °С;
 τ - продолжительность времени обогрева пола телятника, ч;
 C_e - теплоемкость воздушной среды, кДж/кг·°С;
 φ - коэффициент преобразования температуры нагревающих технических средств (гелиоколлектор и биотермическая установка).

Составляющие зависимостей (2.33), (2.34) и (2.35) могут быть определены следующими формулами:

- тепло выделяемое телятами $q_{ж}$

$$q_{ж} = \sum_{i=1}^n n_i \cdot q_i \cdot a_1, \quad (2.36)$$

- коэффициент теплопередачи стен телятника λ_1

$$\lambda_1 = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot F_{cm}, \quad (2.37)$$

- коэффициент теплопроводности чердачного перекрытия λ_2

$$\lambda_2 = \sum_{i=1}^n \lambda_2 \cdot F_{cm}, \quad (2.38)$$

- коэффициент теплопроводности пола телятника λ_3

$$\lambda_3 = \sum_{i=1}^n \lambda_3 \cdot F_n, \quad (2.39)$$

- теплоемкость воздушной среды C_B

$$C_e = c \cdot v \cdot \rho_e, \quad (2.40)$$

где n_i – количество телят в телятнике, голов;

q_i – количество теплоты выделяемое одним (i - тым) теленком, кДж;

a_1 – коэффициент тепловыделений телятами;

F_{cm} – площадь n -ой стены телятника, m^2 ;

$F_{чп}$ – площадь m -го чердачного перекрытия, m^2 ;

$F_{п}$ – площадь l – го пола телятника, m^2 ;

C – удельная теплоемкость воздуха, $кДж/кг \cdot ^\circ C$;

V – объем воздуха в телятнике, m^3 ;

ρ_v – плотность воздуха, $кг/м^3$;

Коэффициент a_1 зависит от температуры телятника (t_v) и времени суток.

Рекомендуемая величина данного коэффициента: $a_1 = 1$ (для дневного времени); $a_1 = 0,8$ (для ночного времени).

Пол телятника обогревается для соблюдения нормативной температуры $t_{п}$, следовательно в процессе обогрева пола соблюдается нормативная температура всего объема телятника t_v .

Поскольку телятник обогревается в отопительный период существует неравенство: $t_{п} \geq t^H > t_n$, (где t^H - нормативная температура внутри телятника, t_n - температура наружного воздуха, $t_{п}$ - температура пола телятника). При этом тепловой поток Q направиться из поверхности пола во внутрь телятника, далее в наружу помещения. В результате возникают следующие ситуации:

- восприятие тепла полом телятника и переход ее через толщу пола

($Q_{п2} \rightarrow Q_{в3}$);

- восприятие тепла внутренней поверхностью стен телятника и переход ее через толщу стен ($Q_{в1} \rightarrow Q_{с1} \rightarrow Q_{н1}$);

- восприятие тепла внутренней поверхностью чердачного перекрытия телятника и переход ее через толщу перекрытия ($Q_{в2} \rightarrow Q_{ч2} \rightarrow Q_{н2}$);

- отдача тепла в атмосферу наружными поверхностями.

Данные ситуации показаны на схеме теплоотдачи телятника (рисунок 2.7).

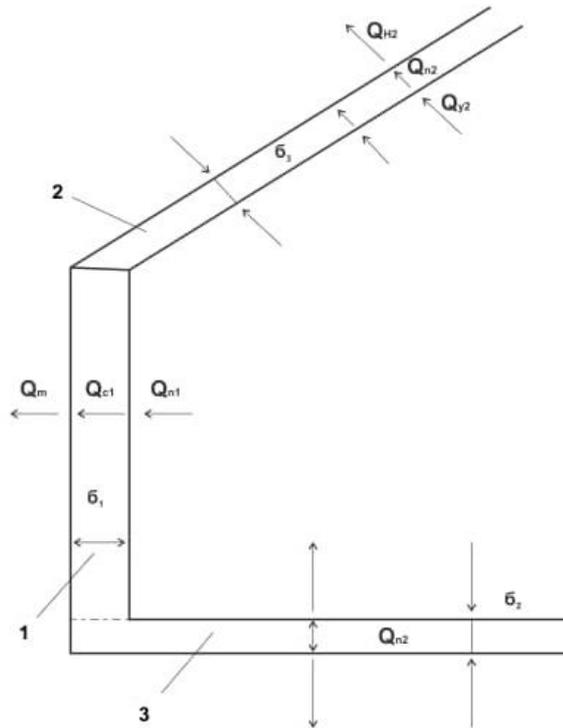


Рисунок 2.7 – Схема теплоотдачи через пол, стену и чердачные перекрытия телятника: 1 – стена; 2 – чердачное перекрытие; 3 – пол; δ_1 , δ_2 , δ_3 – толщина, соответственно стены чердачного перекрытия и пола телятника.

Количество тепла, воспринимаемое внутренней поверхностью стен Q_{B1} , чердачного перекрытия Q_{B2} и пола Q_{B3} складывается из своих конвективного $Q_{к.в.}$ и лучистого $Q_{л.в.}$ тепла:

- для стены:

$$Q_{B1} = Q_{к.в.}^C + Q_{л.в.}^C \quad (2.41)$$

- для чердачного перекрытия:

$$Q_{B2} = Q_{к.в.}^ч + Q_{л.в.}^ч \quad (2.42)$$

- для пола:

$$Q_{B3} = Q_{к.в.}^н + Q_{л.в.}^н \quad (2.43)$$

Принимаем следующее допущение: температура на внутренних поверхностях всех элементов телятника (стены, чердачное перекрытие и пол) постоянно в любой их точке.

С учетом данного допущения с помощью формулы Ньютона – Рихмана^[100] находим:

$$Q_{\epsilon 1} = \alpha_{к.в}(t^H - t_H)F_{ст} \cdot \tau + \alpha_{л.б}(t^H - t_H)F_{ст} \cdot \tau = \alpha_B^c(t^H - t_H)F_{ст} \cdot \tau, \quad (2.44)$$

$$Q_{\epsilon 2} = \alpha_{к.в}(t^H - t_H)F_{чп} \cdot \tau + \alpha_{л.б}(t^H - t_H)F_{чп} \cdot \tau = \alpha_B^{чп}(t^H - t_H)F_{чп} \cdot \tau, \quad (2.45)$$

$$Q_{\epsilon 3} = \alpha_{к.в}(t_n - t_H)F_n \cdot \tau + \alpha_{л.б}(t_n - t_H)F_n \cdot \tau = \alpha_B^n(t_n - t^H)F_n \cdot \tau, \quad (2.46)$$

где, α_B^c , $\alpha_B^{чп}$, α_B^n – суммарный коэффициент тепловосприятости соответственно для внутренней поверхности стен, чердачного перекрытия и пола телятника, кДж/м²·ч·°С.

Количество тепла, проходящее через толщину стен Q_{c1} , чердачного перекрытия $Q_{ч2}$ и пола $Q_{п2}$:

$$Q_{c1} = \frac{\lambda_1}{\delta_1} (t^H - t_H)F_{ст} \cdot \tau, \quad (2.47)$$

$$Q_{ч2} = \frac{\lambda_2}{\delta_2} (t^H - t_H)F_{чп} \cdot \tau, \quad (2.48)$$

$$Q_{п3} = \frac{\lambda_3}{\delta_3} (t_n - t^H)F_n \cdot \tau, \quad (2.49)$$

Количество тепла, отдаваемое наружной поверхностью стен ($Q_{н1}$), чердачного перекрытия ($Q_{н2}$) и пола ($Q_{н3}$) телятника складывается также, из конвективного $Q_{к.н}$ и лучистого $Q_{л.н}$ тепла:

$$Q_{н1} = \alpha_H^c(t^H - t_H)F_{ст} \cdot \tau, \quad (2.50)$$

$$Q_{н2} = \alpha_H^{чп}(t^H - t_H)F_{чп} \cdot \tau, \quad (2.51)$$

$$Q_{н3} = \alpha_H^n(t_n - t^H)F_n \cdot \tau, \quad (2.52)$$

где α_H^c , $\alpha_H^{чп}$, α_H^n – суммарный коэффициент теплоотдачи, соответственно для наружной поверхности стен, чердачного перекрытия и пола телятника, кДж/м²·ч·°С.

Установившийся режим обогрева пола телятника и ее внутреннего объема характеризуется равенствами:

$$Q_{\epsilon 1} = Q_{c1} = Q_{н1}; \quad Q_{\epsilon 2} = Q_{ч2} = Q_{н2}; \quad Q_{\epsilon 3} = Q_{п3} = Q_{н3};$$

следовательно, тепловые потоки Q_1, Q_2, Q_3 равны:

$$Q_1 = \alpha_B^c(t^H - t_H)F_{cm} \cdot \tau = \frac{\lambda_1}{\delta_1}(t^H - t_H)F_{cm} \cdot \tau = \alpha_H^c(t^H - t_H)F_{cm} \cdot \tau, \quad (2.53)$$

$$Q_2 = \alpha_B^{чп}(t^H - t_H)F_{чп} \cdot \tau = \frac{\lambda_2}{\delta_2}(t^H - t_H)F_{чп} \cdot \tau = \alpha_H^{чп}(t^H - t_H)F_{чп} \cdot \tau, \quad (2.54)$$

$$Q_3 = \alpha_B^п(t_n - t^H)F_n \cdot \tau = \frac{\lambda_3}{\delta_3}(t_n - t^H)F_n \cdot \tau = \alpha_H^п(t_n - t^H)F_n \cdot \tau, \quad (2.55)$$

В рассматриваемом технологическом процессе уравнение (2.55) описывает обогрев пола телятника, где Q_3 составляет эквивалентное количество тепла отдаваемое лицевой поверхностью пола телятника.

При установившемся режиме обогрева пола, уравнение (2.55) имеет следующий вид:

$$\frac{Q_3}{\alpha_B^п \cdot F_n \cdot \tau} = (t_n - t^H); \frac{Q_3}{\frac{\delta_3}{\lambda_3} \cdot F_n \cdot \tau} = (t_n - t^H); \frac{Q_3}{\alpha_H^п \cdot F_n \cdot \tau} = (t_n - t^H);$$

Путем математических преобразований уравнения (2.55) имеем:

$$Q_3 = \frac{t_n - t^H}{\frac{1}{\alpha_B^п} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_H^п}} \cdot F_n \cdot \tau; \quad (2.56)$$

Принимая следующее значение величин: $t_n - t^H = 1^\circ\text{C}$, $F_n = 1\text{ м}^2$, $\tau = 1$ час, находим удельное значение тепла Q_3 , то есть

$$q_3 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_B^п} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_H^п}}; \quad (2.57)$$

Величина обратная q , характеризует общее термическое сопротивление R пола телятника,

$$R = \frac{1}{q}, \quad (2.58)$$

Также величины обратные $\alpha_B^п$ и $\alpha_H^п$ являются термическими сопротивлениями:

$$R_B = \frac{1}{\alpha_B^п} \quad (\text{восприятию тепла}) \quad (2.59)$$

$$R_H = \frac{1}{\alpha_H^п} \quad (\text{отдаче тепла}) \quad (2.60)$$

Кроме того известно что, отношение δ/λ является термическим сопротивлением материала, тогда

$$R_0 = \frac{\delta_3}{\lambda_3}, \quad (2.61)$$

где R_0 – термическое сопротивление материала пола телятника.

Значения R_e, R_n, R_0 и q даны в справочных материалах [103], [104] с учетом эксплуатационных, конструктивных и санитарно – технических требований.

Уравнения (2.53) и (2.54) позволяют определить теплопотери телятника:

- теплопотери через стены

$$Q_1 = \frac{t^H - t_H}{\frac{1}{\alpha_B^c} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_H^c}} \cdot F_{cm} \cdot \tau; \quad (2.62)$$

- теплоотдача через чердачное перекрытие

$$Q_2 = \frac{t^H - t_H}{\frac{1}{\alpha_B^{чп}} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_H^{чп}}} \cdot F_{чп} \cdot \tau; \quad (2.63)$$

Кроме основных тепловых потерь (Q_1 и Q_2) в телятнике имеет место потери на нагрев приточного воздуха (Q_{np}), так как в отопительный период $t^H > t_H$.

С учетом отмеченных теплопотерь уравнение теплового баланса телятника имеет следующий вид:

$$Q_3 = (Q_1 + Q_2 + Q_{np} + Q_{ис} + Q_{инф}) - q_{жс} \cong Q_{ит}, \quad (2.64)$$

где $Q_{ит}$ - тепловой поток, поступающий в пол телятника от источников тепла (гелиоколлектор и биотермическая установка).

Для определения составляющих уравнения теплового баланса (2.64) воспользуемся известными формулами [105], [106]:

- тепло, расходуемое на нагрев приточного воздуха Q_{np}

$$Q_{np} = [W \cdot \rho_v \cdot C(t^H - t_H)]\tau, \quad (2.65)$$

- расход теплоты на испарение влаги $Q_{ис}$

$$Q_{ис} = [n \cdot q_i \cdot K_t(1 + \zeta)]\tau, \quad (2.66)$$

- тепловые потери на инфильтрацию воздуха $Q_{инф}$ (принимается 30% от основных потерь [107])

$$Q_{инф} = 0,3(Q_1 + Q_2), \quad (2.67)$$

где W – расчетный воздухообмен телятника, м³/ч;

K_t - коэффициент учитывающий изменение количества выделяемых животным водных паров в зависимости от температуры воздуха телятника ($K_t=1$ [105]).

Расчет величин $Q_{пр}$, $Q_{ис}$, и $q_{ж}$ с учетом известных значений входящие в формулы (2.65), (2.66) и (2.36) занесены в таблицу 2.4.

Таблица 2.4 – Расчет расхода тепла на нагрев приточного воздуха $Q_{пр}$, испарение влаги $Q_{ис}$, и выделение тепла из телят $q_{ж}$ в телятнике

| Расчетная формула | Известные параметры | Результат расчета |
|--|---|--|
| $Q_{пр} = [W \cdot \rho_v \cdot C(t^H - t_H)]\tau$ | $\rho_v = 1,22 \text{ кг/м}^3$ $C = 1 \text{ кДж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$ | $Q_{пр} = 0,339[W(t^H - t_H)]\tau, \quad (2.68)$ |
| $Q_{ис} = [n \cdot q_i \cdot K_t(1 + \zeta)]\tau$ | $q_i = 799 \text{ Вт}, K_t = 1$ $\zeta = 0,2$ | $Q_{ис} = 958,8 \cdot n \cdot \tau, \quad (2.69)$ |
| $q_{ж} = \left(\sum_{i=1}^k n_i \cdot q_i \cdot a_i \right) \tau$ | $a_1 = 0,8$ | $q_{ж} = 639,2 \cdot n_i \cdot \tau, \quad (2.70)$ |

Кроме данных расчетов с учетом параметров строительных материалов существующего телятника фермерского хозяйства, где строение выполнено из силикатного кирпича и чердачное покрытие из железобетонных плит с битумным покрытием, можно вести следующие расчеты:

- общее сопротивление теплопередаче стен телятника из силикатного кирпича

$$R_c = R_g + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + R_n = 0,59 \quad (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}), \quad (2.71)$$

где $\delta_1 = 0,35$, $\lambda_1 = 0,81 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, $R_g = 0,115 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, $R_n = 0,043 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ [106].

- общее сопротивление теплопередаче чердачного перекрытия телятника из железобетонных плит с битумным покрытием

$$R_{um} = R_6 + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + R_n = 0,198 \quad (M^2 \cdot ^\circ C / Bm), \quad (2.72)$$

где $\delta_2 = 0,08M, \lambda_2 = 1,97 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$ [105].

- общее сопротивление теплопередачи пола телятника из дерева

$$R_n = R_6 + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + R_n = 0,179 \quad (M^2 \cdot ^\circ C / Bm),$$

где $\delta_3 = 0,02M, \lambda_2 = 0,92 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$

Таким образом с учетом формул (2.56), (2.62), (2.63), (2.67), (2.68), (2.69) и (2.70) уравнение теплового баланса телятника имеет следующий вид:

$$Q_3 \approx Q_{um} = \left\{ \left[\frac{t^H - t_H}{\frac{1}{\alpha_B^c} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_H^c}} F_{cm} \cdot \tau \right] + \left[\frac{t^H - t_H}{\frac{1}{\alpha_B^{чп}} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_H^{чп}}} F_{чп} \cdot \tau \right] + 0,339[W(t^H - t_H)]\tau \right. \\ \left. + 958,8 \cdot n \cdot \tau + 0,3 \left[\left(\frac{t^H - t_H}{\frac{1}{\alpha_B^c} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_H^c}} F_{cm} \cdot \tau \right) + \left(\frac{t^H - t_H}{\frac{1}{\alpha_B^{чп}} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_H^{чп}}} F_{чп} \cdot \tau \right) \right] \right\} \\ - 639,2 \cdot n_i \cdot \tau; \quad (2.73)$$

С учетом параметров строительных материалов телятника имеем:

$$Q_3 \approx Q_{um} = \frac{t^H - t_H}{0,59} \cdot F_{cm} \cdot \tau + \frac{t^H - t_H}{0,198} F_{чп} \cdot \tau + 0,339[W(t^H - t_H)]\tau + 958,8 \cdot n \cdot \tau \\ + \left[0,3 \left(\frac{t^H - t_H}{0,59} \cdot F_{cm} \cdot \tau \right) + \left(\frac{t^H - t_H}{0,198} F_{чп} \cdot \tau \right) \right] - 639,2 \cdot n_i \cdot \tau; \quad (2.74)$$

Путем математических преобразований уравнения (2.74) получим:

$$Q_3 \approx Q_{um} = \tau \left\{ 0,3(F_{cm} + F_{чп}) \left[\frac{t^H - t_H}{0,59} + \frac{t^H - t_H}{0,198} \right] + 0,339[W(t^H - t_H)] + 958,8 \cdot n \right\} \\ - 639,2 \cdot n_i, \quad (2.75)$$

В уравнении (2.75) необходимо дополнительно учитывать тепло от солнечной радиации в результате инсоляции помещения. Поступление тепла от солнечной радиации через остекленные проемы составляет:

$$Q_{cn} = q_\rho \cdot F_0 \cdot \alpha_{cn}, \quad (2.76)$$

где Q_{cn} - количество тепла от солнечной радиации поступившая через остекленные проемы;

q_p - величина радиации в зависимости от ориентации и географической широты [108].

α_{cn} - коэффициент, учитывающий остекления;

F_0 - суммарная поверхность остекления, м².

В результате рациональный вариант уравнения теплового баланса телятника за отопительный период имеет следующий вид:

$$Q_{um} = \frac{t_n - t^H}{0,179} \cdot F_n \cdot \tau = \tau \left\{ 0,3(F_{cm} + F_{чп}) \left[\frac{t^H - t_n}{0,59} + \frac{t^H - t_n}{0,198} \right] + 0,339[W(t^H - t_n)] + 958,8 \cdot n \right\} - (639,2 \cdot n_i + q_p \cdot F_0 \cdot \alpha_{cn}), \quad (2.77)$$

В данном уравнении параметры $t_n, t_n, F_n, F_{cm}, F_{чп}, \tau, q_p, F_0$, и n являются измеряемыми, параметры t^H, α_{cn} нормативные (известные), а W – воздухообмен телятника определяется расчетным путем с помощью общеизвестных зависимостей [109], [110] (таблица 2.5).

Воздухообмен (W , м³/ч) является исходной величиной для выбора мощности вентилятора, расчета сечений воздуховодов и компоновке всей системы вентиляции животноводческого помещения [111], [112], [113], [114].

Таблица 2.5 – расчетные формулы воздухообмена животноводческих помещений

| Условия в животноводческом помещении | Расчетная формула | Рекомендуемая схема вентиляции |
|--------------------------------------|---|--------------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| Избыток двуокиси углерода | $L_y = \frac{G_y}{G_{yд} - G_{yп}}, \quad (2.78)$ $G_y = \sum G_{yi} \cdot m_i, \quad (2.79)$ | Вытяжная |
| Избыток влаги | $L_B = \frac{W_{ж} + W_n}{q_B + q_H}, \quad (2.80)$ $W_{ж} = \sum W_i m_i, \quad (2.81)$ | Приточно-вытяжная |

| 1 | 2 | 3 |
|-------------------------|---|-----------------------------------|
| Избыток теплоты | $L_T = \frac{Q_{\text{п}}}{0,24\rho_{\text{пр}}(t_{\text{в}} - t_{\text{пр}})}, \quad (2.82)$ $Q_n = \sum Q \sum Q_y, \quad (2.83)$ | Приточно-вытяжная с рециркуляцией |
| Избыток вредных веществ | $L_{\text{Вр}} = \frac{G}{q_{\text{пдк}} + q_{\text{пр}}}, \quad (2.84)$ | Вытяжная |

Примечание: Условные обозначения в расчетных формулах общеизвестные, приведены в соответствующих литературных источниках.

Выбранное уравнение воздухообмена телятника предусматривает равенство приточного воздуха $L_{\text{п}}$ и удаляемого $L_{\text{у}}$ ($L_{\text{п}} > L_{\text{у}}$):

$$W = L_n = (1,1 \dots 1,15)L_y, \quad (2.85)$$

При этом необходимый воздухообмен для телятника принимается по наибольшей из расчетных значений, то есть по W^{max} , тогда потребная мощность вентилятора $P_{\text{в}}$ составляет:

$$P_{\text{в}} = \frac{W^{\text{max}} \cdot P}{3,6 \cdot 10^{-6} \cdot \eta_{\text{в}} \cdot \eta_n}, \quad (2.86)$$

где P – сопротивление вентиляционной системы, Па;

$\eta_{\text{в}}$ - коэффициент полезного действия вентилятора;

η_n - коэффициент полезного действия передачи;

Сопротивление вентиляционной системы P позволяет обосновать полное давление $P_{\text{в}}$, которое должен развивать вентилятор:

$$P_{\text{в}} = 1,1 \left[\sum (R \cdot l + z) + P_{\text{д.вых}} \right], \quad (2.87)$$

где 1,1 – запас давления;

$\sum (R \cdot l + z)$ - потери давления на трения в местных сопротивлениях; Па;

$P_{\text{д.вых}}$ - динамическое давление на выходе из сети, Па;

l - длина участка воздуховода, м.

Формулы (2.77) и (2.33) эквивалентны и их можно использовать для расчета теплопроизводительности процесса «ТЖ-ТС-ТП», принимая

$Q_m \simeq Q_{um}$. Тогда тепловая (потребная) мощность для обогрева пола телятника может быть определена по формуле:

$$P_n = \frac{Q_{um}}{\tau} = \frac{1000Q_m}{\tau}, (\text{кВт}) \quad (2.88)$$

Данную мощность вырабатывает совместная работа гелиоколлектора $P_{гк}$ и биотермической установки $P_{бту}$:

$$P_n = (P_{гк} + P_{бту}) \cdot \eta_{гк} \cdot \eta_{бту}, \quad (2.89)$$

где $\eta_{гк}$ - коэффициент полезного действия гелиоколлектора;

$\eta_{бту}$ - коэффициент полезного действия биотермической установки;

Расход тепла за отопительный период,

$$G_m = \frac{P_n(t_{п} - t^H)24 \cdot \tau_{он}}{t_{п} - t^H}, \quad (2.90)$$

где $\tau_{он}$ - продолжительность отопительного периода, дни.

Требуемая поверхность нагрева пола телятника

$$F_n = \frac{a \cdot P_n}{\lambda_3 \cdot \Delta t \cdot \tau}, \quad (2.91)$$

где a - коэффициент запаса;

λ_3 - коэффициент теплопроводности пола телятника, $\text{кДж/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}$.

Δt - разность средних температур, °C .

$$\Delta t = \frac{t_2 - t_0}{2} - \frac{t_{np} - t'_e}{2}, \quad (2.92)$$

где t_2 и t_0 , t'_e и t_{np} - температура теплоносителя и воздуха на входе и выходе их из пола, °C .

Данные параметры определены экспериментальными исследованиями.

2.4. Выводы по разделу 2

1. Обоснован выбор конструктивно – технологической схемы гелио и биотермической установки для обогрева пола телятника, которая позволяет использовать солнечную энергию и тепло свежего навоза в процессе его перегноя. Данная схема составляет основу энергосберегающей технологии

обогрева животноводческих помещений. Эффективность данной технологии выше по сравнению с отдельным использованием гелиоколлектора и биотермической установки и отвечает современным требованиям энергосбережения.

2. Произведены системное описание и принципы моделирования показателей функционирования энергосберегающей технологии. Выявлены подсистемы и их элементы, как источники и потребители тепловой энергии функционирующие во времени в зависимости от объективных факторов: времени года и погодных условий. С помощью теории агрегативных систем составлен модель состояния телятника в любой момент времени, которая характеризуется функциональной зависимостью трех векторов (2.5) и получены основные уравнения для теоретического исследования закономерностей изменения тепловых характеристик гелио – и биотермической установки (2.15), (2.16).

3. Разработана информационная модель энергосберегающей технологии в виде диаграммы функции совмещения гелиоколлектора и биотермической установки. Решение такой модели осуществляется с помощью методов функционального анализа FAST (Functional Analysis System Technique).

4. На базе объективных данных СНиП 23.02.00 «Строительная климатология Кыргызской Республики» выполнено моделирование изменчивости солнечных сияний за отопительный период. Установлено, что использование только солнечной энергии для обогрева пола телятника во время отопительного периода недостаточно, так как за данный период солнечная радиация изменяется в пределах 0,05...0,26 кВт/м². В связи с тем рекомендовано использование дополнительных средств источника тепловой энергии, в частности биотермическую установку, которая вырабатывает тепло из свежего навоза в процессе его перегноя. Навоз в животноводческих помещениях является собственным возобновляемым сырьем.

5. Рекомендованы зависимости к обоснованию угла наклона гелиоколлектора (2.21) – (2.25), с учетом объективных углов: β – склонная

солнца; z' - угол между рассматриваемой плотностью и горизонтальной поверхностью; j – азимут плоскости; v° - часовой угол.

6. К обоснованию технологических параметров биотермической установки выполнено статистическое моделирование накопления навоза в телятнике за отопительный период, получены расчетные формулы для определения массы навоза (2.28) за определенный период, вместимости верхней и нижней емкостей установки соответственно (2.30) и (2.31).

7. Аналитическим описанием уравнения теплового баланса телятника за отопительный период (2.77) найдены зависимости для расчета теплопроизводительности технологического процесса обогрева пола телятника (2.88) расхода тепла за отопительный период (2.90), требуемой поверхности нагрева (2.91) и разности средних температур теплоносителя и воздуха на входе и выходе из пола (2.92).

РАЗДЕЛ 3. ПРОГРАММА, МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО – ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Программа экспериментально – теоретических исследований

Для решения задач экспериментально - теоретических исследований процесса обогрева пола телятника и обоснования режимов работы системы обогрева и рациональных параметров установки программой работ предусматривалось:

- определить тепловую мощность гелиоколлектора для обогрева пола телятника в зависимости от географической широты местности и времени отопительного периода;
- определить коэффициент полезного действия (КПД) трубчатого гелиоколлектора;
- определить коэффициент тепловых потерь гелиоколлектора;
- определить инсоляцию телятника и прилегающей территории за отопительный период;
- обосновать мест размещения и угла наклона гелиоколлектора;
- исследование температуры биотепла выделяемого при самонагревании навозной массы;
- определить продолжительность времени самонагревания определенной биомассы в виде смеси конского и коровьего навоза в пропорции 1:1;
- исследование температуры воды на входе в биотермическую установку и на выходе из нее;
- определение теплопроизводительности и тепловой мощности биотермической установки;

3.2. Методика исследований

3.2.1. Методика определения тепловой мощности гелиоколлектора для обогрева пола телятника в зависимости от географической широты местности и времени отопительного периода

В качестве исходных материалов использованы объективные данные СНиП 23.02.00 «Строительная климатология Кыргызской Республики». Графическое изображение данных материалов в виде зависимости изменения солнечной радиации на горизонтальную поверхность от географической широты местности в течении года представлена на рисунке 3.1 [3].

Обработка данных рисунка 3.1 с помощью методов математической статистики [91], [113] позволила составить временные ряды солнечной радиации которые разлагаются на детерминированные составляющие (таблица 3.1).

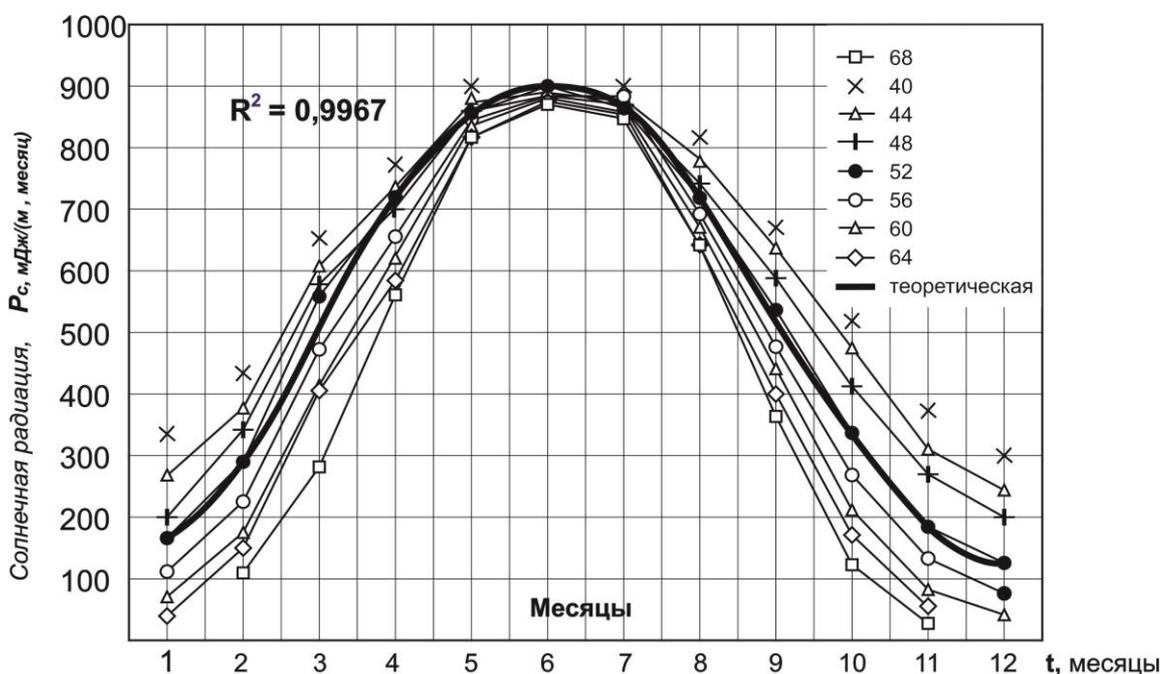


Рисунок 3.1 – Зависимость изменения солнечной радиации P_c от географической широты (град. с.ш.) местности в течение года

Таблица 3.1 – Временные ряды солнечной радиации в течении года в зависимости от географической широты местности в Кыргызстане (МДж/м²·месяц)

| № разряда | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----------------------------------|------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Границы разряда, $p_{i-1} - p_i$ | 1-50 | 51-150 | 151-250 | 251-350 | 351-450 | 451-550 | 551-650 | 651-750 | 751-850 | 851-950 |
| Средние значения разряда p_i^* | 25,5 | 100,5 | 200,5 | 300,5 | 400,5 | 500,5 | 600,5 | 700,5 | 800,5 | 900,5 |
| Численность разряда, m | 3 | 10 | 9 | 10 | 7 | 7 | 12 | 8 | 8 | 19 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|------------|
| Частота разряда, $P_i^* = \frac{m}{\sum m}$ | 0,0322 | 0,1075 | 0,0968 | 0,1075 | 0,0752 | 0,0752 | 0,1290 | 0,0860 | 0,086 0 | 0,204 3 |

Последующая обработка временных рядов (таблица 3.1) позволила определить закономерность распределения солнечной радиации в зависимости от географической широты местности. Данная закономерность подчиняется нормальному закону распределения в следующем виде:

$$f(P_c) = \frac{1}{287,98\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(P_c - 521,62)^2}{2 \cdot (287,98)^2} \right], \quad (3.1)$$

с математическим ожиданием $\bar{M}_\Gamma = 521,62$ МДж/м²месяц и среднеквадратическим отклонением $\sigma = \pm 287,98$ МДж/м²месяц.

Аналогичная закономерность распределения солнечной радиации получена за отопительный период (с 15 октября по 15 марта), когда температура внутри телятника снижается до +12°C и ниже. Эмпирическая зависимость данной закономерности также подчиняется нормальному закону распределения в следующем виде:

$$f(P_c^\circ) = \frac{1}{108,35\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(P_c - 190,99)^2}{2 \cdot (108,35)^2} \right], \quad (3.2)$$

с математическим ожиданием $\bar{M} = 190,99$ МДж/м²месяц и среднеквадратическим отклонением $\sigma \pm 108,35$ МДж/м²месяц.

Расчеты приведены в приложении 3.

В исследованиях нас интересует отопительный период, поскольку обогрев пола телятника осуществляется в данном периоде. Поэтому воспользовавшись закономерностью (3.2) велись расчеты по определению мощности, который может генерировать 1м² гелиоэнергетической установки во время отопительного периода. При расчете использована соотношение: 1 МДж/м²месяц = 0,278 кВт/м²·месяц.

Расчетные показатели солнечной радиации за отопительный период и среднее значение энергии генерируемое площадью 1м² гелиоколлектора приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Расчетные показатели солнечной радиации за отопительный период

| Показатели радиации | солнечной энергии | Единица измерения | Расчетные данные | Результат |
|---|-------------------|--------------------------------------|------------------|-----------|
| 1 | | 2 | 3 | 4 |
| Максимальная энергия солнечной радиации | | $\frac{кВт}{м^2 \cdot \text{месяц}}$ | 53,09+30,12 | 83,21 |
| За 1 месяц | | $\frac{кВт}{м^2}$ | 83,21:5(месяц) | 16,64 |
| За 1 день | | $\frac{кВт}{м^2}$ | 16,64:30 (дней) | 0,554 |
| Минимальная энергия солнечной радиации | | $\frac{кВт}{м^2 \cdot \text{месяц}}$ | 53,09-32,12 | 22,97 |
| За 1 месяц | | $\frac{кВт}{м^2}$ | 22,97:5 (месяц) | 4,59 |
| За 1 день | | $\frac{кВт}{м^2}$ | 4,59 -30 (дней) | 0,154 |
| Средняя энергия солнечной радиации за 1 день | | $\frac{кВт}{м^2}$ | (0,554+0,154)·2 | 0,354 |
| Средняя энергия солнечной радиации за отопительный период | | $\frac{кВт}{м^2}$ | 0,354×30×5 | 53,1 |

Данные расчета (таблица 3.2) показывает, что энергия солнечной радиации за отопительный период колеблется в больших диапазонах, а именно от 0,154 до 0,554 кВт/м². Это объясняется большими перепадами температуры воздуха, скорости ветра и наличием облачных дней которые имеют места в течении отопительного периода. В среднем 1м² гелиоколлектора может дать тепловую мощность равное 0,354 кВт за один день или за отопительный период 53,1 кВт энергии.

На практике тепловая мощность гелиоколлектора определяется с учетом ее коэффициента полезного действия по следующей зависимости:

$$P_{зк} = E \cdot S_{зк} \cdot \eta_{зк} \quad (3.3)$$

где $P_{зк}$ - полная тепловая энергия (мощность), полученная в коллекторе за сутки, кВт;

E – плотность потока солнечной радиации на поверхности коллектора, кВт/м²;

$S_{зк}$ - площадь гелиоколлектора, м²;

$\eta_{зк}$ - коэффициент полезного действия гелиоколлектора.

Коэффициент полезного действия один из основных характеристик любой энергетической установки, в частности, гелиоколлектора $\eta_{зк}$ определяется расчетным путем по известным методикам или экспериментально. При этом учитывается солнечные и облачные дни определенного периода и конструктивные особенности гелиоколлектора.

Для описания динамики плотности потока солнечной радиации на поверхности коллектора (E), рассмотрим графическое изображение изменения солнечной радиации в течении наиболее холодные месяцы отопительного периода (ноябрь, декабрь, январь и февраль), который имеет параболическую функцию (рисунок 3.2). При этом выбраны следующие географические широты: 40°, 44°, 52°, 56°, 64° и 68°.

$$E = \frac{\text{МДж/м}^2\text{мес.}}{(\text{кВт} \cdot \text{ч/м}^2\text{мес})}$$

Географическая широта; (град. с. $a=40^\circ; б=44^\circ; в=52^\circ; \Gamma=56^\circ; д=64^\circ; ж=68^\circ;$

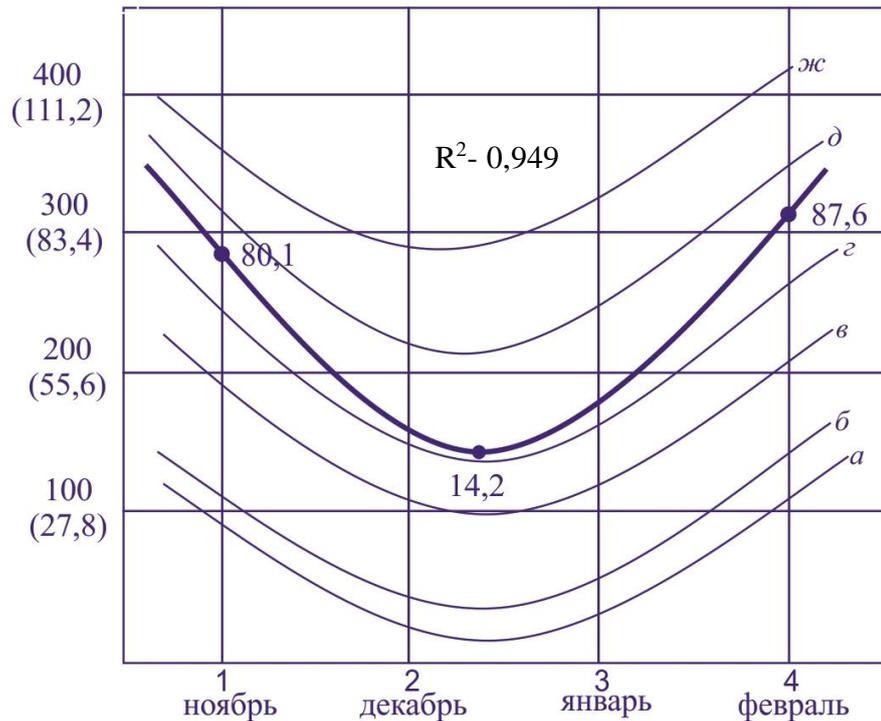


Рисунок 3.2- Динамика потока солнечной радиации в зависимости от географической широты за отопительный период.

Аппроксимация данной параболической функции осуществлена с помощью известной формулы Лагранжа [118], [119].

$$L_n(x) = \sum_{t=0}^n Y_t = \frac{(x - x_0)(x - x_1) \dots (x_i - x_{i-1})(x_i - x_{i+1}) \dots (x - x_n)}{(x_i - x_0)(x_i - x_1) \dots (x_i - x_{i-1})(x_i - x_{i+1})(x_i - x_n)} \quad (3.4)$$

Коэффициент Лагранжа:

$$L_i^{(n)}(x) = \frac{(x - x_0)(x - x_1) \dots (x_i - x_{i-1})(x_i - x_{i+1}) \dots (x - x_n)}{(x_i - x_0)(x_i - x_1) \dots (x_i - x_{i-1})(x_i - x_{i+1})(x_i - x_n)} \quad (3.5)$$

Для определения коэффициентов уравнения описывающее параболическую функцию выделим из нее следующие характерные точки:

| | | | |
|----------------|------|------|------|
| I | 1 | 2 | 3 |
| X _i | 1 | 2,4 | 4 |
| Y _i | 80,1 | 14,2 | 87,6 |

Путем вычисления коэффициентов Лагранжа для каждой характерной точки имеет:

$$L_1^{(3)}(x)Y_1 = \frac{(x - 2,4)(x - 4)}{(1 - 2,4)(1 - 4)} \times 80,1 = \frac{x^2 - 6,4x + 9,6}{4,2} 80,1$$

$$= 19,07x^2 - 122,5 \times x + 183,07;$$

$$L_2^{(3)}(x)Y_2 = \frac{(x - 1)(x - 4)}{(2,4 - 1)(2,4 - 4)} \times 14,2 = \frac{x^2 - 5x + 4}{-2,24} 14,2$$

$$= -6,34x^2 + 31,69x - 25,36;$$

$$L_3^{(3)}(x)Y_3 = \frac{(x - 1)(x - 2,4)}{(4 - 1)(4 - 2,4)} \times 87,6 = \frac{x^2 - 3,4x + 2,4}{4,8} 87,6$$

$$= -18,25x^2 - 62,05x + 43,8;$$

$$Y(x) = 30,98x^2 - 152,41x + 201,51 \quad (3.6)$$

Проверка уравнения (3.6):

$$Y_{\min} = y(14,2) = 30,98(2,4)^2 - 152,41(2,4) + 201,51 = 13,67 \approx 14,2;$$

Таким образом, для описания динамики потока солнечной радиации за отопительный период выведено эмпирическое уравнение следующего вида:

$$P_c^0 = 30,98t^2 - 152,41t + 201,51, \quad (3.7)$$

где t – время, сутки.

Коэффициент детерминации $R^2 = 0,949$ свидетельствует о достоверности расчетов.

Закономерность распределения солнечной радиации за отопительный период (3.2), статистические показатели $\bar{M} = 190,99 \pm 108,35$ МДж/м²месяц (53,09 ± 30,12 кВт/м² месяц), расчетные показатели (таблица 3.2), графическая зависимость (рисунок 3.2) и уравнение (3.7) составили методическую основу определения тепловой мощности гелиоколлектора для обогрева пола телятника.

Как было отмечено выше полезная тепловая мощность гелиоколлектора определяется с учетом его коэффициента полезного действия.

3.2.2. Методика по определению коэффициента полезного действия (КПД) трубчатого гелиоколлектора

Коэффициент полезного действия гелиоколлектора рассчитан по соотношению полезно произведенной тепловой энергии к суммарной интенсивности солнечного излучения.

Определены виды КПД:

- средний КПД для каждого часа работы гелиоколлектора

$$\eta_{ч} = \frac{Q_n}{E \cdot S_{зк}}, \quad (3.8)$$

- суточный КПД гелиоколлектора

$$\eta_{сут} = \frac{\sum Q_n}{E \cdot S_{зк}}, \quad (3.9)$$

где Q_n - часовое значение полезной энергии, кВт·ч.

E - плотность потока солнечной радиации на поверхности гелиоколлектора, кВт·ч/м².

$S_{зк}$ - площадь гелиоколлектора, м².

$\sum Q_n$ - полная полезная энергия, полученная в гелиоколлекторе за сутки, кВт·ч.

Значения данных КПД не равны (то есть $\eta_{ч} \neq \eta_{сут}$). Для стационарных условий Q_n определяется из уравнения теплового баланса [120]:

$$Q_n = S_{зк} \cdot [E(\tau\alpha)_e] - [U_L \cdot (t_2 - t_{окр})]S_{зк}, \quad (3.10)$$

где $S_{зк} \cdot [E(\tau\alpha)_e]$ - величина падающей солнечной энергии на поверхность гелиоколлектора, кВт·ч.

$[U_L \cdot (t_2 - t_{окр})]S_{зк}$ - количество энергии теряемой в окружающую среду, кВт·ч. (кДж);

$t_{окр}$ - температура окружающей среды, °С;

t_2 - средняя температура поглощающей поверхности гелиоколлектора, °С;

$(\tau\alpha)_e$ - приведенная поглощательная способность гелиоколлектора (оптический КПД);

U_L - общий коэффициент тепловых потерь, Вт/м²·ч.

В данной зависимости (3.10) экспериментально определить температуру поглощающей поверхности гелиоколлектора t_2 затруднено. Наиболее

достоверно можно определить температуры воды на входе в гелиоколлектор в зависимости от времени нагрева теплоносителя.

Поэтому на практике для расчета Q_n выгодно использовать следующую зависимость:

$$Q_n = F_R \cdot S_{зк} \cdot [E(\tau\alpha)_e - U_L \cdot (t_3 - t_{окр})], \quad (3.11)$$

где F_R – коэффициент отвода тепла;

t_3 - температура теплоносителя на входе в гелиоколлектор, °С.

В зависимости (3.11) основными параметрами определяющими количество полезной энергии и эффективность гелиоколлектора является общий коэффициент тепловых потерь (U_L) и оптический КПД $(\tau\alpha)_e$.

Расчет U_L для трубчатого гелиоколлектора произведено по методике, как для трубы многослойным изоляционным экраном [121]:

$$U_L = \frac{t_4 - t_{окр}}{\frac{1}{\pi \cdot d_1 \cdot \alpha_2} + \frac{1}{2,273 \cdot \lambda_1} \lg \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2,273 \cdot \lambda_2} \lg \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{2,273 \cdot \lambda_3} \lg \frac{d_4}{d_3} + \frac{1}{\pi \cdot d_3}} \quad (3.12)$$

Исходные параметры гелиоколлектора следующие:

$d_1=0,016$ м; $d_2=0,018$ м; $d_3=0,082$ м; $d_4=0,083$ м; $t_{окр}=(+12 \dots -12^\circ\text{C})$;

$t_4=50$ °С ; $\lambda_1=0,21$ Вт/(м·град); $\lambda_2=0,259$ Вт/(м·град); $\lambda_3=0,186$ Вт/(м·град);

$\alpha_1=300$ Вт/(м·град); $\alpha_2=24,7$ Вт/(м·град);

Формула (3.12) показывает, что общий коэффициент тепловых потерь U_L зависит от температуры окружающей среды $t_{окр}$ в значительной степени (рисунок 3.3):

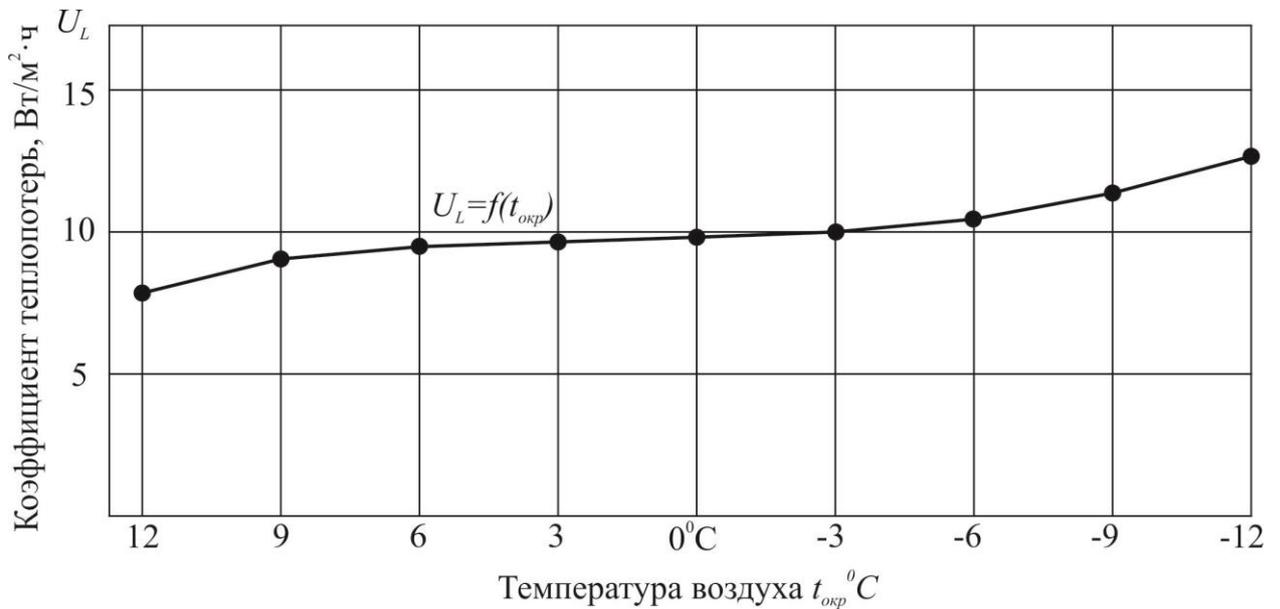


Рисунок 3.3 –Зависимость коэффициента тепловых потерь от температуры окружающей среды, $U_L = f(t_{окр})$

В начале отопительного периода при температуре окружающей среды $t_{окр}=12$ °C коэффициент тепловых потерь составляет $U_L=7,77$ Вт/м²·ч, а при температуре $t_{окр}=-12$, $U_L=12,67$ Вт/м²·ч. Среднее значение U_L^{cp} равно 10,22 Вт/м²·ч.

Коэффициент отвода тепла F_R для трубчатого гелиоколлектора определяется по известной формуле [120]:

$$F_R = \frac{G \cdot C}{U_L} \left[1 - \exp\left(\frac{U_L \cdot F^*}{G \cdot C_p} \right) \right], \quad (3.13)$$

G – общий расход теплоносителя, кг/с;

C – удельная теплоемкость воды, $C=4,19$ кДж/(кг·°C);

C_p – удельная теплоемкость материала труб, кДж/(кг·°C);

$F^*=F \cdot S$ – коэффициент использования площади гелиоколлектора, $F=0,98$ [120].

Исходные данные для расчета F_R и результаты расчета приведены в таблицах 3.3 и 3.4.

Таблица 3.3 - Исходные данные для расчета коэффициента отвода тепла F_R

| G, кг/с | C, кДж/ кг·°C | F* = F· S | C _{РКД} ж/ кг·°C | U_L , Вт/м ² ·ч | | | | | | | | | |
|------------|---------------------|--------------|---------------------------------|------------------------------|----------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|
| | | | | 12° C | 9 °C | 6 °C | 3 °C | 0 °C | - 3°C | - 6°C | - 9°C | - 12°C | |
| 0,018 | 4,19 | 0,98 | 0,023 | 7,77 | 8,3 8 | 8,99 | 9,6 1 | 10,2 2 | 10,8 4 | 10,8 4 | 12,0 6 | 12,68 | |

Таблица 3.4 – Результаты расчета F_R

| | | | | | | | | | |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $t_{окр}, °C$ | 12 | 9 | 6 | 3 | 0 | -3 | -6 | -9 | -12 |
| F_R | 0,810 | 0,752 | 0,700 | 0,656 | 0,616 | 0,582 | 0,551 | 0,523 | 0,493 |

Таким образом имеем исходные данные для расчета полной полезной энергии Q_n , полученная в гелиоколлекторе в зависимости от температуры окружающей среды (таблица 3.5)

Таблица 3.5 – Исходные данные для расчета Q_n

| $t_{окр}, °C$ | 12 | 9 | 6 | 3 | 0 | -3 | -6 | -9 | - 12 | $S_{ГК},$ м ² | $(\tau_a)_e$ | $t_3,$ °C | E, Вт/ м ² |
|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------------------|--------------|--------------|-----------------------------|
| U_L Вт/м ² · ч | 7,77 | 8,38 | 8,99 | 9,61 | 10,2 2 | 10,8 4 | 11,4 5 | 12,0 6 | 12, 68 | 1,68 | 0,89 | 25 | 554 |
| F_R | 0,81 0 | 0,75 2 | 0,70 0 | 0,65 6 | 0,61 6 | 0,58 2 | 0,55 1 | 0,52 3 | 0,4 93 | | | | |

Таблица 3.6 – Результаты расчета Q_n

| $t_{окр},$ °C | 12 | 9 | 6 | 3 | 0 | -3 | -6 | -9 | -12 | Σ |
|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------|-------|------------|
| $Q_n,$ Вт/м ² | 553,1 9 | 452,9 9 | 378,9 6 | 310, 36 | 245,6 3 | 185,1 8 | 127,7 5 | 72,89 | 19,87 | 2346, 8 |

Среднее значение полной полезной энергии Q_n^{cp} , полученная в гелиоколлекторе в зависимости от температуры (12...-12°C) окружающей среды составляет $Q_n^{cp} = 261,75$ Вт/м²

Теоретический расчет среднего КПД гелиоколлектора за отопительный период показывает, что:

$$\eta_{теор} = \frac{261,75}{554 \cdot 1,68} = 0,28$$

Тогда теоретическая тепловая мощность гелиоколлектора по формуле

$$(3.3) \text{ равна: } P_{zk} = 260 \text{ Вт.}$$

Расчеты общего коэффициента тепловых потерь гелиоколлектора (U_L), коэффициента отвода тепла (F_R) и полной полезной энергии, полученная в гелиоколлекторе ($Q_{п}$) в зависимости от температуры окружающей среды приведены в приложении 4.

Коэффициент полезного действия гелиоколлектора наиболее достоверно определено экспериментально в соответствии с рисунком 3.4 [122], [123].



Рисунок 3.4 – Зависимость температуры на входе в коллектор [$t_3=f(T)$] и потока солнечной радиации [$E_{экс}=f(T)$] от времени нагрева T

Средний суточный КПД гелиоколлектора по данным эксперимента равно:

$$\eta_{экс} = \frac{\Sigma Q_{п}}{S_{ГК} \cdot E_{экс}} = \frac{2346,82}{1,68 \cdot 3872} = 0,36 \quad (3.14)$$

Разница между теоретической $\eta_{теор}$ и экспериментальной $\eta_{экс}$ КПД объясняется тем, что на численное значение КПД гелиоколлектора в любой произвольный момент времени могут влиять переменные внешних и режимных факторов (E , $t_{окр}$, $V_{в}$), конструктивные параметры (F' , U_L) и свойства применяемых материалов (τ , α).

Поэтому эффективность гелиоколлектора оценивается по известной стационарной модели [38] в виде линейной зависимости:

$$\eta = a + bx \quad (3.15)$$

$$\text{где } a = F' \cdot (\tau \cdot \alpha); b = F' \cdot U_L; x = \frac{\bar{t}_{жс} - t_{окр}}{E}.$$

Действительно, эти параметры меняются в течение дня, сезона и от пункта к пункту.

При расходе $G = 2...3$ кг/с для гелиоколлектора с поглощающим экраном КПД аппроксимируется линейной зависимостью [11], [39]:

$$\eta = -13,3 \left(\frac{\Delta t}{E} \right) + 0,82 \quad (3.16)$$

Экспериментальная часовая мощность $P_{экс}$ гелиоколлекторов соответствии с рисунком 3.4 представлена в таблице 3.7.

Таблица 3.7. Экспериментальная часовая мощность $P_{экс}$ гелиоколлектора

| Время, ч | 9:30 | 10:30 | 11:30 | 12:30 | 13:30 | 14:30 | 15:30 | 16:30 | 17:30 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $P_{экс}$ Вт | 175,39 | 196,56 | 223,77 | 263,09 | 317,52 | 326,59 | 316,91 | 264,90 | 257,04 |

Среднее значение экспериментальной часовой мощности равно

$$P_{экс}^{ср} = E_{экс} \cdot S_{ГК} \cdot \eta_{экс} = \frac{3872}{9} \cdot 1,68 \cdot 0,36 = 260,2 \text{ Вт} \quad (3.17)$$

3.2. 3. Методика определения общего коэффициента тепловых потерь гелиоколлектора

Определение общего коэффициента тепловых потерь гелиоколлектора (U_L) выполнен по ГОСТу 28310 - 89 и ГОСТу Р51594 - 2000.

Гелиоколлектор трубчатый снабжён датчиками температуры на входе и на выходе. Использован ртутный термометр с пределами измерения 0 - 100°С и с ценой деления 0,1°С.

Измерение расхода воды производится весовым методом. Гелиоколлектор устанавливается под углом 30° к горизонту. Измерение температур осуществлялось пирометром инфракрасной с 300 – 3 «Фотон» с измерителем регистратора ИС - 204,3. В качестве датчика температур

использован НСХ термопреобразователи с диапазоном измерения температур - 50 до 180°C(рисунок 3. 5).

Для измерения скорости ветра использован чашечный анемометр.



Рисунок 3.5. Проверка датчиков температур НСХ с помощью пирометра инфракрасного С 300— 3 «фотон».

Принципиальная схема экспериментальной установки для испытания гелиоколлектора показана на рисунке 3.6.

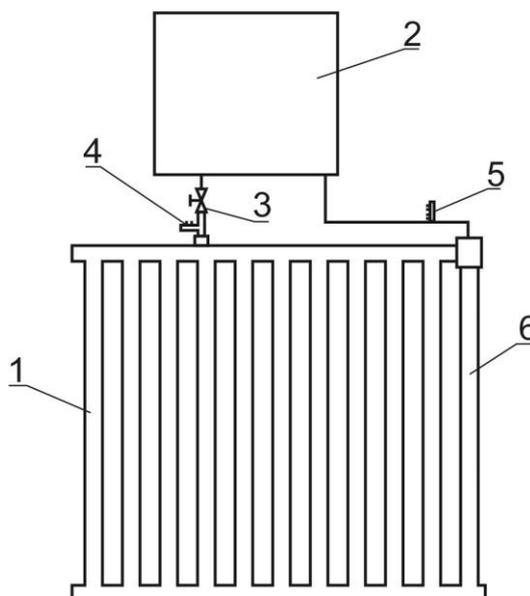


Рисунок 3.6 -Принципиальная схема экспериментальной установки: 1 - гелиоколлектор; 2 – бак - аккумулятор; 3 – вентиль; 4 - 5 термометры; 6 - трубопроводы.

Условия проведения экспериментальных исследований:

- проводится при ясном, безоблачном небе;
- плотность потока суммарной солнечной радиации не менее 500 Вт/м²;

- температура наружного воздуха не менее 12°C;
- скорость ветра не более $v=5$ м/с;
- расход воды через коллектор 25 кг/м²·ч;
- продолжительность испытаний не менее 2 ч;
- температура воды на входе в коллектор: 20, 30, 40 и 50°C;
- погрешность не должна превышать ±10%.

Одновременно регистрируют следующие параметры:

- температура окружающей среды, $t_{окр}$ °C;
- температура воды на входе в коллектор, t_3 °C;
- температура воды на выходе из коллектора, $t_{вых}$ °C;
- расход воды через коллектор, G , кг/м² · ч;
- плотность потока суммарной солнечной радиации в плоскости коллектора E , Вт/м².

По итогам экспериментальных исследований определены произведения общего коэффициента тепловых потерь и коэффициента эффективности поглощающей панели гелиоколлектора по следующей зависимости:

$$F' \cdot U_L = \frac{G \cdot C (t_{вых} - t_3)}{A (\bar{t}_{ж} - t_{окр})}, \quad (3.17)$$

где F' - коэффициент эффективности поглощающей панели;

G – расход воды через коллектор, кг/ч;

A – площадь тепловоспринимающей поверхности, м²;

C – теплоемкость воды, Вт·ч/(кг·°C);

$\bar{t}_{ж}$ – средняя температура жидкости, равная полусумме температуры воды на входе и выходе из гелиоколлектора, °C.

В соответствии данными экспериментальных исследований для расчета произведения $F' \cdot U_L$ имеем (рисунок 3.7):

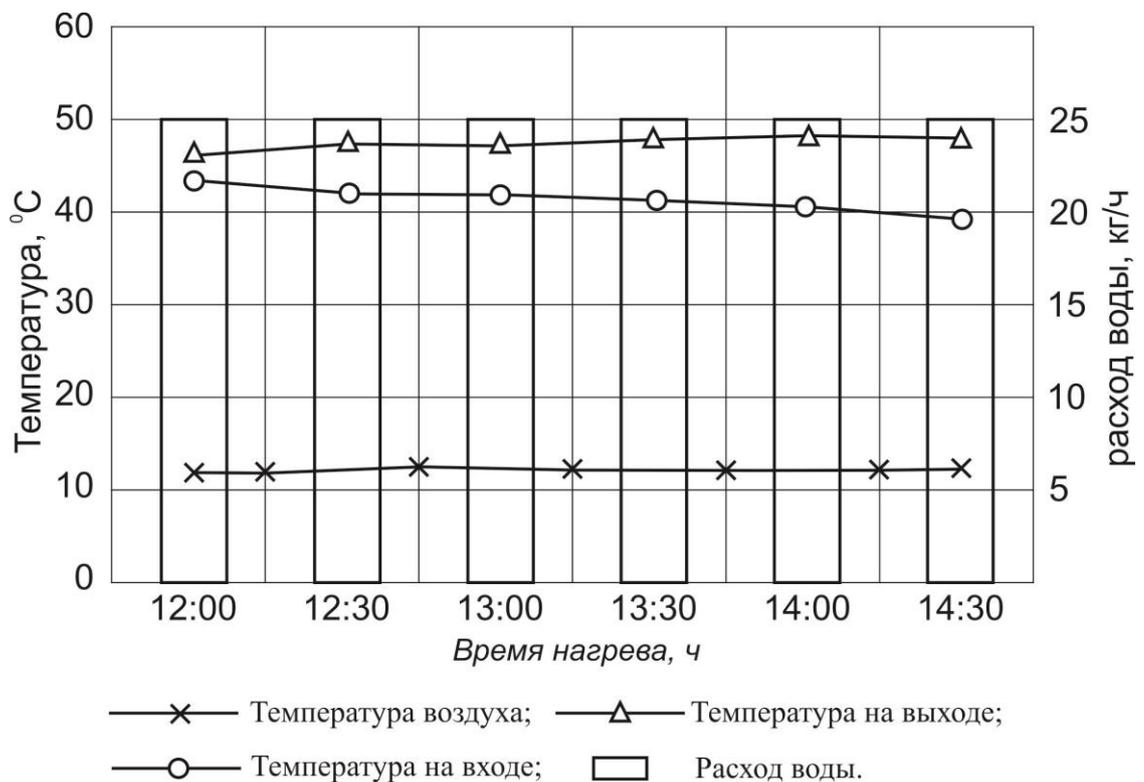


Рисунок 3.7. Экспериментальные данные изменения температуры воды на входе и на выходе гелиоколлектора.

Графическая зависимость $F' \cdot U_L$ от t_3 приведена на рисунке 3.8 (на вход коллектора подавали воду с температурой $t_3^{\circ}\text{C}=(20,30,40,50,60,70^{\circ}\text{C})$)

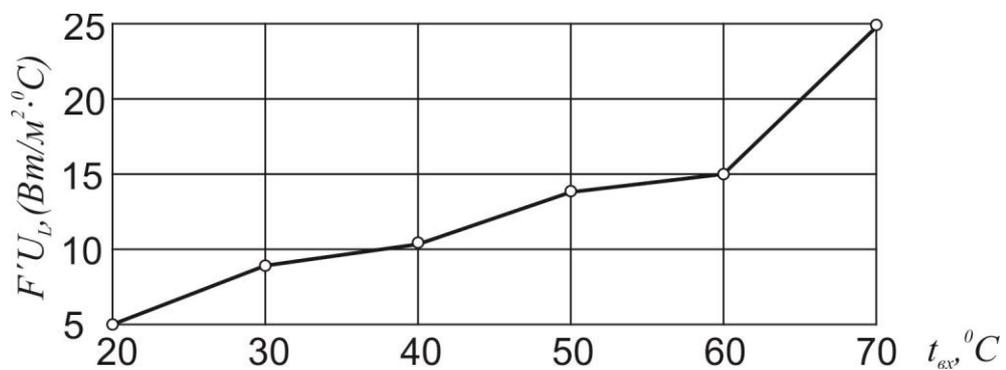


Рисунок 3.8. Зависимость $F' \cdot U_L = f(t_3)$

Анализ графиков (рисунки 3.7, 3.8) показывает, что в приточном режиме подачи воды в гелиоколлектор при температуре окружающей среды $t_{окр}=12...13^{\circ}\text{C}$, температура воды на входе и на выходе соответственно изменяется в пределах: $t_{вх}=39...44^{\circ}\text{C}$ и $t_{вых}=46...49^{\circ}\text{C}$.

Произведение общего коэффициента тепловых потерь U_L и коэффициента эффективности поглощающей панели F' гелиоколлектора

$(F' \cdot U_L)$ находится в допустимых пределах: 4,9...10,1 Вт/(м²·°С), что согласуется с общепринятыми данными [120], при подаче воды на вход гелиоколлектора температурой $t_{ex}=20,30,40,50,60,70^{\circ}\text{C}$ с расходом 25 кг/ч.

3.2.4. Методика определения инсоляции телятника и прилегающей территории за отопительный период

Методика определения инсоляции телятника и прилегающей территории к зданию предусматривает натурные исследования фактической инсоляции существующего телятника за определенный период. Инсоляция телятника включает облучения помещения и территорий солнечными лучами в совокупности светового, биофизического и теплового воздействия [124]. В зависимости от интенсивности и продолжительности действия солнечных лучей инсоляция может оказывать существенное влияние на температурный режим телятника.

Фактическая инсоляция определяется натурными экспериментами. Основные показатели фактической инсоляции следующие: географическая широта исследуемой местности; склонение Солнца в день исследования; текущие моменты (время) исследования. Данные показатели определяются с учетом погодных условий и облачности неба. Основными исходными данными для анализа инсоляции любого помещения и территорий является: продолжительность солнечной фазы на Земле, в том числе местности; продолжительность года – 8760 часов; общая продолжительность дневного времени – 4380 часов; продолжительность солнечного сияния местности в год дни [125].

Кроме основных общих исходных данных для анализа инсоляции телятника и прилегающей территории необходимо учитывать следующие факторы:

- продолжительность солнечной фазы местности, где расположен телятник;
- продолжительность отопительного периода (4...5 месяц) – 2880...3600 часов;

- общая продолжительность дневного времени за отопительный период – 1440...1800 часов;

- продолжительность солнечного сияния за отопительный период – 86...107 дни;

- способ содержания животных – групповое беспривязное.

Существующий телятник фермерского хозяйства застроено параллельно расположенными зданиями на расстоянии 16м друг от друга (рисунок 3.9).

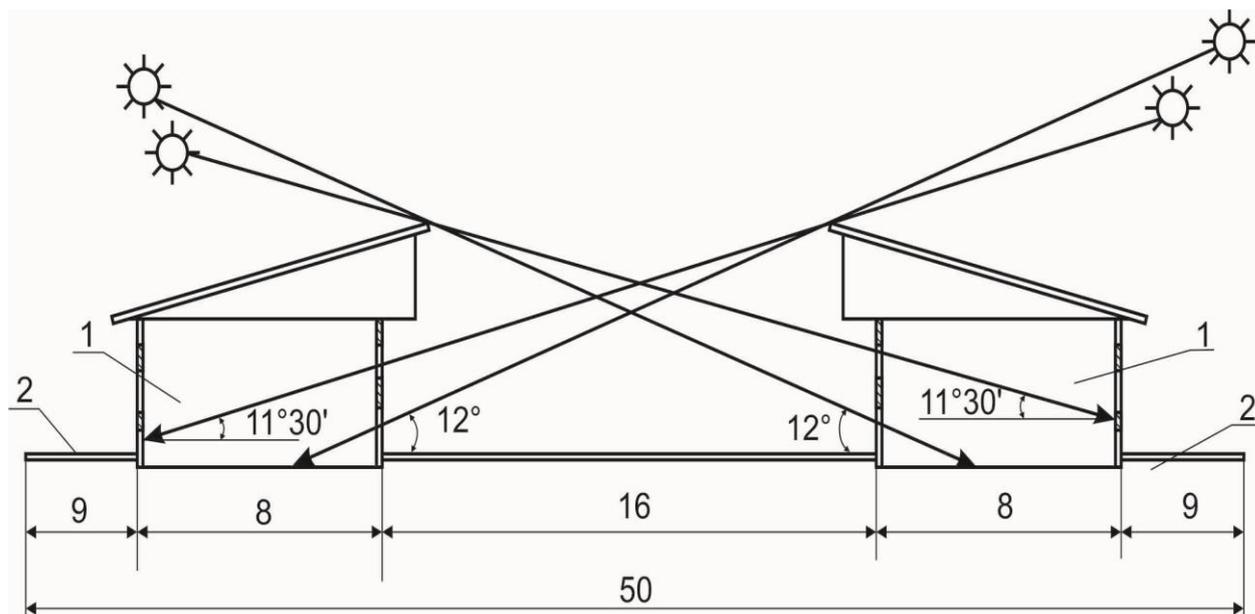


Рисунок 3.9 – Инсоляция телятника в зависимости от азимута и углов склонения солнца (на 22 декабря): 1-телятник; 2-территория (размеры в метрах).

Из рисунка 3.9 видно, что каждое здание представляет собой препятствием для инсоляции на другое здание. Под действием солнечных лучей, когда они проникают помещение создается тепличный эффект: тепловые солнечные лучи с длиной волны 0,4 – 2,5 мк, которая меньше длины волны светового луча, нагревает помещение, а затем излучают, но уже на более длинной волне – 5...10мк. Создаётся разница температур наружного и внутреннего воздуха. Тепличный эффект является важным фактором для обогрева животноводческого помещения в отопительный период.

а) Определение суточной продолжительности инсоляции пола телятника и прилегающей территории на 22 декабря

Для определения суточной продолжительности инсоляции пола телятника на генеральном плане территорий застройки телятника необходимо определить положение расчетной точки В на полу помещения с помощью инсографика, на 22 декабря, как самый короткий день в году за отопительный период (рисунок 3.10).

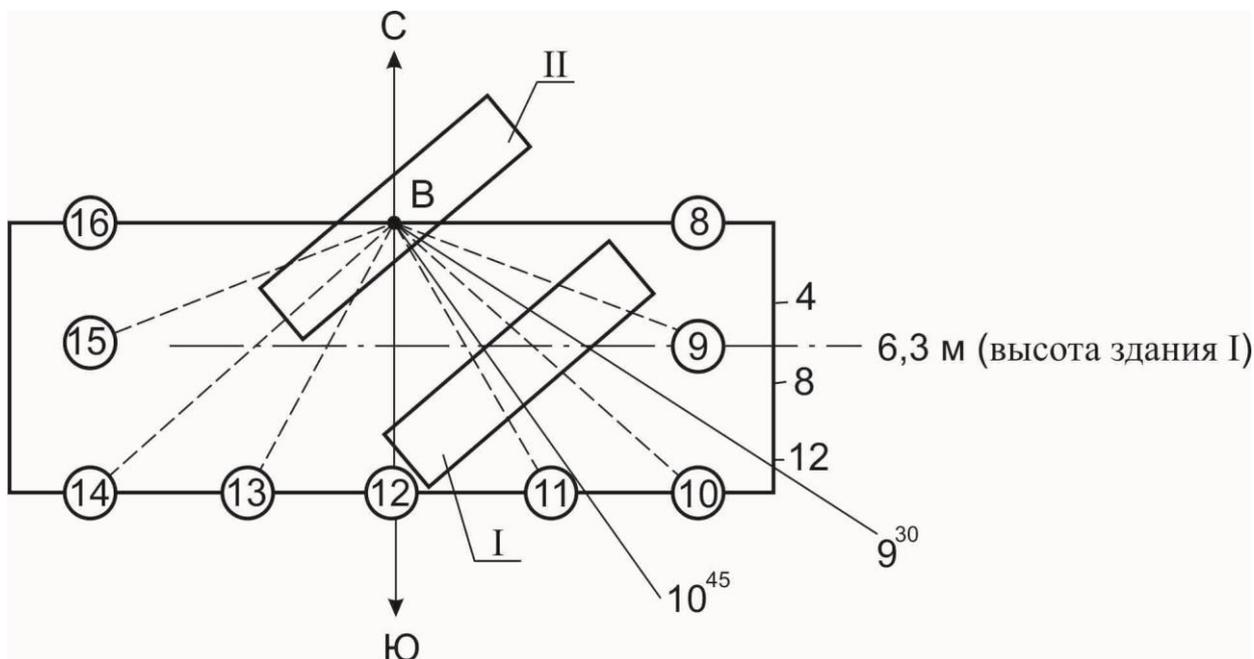


Рис. 3.10 –Инсографик для расчета продолжительности инсоляции точки В на полу телятника: I – затеняющее здание телятника; II – инсолируемое здание телятника с расчетной точкой В на полу.

Результаты исследований [126]

Продолжительность инсоляции расчетной точки В без учета затеняющего здания I составляет с 9 до 15 часов на 22 декабря. С учетом затенения зданием I продолжительность инсоляции точки В сокращается на 3 часа (с 9 до 12 ч.). С учетом высоты здания I равное 6,3 м продолжительность инсоляции сокращается еще на 1 ч. 15 мин.

Таким образом общая продолжительность инсоляции расчетной точки В составляет 3 часа, а непрерывная 1 час 45 мин.

Полученные результаты времени инсоляции и интервалы инсоляции существующего телятника фермерского хозяйства показывает, что непрерывная инсоляция равная всего на 1 час 45 мин. не соответствует нормам. Здесь надо

обратить внимание на то, что в нормативных документах есть противоречия по требуемой величине времени инсоляции [127]. Поэтому данная величина инсоляции не оказывает существенного влияния на обогрев телятника в отопительный период. Возникает необходимость использования более интенсивных способов использования солнечной радиации для обогрева пола телятника.

По аналогичной методике определена инсоляция прилегающей территории телятника и зданий №1 и №2 на 22 декабря. На северной стороне телятника посажены деревья, препятствующие господствующим ветрам. Поэтому деревья не оказывают существенного влияния на инсоляцию прилегающей территории телятника.

Схема инсоляции расчетных точек С и Д, которые расположены на расстоянии 9м от торца зданий телятника, точки Е расположенная в центральной части выгульной площадки и здании телятника №1 и №2 показана на рисунке 3.11.

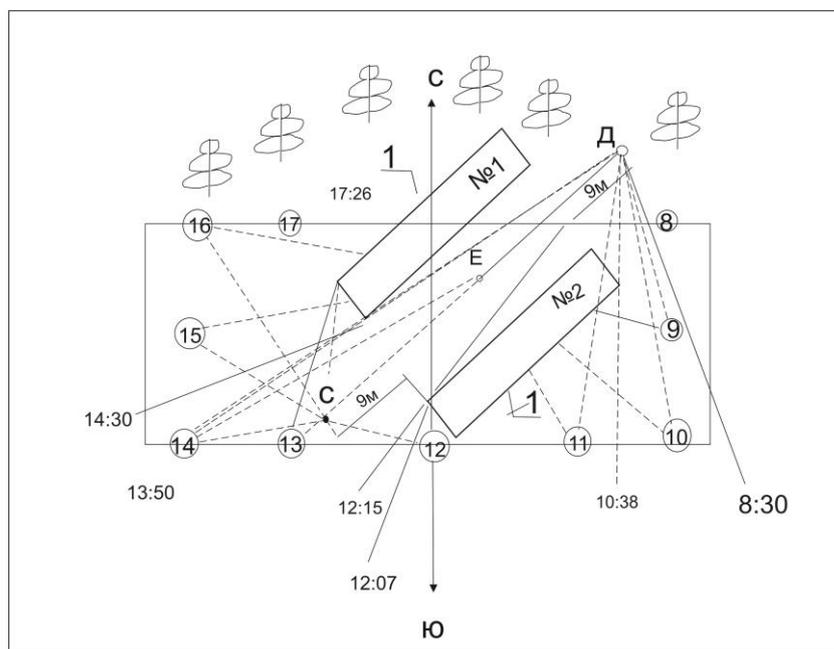


Рисунок 3.11 – Инсографик для расчета продолжительности инсоляции точек С, Д, Е на прилегающей территории телятника и зданий телятника №1 и №2.

Продолжительность инсоляции точек С, Д, Е и зданий №1 и №2 на 22 декабря по данным хронометражных наблюдений занесены в таблицу 3.8.

Таблица 3.8 – Инсоляция характерных точек С, Д и Е на прилегающей территории телятника (22 декабря)

| Характерные точки | Продолжительность инсоляции, ч | | | |
|-------------------|--------------------------------|---------------|------|------|
| | с 8:30 по 17:26 | Сумма | Факт | |
| С | 12:00 – 17:25 | 5:25 | 4:25 | |
| Д | 8:30 – 10:38; 12:15 – 13:50 | 3:43 | 2:43 | |
| Е | 12:07 – 14:30 | 2:23 | 2:23 | |
| Здание | №1 | 12:00 – 17:35 | 5:35 | 4:35 |
| | №2 | 8:30 – 17:35 | 8:05 | 7:05 |

Начало инсоляции точки С соответствует к 12:00, так как здание телятника препятствует инсоляции, а конец инсоляции точки С соответствует к 17:25, так к 22 декабря закат солнца происходит в 17:35. Суммарная инсоляция точки С составляет 5 часов 25 минут.

Инсоляция точки Д начинается с восходом солнца (08:30) и имеет периодический характер, а именно инсоляция точки Д два периода: с 08:30 по 10:38 и с 12:15 до 13:50. Суммарное время инсоляции точки Д составляет 3 часа 43 минуты.

Суммарная продолжительность инсоляции точек С и Д расположенные на прилегающей территории телятника равны 9 часов 8 минут.

Инсоляция точки Е расположенная в центральной части выгульной площадке телятника начинается 12:07, заканчивается в 14:30 и составляет 2 часа 23 минут.

Таким образом, суммарная продолжительность инсоляции характерных точек прилегающей территории телятника С, Д и Е оставляет 11 часов 31 минута. По нормам инсоляции первый час после восхода солнца и последний час перед его заходом в расчёт не принимается. Тогда фактическая инсоляция характерных точек телятника С, Д и Е равна 9 часов 31 минута.

б) Определение суточной продолжительности инсоляции здании телятника и прилегающей территории за отопительный период

По аналогичной методике определена инсоляция телятника и прилегающей территории на начало (15 октября) и на конец (15 марта) отопительного периода. На продолжительность инсоляции данных времен

оказывает влияние времени восхода и захода солнца соответствующие отмеченным датам: 15 октября – восход (07:15), заход(18:20); 15 март - восход (07:15) заход (19:07).

Результаты наблюдений и расчётов с помощью инсографика (рисунок 3.12) занесены в таблицу 3.9.

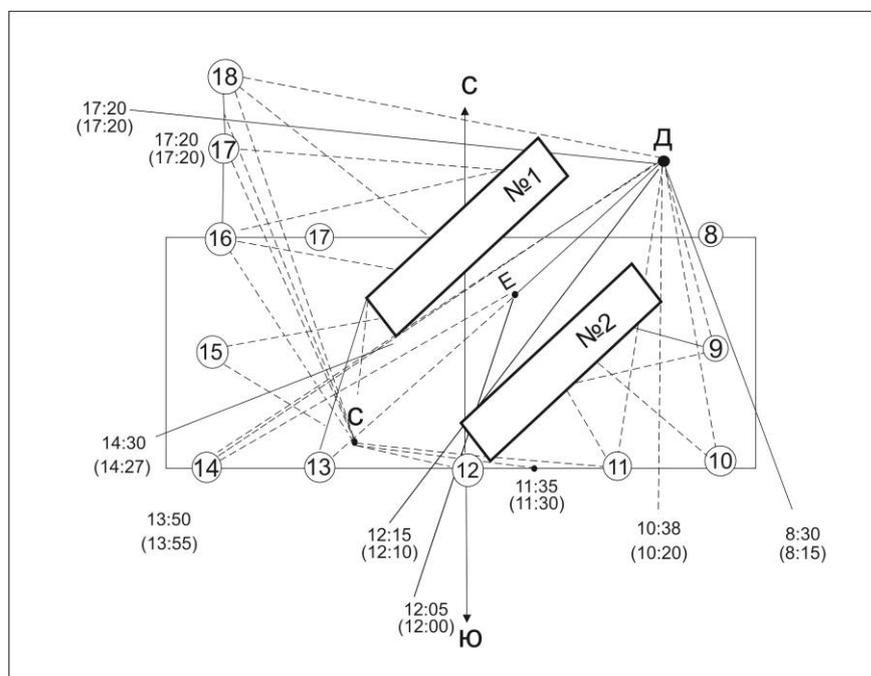


Рисунок 3.12 – Инсографик для расчёта продолжительности инсоляции точек С, Д и Е на начало (15 октября) и конец (15 марта) отопительного сезона.

Цифры в скобках соответствует к концу отопительного периода (15 марта).

Таблица 3.9 – инсоляция характерных точек С, Д и Е зданий телятника к началу (15 октября) и к концу (15 марта) отопительного периода.

| Характерные точки | Продолжительность инсоляции, ч | | |
|-------------------|--------------------------------|----------------------------|-------------|
| | С 8:30 по 17:20 (15 октября) | С 8:15 по 17:20 (15 марта) | Сумма |
| С | 11:35 – 17:25 | 11:30 – 17:25 | 5:45 (5:50) |
| Д | 8:15 – 10:20; 12:10 – 13:50 | 8:15–10:20;12:10–13:55 | 3:45 (3:50) |
| Е | 12:05 – 14:20 | 12:00 – 14:27 | 2:15 (2:27) |
| Здание | | | |
| №1 | 11:45 – 17:20 | 11:50 – 18:07 | 5:35 (6:17) |
| №2 | 8:15 – 17:20 | 8:15 – 18:07 | 9:05(10:07) |

Продолжительность фактической инсоляции зданий телятника и прилегающей территории за отопительный период наглядно показана на рисунке 3.13.

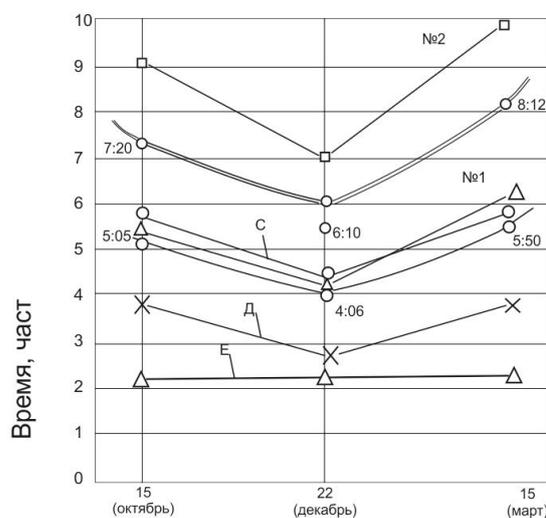


Рисунок 3.13 – Продолжительность инсоляции здании телятника №1 и №2 и прилегающей территории за отопительный период

Усредненное между зданий №1 и №2

Усредненное между зданий №1 и №2 и точек С, Д, Е

Условная графическая интерпретация полученных значений в результате экспериментальных исследований позволяет определить фактические значения продолжительности инсоляции исследуемого объекта. Анализ данного графика выражается вероятностными пределами отклонения фактической величины от расчётной, соответствующие доверительному интервалу. Следовательно, могут быть аппроксимированы методами математической статистики, в частности с помощью формулы Лагранжа [118].

3.2. 5. Обоснование мест размещения и угла наклона гелиоколлектора

Графическая интерпретация продолжительности инсоляции зданий телятника и прилегающей территории (рисунок 3.13) может быть использована в качестве исходного материала для определения мест размещения и угла наклона гелиоколлектора.

Из графика видно, что наибольшей продолжительности инсоляции за отопительный период обладает здания телятника №1 и №2. Усредненное значение инсоляции зданий №1 и №2 телятника изображено на рисунке 3.14.



Рисунок 3.14 -Усреднённое значение продолжительности инсоляции зданий телятника №1 и №2 за отопительный период

Продолжительность инсоляции телятника к началу (15 октября), к 22 декабря и к концу (15 марта) отопительного периода, соответственно составляет: 7 часов 20 минут; 6 часов 10 минут и 8 часов 12 минут. Эти усредненные суточные значения времени инсоляции выбраны для вывода эмпирического уравнения при определении мест размещения гелиоколлектора.

Коэффициенты эмпирического уравнения определены с помощью формулы (3.5). Для этого из параболической функции (рисунок 3.14) выделены следующие характерные точки (таблица 3.10).

Таблица 3.10 – Характерные точки параболической функции.

| <i>i</i> | 1 | 2 | 3 |
|----------|-------------|--------------|------------|
| x_i | 1 (месяц) | 2, 4 (месяц) | 5 (месяц) |
| y_i | 7:20 (7,33) | 6:10 (6,16) | 8:12 (8,2) |

Примечание: 1; 2, 4; 5 месяцы отопительного периода.

Вычисление коэффициентов Лагранжа для каждой характерной точки:

$$L_1^{(3)}(x)Y_1 = \frac{(x - 2,4)(x - 5)}{(1 - 2,4)(1 - 5)} \times 7,33 = \frac{x^2 - 7,4 \cdot x + 12}{5,6} 7,33$$

$$= 1,31 \cdot x^2 - 9,68 \cdot x + 15,72;$$

$$L_2^{(3)}(x)Y_2 = \frac{(x-1)(x-5)}{(2,4-1)(2,4-5)} \times 6,16 = \frac{x^2 - 6x + 5}{-3,64} \cdot 6,16$$

$$= -1,69 \cdot x^2 + 10,15 \cdot x - 8,45;$$

$$L_3^{(3)}(x)Y_3 = \frac{(x-1)(x-2,4)}{(4-1)(5-2,4)} \times 8,2 = \frac{x^2 - 3,4 \cdot x + 2,4}{10,4} \cdot 8,2$$

$$= 0,79 \cdot x^2 - 2,68 \cdot x + 1,89;$$

$$Y(x) = 0,41 \cdot x^2 - 2,11 \cdot x + 9,16 \quad (3.18)$$

Проверка уравнения (3.18):

$$Y_{\min} = y(6,16) = 0,41(2,4)^2 - 2,11 \cdot 2,4 + 9,16 = 6,45;$$

$$\text{Разница: } 6,45 - 6,16 = 0,25 \text{ (3,87\%);}$$

$$Y_{\max} = y(8,2) = 0,41(5)^2 - 2,11(5) + 9,16 = 8,86$$

$$\text{Разница: } 8,86 - 8,2 = 0,66 \text{ (7,44\%);}$$

Отклонения (3,87%; 7,44%;) выражается вероятностными пределами фактической величины от расчетной, соответствующие доверительному интервалу.

Следовательно, эмпирическое уравнение (3.18) и графическое интерпретация (рисунок 3.14) может быть использована для обоснования мест размещения и угла наклона гелиоколлектора.

Согласно данных предпосылок, наиболее рациональным местом для размещения гелиоколлекторов является крыша зданий телятника с фасадной стороны. Инсоляция данных мест в отопительный период изменяется в диапазоне 6:10...8:12 часов и описывается эмпирическим уравнением (3.18).

Обоснование угла наклона гелиоколлектора

Существует общепринятая рекомендация для определения рационального угла наклона к горизонту плоского гелиоколлектора. Для гелиоколлектора, ориентированного в южном направлении и используемого зимой угол наклона равна:

$$S = \Psi + 15^\circ, \quad (3.19)$$

где Ψ - географическая широта местности, град. с. ш.

В работах [95], [128] дана методика расчета оптимального угла наклона гелиоколлекторов. Согласно данным методик поглощаемая энергия солнечного излучения, падающая на горизонтальную поверхность определяется, как вектор нормальной составляющей (H) от вектора потока прямого излучения (H_{Π}) (рисунок. 3.15).

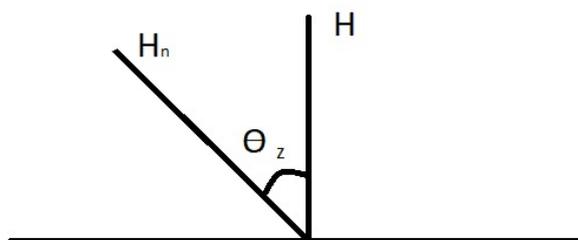


Рисунок 3.15 - Приход солнечной радиации на горизонтальную поверхность

Из рисунка видно, что:

$$H = H_{\Pi} \cdot \cos \theta_z, \quad (3.20)$$

где H - вертикальная нормальная составляющая вектора потока прямого солнечного излучения;

H_{Π} - вектор потока прямого излучения.

θ_z - угол между векторами H и H_{Π} .

Когда солнечные лучи падают на наклонную поверхность(рисунок 3.16) нормальная составляющая вектора потока прямого солнечного излучения рассчитывается по формуле:

$$H_T = H_{\Pi} \cdot \cos \theta_T, \quad (3.21)$$

где H_T - нормальная составляющая вектора потока прямого солнечного излучения;

θ_T - угол наклона поверхности к горизонту.

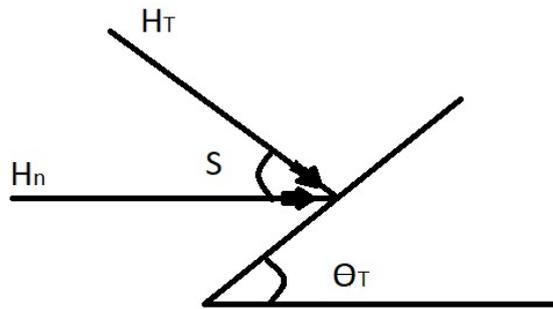


Рисунок 3.16. Приход солнечной радиации на наклонную поверхность

Для коллекторов, расположенных под углом S_k горизонту:

$$\theta_T = \cos(\Psi + S) \cdot \cos \delta \cdot \cos W + \sin(\Psi + S) \sin \delta, \quad (3.22)$$

где $\delta = 23,45 \cdot \sin 360 \cdot (284 + n/365)$ – склонение солнца;

W - часовой угол;

n - порядковый номер дня.

С учетом формулы (3.19), формула (3.22) имеет вид:

$$\theta_T = \cos(2\Psi + 15^\circ) \cdot \cos \delta \cdot \cos W + \sin(2\Psi + 15^\circ) \sin \delta, \quad (3.23)$$

Фактически гелиоколлектор устанавливается с углом наклона θ_T с учетом составляющих формул (3.22) и (3.23). Рациональный угол наклона гелиоколлектора, при котором суточный приход солнечной радиации, усредненный за весь отопительный период (с 15 октября по 15 марта) минимален, то есть на 3° меньше общепринятого рекомендуемого. Для местности, где географическая широта равна $\Psi = 42^\circ$ (место расположения телятника фермерского хозяйства) угол наклона гелиоколлектора

$$S = 42^\circ + 15^\circ + 3^\circ = 60^\circ.$$

3.2.6. Методика определения температуры биотепла, выделяемого при самосогревании навоза

Исследование тепловой мощности, КПД, коэффициента тепловых потерь гелиоколлектора, инсоляции телятника и прилегающей территории за отопительный период, показала необходимость в применении дополнительных источников тепла для обогрева пола, чтобы обеспечить температуру пола в пределах нормативного значения. Одним из таких источников тепловой

энергии, сменяющим традиционные энергоресурсы, является биотепло навоза образующаяся при его самонагревании [129], [130].

Общий принцип использования биотепла с помощью биотермической установки, в виде технологической схемы изображён на рисунке 2.1.

Схема экспериментальной установки для испытания биотермической установки показана на рисунке 3.17. Экспериментальная установка снабжена датчиками температуры для измерения температуры воды на входе и на выходе из установки. Термометр с датчиками также установлен в биомассе для измерения биотепла выделяемого при самонагревании навоза. Использован ртутный термометр с пределами измерения 0 - 100 с ценой деления 0,1°С.

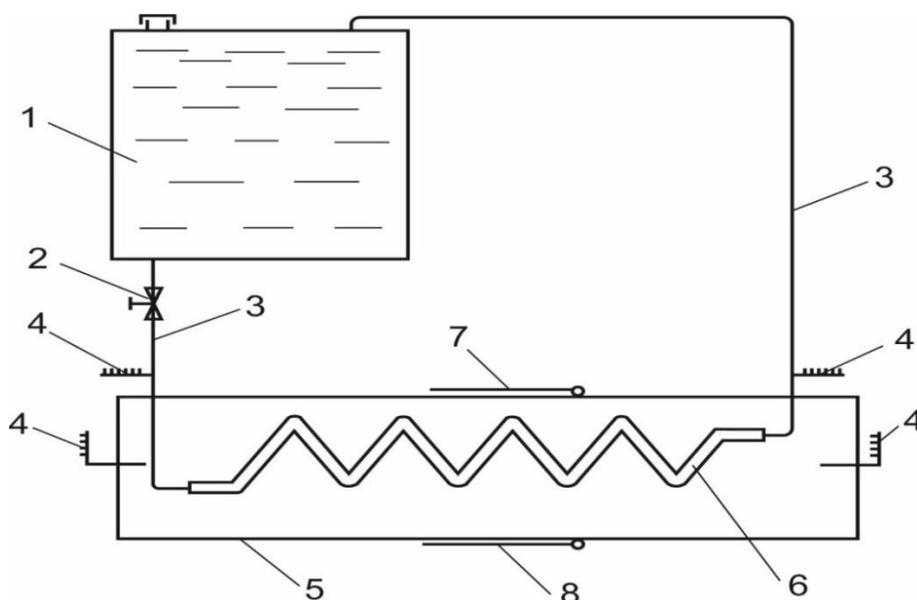


Рисунок 3.17- Схема экспериментальной биотермической установки: 1- бак -аккумулятор; 2- вентиль; 3- трубопроводы; 4- термометр; 5- емкость для навоза; 6- змеевик; 7- крышка; 8- люк

Условия проведения экспериментальных исследований:

- разместить экспериментальную установку в здании телятника;
- приготовить смесь конского и коровьего навоза в пропорции 1:1 с влажностью 70 – 75%;
- укладка навозной массы в емкость 5 высотой штабеля 1,0 м;
- укладка слоем соломы емкости 5 толщиной до 15см со всех сторон;
- температура наружного воздуха -12°С и выше;

- продолжительность испытаний 10 – 15 дней.

Параметры, которые регистрируются одновременно:

- температура наружного воздуха $t_{окр}$ и внутри телятника t_T , °С;
- температура воды на входе в установку $t_{вх}$, °С;
- температура воды на выходе из установки $t_{вых}$, °С;
- температура навозной массы t_n , °С;

Укладка навозной массы в емкость 5 была произведена в начале октября. Общая высота штабеля 1,15 м (с учётом укладки соломы), ширина 1,5 м и длина 2,5 м. Масса навоза составляла 3000 - 3100 кг. Самонагревание навозной массы происходило 12 – 15 дней. За это время колебание температуры наружного воздуха составила 7 - 12°С(ночью), 13 - 16°С, (днём). Колебание температуры воздуха внутри телятника, где размещена биотермическая установка, составила 8 - 14°С(ночью), 15 – 16 (днём).

Статистическая обработка экспериментальных данных теплового режима, биотермической установки даны в приложении 5.

Основные температурные критерии, характеризующие тепловой режим биотермической установки, отражены в таблице 3.11; рисунках 3.18; 3.19.

Таблица 3.11. Изменение температуры навозной массы за 15 суток с момента начала самонагревания (с 15 октября до по 29 октября).

| Время суток | Температура окружающей среды | | | | Температура внутри телятника | | | |
|--------------|--|---|----------------|----------------|------------------------------|---|----------------|----------------|
| | | $t_{окр} = 7 \dots 12^{\circ}\text{C}$ (ночь); $t_{окр} = 13 \dots 16^{\circ}\text{C}$ (день); | | | | $t' = 8 \dots 14^{\circ}\text{C}$ (ночь); $t' = 15 \dots 16^{\circ}\text{C}$ (день); | | |
| | Температура навозной массы t_n , °С; | | | | | | | |
| День (12:00) | \bar{t}^g | $\pm \delta^g$ | τ_{min}^g | τ_{max}^g | \bar{t}^H | $\pm \delta^H$ | τ_{min}^H | τ_{max}^H |
| | 42,7 | 1,75 | 2,11 | 1,48 | | | | |
| Ночь (21:00) | | | | | 39,9 | 1,87 | 2,08 | 2,13 |

Средняя температура самонагревания навозной массы за 15 суток составляет $\bar{t}^g = 42,7 \pm \delta^{\circ}\text{C}$ (днем), при температуре окружающей среды 13... 16°С, $\bar{t}^H = 39,9 \pm \delta^{\circ}\text{C}$ (ночью), при температуре окружающей среды. 7... 14°С.

Установлена продолжительность времени самонагрева навозной массы. При этом наряду с температурой навозной массы t_H регистрировались температуры окружающей среды ($t_{окр}$) и внутри телятника (t_T) ежедневно в одно и то же время (12:00).

Графическая интерпретация зависимости продолжительности времени самонагрева навозной массы от температур $t_{окр}$, t_T , t_H отражена на рисунке 3.18.

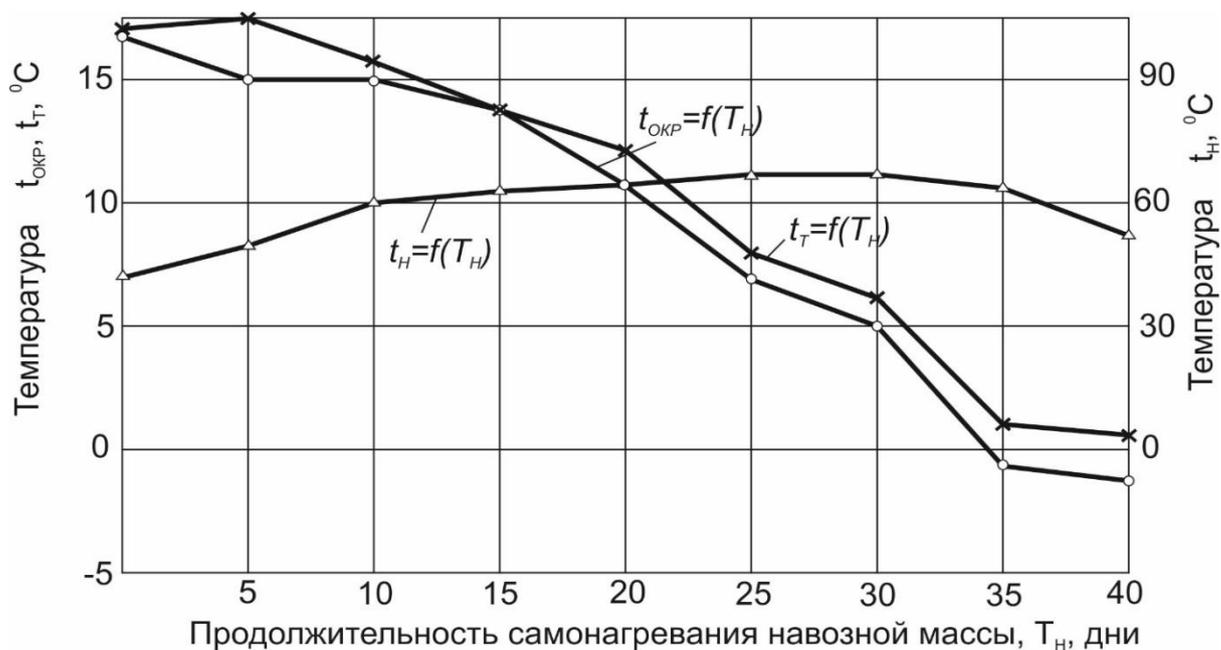


Рисунок 3.18 – Зависимость продолжительности времени T_H самонагрева навозной массы от температур $t_{окр}, t_T$ и t_H

Анализ графика показывает, что температуры окружающей среды ($t_{окр}$) и внутри телятника t_T не оказывают существенного влияния на процесс самонагрева навозной массы. При минусовой температуре окружающей среды процесс самонагрева навозной массы продолжается, но замедляется незначительно.

Продолжительность самонагрева навозной массы, массой 3000 – 3100 кг приготовленной в виде смеси конского и коровьего навоза в пропорции 1:1 составляет 40 дней с 30 октября по 9 декабря. Средняя температура навозной массы за это время равно $\bar{t}_H = 57,9$ °C, с среднеквадратическим отклонением $\pm 6 = 5,67$ °C и коэффициентом вариации $v = 9,8\%$. Температуры окружающей

среды за весь период самонагрева навоза колебалась от 16°C до -2°C, а температура внутри телятника, где размещена навозная масса колебалась от 17°C до 1°C.

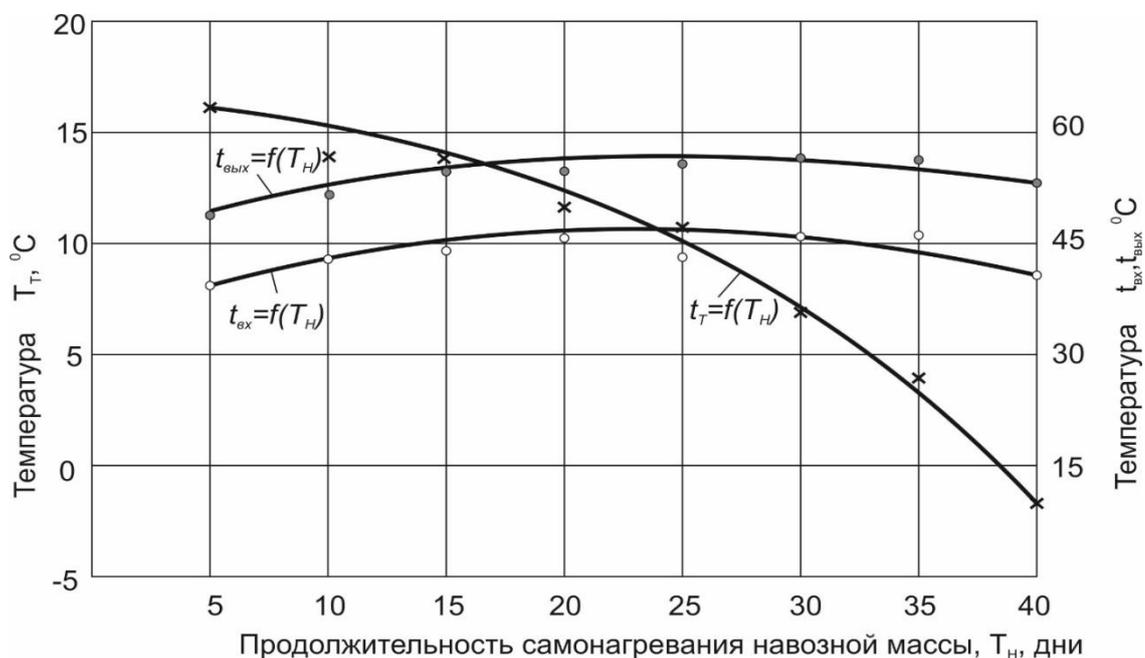


Рисунок 3.19 -Зависимость температур $t_{вх}$, $t_{вых}$ и t_T от продолжительности времени самонагрева навозной массы T_H

Средняя температура теплоносителя на входе в биотермическую установку и на выходе из нее, соответственно составили $t_{вх}= 44,9^{\circ}\text{C}$ и $t_{вых}=54,9^{\circ}\text{C}$. Изменение температуры внутри телятника в диапазоне 17... -2°C не оказывает существенного влияния на температуры $t_{вх}$ и $t_{вых}$, так как процесс самонагрева навозной массы продолжается в минусовой температуре окружающей среды.

3.2.7. Определение теплопроизводительности и тепловой мощности биотермической установки

Зависимости $t_{вх}=f(T_H)$ и $t_{вых}= f(T_H)$ позволяет определить энергоемкость бака – аккумулятора (см. рисунок 3.17) по следующей формуле:

$$Q_{\text{б}}=C (\Delta t), \quad (3.23)$$

где $Q_{\text{б}}$, - энергоемкость бака – аккумулятора, кДж/кг

C -удельная теплёмкость воды, 4,19 кДж /(кг.°C);

Δt - разность температур воды на входе в бак-аккумулятор и на выходе из него, °С;

Теплопроизводительность биотермической установки определено по формуле:

$$Q_{б.у.} = \frac{G_{б.у.} \cdot C}{A_{б}} (t_{вх} - t_{вх}) \cdot T_{н} \cdot 24, \quad (3.24)$$

где $G_{б.у.}$ - расход воды через бак-аккумулятор, кг/ч;

$A_{б}$ - тепловоспринимающий объем, м³;

$T_{н}$ – продолжительность времени самонагрева навозной массы, ч.

Тепловая мощность биотермической установки $P_{б.у.}$ с навозной массой 3000 – 3100 кг равна:

$$P_{б.у.} = \frac{(C_{н} \cdot G_{н})(t_{вх} - t_{вх})}{24 \cdot T_{н}}, \quad (3.25)$$

где $C_{н}$ –удельная теплоемкость навозной массы 4,06 кДж/ кг.°С [132];

$G_{н}$ - количество навозной массы, кг;

Графическая интерпретация формул (3.24) и (3.25) показана на рисунке 3.20[131]. Расчеты даны в приложении 5.

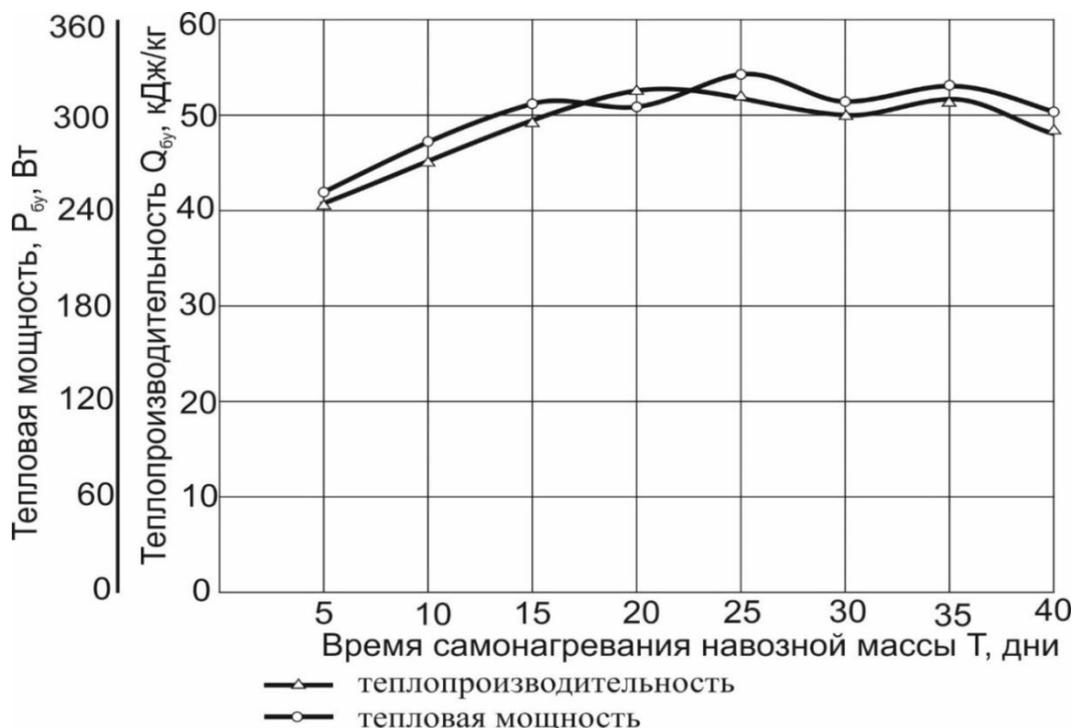


Рисунок 3.20 – Зависимость теплопроизводительности и тепловой мощности биотермической установки от времени самонагрева навозной массы

Результаты расчета теплопроизводительности $Q_{б.у.}$ и тепловой мощности $P_{б.у.}$ биотермической установки в соответствии с рисунком 3.20 показывает, что навозная масса, массой 3050кг выдает максимальные значения теплопроизводительности и тепловой мощности между 20 - 30дни самонагревания навозной массы. В эти дни максимальные значения данных параметров равны: $Q_{б.у.}^{max}=50 \dots 53$ кДж/кг и $P_{б.у.}^{max}=320\dots325$ Вт. К сороковому дню температура навозной массы снижается и соответственно снижается ее тепловая мощность, что свидетельствует о замене навозной массы на свежее.

3.2.8. Методика расчета термосифонной системы обогрева пола телятника

Результаты теоретико-экспериментальных исследований гелиоколлектора и биотермической установки послужили в качестве исходного материала при расчёте термосифонной системы обогрева пола телятника.

Расчетная схема термосифонной системы обогрева пола телятника дана на рисунке 3.21.

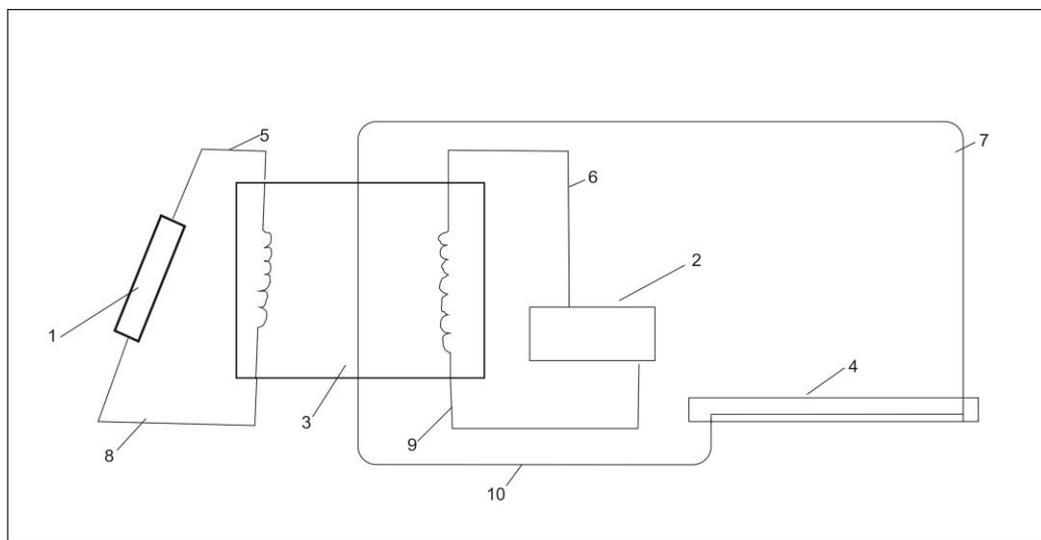


Рисунок 3.21 - Схема термосифонной системы обогрева пола телятника: 1 – гелиоколлектор; 2 - биотермическая установка; 3 – бак - аккумулятор; 4 - змеевик пола телятника; 5, 6, 7 - верхние трубопроводы; 8, 9, 10 - нижние трубопроводы

Циркуляция воды в системе происходит вследствие разности плотностей холодной и горячей воды. При нагревании воды в гелиоколлекторе 1 с одной

стороны и в биотермический установке 2с другой стороны плотность воды в них уменьшается и она по верхнему трубопроводу 5, 6 подается в бак - аккумулятор 3, далее по верхнему трубопроводу 7 поступает в змеевик 4 пола телятника, где вода охлаждается, плотность ее повышается и по нижнему трубопроводу 10 она поступает обратно в бак-аккумулятор, вытесняя воду с меньшей плотностью. Незначительная интенсивность циркуляции воды в системе создаёт предпосылки саморегулирования интенсивности нагрева пола в зависимости от температуры окружающей среды.

Количество тепла, необходимого для обогрева пола телятника, можно рассчитать, исходя из уравнения теплового баланса. Из тепла, внесённого гелиоколлектором и биотермической установкой, водой будет внесено для обогрева пола количество тепла Q_n , которое равно:

$$Q_n = (Q_{зк} + Q_{б.у}) - (Q_{б.а} + Q_m), \quad (3.26)$$

где Q_n - количество тепла, внесенное для обогрева пола телятника;

$Q_{зк}$ - количество тепла, выделяемое гелиоколлектором;

$Q_{б.у}$ - количество тепла, выделяемое биотермической установкой.

$Q_{б.а}$ - потери тепла в баке - аккумуляторе.

Q_m - потери тепла в верхнем трубопроводе 7.

Подогрев пола телятника с площадью F_n в соответствии с нормативной температурой ($10 \pm 2^\circ\text{C}$) зависит от коэффициента теплопередачи K , представляющего собой количество тепла, отдаваемых 1 квадратным метром поверхности пола за 1 час при разнице температур между водой и воздухом в 1°C .

С учётом коэффициента теплопередачи K уравнение (3.26), напишется в таком виде:

$$Q_n = K \cdot F_n (t_{б.а.}^{cp} + t_{окр}^{cp}), \quad (3.27)$$

где $t_{б.а.}^{cp}$ - средняя температура воды в бак – аккумуляторе, $^\circ\text{C}$;

$t_{окр}^{cp}$ - средняя температура окружающей среды, $^\circ\text{C}$;

Величина коэффициента теплопередачи K может быть подсчитана из выражения:

$$K = \frac{1}{\left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}\right)}, \quad (3.28)$$

где λ_1 – коэффициент теплопередачи стенки бака – аккумулятора;

δ_1 – толщина стенки бака – аккумулятора;

λ_2 – коэффициент теплопередачи стенки верхнего трубопровода 7;

δ_2 – толщина стенки верхнего трубопровода;

λ_3 – коэффициент теплопередачи пола телятника;

δ_3 – толщина пола телятника.

Как видно из уравнения (3.28), коэффициент теплопередачи K пола телятника зависит от ряда факторов. Коэффициент K будет тем больше, чем выше коэффициенты $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ и чем меньше величины $\delta_1, \delta_2, \delta_3$.

Бак – аккумулятор изготовлен из стального листа толщиной $\delta_1 = 0,003$ м. Стальные трубопроводы имеют толщины стенки, $\delta_2 = 0,0024$ м. Коэффициент теплопередачи стали $\lambda_1 = \lambda_2 = 80 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$. Пол телятника деревянный толщиной, $\delta_3 = 0,02$ м. Коэффициент теплопередачи, дерева $\lambda_3 = 0,92 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$.

Расчетная величина коэффициента теплопередачи K равна: $K = 45,87 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$.

Зависимость количества тепла Q_n от температуры окружающей среды $t_{окр}$, в соответствии с результатами расчёта (таблица 3.12) иллюстрирована на рисунке 3.22.

Таблица 3.12 - Результаты расчета зависимости $Q_n = f(t_{окр})$

| | | | | | | | | | |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $Q_n, \text{кВт}$ | 1,5 | 1,6 | 1,8 | 1,9 | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,5 | 2,6 |
| $t_{окр}, \text{°C}$ | 12 | 9 | 6 | 3 | 0 | -3 | -6 | -9 | -12 |

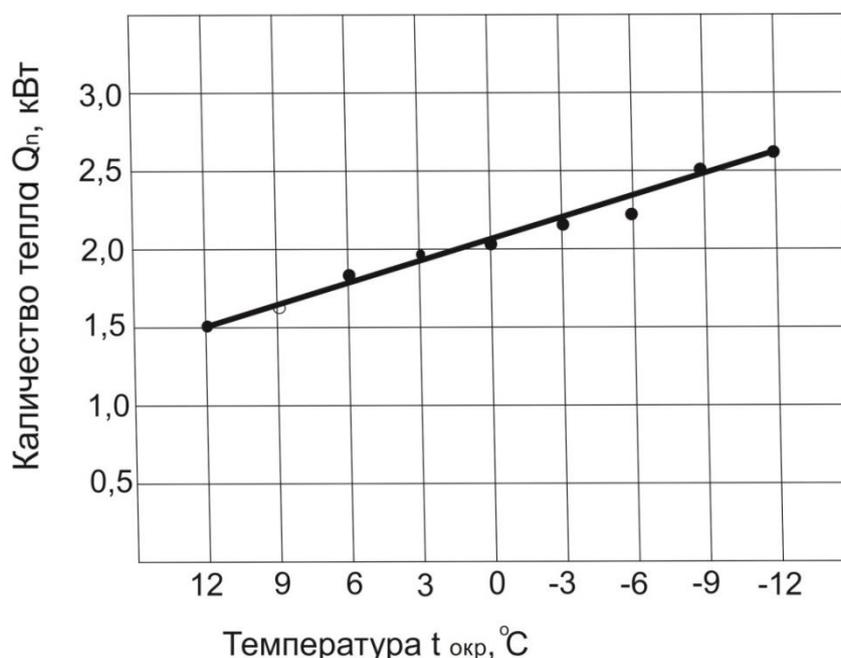


Рисунок 3.22 – зависимость количества тепла Q_n необходимого для обогрева пола телятника от температуры окружающей среды $t_{\text{окр}}$

Диапазон изменения количества тепла Q_n необходимого для обогрева пола телятника площадью 1 м^2 составляет от 1,5 до 2,6 кВт, что соответствует к снижению температуры окружающей среды $t_{\text{окр}}$ от 12°C до -12°C .

Результаты экспериментальных исследований термосифонной системы обогрева пола телятника по температурному режиму следующие: средние температуры воды на входе в змеевик пола и на выходе из змеевика соответственно составили 43°C и 8°C . Замеры температуры воды были произведены в точках «вход» и «выход». При этом учтены потери в трубопроводах, то есть «на пути».

Данная технология обеспечивает обогрев пола телятника в отопительный период путём совместного использования солнечной радиации и биотеплоты навоза в процессе самонагревания.

3.3 Выводы по разделу 3

1. Закономерность изменения солнечной радиации за отопительный период в зависимости от географической широты местности (3.2), подчиняется нормальному закону распределения с математическим ожиданием $\bar{M} = 190,99 \text{ МДж/м}^2 \cdot \text{месяц}$ ($53,09 \text{ кВт/м}^2 \cdot \text{месяц}$) и среднеквадратическим отклонением

$\delta \pm 108,99$ МДж/м²·месяц. Солнечная энергия за отопительный период колеблется в диапазоне 0,154 – 0,554 кВт/м². В среднем 1 м²гелиоколлектора может дать тепловую мощность, равное 0,354 кВт за один день или за отопительный период - 53,1 кВт.

2. Закономерность распределения солнечной радиации за отопительный период (3.2), статистические показатели \bar{M} и δ , расчётные показатели (таблицы 3.2), графическая зависимость (рисунок 3.2) и уравнение (3.6) составили методическую основу определения тепловой мощности гелиоколлектора для обогрева пола телятника.

Для описания динамики потока солнечной радиации за отопительный период выведено эмпирическое уравнение:

$$P_c^\circ = 30,98 \cdot t^2 - 152,41 \cdot t + 201,51$$

где t – время, сутки.

3. Коэффициент тепловых потерь гелиоколлектора в начале отопительного периода ($t_{окр} = 12^\circ\text{C}$) составляет $U_L = 7,77$ Вт/м²·ч, а в середине периода ($t_{окр} = 12^\circ\text{C}$) $U_L = 12,67$ Вт/м²·ч. Среднее значение $U_L^{cp} = 10,22$ Вт/м²·ч. Коэффициент отвода тепла в начале и в конце отопительного периода соответственно: $F_R^{нач} = 0,810$ и $F_R^{кон} = 0,493$. Среднее значение полной полезной энергии полученная в гелиоколлекторе в зависимости от температуры ($t_{окр} = 12 \dots -12^\circ\text{C}$) окружающей среды $Q_n^{cp} = 261,75$ Вт/м². Теоретически средний КПД гелиоколлектора $\eta_{теор} = 0,28$, теоретическая тепловая мощность гелиоколлектора $P_{ГК} = 260$ Вт. Средний суточный КПД и среднее значение часовой мощности гелиоколлектора по данным эксперимента соответственно равны $\eta_{теор} = 0,36$ и $P_{экс}^{cp} = 260,2$ Вт.

4. Разница между теоретической $\eta_{теор} = 0,28$ и экспериментальной $\eta_{теор} = 0,36$ КПД показывает, что на численное значение КПД гелиоколлектора влияют переменные внешних и режимных факторов (E, t, v_B), которые могут проявляться в любой произвольный момент времени, конструктивные параметры (F, U_L) и свойства применяемых материалов (τ, α). Поэтому

эффективность гелиоколлектора оценивается по стационарной модели в виде линейной зависимости:

$$\eta = F'(\tau \cdot \alpha) + F' U_L \left(\frac{\bar{t}_{жс} - t_1}{E} \right)$$

При расходе воды $G=2...3$ кг/с для гелиоколлектора с поглощающим экраном, данная зависимость аппроксимируется:

$$\eta = -13,3(\Delta t/E) + 0,82$$

5. В приточном режиме подачи воды в гелиоколлектор при температуре окружающей среды $t_{окр}= 12...13^{\circ}\text{C}$, температура воды на входе и на выходе соответственно изменяется в пределах: $t_{вх} 39...44^{\circ}\text{C}$ и $t_{вых}=46...49^{\circ}\text{C}$. Произведение общего коэффициента тепловых потерь U_L и коэффициента эффективности поглощающей панели F гелиоколлектора ($U_L \cdot F$), находятся в допустимых пределах: $4,9...10,1 \text{Вт/м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$, при подаче воды на вход коллектора температурой $t=20^{\circ}, 30^{\circ}, 40^{\circ}\text{C}$ с расходом 25кг/ч .

6. Продолжительность инсоляции расчетной точки В на полу телятника без учёта затеняющего здания составляет с 9 до 15 часов (на 22 декабря). С учётом затеняющего здания инсоляция данной точки сокращается на 3 часа. С учётом высоты здания, равное $6,3 \text{ м}$. инсоляция сокращается ещё на 1 час 15 минут. Общая продолжительность инсоляции точки В составляет 3 часа, а непрерывная всего 1 час 45 минут, что не соответствует нормам и не оказывает существенного влияния на обогрев пола телятника в отопительный период.

7. Суммарная продолжительность инсоляции характерных точек С, Д и Е прилегающей территории телятника составляет 11 часов 31 минута. С учётом нормы инсоляции, фактическая суммарная инсоляция данных точек равна 9 часов 31 минута. Усредненное значение продолжительности инсоляции зданий телятника (№1 и №2) за отопительный период составляет: к началу (15 октября) 07 часов 20 минут, к 22 декабря 6 часов 10 минут и к концу (15 марта) 8 часов 12 минут.

8. Эмпирическое уравнение (3.18) полученная в результате математической обработки фактических данных представленных в графической зависимости (рисунок 3.14) позволила рассчитать продолжительность инсоляции телятника за отопительный период, которая изменяется в диапазоне 6:10 - 8:12 часов. Согласно продолжительности инсоляции наиболее рациональным местом для размещения гелиоколлекторов является крыша зданий телятника с фасадной стороны под углом. $S=57^{\circ}+3^{\circ}=60^{\circ}$. При таком угле наклона гелиоколлектора суточный приход солнечной радиации, усредненный за весь отопительный период (с 15 октября по 15 марта) минимален (на 3° меньше общепринятого рекомендуемого). Географическая широта местности, где расположен телятник фермерского хозяйства равна $\Psi=42^{\circ}$ с.ш..

9. Установлена средняя температура самосогревания навозной массы 3000 - 3100 кг за 15 суток со дня начала самонагревания. Данная температура составляет: $\bar{t}^g = 42,7 \pm 1,75$ (днем) при колебании температуры окружающей среды $13...16^{\circ}\text{C}$ и $\bar{t}^h = 39,9 \pm 1,87^{\circ}\text{C}$ (ночью) при колебании температуры окружающей среды $7...14^{\circ}\text{C}$. Также установлена продолжительность времени самонагревания навозной массы (3000 - 3100 кг) приготовленный в виде смеси конского и коровьего навоза в пропорции 1:1, которая составляет 40 дней (с 30 октября по 9 декабря). Средняя температура навозной массы за это время равно $\bar{t}_n = 57,9^{\circ}\text{C}$ со среднеквадратическим отклонением $\pm\delta = 5,57^{\circ}\text{C}$ и коэффициентом вариации $v=9,8\%$. Температура окружающей среды за весь период самонагревания навозной массы колебалось от 17°C до -2°C . Данное колебание температуры окружающей среды не оказывает существенного влияния на процесс самонагревания навозной массы. При минусовой температуре окружающей среды процесс самонагревания массы навоза продолжается.

10. Средняя температура теплоносителя на входе в биотермическую установку и на выходе из нее, соответственно составили $t_{\text{вх}}= 44,9^{\circ}\text{C}$ и $t_{\text{вых}}= 54,9^{\circ}\text{C}$, при изменении температуры внутри телятника в диапазоне $17... -5^{\circ}\text{C}$.

11. Навозная масса, массой 3050 кг выдает максимальные значения теплопроизводительности $Q_{\text{б.у.}}$ и тепловой мощности $P_{\text{б.у.}}$ между 20... 30 дни самонагревания. В эти дни максимальные значения данных параметров составляет: $Q_{\text{б.у.}}^{\text{max}} = 50 - 53 \text{ кДж/кг}$, $P_{\text{б.у.}}^{\text{max}} = 320 - 325 \text{ Вт}$. К сороковому дню температура навозной массы и начинает снижаться и соответственно снижается её тепловая мощность. Чтобы сохранить эффективность биотермической установки целесообразно заменить навозную массу на свежее к сороковому дню самонагревания.

12. Суммарный коэффициент теплопередачи элементов системы (бак-аккумулятор, трубопроводы и пол) обогрева пола телятника равно $K=45,87 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$. Диапазон изменения количества тепла необходимого для обогрева пола телятника площадью 1 м^2 составляет от 1,5 до 2,6 кВт это соответствует к снижению температуры окружающей среды от 12 °C до -12 °C . Средняя температура воды на входе и на выходе в змеевик пола соответственно составили 43 °C и 8 °C .

РАЗДЕЛ 4. ТЕХНИКО – ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГРЕВА ПОЛА ТЕЛЯТНИКА

4.1. Статистическая оценка энергосберегающей технологии

Способы тепло - и электроснабжения малых объектов сельского хозяйства могут быть традиционными или на базе возобновляемых источников энергии в зависимости от географического расположения местности. Каждый из способов обладают преимуществами и недостатками, поэтому при технико-экономической оценке учитываются конкретные случаи. Например, при использовании возобновляемых источников энергии имеет место высокие первоначальные расходы, вместе с тем текущие расходы по обслуживанию технических средств преобразующая возобновляемые источники на потребительский вид не высокие. В этой связи, технологии на базе возобновляемых источников конкурентоспособны и экономически целесообразны. Основное преимущество производства энергии на базе ВИЭ – это экономические и социальные выгоды.

В мировой практике при технико–экономическом обосновании разных способов энергоснабжения потребителей на базе ВИЭ используются множество критериев, основными из которых можно выделить дисконтированные затраты и срок окупаемости, которые учитывают не только характеристики энергетического и технического, но и влияние внешних факторов: метеорологические показатели и режимы потребления, которые имеют вероятностный характер и взаимосвязаны [133], [134], [135].

При технико – экономической оценке энергосберегающей технологии обогрева пола техника использованы основные результаты теоретико–экспериментальных исследований, которые представлены в таблице 4.1, как исходный материал.

Таблица 4.1 Сводные показатели статистической оценки энергосберегающей Технологии обогрева пола телятника (за отопительный период с 15 октября по 15 марта)

| № п/п | Параметры | Единица измерения | Статистические показатели | | | | | Примечание |
|-------|--|--|---------------------------|---------|----------|----------|--------------|--|
| | | | \bar{M} | $\pm B$ | max | min | среднее | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | Количество солнечной радиации | $\frac{\text{кВт}}{\text{м}^2 \cdot \text{месяц}}$ | 53,09 | 30,12 | | | | Подчиняется нормальному закону распределения |
| 2 | Удельная солнечная энергия | $\frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}$ | | | 0,554 | 0,154 | 0,354 | |
| 3 | Коэффициент тепловых потерь гелиоколлектора | $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot 4}$ | | | 12,67 | 7,77 | 10,22 | Диапазон изменения температуры $t_{\text{окр}} = 12 \text{ }^\circ\text{C} \dots -12 \text{ }^\circ\text{C}$ |
| 4 | Коэффициент отвода тепла гелиоколлектора | | | | 0,810 | 0,494 | 0,652 | при $t_{\text{окр}} = 12 \text{ }^\circ\text{C} \dots -12 \text{ }^\circ\text{C}$ |
| 5 | Средняя полезная энергия полученная в гелиоколлекторе | $\frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}$ | | | | | 261,75 | $t_{\text{окр}} = 12 \text{ }^\circ\text{C} \dots -12 \text{ }^\circ\text{C}$ |
| 6 | Коэффициент полезного действия гелиоколлектора | | | | 0,36 | 0,28 | 0,32 | 0,28 теоретический КПД 0,36 экспериментальный КПД |
| 7 | Тепловая мощность гелиоколлектора | Вт | | | 260,2 | 260 | 260,1 | |
| 8 | Температура воды в гелиоколлекторе: на входе на выходе | $^\circ\text{C}$ | | | | | | при подаче воды на вход температурой: 20°, 30°, 40°С |
| | | | | | 44 49 | 39 46 | 41,5 47,5 | |

Продолжение таблицы 4.1

| | | | | | | | | |
|----|---|---|--------------|--------------|------|------|----------------------|--|
| 9 | Произведение общего коэффициента тепловых потерь и коэффициента эффективности гелиоколлектора | $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$ | | | 10,1 | 4,9 | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 10 | Продолжительность инсоляции точки В на полу телятника: суммарная непрерывная | Час | | | 3 | 1,75 | | с учетом высоты здания (6,3 м) |
| 11 | Среднее значение инсоляции зданий телятника: к 15 октября к 22 декабря к 15 марта | Час | | | | | 7,33 6,15 8,17 | начало отопительного периода самый короткий день конец отопительного периода |
| 12 | Угол наклона гелиоколлектора при географической широте местности $\psi=42^\circ$ с.м. | град. | | | 60 | 57 | | место расположения фермерского хозяйства |
| 13 | Температура самонагрева навозной массы при температуре окружающей среды: $t_{\text{окр}} = 13...16^\circ\text{C}$ $t_{\text{окр}} = 7...14^\circ\text{C}$ | $^\circ\text{C}$ | 42,7 39,9 | 1,75 1,87 | | | | днем ночью |
| 14 | Продолжительность времени самонагрева навозной массы, массой 3000-3100 кг | Дни | | | 40 | | | с 30 октября по 9 декабря |

| Продолжение таблицы 4.1 | | | | | | | | |
|-------------------------|--|--|------|------|-------|------|--|---|
| 15 | Температура навозной массы за время самонагрева при колебании температуры 1°С... - 2°С | °С | 57,9 | 5,67 | | | | коэффициент вариации V= 9,8 % |
| 16 | Температура воды в биотермической установке: На входе На выходе | °С | | | 54,9 | 44,9 | | При температуре t _{окр} =17°... - 5°С |
| 17 | Теплопроизводительность биотермической установки | $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ | | | 53 | 50 | | Между двадцатым и тридцатым днями самонагрева навозной массы |
| 18 | Тепловая мощность биотермической установки | Вт | | | 325 | 320 | | |
| 19 | Суммарный коэффициент теплопередачи элементов системы обогрева пола телятника | $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}$ | | | 45,87 | | | Элементы системы обогрева: бак-аккумулятор, трубопроводы и пол. |
| 20 | Количество тепла необходимого для обогрева пола телятника при температуре: t _{окр} = 12°С t _{окр} = - 12°С | кВт | | | 2,6 | 1,5 | | |
| 21 | Температура пола телятника “ ВХОД” “ ВЫХОД” | °С | | | 43 | 8 | | |

4.2. Техничко-Экономическая эффективность гелиоустановки

Экономическая эффективность гелиоустановки рассчитана на применение одной панели. Если известно стоимость одной панели C_1 , то стоимость панелей гелиоустановки $C_{г.у}^п$ равна:

$$C_{г.у.}^п = C_1 \cdot n, \text{ сом}, \quad (4.1)$$

где n - количество панелей; шт;

При известной стоимости одной трубки C_2 стоимость всех труб гелиоколлектора $C_{г.у}^{тр}$ равна:

$$C_{г.у.}^{тр} = C_2 \cdot n_{тр}, \text{ сом}, \quad (4.2)$$

где $n_{тр}$ - количество труб, шт.

Стоимость дополнительного оборудования гелиоколлектора (гидроаккумулятор, контролер, разводка), усреднено оценивается как [133]:

$$C_{г.у.}^{об} = C_{г.у.}^{тр} \times 1,5, \text{ сом} \quad (4.3)$$

Стоимость строительно-монтажных работ в зависимости от расположения солнечных коллекторов в среднем составляет:

$$C_{г.у.}^{об} = 0,2 \times C_{г.у.}^{об}, \text{ сом}, \quad (4.4)$$

Суммарная стоимость гелиоустановки равна:

$$\sum C_{г.у.} = C_1 \cdot n + C_2 \cdot n_{тр} + C_{г.у.}^{тр} \cdot 1,5 + 0,2 \cdot C_{г.у.}^{об}, \text{ сом}. \quad (4.5)$$

Стоимость пуско – наладочных работ гелиоколлектора составляет 5% от стоимости оборудования:

$$C_{п.к.}^{п.н} = 0,05 \sum C_{г.у.}, \text{ сом}. \quad (4.6)$$

Расчеты экономической эффективности приводим с точки зрения экономии традиционной электрической энергии [136].

1. Исходные данные для расчёта: время эксплуатации гелиоустановки (средний отопительный период) – $N^\circ = 120... 150$ в сутки (2880... 3600 часов), $N_{ср.}^\circ = 135$ сутки (3240 час); среднее суточное число часов солнечного сияния – $\tau = 8$ час; средняя удельная мощность солнечного излучения – $J = 0.354 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}$; средний коэффициент полезного действия гелиоустановки $\eta = 0,32$;

количество панелей - $n = 3$ шт; площадь одной панели $S_{г.к} = 1,68 \text{ м}^2$; средняя удельная тепловая мощность гелиоустановки $P = 260,2 \times 3 = 780,6 \text{ Вт} = 0,78 \text{ кВт}$, (260,2 Вт- мощность одной панели); средняя дневная температура наружного воздуха $-t_{окр} = 3^\circ\text{C}$; расход воды только на испарение (G_{min} , кг/ч); площадь одного бокса телятника $S_T = 5 \times 6 = 30 \text{ м}^2$.

2. Среднее количество солнечной энергии получаемый за отопительный период гелиоустановки:

$$Q_c = P \cdot N_{\text{ср}} \cdot \tau = 0,78 \cdot 135 \cdot 8 = 842,4 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (4.7)$$

3. Среднее количество солнечной энергии для обогрева пола одного бокса площадью 30 м^2

$$Q_6 = Q_c \cdot S_T = 842 \cdot 30 = 25272 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (4.8)$$

4. Расход традиционной электрической энергии на получение Q_6 :

$$Q_{\text{т.э.}} = \frac{Q_6}{\eta_{\text{ч.э.}}} = \frac{25272}{0,95} = 26602,1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}. \quad (4.9)$$

где $\eta_{\text{ч.э.}}$ - коэффициент полезного действия электронагревательного устройства для обогрева пола, $\eta_{\text{ч.э.}} = 0,95$

4. Затраты на традиционную электрическую энергию:

$$Z_{\text{э.т}} = Q_{\text{т.э.}} \cdot K_3 = 26602,1 \cdot 2,15 = 57194,5 \text{ сом}. \quad (4.10)$$

где $K_3 = 2,15 \text{ сом} / \text{кВт} \cdot \text{ч}$ – тариф на электрическую энергию.

5. Срок окупаемости гелиоустановки:

$$T_{\text{г.у.}} = \frac{S_{\text{г.у.}}^c}{Q_6 \cdot C_T} = \frac{3200}{25272 \cdot 0,065} = 1,95 \text{ год} \quad (4.11)$$

где $S_{\text{г.у.}}^c$ - удельная стоимость гелиоустановки, сом / м^2 ;

($S_{\text{г.у.}}^c = 3200 \text{ сом} / \text{м}^2$ - рыночная стоимость);

C_T - стоимость теплоты от традиционного энерго – источника, сом/кВт·ч ($C_T = 0,065 \text{ сом} / \text{кВт} \cdot \text{ч}$).

Таким образом, гелиоустановка позволяет получить дополнительный экономический эффект от использования солнечной энергии для обогрева пола телятника, за счёт снижения затрат на традиционную электрическую энергию на сумму 57194,5 сомов в расчёте на отопительный период.

4.3. Технико-экономическая эффективность биотермической установки

В фермерском хозяйстве выход биомассы (в основном навоза) постоянен во времени. Особенно данная масса увеличивается в стойловый период. Данный период совпадает с отопительным периодом. Поэтому накопление сырья для биотермической установки для обогрева пола животноводческих помещений также постоянно во времени. Биотермическая установка снабжается собственным энергетическим сырьём (навозом).

Общий объём выработанной тепловой энергии $Q_{б.у}$ биотермической установкой за отопительный период составляет:

$$Q_{б.у} = (1 + Z_{т.э})Q_{б.у}^{\Pi} \quad (4.12)$$

где $Z_{т.э}$ - коэффициент потерь тепловой энергии ($Z_{т.э} = 0,22-0,31$) [134];

$Q_{б.у}^{\Pi}$ – потребляемая тепловая энергия, кВт·ч;

В принятой энергосберегающей технологии обогрева пола телятника биотермическая установка используется для выработки биотепла в процессе самонагревания определённой массы навоза. Поэтому расчёт экономической эффективности также приводим с точки зрения экономии традиционной электрической энергии.

1. Исходные данные для расчёта приведены в таблице 3.12.

2. Средняя теплопроизводительность биотермической установки за продолжительность времени самонагревания навозной массы (40 суток) в соответствии с рисунком 3.20 составляет:

$$Q_{б.у}^{ср} = \left(\frac{53+50}{2}\right) \cdot \left(\frac{3000+3100}{2}\right) \cdot 40 = 6283000 \text{ кДж} \approx 1499522,6 \text{ Вт}\cdot\text{ч} \approx 1499,65 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

3. Средняя теплопроизводительность биотермической установки за отопительный период:

$$Q_{б.у}^{оп} = Q_{б.у}^{ср} \cdot \frac{135}{40} = 1499,5 \cdot 3,375 = 5061 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

4. Потребляемая тепловая энергия $Q_{б.у}^{\Pi}$ составляет:

$$Q_{б.у}^{\Pi} = \frac{Q_{б.у}^{оп}}{1+Z_{т.э}} = \frac{5061}{1+0,265} = 4000,8 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

4. Расход традиционной электрической энергии на получение $Q_{б,у}^П$:

$$Q_{т.э}^1 = \frac{Q_{б,у}^П}{\eta_{ч.э.}} = \frac{4000,8}{0,95} = 4211,36 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

5. Затраты на традиционную электрическую энергию:

$$З_{э,т}^1 = Q_{т.э}^1 \cdot K_э = 4211,36 \cdot 2,15 = 9054,44 \text{ сом}$$

6. Срок окупаемости биотермической установки:

$$T_{б,у} = \frac{S_{б,у}^с}{Q_{б,у}^{оп} \cdot C_T} = \frac{832}{5061 \cdot 0,065} = 2,5 \text{ год}$$

где $S_{б,у}^с$ - удельная стоимость биотермической установки

($S_{б,у}^с$ - 832 сом / м² - цена изготовителя);

Биотермическая установка также позволяет получить дополнительный экономический эффект от биотепла при самонагревании навозной массы для обогрева пола телятника, за счет снижения затрат на традиционную электрическую энергию на сумму 9054,44 сомов в расчете на отопительный период.

Сводные показатели технико-экономической эффективности энергосберегающей технологии обогрева пола телятника занесены в таблицу 4.2

Таблица 4.2. Показатели технико-экономической эффективности в расчете на 1 бокс телятника площадью 30м²

| № п/п | Показатели | Энергосберегающая технология | | |
|-------|--|--------------------------------|--------------------------|----------|
| | | Гелиоустановка | Биотермическая установка | Сумма |
| 1 | Среднее количество энергии для обогрева пола телятника ($S_T=30\text{м}^2$) $Q_{б,}$ кВт·ч | 25272 (за отопительный период) | 4000,8 | 29272,8 |
| 2 | Стоимость установки, сом | 3200 (1,68x3)=16128 | 832x20=16640 | 32768 |
| 3 | Стоимость выработанной энергии (по цене электрической энергии), сом | 25272x2,15=54334,8 | 4000,8x2,15=8601,72 | 62936,52 |
| 4 | Суммарный экономический эффект от замены традиционной электрической энергии на | 57195,5 | 9054,44 | 66248,94 |

| | | | | |
|---|--|------|-----|----------|
| | ВИЭ, сом | | | |
| 5 | Экономический эффект с учетом стоимости установки, сом | | | 33480,95 |
| 6 | Срок окупаемости, год | 1,95 | 2,5 | |

4.4 Выводы по разделу 4

1. Экономический эффект от использования энергосберегающей технологии обогрева пола телятника на базе возобновляемых источников энергии складывается из эффективности гелиоустановки и биотермической установки.

2. Расчётный экономический эффект от использования солнечной энергии с помощью гелиоустановки, за счет снижения затрат на традиционную энергию составляет в 57 194,5 сомов за отопительный период (из расчета на один бокс телятника площадью 30м²).

3. Расчетный экономический эффект от использования биотоплива в процессе самонагревания навозной массы с помощью биотермической установки, также за счёт снижения затрат на электрическую энергию составляет 9054,44 сомов (также из расчета на 1 бокс).

4. Суммарный экономический эффект от замены традиционной электрической энергии на ВИЭ составляет: 66248,9 сомов за отопительный период при нагреве пола телятника площадью 30 м², а с учетом стоимости установки 33480,94 сомов.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

Разработка энергосберегающих автономных технологий на базе возобновляемых ресурсов продиктована экологическими требованиями, удорожанием цен на энергоносители и нерентабельностью подвода централизованных линий электропередачи на отдаленные сельхозформирования.

1. Существующие электрические нагреватели для обогрева пола животноводческих помещений имеет недостатки: высокая стоимость, пониженная электробезопасность, негативное влияние химических ингредиентов (керамзит, аглопоритбетон, резинокордные плиты) на животных сложность выполнения ремонтных работ и низкая надёжность.

2. Разработана энергосберегающая технология обогрева пола телятника на базе гелио- и биотермической установки, которая позволяет одновременно использовать солнечную энергию и биотепла навозной массы в процессе её самонагревания. Математическое описание данной технологии с помощью агрегативных систем позволило: составить модель состояния телятника в любой момент времени, которая характеризуется функциональной зависимостью трёх векторов; вывести основные уравнения для исследования закономерностей изменения тепловых характеристик гелио – и биотермической установки.

3. На базе объективных данных СНиП 23.02.00 "Строительная климатология Кыргызской Республики" выполнено моделирование изменчивости солнечных сияний за отопительный период. Установлено, что закономерность изменения солнечной радиации за отопительный период в зависимости от географической широты местности, подчиняется нормальному закону распределения с математическим ожиданием 53,09 кВт/м²·месяц и среднеквадратическим 30,12 кВт/м²·месяц. Для описания динамики потока солнечной радиации за отопительный период выведено эмпирическое уравнение $P_c^{\circ} = 30,98 \cdot t^2 - 152,41 \cdot t + 201,51$. Среднее значение полной полезной

энергии полученная в гелиоколлекторе в зависимости от температуры окружающей среды равна $261,75 \text{ Вт/м}^2$. Средний суточный КПД и среднее значение часовой мощности гелиоколлектора соответственно равны 0,36 и 260,2 Вт.

4. Общая продолжительность инсоляции точки В на полу телятника составляет 3 часа, а непрерывная всего на 1 час 45 минут, что не соответствует нормам и не оказывает существенного влияния на обогрев пола телятника в отопительный период. Наиболее рациональным местом для размещения гелиоколлекторов является крыша здания телятника с фасадной стороны под углом $S=57^\circ+3^\circ=60^\circ$.

5. Продолжительность времени самонагревания навозной массы (3000-3100 кг) приготовленная в виде смеси конского и коровьего навоза в пропорции 1:1, составляет 40 дней. Средняя температура навозной массы за это время равна $57,9^\circ\text{C}$, $\pm 5,67^\circ\text{C}$. Температура окружающей среды не оказывает существенного влияния на процесс самонагревания навозной массы. Средняя температура теплоносителя на входе в биотермическую установку и на выходе из неё, соответственно составили $44,9^\circ\text{C}$ и $54,9^\circ\text{C}$, при изменении температуры внутри телятника в диапазоне $17\dots - 5^\circ\text{C}$. Навозная масса, массой 3050 кг выдаёт максимальное значение теплопроизводительности и тепловой соответственно 50-53 кДж/кг и 320...325 Вт. Диапазон изменения количество тепла необходимого для обогрева пола телятника площадью 1 м^2 составляет от 1,5 до 2,6 кВт, то соответствует к снижению температуры окружающей среды от 12°C до -12°C . Средняя температура воды на входе и на выходе из змеевика соответственно составили 43°C и 8°C .

6. Суммарный экономический эффект от использования солнечной энергии с помощью гелиоустановки и биотоплива навозной массы с помощью биотермической установки для обогрева пола телятника, за счет снижения затрат на традиционную электрическую энергию составляет 33480,94 сомов за отопительный период (из расчета на один бокс телятника площадью 30 м^2).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. О возобновляемых источниках энергии [Текст]: закон Кырг. Респ. от 31 дек. 2008 г., № 282 // Норматив. акты Кырг. Респ. – 2009. – № 6. – С. 14–17.
2. Национальная энергетическая программа Кыргызской Республики на 2007-2010 годы и стратегии развития топливно-энергетического комплекса до 2025 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа:<http://energo-cis.ru/wyswyg/file/Zakon/Nacional/Kyrgysya/2008%2004%2024%20%D0%9D%D0%B0%D1%86.%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3.pdf>. – Загл. с экрана.
3. **Темирбаева, Н.Ы.** Обоснование выбора солнечных коллекторов для энергоснабжения фермерских хозяйств [Текст] / Н.Ы. Темирбаева, Э.А. Смаилов // Изв. Ош. технол. ун-та им. М.М. Адышева. – 2014. – №1. – С. 68–71.
4. **Темирбаева, Н.Ы.** Внедрение биогазовых технологий в Кыргызстане [текст] / Н.Ы. Темирбаева // Исследования, результаты, Каз. Нац. аграр. ун-т. – 2013. – №1 (057). –С. 123–125.
5. Путь к инновационной экономике, благополучной экологии[Текст] / под науч.рук. Т.Койчуева. – Бишкек: Илим, 2013. – 264с.
6. **Байрамов, Р.Б.** Солнечные водонагревательные установки[Текст]/ З. Б. Байрамов, А. Д. Ушакова. – Ашхабад: Ылым, 1987. – 166 с.
7. **Жамалов, А.Ж.** Перспективы гелиотехнических установок [Текст] / А. Ж. Жамалов // Информационное сообщение АН УзССР. – 1975.
8. **Смирнов, Г.Б.** Анализ патентных исследований[Текст]/ Г. Б. Смирнов // Гелиотехника. – 1987. – №5. – С.42.
9. **Тарнижевский, Б.В.** Технический уровень и освоение производства плоских солнечных коллекторов в России[Текст]/ Б. В. Тарнижевский, И. М. Абуев// Теплоэнергетика. – 1997. – №4. – С.13–15.
10. **Семенов, И.Е.** Солнечный коллектор «Радуга»[Текст] / И. Е. Семенов // Водоснабжение и санитар. техника. – 1996. – №11. – С.26–27.

11. **Бутузов, В.А.** Перспективы развития гелиоустановок горячего водоснабжения [Текст] / В. А. Бутузов, С. А. Калиниченко // Промышленная энергетика. – 2000. – №6. – С.43–96.
12. **Гост 28310-89.** Солнечные коллекторы[Текст]: общие техн. условия. – М.: Гос. ком. СССР по упр. качеством продукции и стандартам, 1990. – 19 с.
13. **Умбетов, Е.С.** Классификация гелиоустановок[Текст]/ Е. С. Умбетов, Р. А. Омаров //Тезисы докладов IX науч.-техн.конф. (окт. 1997г.). Научное обеспечение механизации сельскохозяйственного производства. – Алматы, 1997. – С.83–84.
14. **Омаров, Р.А.** К вопросу использования гелиоустановок в сельскохозяйственных процессах[Текст] / Р. А. Омаров, Е. С. Умбетов// Сборник науч.тр. Каз НАУ. – Алматы, 1998. –С.8–83.
15. **Мак-Вейг, Д.** Применение солнечной энергии[Текст]:пер. с англ. / Д. Мак-Вейг; под ред. Б.В. Тарнижевского. – М.: Энергоиздат, 1981. – 216 с.
16. **Омаров, Р.А.** Использование систем солнечного теплоснабжения в условиях Казахстана[Текст]/ Р. А. Омаров, Е. С. Умбетов //Тезисы докладов IX науч.-техн.конф. (окт. 1997г.). Научное обеспечение механизации сельскохозяйственного производства. – Алматы, 1997. – С.86–87.
17. Солнечный водонагреватель типа «коллектор-аккумулятор»[Текст] / И. Е. Семенов, В. А. Шершнева, Ю. К. Заводов, Ю. М. Михайлов // Водоснабжение и санитар. техника. – 1996. – №11. – С.28–30.
18. **Обозов, А.Д.** Моделирование тепловых процессов в солнечных коллекторах с элементами «абсолютно – черного тела»[Текст]/ А. Д. Обозов // Проблемы автоматики и упр. – Бишкек, 1999. – С.196–203.
19. **Обозов, А.Д.** Особенности конструкции и технологии изготовления солнечного коллектора с тепловоспринимающей поверхностью котла в виде сегментных ячеек [Текст] / А. Д. Обозов, Ю. Г. Синявский // Использование возобновляемых видов энергии в Киргизии. Сб. ст. – Фрунзе, 1988. – С.33–43.
20. **Андерсон, Б.К.** Солнечная энергия[Текст]: основы строит. проектирования / Б. К. Андерсон. – М.:Стройиздат, 1982. – 375 с.

21. **Харченко, Н.В.** Методика теплотехнических испытаний низкотемпературных коллекторов солнечной энергии[Текст]/ Н. В. Харченко, В. А. Никифоров. – Киев,1980. –Деп. в УКРНИИНТИ, № 2012.
22. **Ozoc, H.**Natural convection in an Inclined Rectangular Chanal at Various Aspect Ratios and Angles Experimental Measurements[Text] / H.Ozoc, H.Sayama, S. W. Churehille//International of Heat and Mass Transfer in Press. – 1975. – N 18. – P. 1425–1431.
23. Al-Jamal, K. Evaluation of solar radiation at JUST in Northern Jordan [Text] / K. Al-Jamal // Renewable Energy. – 1999. – Vol. 18, № 1. – P. 15–28.
24. Пат. Франции. СА № 2410794 С Канада. Совместное трубчатое соединение с бати-ренфорсом / С. Шес, М. Сугино, Э. Варенн, М. Ямамото. – – Заяв. 18 июня 2001 г.; Опубл. 27 дек. 2001 г.
25. **Авезов, Р.**, и др. Обобщение методики расчета эффективности приемника солнечных водонагревателей [Текст]/ З. Авезов ...// Гелиотехника. – 1967. – №1. – С.
26. **Гамбург, П.Ю.** Учет тепла, вносимого солнечной радиацией[Текст]/ П. Ю. Гамбург. – М.; Л.: Гос. изд-во лит. по стр-ву и архитектуре, 1951. –100 с.
27. **Гамбург, П.Ю.** Расчет солнечной радиации в строительстве[Текст]: учет тепла, вносимого солнечной радиацией / П. Ю. Гамбург. – М.: Стройиздат, 1966. – 140 с.
28. Методические рекомендации к решению задач по классической механике[Текст]/ сост. А. Ж. Жамалов. – Алма-Ата: РАМК, 1987. – 44 с.
29. **Бояринцев, Д.М.** Теплопередача через жидкостные и газовые прослойки[Текст] / Д. М. Бояринцев // Журн. техн. физики. – 1950. – Т. 20, вып. 9. – С. 1084.
30. **Klein, S.A** Calculation of Flat-Plane-Plate Collectors loss Coefficients[Text] / S. A. Klein // Solar Energy. – 1975. –Vol. 17, N 1. – P. 9–80.
31. **Михеев, М.А.** Основы теплопередачи [Текст]/ М. А. Михеев. – М.: Мир, 1983. – 512 с.

32. **Жамалов, А.Ж.**Использование энергии солнца для сушки строительных материалов [Текст] / А. Ж. Жамалов // Гелиотехника. – 1989. – № 4. – С. 59–61.
33. **Марков, Г.И.** Определение оптимального угла солнечных водонагревателей с трубчатым или плоским котлом [Текст] / Г. И. Марков // Теплоэнергетика. – 1960. – Вып. 2. – С. 158–169.
34. **Поярков, С.Г.** Методика определения эффективности внедрения устройств, использующих солнечную энергию в народном хозяйстве [Текст] / С. Г. Поярков // Теплоэнергетика. – 1960. – Вып. 2. – С. 170–178.
35. **Омаров, Р.А.**Структурный анализ системы солнечного теплоснабжения сельскохозяйственных потребителей[Текст]/ Р. А. Омаров, Т. Д. Ахметов, Е. С. Умбетов// Разработка машинных технологий для производства и переработки сельскохозяйственной продукции. – Алматы, 1999. – С.210–218.
36. **Исханов, М.Ж.,**Умбетов Е.С. Экспериментальные исследования трубчатого гелиоколлектора с ячеистой прозрачной изоляцией[Текст] / М. Ж. Исханов, Е. С. Умбетов // Исследования, результаты. КазГАУ. – 1999. – №5. – С. 172–175.
37. **Беглиев, Х.А.** Разработка, создание и исследование систем горячего водоснабжения для стационарных потребителей[Текст]: автореф.дис. ... канд.техн. наук: 05.14.04 / Х. А. Беглиев. – Ашхабад, 1998. – 173 с.
38. Оптимизация параметров гелиоустановки для систем солнечного теплоснабжения на основе термогравитационного эффекта[Текст] / В. И. Барков, Р. А. Омаров, М. Ж. Исханов, Е. С. Умбетов // Вестн. с.-х. наук. – 1998. – №1. – С.105–108.
39. **Омаров, Р.А.** Гелиоэлектрическая установка ГЭ – 300 [Текст]/ Р. А. Омаров, Е. С. Умбетов// Сборник науч. тр. – Алматы:
40. **Перова, О.А.** Энергетические ресурсы Солнца в Киргизии[Текст]/ О. А. Перова // ИзданиеКирг. фил. ВГО. – 1960. –Вып. 2. – С. 43–59.
41. **Азатян, М.Д.** Подсчеты ресурсов солнечной энергии в Арабской долине Армянской ССР[Текст]/ М. Д. Азатян // Теплоэнергетика. – 1960. –Вып.2. – С. 24–42.

42. **Горленко, С.М.** О кадастре солнечной энергии и предпосылок к составлению его по Казахстану[Текст]/ С. М. Горленко // Метеорология и гидрология. – 1940. – №7. – С. 3–12.
43. **Мелия, Г.Т.** Гелиоэнергетические ресурсы Грузинской ССР[Текст] / Г. Т. Мелия. – Тбилиси:Изд. АН ГрузССР, 1959. – 127 с.
44. Can, E.Estimation of monthly average daily global radiation on horizontal surface for Antalya (Turkey) / E. Can, O. Yaldiz // Renewable Energy. – 1999. – N 17. – P. 95–102.
45. Hove, T. Mapping global, diffuse and beam solar radiation over Zimbabwe [Text] / T. Hove, J. Gottsche // Renewable Energy. – 1999. – Vol.18, N 4. – P. 535–556.
46. Lalarukh, K. Stochastic modeling and generation of suns – sequences of hourly global solar irradiation at Quetta, Pakistan [Text] / K.Lalarukh, Jafri Yasmin Zahra // Renewable Energy. – 1999. – Vol.18, N 4. – P. 565–572.
47. Application of beta distribution model to Malaysian Sunshine data [Text] / Sulaiman M. Yusof, Oo Hlaing W.M., Wahab Mahdi Abd, Zakaria Azmi // Renewable Energy. – 1999. – Vol.18, N 4. – С. 573–579.
48. Characteristics of the monthly averaged hourly diffuse irradiance at Lagos and Zaria, Nigeria [Text] / A. A. L. Maduekwe, B.Garba // Renewable Energy. – 1999. – Vol. 17, N 2. – P. 393–408.
49. On the development of spatial / temporal solar radiation maps: a Brazilian case study / C. Tiba, R. Reis, J. C. E. da Costa, J. F. Abreu // Renewable Energy.–1999.– Vol. 18, N 3.– P. 393–408.
50. **Вейнберг, Б.П.** Соловейчик Р.Э. Опыт климатических характеристик района для запросов гидротехники [Текст] / Б. П. Вейнберг, Р. Э. Соловейчик // Метеор. вестн. – 1933. – № 1/2. – С.35–38.
51. NEW-ТЕК: контакты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.newtek-schmid.com, office@newtek-schmid.com. – Загл. с экрана.

52. NEW-TER. SolarEnergy [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.newtek – schmid.com, sales@newtek – schmid.com. – Загл. экрана.
53. Пат. ГДР №183016. Устройство для обогрева пола коровника [Текст]. МПК H 05 B 3/30, 1975.
54. Мотес, Э. Микроклимат животноводческих помещений [Текст] / Э. Мотес. – М.: Колос, 1976. – 190 с.
55. А.с. СССР №1107806. Устройство для обогрева пола животноводческих помещений [Текст]. МПК А 01/035, 35984. 1984.
56. Комплексная механизация животноводческих ферм в Нечернозёмной зоне [Текст] / [Б. И. Журавлев, Е. Н. Бородулин, А. В. Фролкин и др.]. – М.: Агропромиздат, 1989. – 362 с.
57. Плющенко, С.И. Гигиенические полы для животноводческих зданий [Текст] / С. И. Плющенко // Животноводство. – 1976. – №10. – С. 59–60.
58. Волков, Г.К. Санитарно – гигиенические требования к полам [Текст] / Г. К. Волков // Ветеринар. консультант. – 2003. – № 2. – С. 21–23.
59. Пат. №54484, Российская Федерация. Устройства полов помещений для содержания животных [Текст] / В.М. Пурецкий, Р.В. Соловьёв, В.Н. Кутровский. МПК А 01К 1/00. 2005.
60. ТУ 5712 – 006 – 17955111 – 03. Заполнитель полистирольный вспененный гранулированный для бетонной массы «Политерм» [Текст]: док. № 77.01.03.571.Е.002515.02.03 от 7 февр. 2003 г. Санитарно-эпидемиол. Заключение на проект. док.
61. А.с. СССР №608040. Устройство для отопления помещения, МПК F 24 D5/02, 1976 [Текст] / В. Н. Горбунов; Проект. и науч.-исслед. ин-т «Краснояр. Промстрой НИИ проект»; Заяв. 2364194, 1976.05.27; Оpubл. 1978.05.25, Бюл. № 19. – 3 с.
62. Пат. RV №2005961. Устройство для отопления помещения, МПК F 24 D 5/02, 1994 [Текст] / М. И. Енов, Н. Т. Белай; Акционер. О-во «Новатор»; Заяв. 4724052/06, 1989.07.27; Оpubл. 1994.01.15.

63. **Хайрих, Г.** Теплонасосные установки для отопления и горячего водоснабжения[Текст]/ Х. Хайрих, Х.Найорк, В. Нестлер; пер. с нем. Н. Л. Кораблевой, Е. Ш. Фельдмана; под ред. Б. К. Явнеля. – М.: Стройиздат, 1985. – 351 с.
64. А.с. №1655408, СССР. Электрообогреваемая панель для обогрева молодняка животных, МПК А01К 29/00, 1989[Текст] / А. Л. Синяков, Л. С. Герасимович, Т. Ф. Гузанова, В. И. Фещенко; Белорус. ин-т механизации сельского хоз-ва; Заяв. 4642318, 1989.01.26; Оpubл. 1991.06.15, Бюл. № 22.
65. Пат. RU №2033041. Электрообогреваемая панель, МПК А01 К 29/00, Е 04 В 1/78, 1995[Текст] / [А. Л. Синяков, Л. С. Герасимович, А. Г. Цубанов и др.]; Белорус. аграр. техн. ун-т; Заяв. 4925500, 1991.04.04, Оpubл. 1995.04.20.
66. **Растимешин, С.А.** Технические средства для местного обогрева[Текст] / С. А. Растимешин. – М.: Росагропромиздат, 1990. – 78 с. – (Новое в механизации животноводства).
67. **Баранов, Л.А.** Электронагреватели в сельском хозяйстве[Текст] / Л. А. Баранов. – Алма-Ата: Кайнар, 1977. – 230 с.
68. Зарубежные машины и оборудование для животноводства[Текст]: Кат. 4.2. – М.: ФГНУ Росинформагротех, 2007. – 176 с.
69. Сантехника. Отопление. Кондиционирование[Текст]. – 2010. – № 3. –
70. Пат. RU №128452. Энергосберегающий инфракрасный электрический обогреватель телят[Текст] / Д.А. Тихомиров, А.В. Кузьмичёв, Н.Г. Ламонов, Н.Н. Терентьева, МПК А 01К 29/00, 2013; Гос. науч. учреждение, Всерос. науч.-исслед. ин-т электрификации сельского хоз-ва. Рос. акад. с.-х. наук (ГНУ ВИЭСХ Россельхозакадемии); Заяв. 2013112480/13, 2013.03.20, Оpubл. 2013.05.27.
71. Пат. Республики Казахстан №25496. Способ изготовления элементов обогрева пола[Текст] / В.О. Колтыгин, Ю.В. Логачёв, В.Н. Хмелев, С.С. Хмелёв, МПК Н05В 03/28, 2012; Комитет по правам интелект. собственности М-ва юстиции Респ. Казахстан; Заяв. 28.02.2011, Оpubл. 15.02.2012, Бюл. № 2.

72. Справочник по механизации животноводства[Текст] / [С.В. Мельников, В.В. Калюга, Е.Е. Хазанов и др.]. – Л.: Колос, Ленинг. Отд-ние, 1983. – 336.
73. Stahlfibel, Landtechnik[Text]. – [Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie](#), 1978. – 148 p.
74. Пат/ ФРГ №2824603 Устройство для подогрева воды и помещения 1979 [Текст].
75. Пат. №11899. Республика Казахстан, МПК А01С 3/02, F24Н 4/02, Н01М 8/16. Биотермическая установка для подогрева воды и помещения[Текст] /М. Абдуллаев, 2002.Бюл. № 9.
76. **Оспанов, Е.С.** Новые биоустановки для подогрева воды в охотный период[Текст]/ Е. С. Оспанов // Вестн. с.-х. науки Казахстана. – Алматы, 2002. – №4. – С. 16–19.
77. **Абдуллаев, М.А.** Новые образцы технологического оборудования для проведения скота овец[Текст]/ М. А. Абдуллаев, Е. С. Оспанов // Достижения НИИ Овцеводства за 70 лет. –Алматы, 2003. – С. 253–255.
78. **Скалкин, Ф.В.** Энергетика и окружающая среда [Текст]: учеб. пособие для вузов/Ф.В. Скалкин, А.А. Канаев, И.З. Копп. – Л.: Энергоиздат, 1981. –280 с.
79. Безопасность жизнедеятельности [текст]/[С.В.Белов, А.В. Ильницкая, А. Ф. Козьяков и др.]. – М.: Высш.шк., 2001. – 485с.
80. Защита атмосферы от промышленных загрязнений [Текст] = Handbook of air pollution technology: справ.6 в 2 ч. / под ред. С. Калверта, Г. М. Инглунда. – М.: Металлургия, 1988. – Ч. 1. – 758 с.; Ч. 2. – 710 с.
81. **Лобачев, А.И.** Безопасность жизнедеятельности [Текст]/А.И. Лобачев. – М.: ЮРАЙТ, 2008. – 189с.
82. **Ярочкин, В.И.** Секьюритология – наука о безопасности жизнедеятельности [Текст]/В.И. Ярочкин. – М.: Ось-89, 2000. – 156с.
83. Нормы технологического проектирования предприятий крупного рогатого скота: НТП. 1-99. [Текст]: утв. и введ. в действие 28 июня 1999 г. с введ. в действие с 1 окт. 1999 г.: взамен ОНТП 1-89]. – М.: М-во сельского хоз-

ва и продовольствия Рос. Федерации, 2000. – IV, 151 с. – (Нормы технол. проектирования).

84. Пат. №349 Кыргызской Республики. Патент KG 20220002.2 МПК А01К 1/00. F24F 3/16. Энергосберегающая система обогрева пола телятника [Текст] / Ы.Дж. Осмонов, А.Ж. Жусубалиева, И.Э. Турдуев, Н.Ы. Темирбаева// №20220002.2; Заяв. 04.02.2022; Оpub. 02.02.2023, Бюл.№ 3. – Бишкек, 2023.

85. Энергосберегающая технология обогрева пола телятника [Текст]/Ы.Дж. Осмонов, Ж.Ы. Осмонов, Н.Ы. Темирбаева, А.Ж. Жусубалиева // Техника и технология в животноводстве. – 2022. – №1 (45). – 2022. – С. 39–44.

86. Жусубалиева, А.Ж. Устройство для обогрева пола животноводческих помещений [Текст]/ А.Ж.Жусубалиева, И.Э.Турдуев // Машиноведение. – Бишкек, 2022. – №2 (16). – С. 66–70.

87. **Бусленко, Н.П.** Моделирование сложных систем[Текст] / Н. П. Бусленко. – М.: Колос, 1978.–400 с.

88. **Саати, Т.А.** Математические методы исследования операций[Текст] / Т. А. Саати; под ред.А. П. Гришина. – М.: Воениздат, 1963. – 420 с.

89. **Саати, Т.А.** Элементы теории массового обслуживания и её приложения[Текст] / Т. А. Саати. – М.: Сов. радио, 1971. – 360 с.

90. **Жамалов, А.** Функциональный и структурный анализ систем ССТС [Текст]/ А. Жамалов, У. Парманбеков// Вестн.Сер.Естествознания, КазГос Жен Пи. – 2009. – №1(4).

91. Коссандрова, О. Н. Обработка результатов наблюдений [Текст] О.Н. Коссандрова, В.В. Лебедев. – М.: Наука, 1970. – 103 с.

92. **Веденяпин, Г.В.** Общая методика экспериментального исследования и обработка опытных данных[Текст]/ Г.В. Веденяпин. – М.: Колос, 1967. – 187 с.

93. Моделирование энергосберегающей технологии обогрева пола телятника [Текст]/ Ы.Дж. Осмонов, А.Ж. Жусубалиева, Н.Ы. Темирбаева, Б.С. Ордобаева// Вестн.Кырг.-Рос. Славян. ун-т. – 2022. – Т. 22, №8. –С. 122–126.

94. СНиП 23.02.00 «Строительная климатология Кыргызской Республики» [Текст].

95. **Научно – прикладной** справочник по климату СССР [Текст]: Сер. 3: Многолетние данные. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – Ч. 1-6, вып. 18, кн. 1: Казахская ССР. – 514 с.
96. **Омаров, Р.А.** Обоснование угла наклона гелию коллектора [Текст] / Р. А. Омаров, Е. С. Умбетов // Исследования, результаты. Каз НАУ. – 1999. – №5. – С. 99–103.
97. **Коллати, Л.** Численные методы решения дифференциальных уравнений [Текст] / Л. Коллати; пер. с нем. В. С. Рябенского, Л. А. Чудова. – М.: Изд-во иностр. лит., 1953. – 460 с.
98. **Иванова, Л.Н.** Синтез математическая модели, процесса превращения и переноса пестицидов в системе «почва – растения» [Текст] / Л.Н. Иванова. – Киев, 1971. – 122 с.
99. **Амосов, Н.М.** Моделирование – орудие прогнозирования и управления [Текст] / Н. М. Амосов. – М.: Наука, 1990. – 167 с.
100. Новосельцев, В.Н. Моделирование физиологического базиса организма в целях управления жизнедеятельностью [Текст] / В.Н. Новосельцев, Н. П. Сахаров. – М.: Наука, 1981. – 312 с.
101. **Омаров, Р. А.** Ресурсо – и энергосберегающая технология и технические средства тепло и хладоснабжения животноводческих ферм [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01; 05.20.02 / Р.А. Омаров. – Алматы, 2005. – 37 с.
102. Безопасность жизнедеятельности [Текст]: учеб. для студентов вузов / [С. В. Белов, А. В. Ильницкая, А. Ф. Козьяков и др.]; под общ. ред. С. В. Белова. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Высш.шк., 2001. – 485 с.
103. Справочник по теплоснабжению и вентиляции [Текст]: в 2 кн. / [Р.В. Щекин, С.М. Корневский, Г. У. Бем и др.]. – Киев: Будивельник, 1974. – Кн.1: Отопление и теплоснабжение. – 416 с.; Кн.2: Вентиляция и кондиционирование воздуха. – 286 с.
104. Справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений [Текст]. – Л.: Стройиздат, 1986. – 471 с.

105. **Фалилеева, Н. А.** Проектирование электрического освещения [Текст] / Н. А. Фалилеева, В.Г. Ляпин. – М.: ВСХИЗО, 1989. – 97 с.
106. Электроснабжение сельского хозяйства [Текст] / И.А. Будзко, Т.Б. Лещинская, В. И. Сукманов. – М.: Колос, 2000. – 536 с.
107. **Шабикова, Г.А.** Модель обоснования параметров микроклимата производственных помещений [Текст] / Г.А. Шабикова, Ы.Дж Осмонов, Ж.С. Абдимуратов // Междунар. журн. прикладных и фундамент. исслед. – 2015. – №12. – С. 1767–1769.
108. **Богословский, В.Н.** Отопления и вентиляция [Текст] / В.Н. Богословский, В.П. Шеглов. – М.: Стройиздат, 1970. – 190 с.
109. **Зайцев, В.П.** Охрана труда в животноводстве [Текст] / В.П. Зайцев, М.С. Свердлов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 368с.
110. **ГОСТ 12.4.021 – 75.** Система стандартов безопасности труда. Системы вентиляционные [Текст]: общие требования. – М.: Стандартинформ, 2007. – 6 с.
111. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий крупного рогатого скота ОНТП 1-77/Минсельхоз СССР [Текст]: [взамен НТП-СХ.1-72: Срок введ. 01.07.77]. – М.: Колос, 1979. – 81 с.
112. СНиП 11-33-75. Строительные нормы и правила [Текст]. – М.: Стройиздат, 1976. – Ч. 2: Нормы проектирования, гл. 33: Отопление вентиляция и кондиционирование воздуха. – 127 с.
113. СНиП 2.04.05.-91. Отопление и вентиляция [Текст]. – М.: Госстрой России, 1992.
114. **Жусубалиева, А.Ж.** Определение тепловой мощности и мест размещения солнечного коллектора для обогрева пола телятника [Текст]/ А. Ж. Жусубалиева// Вестн.Кырг. нац. аграр. ун-т. – Бишкек, 2022. – Т. 22, № 4(63). – С. 257–263.
115. Методика теплового расчета обогрева пола телятника[Текст]/ Ы. Дж. Осмонов, У. Э. Карасартов, Ж. Ы. Осмонов[и др.] //Техника и технология в животноводстве. – 2023. – №2 (50).–С.63–68.

116. СНиП 11-33-75 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» - М.: Госстрой России, 1975. Повтор № 112
117. **Кассандрова, О.Н.** Обработка результатов наблюдений[Текст] / О. Н. Кассандрова, В. В. Лебедев. – М.: Наука, 1984. – 352 с.
118. **Бахалов, Н.С.** Осреднения процессов в периодических средах: Математические задачи механики композиционных материалов [Текст] / Н.С. Бахалов, Г. П. Панасенко. – М.: Наука, 1984. – 352 с.
119. **Патратий, С.Г.** Многоядерный алгоритм теории статических решений [Текст] / С. Г. Патратий, И.З. Патерэу, и др.]. – Киев: 1974. – 160 с.
120. **Даффи, Г.Дж.А.** Тепловые процессы с использованием солнечной энергии[Текст] / Г. Дж. Даффи, Ч. А. Бекман. – М.: Мир, 1977 – 160 с.
121. Показатели теплового режима гелиоколлектора для обогрева пола телятника[Текст] / А. Ж. Жусубалиева, Н.Ы. Темирбаева, И. Э. Турдуев[и др.] // Вестн.Кырг.-Рос. Славян. ун-т. – 2023. – Т. 23, №8. –С. 33–39.
122. Использование гелиоколлектора для поддержания температурного режима акарицидной жидкости [Текст]/ А. Ж. Осмонов, Ы.Дж., Назаров, С.О. Жусубалиева[и др.] //Вестн.Кырг. нац. аграр. ун-та. – Бишкек, 2021. – Т. 22, № 5(59).
123. **Лыков, А.В.** Теория теплопроводности[Текст] / А. В. Лыков. – М.: Высш.шк., 1967. – 599 с.
124. **МГСН 2.05 – 99.** Инсоляция и солнцезащита: взамен МГСН 2.05 – 97: введ. в дейст. 1999 – 03 – 23 /Стройэксперт – Кодекс. Нормативы и стандарты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://helpeng.ru/public/normdoc/mgsn/mgsn_2.05-99.pdf. – Загл. с экрана.
125. **Жусубалиева, А.Ж.**Методика определения инсоляции животноводческого помещения и территорий в отопительный период [Текст] /А.Ж. Жусубалиева// TASHKENT Ist-International Congresson Modern Sciences PROCEEDINGS BOOK.IKSAD Publications-2022©. – 06.06.2022. –С. 184–188.
126. **Бахарев, Д.В.** О нормировании и расчете инсоляции[Текст]/ Д.В. Бахарев, Л.Н. Орлова// Светотехника. – 2006. – № 1. – С. 18–27.

127. Инсоляция помещений и территорий застройки[Текст]/ В. А. Каратаев, Е. В. Адонкина, М. Г. Тен, С. А. Нефедова. – Новосибирск: НГАСУ, 2013. – 64 с.
128. Обеспечение микроклимата в животноводческих помещениях, путем анаэробной переработки собственного сырья (навоза) [Текст] /Р. А. Касымбеков, Н. Ы. Темирбаева, И. Э. Турдуев[идр.] // E3S Web of Conferences 380,01025 (2023) International Conference “Scientific and Technological Development of the Agro-Industrial Complex for the Purposes of Sustainable Development” (STDAIC-2022) Published online 13 April 2023 DOI
129. Биогазовая технология – эффективный способ переработки навоза [Текст]/ Ж. Ы. Осмонов, А. Ж. Жусубалиева, Н. Ы. Темирбаева, И. Э. Турдуев // Наука и инновационные технологии. – 2022. – №1(22). –С. 159–165.
130. Результаты экспериментальных исследований биотермической установки для обогрева пола телятника[Текст]/ И. Э. Турдуев, А. Ж. Жусубалиева, Ж. Ы. Осмонов [и др.]// Техника и технология в животноводстве. – 2023. – №1 (49).– С. 85–88.
131. **Тайсаева, В.Т.** Расчет прихода солнечной радиации на наклонную поверхность[Текст]/ В. Т. Тайсаева, А. А. Сапарова // Электрификация технологических процессов сельскохозяйственного производства: Сб. науч. тр. –Новосибирск, 1988. – С. 23–31.
132. Тепловой баланс биогазовой установки[Текст]/ Е. Б. Нестеров, В. И. Барков, В. А. Матвеев, А. Б. Токмодаев// Вестн. с.-х. науки Казахстан. – 2007. – №1. – С. 50–52.
133. Методические рекомендации по составлению технико – экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий [Текст]. – Минск: Департамент по энергоэффективности гос. ком по стандартизации Респ. Беларусь, 2008. – 31 с.
134. Методики технико–экономического обоснования вариантов размещения возобновляемых источников энергии, их целесообразного количества с учетом расположения на территории Самарской области[Текст]. –Самара, 2012. – 64 с.

135. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов по их отбору для функционирования [Текст]: утв. Госстрой России, М-во экономики РФ, М-в финансов РФ, Госкомпром России №7 – 12/47 от 31.03.94. – М.: НПКВЦ Теринвест, 1994. – 82 с.

136. Техничко–экономическая оценка энергосберегающей технологии обогрева пола телятника [Текст]/ А.Ж. Жусубалиева, И.Э. Турдуев, Н.Ы. Темирбаева [и др.]//Вестн.Кырг.-Рос. Славян. ун-т. – 2023. – Т. 23, №4.–С. 52–58.

ПРИЛОЖЕНИЯ

- ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Акт внедрения
- ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Патент Кыргызской Республики №349
Энергосберегающая система обогрева пола
телятника
- ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Статическая обработка данных СНиП 23.02.00
«Строительная климатология Кыргызской
Республики» в течении года и за отопительный
период
- ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Теоретический расчет и экспериментальное
определение коэффициента полезного действия
(КПД) и тепловой мощности $P_{гк}$ трубчатого
гелиоколлектора.
- ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Статистическая обработка экспериментальных
данных теплового режима, биотермический
установки.
- 5.1П. Исследование температурного режима навозной
массы в биотермический установке.
- 5.2П. Исследование продолжительности процесса
самонагревания навозной массы.
- 5.3П. Исследование температуры воды на входе в
биотермическую установку и на выходе из нее.
- 5.4П. Расчет теплопроизводительности и тепловой
мощности биотермический установки.
- ПРИЛОЖЕНИЕ 6. Расчет количества тепла, необходимого для
обогрева пола телятника площадью 1 м^2 в
зависимости от температуры окружающей среды.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Приложение
к постановлению президиума
ВАК Кыргызской Республики
от 29 января 2021 года № 008



Исмаилов
Бориев Исламбек
“ ” _____ Г.

Акт внедрения результатов научно – исследовательских, научно - технических работ, результатов научной и научно-технической деятельности

1. *Автор внедрения:* **Жусубалиева Айнагуль Жумабаевна**

2. *Наименование научно-исследовательских, научно-технических работ и результатов научной и научно-технической деятельности:* **«Технология обогрева животноводческих помещений с использованием гелио – и биоэнергетической установки».**

3. *Краткая аннотация:* разработка энергосберегающих технологий обогрева пола телятника с постью комбинированной системы гелио и биотермической установки, которая обеспечивает нормативную температуру пола ($12^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$) за отопительный период.

4. *Эффект от внедрения* Суммарный коэффициент теплопередачи элементов системы (бак – аккумулятор, трубопроводы и пол телятника) обогрева пола телятника равно $45,87 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$. Диапазон изменения количество тепла необходимого для обогрева пола телятника площадью 1 м^2 составляет от 1,5 до 2,6 кВт, то соответствует к снижению температуры окружающей среды от 12°C до $- 12^{\circ}\text{C}$. Суммарный экономический эффект от использования солнечной энергии с помощью гелиоустановки и биотоплива навозной массы с помощью биотермической установки для обогрева пола телятника составляет 66229,1 сомов за отопительный период (площадь пола равно 30 м^2).

5. *Место и время внедрения:* крестьянское (фермерское) хозяйство “Гайрат – Бекзат”

6. *Форма внедрения:* апробирована энергосберегающая система обогрева пола телятника (Патент Кыргызской Республики №349)

Представитель организации, в которую внедрена разработка (ФИО, должность, подпись)
крестьянское (фермерское) хозяйство "Сартамбет - Бокучат"

Бориев Исламбек Исмаилович

Сартмаматов Бакытбек Тойгонбаевич



Представитель организации, из которого исходит внедрение (ФИО, должность, подпись)

Заведующий кафедры Энергетика Ошского

государственного университета к.т.н. Матисаков Т.К.

К.т.н., доцент кафедры Электроснабжение Ошского технологического университета Турдуев И.Э.

Преподаватель инновационного колледжа STEM Ошского государственного университета Жусубалиева А.Ж.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2





(19) **KG** (11) **349** (46) **31.03.2023**

(51) *A01K 1/00* (2022.01)
F24F 3/16 (2022.01)

ГОСУДАРСТВЕННОЕ АГЕНТСТВО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ И ИННОВАЦИЙ
ПРИ КАБИНЕТЕ МИНИСТРОВ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ (КЫРГЫЗПАТЕНТ)

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ

к патенту Кыргызской Республики под ответственность заявителя

(21) 20220002.2

(22) 04.02.2022

(46) 31.03.2023. Бюл. № 3

(76) Осмонов Ысман Джусупбекович,
Жусубалиева Айнагуль Жумабаевна,
Турдуев Ильяз Эрмекович,

Темирбаева Назгуль Ысмановна (KG)

(56) Патент под ответственность заявителя
KG № 262 U, кл. F24F 3/16, H05B 35/00,
31.05.2019

(54) **Энергосберегающая система обогрева
пола телятника**

(57) Полезная модель относится к сельскому хозяйству, а именно к устройствам, предназначенным для обогрева пола животноводческих помещений, в частности, в телятнике.

Задачей полезной модели является создание энергосберегающей системы обогрева пола телятника, повышение ее эксплуатационной надежности.

Задача решается тем, что энергосберегающая система обогрева пола телятника, состоит из солнечного коллектора, бак-аккумулятор с теплообменником, клапан, терморегулятор с датчиком, при этом имеет дополнительно биотермическую установку с верхней емкостью, где установлен змеевик выполненный из труб зигзагообразно и нижней емкостью для сбора использованного навоза, змеевиком расположенный под деревянным полом телятника.

Система позволяет одновременно использовать солнечную радиацию и тепло разложения навоза для обогрева пола телятника. При этом повышается эксплуатационная надежность системы. Данная система отвечает современным требованиям энергосбережения за счет использования тепла возобновляемых источников энергии, в частности, энергии Солнца и биомассы.

1 н. п. ф., 1 фиг.

(19) **KG** (11) **349** (46) **31.03.2023**

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Статическая обработка данных СНиП 23.02.00 «Строительная климатология Кыргызской Республики» в течение года и за отопительной период

1. Исходные данные в виде зависимости изменения солнечной радиации на горизонтальную поверхность от географической широты местности в течении года представлена на рисунке 1П.

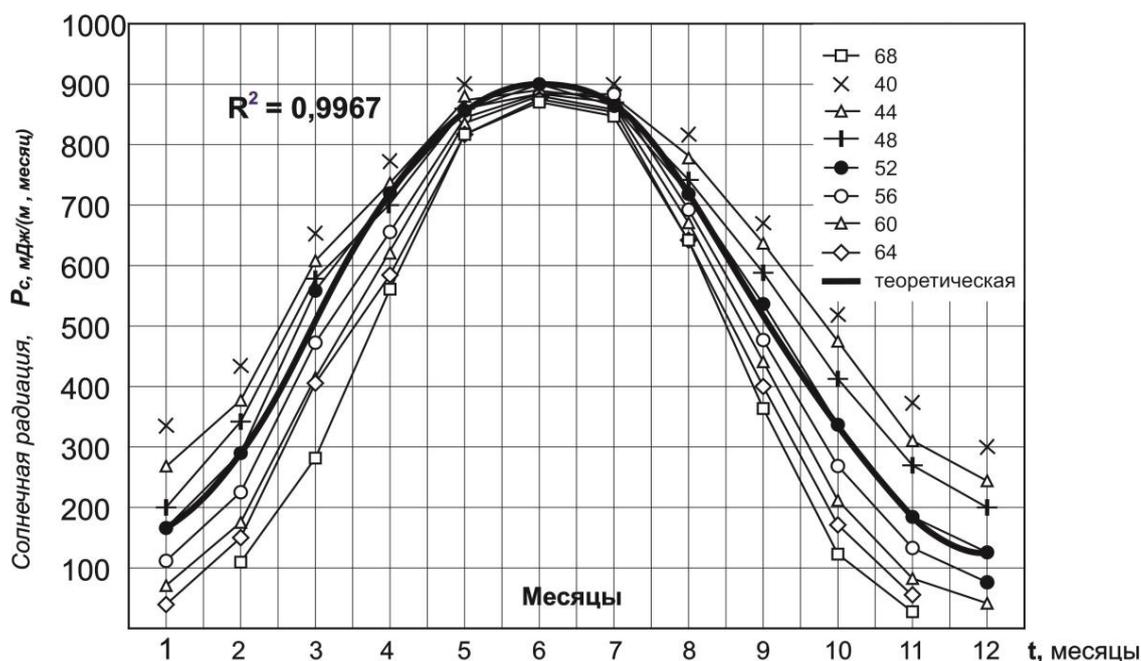


Рисунок 1П – Зависимость изменения солнечной радиации от географической широты (град. с.ш.) местности в течении года

Таблица 1П – Временные ряды солнечной радиации в течении года в зависимости от географической широты местности в Кыргызстане (мДж/м²·месяц)

| № разряда | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Границы разряда, p_{i-1} | 1-50 | 51-150 | 151-250 | 251-350 | 351-450 | 451-550 | 551-650 | 651-750 | 751-850 | 851-950 |
| Средние значения разряда p_i^* | 25,5 | 100,5 | 200,5 | 300,5 | 400,5 | 500,5 | 600,5 | 700,5 | 800,5 | 900,5 |
| Численность разряда, m | 3 | 10 | 9 | 10 | 7 | 7 | 12 | 8 | 8 | 19 |
| Частота разряда, $P_i^* = \frac{m}{\sum m}$ | 0,0322 | 0,1075 | 0,0968 | 0,1075 | 0,0752 | 0,0752 | 0,1290 | 0,0860 | 0,0860 | 0,2043 |

Математическое ожидание

$$\bar{M} = \sum_{i=1}^{\kappa} (n_i^* \cdot P_i^*);$$

$$\begin{aligned} \bar{M} = & 25,5 \cdot 0,0322 + 100,5 \cdot 0,1075 + 200,5 \cdot 0,0968 + 300,5 \cdot 0,1075 + 400,5 \cdot 0,0752 \\ & + 500,5 \cdot 0,752 + 600,5 \cdot 0,1290 + 700,5 \cdot 0,0860 + 800,5 \cdot 0,0860 \\ & + 900,5 \cdot 0,2043 = 521,62 \text{ МДж/м}^2 \cdot \text{месяц}; \end{aligned}$$

Дисперсия

$$D_m = \sum_{i=1}^{\kappa} (n_i^* - \bar{M})^2 \cdot P_i^*;$$

$$\begin{aligned} D_m = & (25,5 - 521,62)^2 \cdot 0,0322 + (100,5 - 521,62)^2 \cdot 0,1075 + (200,5 - 521,62)^2 \\ & \cdot 0,0968 + (300,5 - 521,62)^2 \cdot 0,1075 + (400,5 - 521,62)^2 \cdot 0,0752 \\ & + (500,5 - 521,62)^2 \cdot 0,0752 + (600,5 - 521,62)^2 \cdot 0,1290 \\ & + (700,5 - 521,62)^2 \cdot 0,0860 + (800,5 - 521,62)^2 \cdot 0,0860 \\ & + (900,5 - 521,62)^2 \cdot 0,2043 = 82934,81 \text{ (МДж/м}^2 \cdot \text{месяц)}^2; \end{aligned}$$

Среднеквадратическое отклонение

$$\pm \sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^{\kappa} (n_i^* - \bar{M})^2 \cdot P_i^*};$$

$$\pm \sigma = \sqrt{82934,81} = 287,98 \text{ МДж/м}^2 \cdot \text{месяц}$$

Нормальный закон распределения солнечной радиации имеет следующий вид:

$$f(P_c) = \frac{1}{287,98\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(P_c - 521,62)^2}{2 \cdot (287,98)^2} \right], \quad (1П)$$

По такой же методике рассчитана аналогичная закономерность распределения солнечной радиации за отопительный период (с 15 октября по 15 марта). Данная закономерность также подчиняется нормальному закону распределения в следующем виде:

$$f(P_c^\circ) = \frac{1}{108,35\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(P_c - 190,99)^2}{2 \cdot (108,35)^2} \right], \quad (2П)$$

С математическим ожиданием $\bar{M} = 190,99$ МДж/м²месяц и среднеквадратическим отклонением $\sigma \pm 108,35$ МДж/м²месяц.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Теоретический расчет и экспериментальное определение коэффициента полезного действия (КПД) и тепловой мощности $R_{ГК}$ трубчатого гелиоколлектора

Основными параметрами для расчета КПД и тепловой мощности $R_{ГК}$ гелиоколлектора является: общий коэффициент тепловых потерь U_L ; коэффициенты отвода тепла F_R ; полная полезная энергия $Q_{п}$, полученная в гелиоколлекторе в зависимости от температуры окружающей среды.

1. Расчет общего коэффициента тепловых потерь гелиоколлектора в зависимости от температуры окружающей среды

Расчетная формула:

$$U_L = \frac{t_4 - t_{окр}}{\frac{1}{\pi \cdot d_1 \cdot \alpha_2} + \frac{1}{2,273 \cdot \lambda_1} \lg \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2,273 \cdot \lambda_2} \lg \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{2,273 \cdot \lambda_3} + \lg \frac{d_4}{d_3} + \frac{1}{\pi \cdot d_3}} \quad (3П)$$

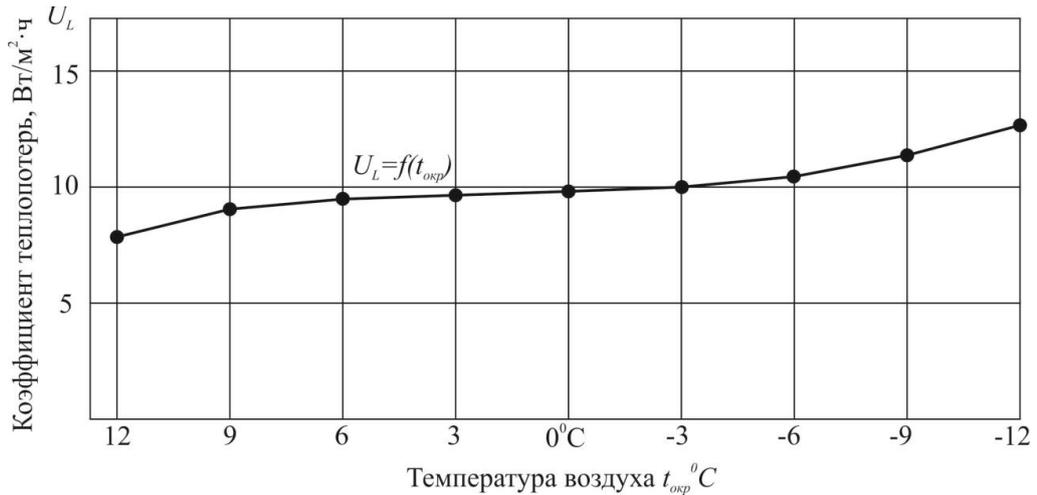
Таблица 2П - Исходные параметры гелиоколлектора:

| d_1 , м | d_2 , м | d_3 , м | d_4 , м | t_1 , °С | t_2 , °С | λ_1 , Вт/(м·град) | λ_2 , Вт/(м·град) | λ_3 , Вт/(м·град) | α_1 , Вт/(м·град) |
|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 0,016 | 0,018 | 0,082 | 0,083 | 12...-12 | 50 | 0,21 | 0,259 | 0,186 | 300 |

Таблица 3П – Результаты расчета:

| t_1 , °С | 12 | 9 | 6 | 3 | 0 | -3 | -6 | -9 | -12 |
|-------------------------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| U_L Вт/м ² ·ч | 7,77 | 8,38 | 8,99 | 9,61 | 10,22 | 10,84 | 11,45 | 12,06 | 12,68 |

Рисунок 2П – Графическая зависимость $U_L = f = (t_1)$



2. Расчет коэффициента отвода тепла F_R для трубчатого гелиоколлектора в зависимости от температуры окружающей среды:

Расчетная формула:

$$F_R = \frac{G \cdot C}{U_L} \left[1 - \exp\left(\frac{U_L \cdot F^*}{G \cdot C_p} \right) \right], \quad (4П)$$

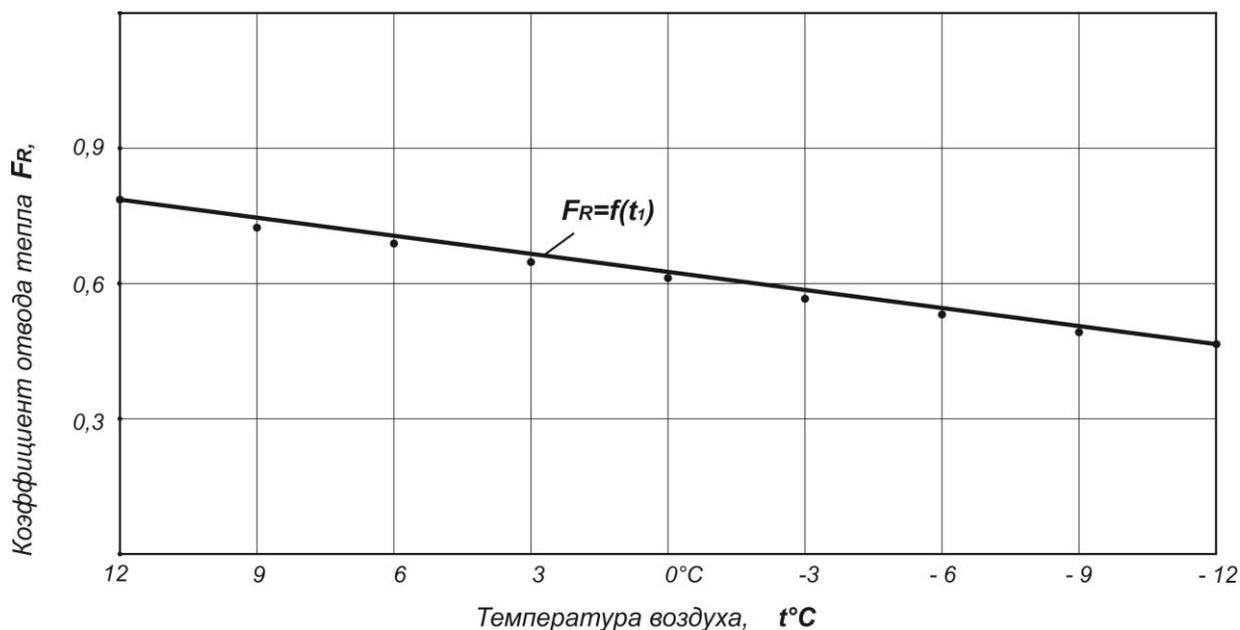
Таблица 4П – Исходные параметры:

| G, кг/с | C, кДж/ кг·°C | F*= F·S | C _p , кДж/ кг·°C | U_L , Вт/м²·ч | | | | | | | | | |
|------------|---------------------|------------|-----------------------------------|-----------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| | | | | 12°C | 9°C | 6°C | 3°C | 0°C | -3°C | -6°C | -9°C | -12°C | |
| 0,018 | 4,19 | 0,98 | 0,023 | 7,77 | 8,38 | 8,99 | 9,61 | 10,22 | 10,84 | 10,84 | 12,06 | 12,68 | |

Таблица 5П – Результаты расчета

| $t_{окр}$, °C | 12 | 9 | 6 | 3 | 0 | -3 | -6 | -9 | -12 |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| F_R | 0,810 | 0,752 | 0,700 | 0,656 | 0,616 | 0,582 | 0,551 | 0,523 | 0,493 |

Рисунок 3П – Графическая зависимость $F_R = f(t_1)$



3. Расчет полной полезной энергии, полученная в гелиоколлектора в зависимости от температуры окружающей среды.

Расчетная формула:

$$Q_n = F_R \cdot S_{зк} \cdot [E(\tau\alpha)_e - U_L \cdot (t_3 - t_{окр})], \quad (5II)$$

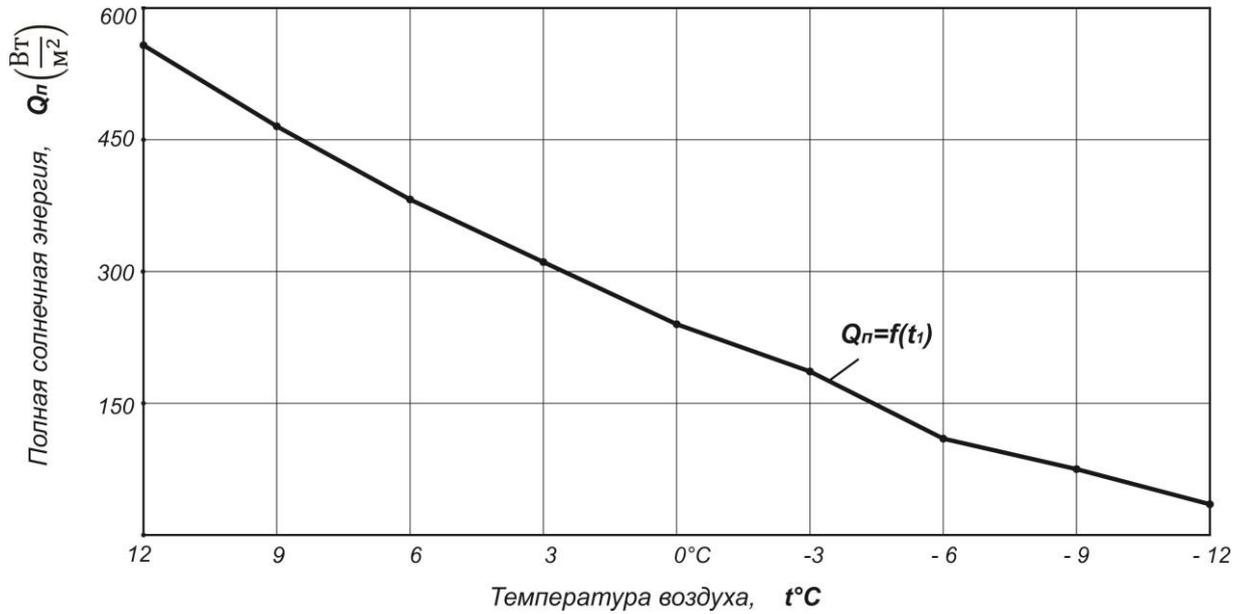
Таблица 6П- Исходные параметры:

| $t_{окр}$, °C | 12 | 9 | 6 | 3 | 0 | -3 | -6 | -9 | -12 | $S_{ГК}$, $\frac{2}{\text{м}}$ | $(\tau\alpha)_e$ | t_3 , °C | E , $\frac{\text{max}}{\text{min}}$ Вт/ м^2 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------------------------------|------------------|---------------|---|
| U_L Вт/ $\text{м}^2 \cdot \text{ч}$ | 7,77 | 8,38 | 8,99 | 9,61 | 10,2 | 10,8 | 11,4 | 12,0 | 12,6 | 1,68 | 0,89 | 25 | $\frac{554}{154}$ |
| F_R | 0,81 | 0,75 | 0,70 | 0,65 | 0,61 | 0,58 | 0,55 | 0,52 | 0,49 | | | | |

Таблица 7П- Результаты расчета:

| $t_{окр}$, °C | 12 | 9 | 6 | 3 | 0 | -3 | -6 | -9 | -12 | Σ |
|-----------------------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| Q_n , Вт/ м^2 | 553,1 | 452,9 | 378,9 | 310, | 245,6 | 185,1 | 127,7 | 72,89 | 19,87 | 2346,8 |
| | 9 | 9 | 6 | 36 | 3 | 8 | 5 | | | |

Рисунок 4П – Графическая зависимость $Q_{II} = f(t_1)$



Среднее значение полной полезной энергии составляет $Q_n^{cp} = 261,75 \text{ Вт/м}^2$.

Теоретический средний КПД гелиоколлектора и его тепловая мощность равны:

$$\eta_{теор} = \frac{Q_n^{cp}}{E \cdot S_{ГК}} = \frac{261,75}{554 \cdot 1,68} = 0,28 \quad (6II)$$

$$P_{зк} = E \cdot S_{зк} \cdot \eta_{теор} = 554 \cdot 1,68 \cdot 0,28 = 260 \text{ Вт} \quad (7II)$$

Расчет к таблице 7П:

$$Q_n^{12^\circ\text{C}} = 0,81 \cdot 1,68[554(0,89) - 7,77(25 - 12)] = 1,36(493,06 - 101,01) = 553,19 \text{ Вт/м}^2;$$

$$Q_n^{9^\circ\text{C}} = 0,752 \cdot 1,68[554(0,89) - 8,38(25 - 9)] = 1,26(493,06 - 134,08) = 452,99;$$

$$Q_n^{6^\circ\text{C}} = 0,7 \cdot 1,68[554(0,89) - 8,99(25 - 6)] = 1,176(493,06 - 170,81) = 378,96;$$

$$Q_n^{3^\circ\text{C}} = 0,656 \cdot 1,68[554(0,89) - 9,61(25 - 3)] = 1,102(493,06 - 221,42) = 310,36;$$

$$Q_n^{0^\circ\text{C}} = 0,616 \cdot 1,68[554(0,89) - 10,22(25 - 0)] = 1,034(493,06 - 235,5) = 245,63;$$

$$Q_n^{-3^\circ\text{C}} = 0,582 \cdot 1,68[554(0,89) - 10,84(25 - (-3))] = 0,977(493,06 - 303,52) = 185,18;$$

$$Q_n^{-6^\circ\text{C}} = 0,551 \cdot 1,68[554(0,89) - 11,45(25 - (-6))] = 0,925(493,06 - 354,95) = 127,75;$$

$$Q_n^{-9^{\circ}\text{C}} = 0,523 \cdot 1,68[554(0,89) - 12,06(25 - (-9))] = 0,878(493,06 - 410,04) = 72,89;$$

$$Q_n^{-12^{\circ}\text{C}} = 0,493 \cdot 1,68[554(0,89) - 12,68(25 - (-12))] = 0,828(493,06 - 469,16) = 19,87;$$

$$\Sigma = 2346,82$$

4. Определение суточного КПД гелиоколлектора по данным эксперимента

Зависимость температуры воды на входе в коллектор (t_3) и потока солнечной радиации ($E_{\text{экс}}$) от времени нагрева показано на рисунке 5П.



Рисунок 5П – Зависимость температуры воды на входе в коллектор $t_3=f(T)$ и потока солнечной радиации [$E_{\text{экс}}=f(T)$] от времени нагрева T .

Средний суточный КПД гелиоколлектора по данным расчета (таблица 7П) эксперимента (рисунок 5П) равно:

$$\eta_{\text{экс}} = \frac{\Sigma Q_{\text{п}}}{S_{\text{ГК}} \cdot E_{\text{экс}}} = \frac{2346,82}{1,68 \cdot 3872} = 0,36 \quad (8\text{П})$$

5. Определение экспериментальной часовой мощности $P_{\text{экс}}$ гелиоколлектора

Расчетные данные экспериментальной часовой мощности $P_{\text{экс}}$ в соответствии с рисунком 5П представлены в таблице 8П.

Таблица 8П. Экспериментальная часовая мощность гелиоколлектора

| Вре мя, ч | 9:30 | 10:30 | 11:30 | 12:30 | 13:30 | 14:30 | 15:30 | 16:30 | 17:30 | $P_{\text{экс}}$ Вт |
|------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------------------|
| $P_{\text{экс}}$ Вт | 175,3 9 | 196,5 6 | 223,7 7 | 263,0 9 | 317,5 2 | 326,5 9 | 316,9 1 | 264,9 0 | 257,0 4 | 260, 08 |

Расчетная формула: $P_{\text{экс}} = E_{\text{экс}} \cdot S_{\text{ГК}} \cdot \eta_{\text{экс}}$

6. Расчет произведения общего коэффициента тепловых потерь U_L и коэффициента эффективности поглощающей панели F' гелиоколлектора

Расчетная формула:

$$F' \cdot U_L = \frac{G \cdot C (t_{\text{вых}} - t_3)}{A (\bar{t}_{\text{жс}} - t_{\text{окр}})}$$

Исходные данные: $G = 25 \frac{\text{кВт}}{\text{ч}}$; $C = 4,19 \text{Вт} \cdot \text{ч} / (\text{кг} \cdot \text{°C})$;

$$A = 1,6 \text{ м}^2; \quad t_{\text{вых}} = 46; 47; 48; 49\text{°C}$$

$$(\text{рисунок 3.7}); \quad t_3 = 44; 43; 42; 41; 41,5; 39\text{°C}$$

$$(\text{рисунок 3.7}); \quad \bar{t}_{\text{жс}} = 39; 45; 44,5; 44,5; 45,25; 44\text{°C};$$

$$t_1 = 12 \dots 13\text{°C}$$

$$1. F' \cdot U_L = \frac{25 \cdot 4,19(46 - 44)}{1,6(35 - 12)} = 3,96 [\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})];$$

$$2. F' \cdot U_L = \frac{25 \cdot 4,19(47 - 43)}{1,6(45 - 12)} = 7,93 [\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})];$$

$$3. F' \cdot U_L = \frac{25 \cdot 4,19(47 - 42)}{1,6(44,5 - 12)} = 10,67 [\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})];$$

$$4. F' \cdot U_L = \frac{25 \cdot 4,19(48 - 41)}{1,6(44,5 - 12)} = 14,1 [\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})];$$

$$5. F' \cdot U_L = \frac{25 \cdot 4,19(44 - 41,5)}{1,6(45,25 - 13)} = 15,22 [\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})];$$

$$6. F' \cdot U_L = \frac{25 \cdot 4,19(49 - 39)}{1,6(44 - 13)} = 21,12 [\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})];$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Статистическая обработка экспериментальных данных теплового режима биотермической установки

5.1П. Исследование температурного режима навозной массы в биотермической установке

Условия проведения экспериментов:

- укладка навозной массы произведено 1 октября;
- общая высота штабеля 1,15 м; ширина 1,5 м, длина 2,5 м.
- масса навоза составляла 3000 - 3100 кг, влажность 70 – 75%, вид навоза: смесь конского и коровьего в пропорции 1:1;
- начало самонагревания навоза 12 – 15 суток при температуре наружного воздуха 7 - 12°C(ночью), 13 - 16°C, (днём).
- колебание температуры воздуха внутри телятника, где размещена биотермическая установка 8 - 14°C(ночью), 15 – 16 (днём).
- продолжительность проведения опытов 15 суток, замеры температуры навозной массы осуществлялось два раза в сутки: днем 12:00, ночью в 21:00. Результаты замеров занесены в таблицу 9П.

Таблица 9П. Результаты замеров температуры навозной массы в биотермической установке(с 15 октября до по 29 октября).

| Время | Сутки | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|-------|----|----|------|----|------|------|----|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| День (12:00) | 39 | 39 | 40 | 41,7 | 42 | 42,6 | 42,9 | 43 | 43,1 | 43,9 | 44 | 44,3 | 44,9 | 45,2 | 45,3 |
| Ночь (21:00) | 36 | 37 | 37 | 38,1 | 39 | 39,3 | 39,7 | 40 | 40,2 | 40,7 | 41,1 | 41,9 | 42 | 43,1 | 43,9 |

Количество замеров:

$$n^g = 15 \text{ днем}; n^h = 15 \text{ ночью}.$$

Определение среднего значения:

$$\bar{t}^g = \frac{\sum t_i}{n^g} = \frac{640,9}{15} = 42,7 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad \bar{t}^h = \frac{\sum t_i}{n^h} = \frac{599}{15} = 39,9 \text{ } ^\circ\text{C};$$

Среднеквадратическое отклонение:

$$\pm 6^g = \sqrt{\frac{\sum(t_i - \bar{t}^g)^2}{n^g - 1}} = \sqrt{3,07} = 1,75^\circ\text{C};$$

$$\pm 6^h = \sqrt{\frac{\sum(t_i - \bar{t}^h)^2}{n^h - 1}} = \sqrt{3,52} = 1,87^\circ\text{C};$$

Нахождение статистики:

$$\tau = \frac{|t_i - \bar{t}|}{6};$$

$$\tau_{min}^g = \frac{|39 - 42,7|}{1,75} = 2,11; \quad \tau_{max}^g = \frac{|45,3 - 42,7|}{1,75} = 1,48;$$

$$\tau_{min}^h = \frac{|36 - 39,9|}{1,87} = 2,08; \quad \tau_{max}^h = \frac{|43,9 - 39,9|}{1,87} = 2,13;$$

Сравнение найденной статистики с табличным значением:

$$\delta_{1-p} = 2,3 \text{ при } n = 15 \text{ и } p = 0,9$$

$\tau_{min}^g = 2,11 < 2,3$, $\tau_{max}^g = 1,48 < 2,3 \rightarrow$ наблюдение не отбрасывается.

$\tau_{min}^h = 2,08 < 2,3$, $\tau_{max}^h = 2,13 < 2,3 \rightarrow$ наблюдение не отбрасывается.

Результаты исследования температурного режима навозной массы в биотермической установке отражены в таблице 10П.

Таблица 10П. Изменение температуры навозной массы (с 15 октября до по 29 октября).

| Время суток | Температура окружающей среды | | | | Температура внутри телятника | | | |
|--------------|--|--|----------------|----------------|--|---|----------------|----------------|
| | | $t_{окр} = 7 \dots 12^\circ\text{C}$ (ночь); | | | | $t' = 8 \dots 14^\circ\text{C}$ (ночь); | | |
| | $t_{окр} = 13 \dots 16^\circ\text{C}$ (день); | | | | $t' = 15 \dots 16^\circ\text{C}$ (день); | | | |
| | Температура навозной массы $t_n, ^\circ\text{C}$; | | | | | | | |
| День (12:00) | \bar{t}^g | $\pm 6^g$ | τ_{min}^g | τ_{max}^g | \bar{t}^h | $\pm 6^h$ | τ_{min}^h | τ_{max}^h |
| | 42,7 | 1,75 | 2,11 | 1,48 | | | | |
| Ночь (21:00) | | | | | 39,9 | 1,87 | 2,08 | 2,13 |

Средняя температура самонагрева навозной массы за 15 суток составляет $\bar{t}^g = 42,7 \pm 6^\circ\text{C}$ (днем), при температуре окружающей среды 13... 16 $^\circ\text{C}$, $\bar{t}^h = 39,9 \pm 6^\circ\text{C}$ (ночью), при температуре окружающей среды. 7... 14 $^\circ\text{C}$.

5.2П. Исследования продолжительности процесса самонагрева навозной массы

Продолжительность процесса самонагрева навозной массы определена путем продолжения предыдущего опыта. При этом одновременно регистрировались следующие параметры: температура окружающей среды $t_{\text{окр}}$, температура внутри телятника t' , температура навозной массы $t_{\text{н}}$. Данные параметры измерялись ежедневно в одно и то же время (12:00). Результаты занесены в таблицу 11П.

Таблица 11П – Результаты замеров температур: $t_{\text{окр}}$, t' , $t_{\text{н}}$ (с 30 октября по 9 декабря).

| Дата (время) | $t_{\text{окр}}, ^\circ\text{C}$ | $t', ^\circ\text{C}$ | $t_{\text{н}}, ^\circ\text{C}$ | Статистические показатели |
|---------------|----------------------------------|----------------------|--------------------------------|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 30.10 (12:00) | 16 | 17 | 45,6 | $\bar{t}_{\text{н}} = \frac{\sum t_{\text{н}i}}{n}$ $\pm 6^{\text{H}} = \sqrt{\frac{\sum (t_{\text{н}i} - \bar{t}_{\text{н}})^2}{n - 1}}$ $v = \frac{\pm 6}{t_{\text{н}}} 100\%$ |
| 31.10 (12:00) | 16 | 17 | 46,3 | |
| 1.11 (12:00) | 15 | 17 | 46,9 | |
| 2.11 (12:00) | 15 | 18 | 47,2 | |
| 3.11 (12:00) | 15 | 18 | 48,9 | |
| 4.11 (12:00) | 14 | 16 | 49,7 | |
| 5.11 (12:00) | 13 | 14 | 50 | |
| 6.11 (12:00) | 11 | 14 | 50 | |
| 7.11 (12:00) | 12 | 14 | 50,3 | |
| 8.11 (12:00) | 15 | 16 | 50,7 | |
| 9.11 (12:00) | 15 | 17 | 50,9 | |
| 10.11 (12:00) | 14 | 16 | 60,3 | |
| 11.11 (12:00) | 12 | 15 | 60,7 | |
| 12.11 (12:00) | 13 | 14 | 60,7 | |
| 13.11 (12:00) | 14 | 14 | 60,5 | |
| 14.11 (12:00) | 13 | 12 | 61,2 | |
| 15.11 (12:00) | 11 | 12 | 61,1 | |
| 16.11 (12:00) | 12 | 13 | 61,3 | |
| 17.11 (12:00) | 11 | 12 | 61,5 | |
| 18.11 (12:00) | 11 | 13 | 61,7 | |
| 19.11 (12:00) | 11 | 13 | 61,9 | |
| 20.11 (12:00) | 10 | 11 | 62,3 | |
| 23.11 (12:00) | 10 | 12 | 62,1 | |
| 24.11 (12:00) | 9 | 10 | 62,4 | |
| 25.11 (12:00) | 7 | 9 | 62,5 | |
| 26.11 (12:00) | 8 | 9 | 62,4 | |
| 27.11 (12:00) | 7 | 9 | 62,7 | |

| | | | | |
|---------------|---|------------------------------------|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 3 | 5 |
| 28.11 (12:00) | 5 | 6 | 62,9 | |
| 29.11 (12:00) | 6 | 6 | 63,1 | |
| 30.11 (12:00) | 5 | 7 | 63,3 | |
| 1.12 (12:00) | 4 | 5 | 63,3 | |
| 2.12 (12:00) | 4 | 6 | 63,2 | |
| 3.12 (12:00) | 2 | 3 | 63,3 | |
| 4.12 (12:00) | -1 | 3 | 62,1 | |
| 5.12 (12:00) | -2 | 2 | 62,1 | |
| 6.12 (12:00) | 0 | 2 | 60 | |
| 7.12 (12:00) | -1 | 1 | 60,1 | |
| 8.12 (12:00) | -2 | 1 | 57,3 | |
| 9.12 (12:00) | -2 | 2 | 55,0 | |
| 39 | $\bar{t}_{\text{окр}} = 8,9^{\circ}\text{C}$ $\bar{t}' = 10,6^{\circ}\text{C}$ | $\bar{t}_H = 57,9^{\circ}\text{C}$ | $\pm 6 = 5,67^{\circ}\text{C}; v = 9,8\%$ | |

Примечание: 21:10, 22:10 дни не учтены, т.к. произошло резкое снижение температуры.

Графическая интерпретация зависимости продолжительности времени самонагрева навозной массы от температур окружающей среды ($t_{\text{окр}}$), внутри телятника (t'), и навозной массы (t_H) представлена на рисунке 6П.

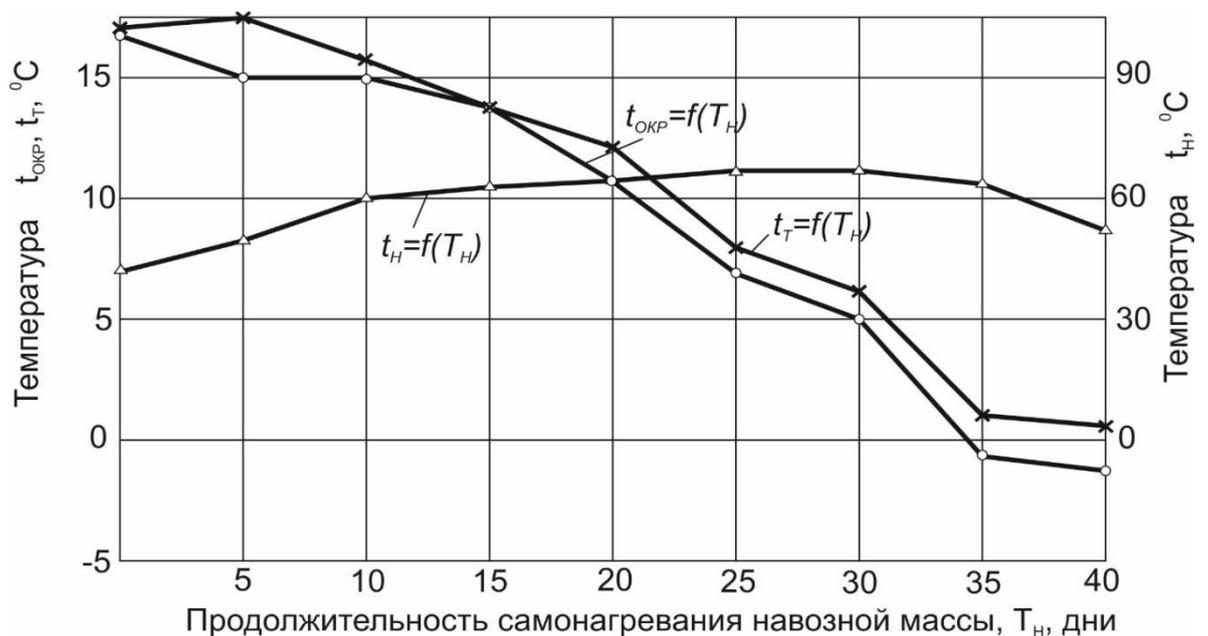


Рисунок 6П – Зависимость продолжительности времени T_H самонагрева навозной массы от температур $t_{\text{окр}}$, t_T и t_H .

Анализ графика показывает, что температуры окружающей среды ($t_{окр}$) и внутри телятника t' не оказывают существенного влияния на процесс самонагрева навозной массы. При минусовой температуре окружающей среды процесс самонагрева навозной массы продолжается, но замедляется незначительно.

Продолжительность самонагрева навозной массы, массой 3000 – 3100 кг приготовленной в виде конского и коровьего навоза в пропорции 1:1 составляет 40 дней с 30 октября по 9 декабря. Средняя температура навозной массы за это время равно $\bar{t}^n = 57,9$ °С, с среднеквадратическим отклонением $\pm 6 = 5,67$ °С и коэффициентом вариации $v = 9,8\%$.

5.3П. Исследование температуры воды на входе в биотермическую установку и на выходе из нее

Условия проведения экспериментов:

- начало замеров температур воды на входе ($t_{вх}$) и выбирает термическую установку и на выходе ($t_{вых}$) из нее осуществляются в установившем режиме самонагрева навозной массы;

- замеры температур $t_{вх}$ и $t_{вых}$ проводится ежедневно, два раза в одно и то же время (12:00) и (21:00);

- наряду с замерами температур $t_{вх}$ и $t_{вых}$ регистрируются температуры окружающей среды $t_{окр}$ и внутри телятника t' . Время замеров также ежедневно, два раза (12:00) и (21:00);

- конец замеров в температур $t_{вх}$, $t_{вых}$, $t_{окр}$ и t' соответствует к дню окончания активного самонагрева навозной массы. По данным предыдущего эксперимента окончание продолжительности активного самонагрева навозной массы составляет 40 суток.

- продолжительность проведения опытов 40 дней. Результаты замеров занесены в таблицу 12П.

Таблица 12П.

| Дата (время) | $t_{\text{окр}}, ^\circ\text{C}$ | $t', ^\circ\text{C}$ | $t_{\text{вх}}, ^\circ\text{C}$ | $t_{\text{вых}}, ^\circ\text{C}$ |
|---------------|----------------------------------|----------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | | 5 |
| 30.10 (12:00) | 16 | 17 | 45 | 53 |
| (21:00) | | | 44 | 50 |
| 31.10 (12:00) | 16 | 17 | 45 | 53 |
| (21:00) | | | 45 | 51 |
| 1.11 (12:00) | 15 | 17 | 44 | 54 |
| (21:00) | | | 42 | 52 |
| 2.11 (12:00) | 15 | 18 | 44 | 54 |
| (21:00) | | | 43 | 51 |
| 3.11 (12:00) | 15 | 18 | 45 | 55 |
| (21:00) | | | 42 | 53 |
| 4.11 (12:00) | 14 | 16 | 46 | 55 |
| (21:00) | | | 42 | 54 |
| 5.11 (12:00) | 13 | 14 | 46 | 55 |
| (21:00) | | | 44 | 51 |
| 6.11 (12:00) | 11 | 14 | 45 | 54 |
| (21:00) | | | 42 | 53 |
| 7.11 (12:00) | 12 | 14 | 43 | 55 |
| (21:00) | | | 41 | 51 |
| 8.11 (12:00) | 15 | 16 | 46 | 56 |
| (21:00) | | | 43 | 53 |
| 9.11 (12:00) | 15 | 17 | 46 | 56 |
| (21:00) | | | 42 | 52 |
| 10.11 (12:00) | 14 | 16 | 47 | 57 |
| (21:00) | | | 44 | 54 |
| 11.11 (12:00) | 12 | 15 | 45 | 56 |
| | | | 42 | 54 |
| 12.11 (12:00) | 13 | 14 | 48 | 57 |
| (21:00) | | | 45 | 52 |
| 13.11 (12:00) | 14 | 14 | 47 | 57 |
| (21:00) | | | 42 | 55 |
| 14.11 (12:00) | 13 | 12 | 46 | 56 |
| (21:00) | | | 43 | 53 |
| 15.11 (12:00) | 11 | 12 | 48 | 58 |
| (21:00) | | | 44 | 55 |
| 16.11 (12:00) | 12 | 13 | 48 | 57 |
| (21:00) | | | 45 | 54 |
| 17.11 (12:00) | 11 | 12 | 47 | 58 |
| (21:00) | | | 43 | 56 |
| 18.11 (12:00) | 11 | 13 | 48 | 58 |
| (21:00) | | | 43 | 55 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------------------|--|------------------------------------|--|--|
| 19.11 (12:00) (21:00) | 11 | 13 | 47 45 | 57 53 |
| 20.11 (12:00) (21:00) | 10 | 11 | 46 42 | 55 52 |
| 22.11 (12:00) (21:00) | | | 46 42 | 57 56 |
| 23.11 (12:00) (21:00) | 10 | 12 | 47 43 | 57 54 |
| 24.11 (12:00) (21:00) | 9 | 10 | 47 42 | 58 56 |
| 25.11 (12:00) (21:00) | 7 | 9 | 46 43 | 57 55 |
| 26.11 (12:00) (21:00) | 8 | 9 | 48 44 | 58 53 |
| 27.11 (12:00) (21:00) | 7 | 9 | 49 45 | 59 56 |
| 28.11 (12:00) (21:00) | 5 | 6 | 48 42 | 58 57 |
| 29.11 (12:00) (21:00) | 6 | 6 | 47 43 | 56 54 |
| 30.11 (12:00) (21:00) | 5 | 7 | 47 44 | 58 55 |
| 1.12 (12:00) (21:00) | 4 | 5 | 48 44 | 59 56 |
| 2.12 (12:00) (21:00) | 4 | 6 | 48 45 | 59 55 |
| 3.12 (12:00) (21:00) | 2 | 3 | 47 42 | 58 54 |
| 4.12 (12:00) (21:00) | -1 | 3 | 47 41 | 57 55 |
| 5.12 (12:00) (21:00) | -2 | 2 | 48 40 | 59 53 |
| 6.12 (12:00) (21:00) | 0 | 2 | 44 39 | 55 54 |
| 7.12 (12:00) (21:00) | -1 | 1 | 45 39 | 54 53 |
| 8.12 (12:00) (21:00) | -2 | 1 | 44 38 | 55 52 |
| 9.12 (12:00) (21:00) | -2 | 2 | 43 37 | 54 51 |
| 40 (80) | $\bar{t}_{\text{окр}} = 8,9^{\circ}\text{C}$ | $\bar{t}^i = 10,6^{\circ}\text{C}$ | $\bar{t}_{\text{вх}} = 44,9^{\circ}\text{C}$ | $\bar{t}_{\text{вых}} = 5,67^{\circ}\text{C};$ |

Изменение температуры $\bar{t}_{окр}$, \bar{t}' , $\bar{t}_{вх}$, $\bar{t}_{вых}$ в зависимости от продолжительности времени T_H самонагрева навозной массы представлены на рисунке 7П.

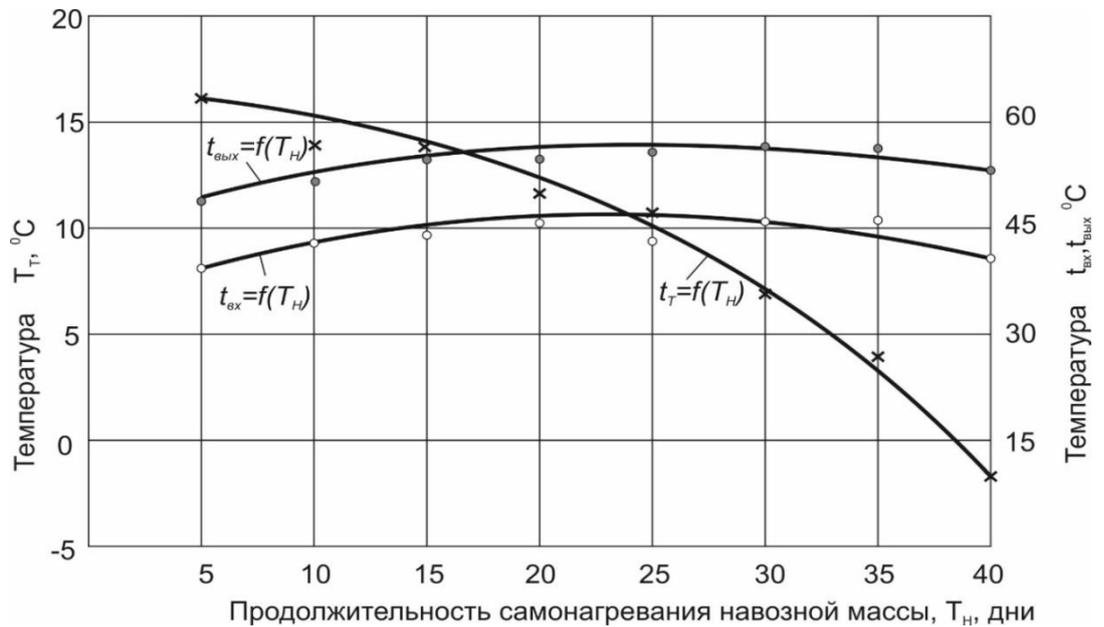


Рисунок 7П - Зависимость температур $t_{вх}$, $t_{вых}$ и t' от продолжительности времени самонагрева навозной массы T_H

Средняя температура теплоносителя на входе в биотермическую установку и на выходе из нее, соответственно составили $t_{вх}=44,9^{\circ}\text{C}$ и $t_{вых}=54,9^{\circ}\text{C}$. Изменение температуры внутри телятника в диапазоне $17... -2^{\circ}\text{C}$ не оказывает существенного влияния на температуры $t_{вх}$ и $t_{вых}$, так как процесс самонагрева навозной массы продолжается в минусовой температуре окружающей среды.

5.4П. Расчет теплопроизводительности и тепловой мощности биотермической установки

а) Расчет теплопроизводительности биотермической установки

Расчетная формула:

$$Q_{\bar{o}.y.} = \frac{G_{\bar{o}.y.} \cdot C}{A_{\bar{o}}} (t_{вых} - t_{вх}) \cdot 24 T_H, \quad (11П)$$

Исходные данные для расчета:

$$Q_{\bar{o}.y.} = 4,6 \frac{\text{кВт}}{\text{ч}}; \quad C = 4,19 \text{кДж/кг} \cdot ^{\circ}\text{C}; \quad A_{\bar{o}} = 0,5 \text{м}^3$$

Таблица 13П – Значения температур $t_{вх}$, $t_{вых}$ и продолжительность самонагрева навозной массы T_n ($24 \cdot T_n$ – сутки)

| Сутки, T_n | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $t_{вых}$, °C | 52,6 | 53,7 | 55,0 | 56,0 | 55,6 | 56,3 | 56,7 | 54,0 |
| $t_{вх}$, °C | 43,9 | 43,9 | 44,3 | 44,5 | 44,8 | 45,5 | 45,3 | 41,6 |

Результаты расчета:

$$1. Q_{б.у.} = \frac{4,6 \cdot 4,19}{0,5(1000)_{кг}} (52,6 - 43,9) \cdot 24 \cdot 5 = 40,24 \text{ (кДж/кг)};$$

$$2. Q_{б.у.} = \frac{4,6 \cdot 4,19}{0,5(1000)_{кг}} (53,7 - 43,9) \cdot 24 \cdot 5 = 45,24 \text{ (кДж/кг)};$$

$$3. Q_{б.у.} = \frac{4,6 \cdot 4,19}{0,5(1000)_{кг}} (55,0 - 44,3) \cdot 24 \cdot 5 = 49,43 \text{ (кДж/кг)};$$

$$4. Q_{б.у.} = \frac{4,6 \cdot 4,19}{0,5(1000)_{кг}} (56,0 - 44,5) \cdot 24 \cdot 5 = 53,13 \text{ (кДж/кг)};$$

$$5. Q_{б.у.} = \frac{4,6 \cdot 4,19}{0,5(1000)_{кг}} (55,6 - 44,1) \cdot 24 \cdot 5 = 53,13 \text{ (кДж/кг)};$$

$$6. Q_{б.у.} = \frac{4,6 \cdot 4,19}{0,5(1000)_{кг}} (56,3 - 45,5) \cdot 24 \cdot 5 = 49,89 \text{ (кДж/кг)};$$

$$7. Q_{б.у.} = \frac{4,6 \cdot 4,19}{0,5(1000)_{кг}} (56,7 - 45,3) \cdot 24 \cdot 5 = 52,67 \text{ (кДж/кг)};$$

$$8. Q_{б.у.} = \frac{4,6 \cdot 4,19}{0,5(1000)_{кг}} (54,0 - 43,6) \cdot 24 \cdot 5 = 48,1 \text{ (кДж/кг)};$$

б) Расчет тепловой мощности биотермической установки

Расчетная формула:

$$P_{б.у.} = \frac{(C_n \cdot G_n)(t_{вых} \cdot t_{вх})}{24 \cdot T_n} \quad (12П)$$

Исходные данные для расчета:

$$C_n = 4,06 \frac{кДж}{кг} \cdot ^\circ C \quad G_n = 3050 \text{ кг}; \quad t_{вых}, t_{вх}, uT_n \text{ (таблица 13П)}$$

Результаты расчета:

$$1. P_{б.у.} = \frac{(4,6 \cdot 3050)(52,6 - 43,9)}{24 \cdot 5} \left(\frac{1000}{3600} \right) = 248,7 \text{ Вт};$$

$$2. P_{б.у.} = \frac{(4,6 \cdot 3050)(53,7 - 43,9)}{24 \cdot 5} \left(\frac{1000}{3600} \right) = 280,1 \text{ Вт};$$

$$3. P_{\bar{o}.y.} = \frac{(4,6 \cdot 3050)(55,0 - 44,3)}{24 \cdot 5} \left(\frac{1000}{3600} \right) = 305,8 \text{ Bm};$$

$$4. P_{\bar{o}.y.} = \frac{(4,6 \cdot 3050)(56,0 - 44,5)}{24 \cdot 5} \left(\frac{1000}{3600} \right) = 300,1 \text{ Bm};$$

$$5. P_{\bar{o}.y.} = \frac{(4,6 \cdot 3050)(55,6 - 44,1)}{24 \cdot 5} \left(\frac{1000}{3600} \right) = 328,7 \text{ Bm};$$

$$6. P_{\bar{o}.y.} = \frac{(4,6 \cdot 3050)(56,3 - 45,5)}{24 \cdot 5} \left(\frac{1000}{3600} \right) = 307,7 \text{ Bm};$$

$$7. P_{\bar{o}.y.} = \frac{(4,6 \cdot 3050)(56,7 - 45,3)}{24 \cdot 5} \left(\frac{1000}{3600} \right) = 325,8 \text{ Bm};$$

$$8. P_{\bar{o}.y.} = \frac{(4,6 \cdot 3050)(54,0 - 43,6)}{24 \cdot 5} \left(\frac{1000}{3600} \right) = 297,2 \text{ Bm};$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Расчет количества тепла необходимого обогрева пола телятника площадью 1 м^2 в зависимости от температуры окружающей среды $Q_n = f(t_{\text{окр}})$.

Расчетная формула:

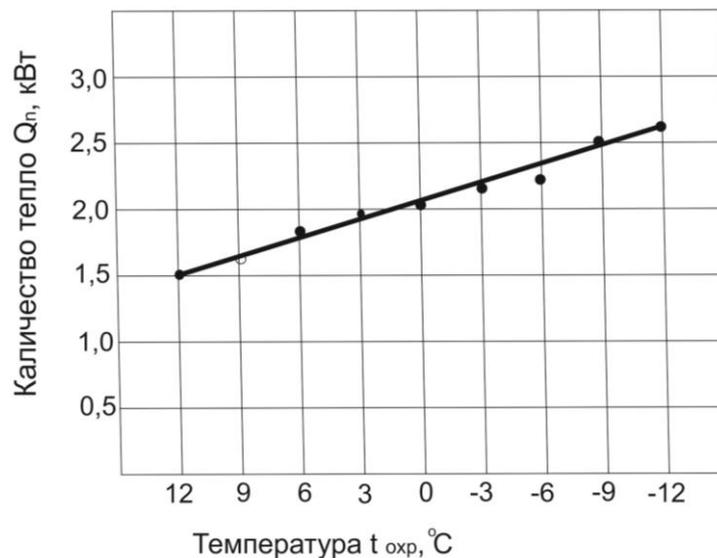
$$Q_n = K \cdot F_n (t_{\text{б.а.}}^{\text{ср}} + t_{\text{окр}}^{\text{ср}}),$$

Исходные данные: $K=45,87 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$; $F_n = 1\text{ м}^2$; $t_{\text{б.а.}}^{\text{ср}} = 45\text{°C}$.

Таблица 14П - Результаты расчета зависимости $Q_n = f(t_{\text{окр}})$

| | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $Q_n, \text{ кВт}$ | 1,5 | 1,6 | 1,8 | 1,9 | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,5 | 2,6 |
| $t_{\text{окр}}, \text{°C}$ | 12 | 9 | 6 | 3 | 0 | -3 | -6 | -9 | -12 |

Графическая интерпретация зависимости $Q_n = f(t_{\text{окр}})$



Диапазон изменения количества тепла Q_n необходимого для обогрева пола телятника площадью 1 м^2 составляет от 1,5 до 2,6 кВт, что соответствует к снижению температуры окружающей среды $t_{\text{окр}}$ от 12°C до -12°C .