

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра Электроснабжение промышленных предприятий

«Допущен к защите»
Заведующий кафедрой ЭПП
Бакенов К.А., к.т.н., доцент
(Ф.И.О., ученая степень, звание)
_____ « ____ » _____ 2014 г.
(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Комплект оборудования для горячего водоснабжения и отопления молочного блока коровника

Специальность 5В081200 – Энергообеспечение сельского хозяйства

Выполнил (а) Берікмолда А.А., ЭСХ – 10 – 01
(Фамилия и инициалы) группа

Научный руководитель Барков В. И., д.т.н.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Консультанты:

по экономической части: Парамонов С.Г., к.э.н., доцент
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

СГ « 10 » _____ 2014 г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:

Мананбаева С.Е., старший преподаватель
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

СЕ « 5 » _____ 2014 г.
(подпись)

Нормоконтролер: Мустагулова Б. Ж., ассистент
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

БЖ « 10 » _____ 2014 г.
(подпись)

Рецензент: Алибек Н.Б., доктор PhD кафедры «Энергосбережение и автоматика» КазАУ
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

_____ « ____ » _____ 2014 г.
(подпись)

Алматы 2014

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Факультет Электроэнергетический
Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий
Специальность 5В081200 – Энергообеспечение сельского хозяйства

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

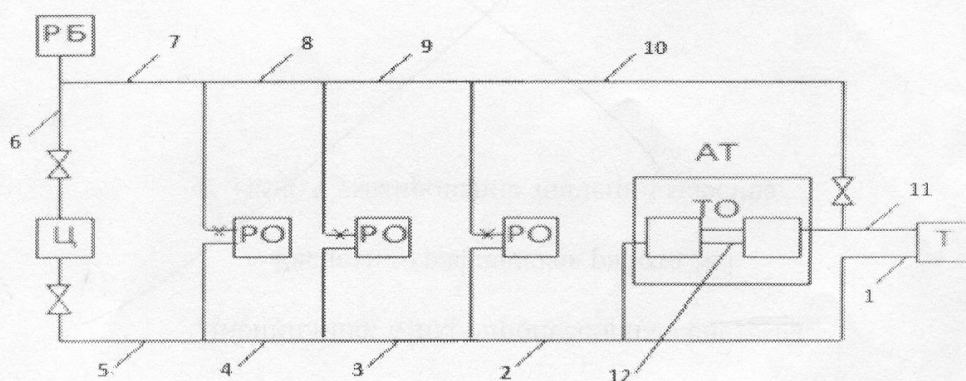
Студент Берікмолда Аслан Алтынбекулы
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта Комплект оборудования для горячего водоснабжения и отопления молочного блока коровника

утверждена приказом ректора № _____ от «_____» _____ 2013__г.

Срок сдачи законченного проекта «_____» _____ 201__г.

Исходные данные к проекту требуемые параметры результатов проектирования и исходные данные объекта:



На участке 2 отвод под 90° ; $d = 20$ мм; $\epsilon = 1$; два тройника на проход теплоносителя $\xi = 2$, $\Sigma\xi = 3$;

На участке 3, тройник на противотоке $\xi = 3$, $\Sigma\xi = 3$;

На участке 4, тройник на противотоке $\xi = 3$, $\Sigma\xi = 3$;

На участке 5, тройник на поворот теплоносителя $\xi = 1,5$, отвод под 90° ; $d = 20$ мм, $\xi = 1$, запорная арматура $\xi = 0,5$. половина водонагревателя (сопротивление на вход теплоносителя) $\xi = 1,25$, $\Sigma\xi = 4,25$;

На участке 6 половина котла (сопротивление на выход) $\xi = 1,25$, отвод под 90° ; $d = 20$ мм, $\xi = 1$, задвижка $\xi = 0,5$, тройник на противоток $\xi = 3$, $\Sigma\xi = 5,75$.

- На участке 7 тройник на повороте $\xi = 3, \Sigma\xi = 3$.
- На участке 8 тройник на повороте $\xi = 3, \Sigma\xi = 3$.
- На участке 9 тройник на повороте $\xi = 3, \Sigma\xi = 3$.
- На участке 10 тройник на повороте $\xi = 3$ и четыре поворота под углом 90° ; $\xi = 4, \Sigma\xi = 7$.
- На участке 11 тройник на повороте $\xi = 1,5$, кран двойной регулировки $d = 15$ мм, $\xi = 4$, половина радиатора (имеется в виду вход в нагревательный прибор) $\xi = 1, \Sigma\xi = 6,5$.

Перечень вопросов, подлежащих разработке в дипломной работе, или краткое содержание дипломного проекта:

- 1) Расход теплоносителя на расчетных участках системы
- 2) Скорость движения в трубопроводах
- 3) Удельные потери на трение
- 4) Общая потеря давления в трубопроводах
- 5) Потери давления в местных сопротивлениях



Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

- 1) 5B081200.14.ЭЭ.20.Э3 – Схема молочного блока, системы горячего водоснабжения и отопления;
- 2) 5B081200.14.ЭЭ.20.Э3 – ЭВН-16 с многоэлементными электродами, по поперечной схеме;
- 3) 5B081200.14.ЭЭ.20.Э2 – Расчетная схема водяной двухтрубной системы отопления;
- 4) 5B081200.14.ЭЭ.20.Э3 – Конструкция бойлера – теплоаккумулятора

Рекомендуемая основная литература:

1. Пырков В. В. Гидравлическое регулирование систем отопления и охлаждения. Теория и практика, 2005. – 302 с.
2. Кешуов С.А., Алдибеков И.Т., Барков В.И. Ресурсосберегающие системы и установки электрообеспечения в малом молочном животноводстве. Монография. – Алматы: ТОО «Нур – ДиАс» 2012. – 320 с.

Консультации по проекту с указанием относящихся к ним разделов

| Раздел | Консультант | Сроки | Подпись |
|--------------------------------|--|---------------|---|
| Основной | Барков В. И., д.т.н. | | |
| Экономической части | Парамонов С.Г., к.э.н., доцент | 10.06.14 |  |
| Безопасности жизнедеятельности | Мананбаева С.Е., старший преподаватель | 28.03 3.06 |  |

**График
подготовки дипломного проекта**

| № п/п | Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов | Сроки представления руководителю | Примечание |
|-------|--|----------------------------------|---|
| 1 | Разработка конструктивной схемы теплоснабжения | 10.02 – 25.02 | |
| 2 | Расчет ЭВН с коаксиальными электродами | 28.02 – 15.03 | |
| 3 | Расчет сопротивлений выносу потенциала | 16.03 – 29.04 | |
| 4 | Расчет аккумулятора теплоты для системы горячего водоснабжения молочного блока | 02.04 – 10.04 | |
| 5 | Расчет системы отопления помещений молочного блока | 11.04 – 20.04 | |
| 6 | Расчет режимов работы системы горячего водоснабжения | 22.04 – 03.05 | |
| 7 | Теплогидравлический расчет двухтрубной системы отопления | 04.05 – 19.05 | |
| 8 | Экономическая часть | 04.05 – 09.06 |  |
| 9 | Безопасность жизнедеятельности | 10.04 – 05.06 |  |

Дата выдачи задания « 1 » Октября 2013 г.

Заведующий кафедрой _____ Бакенов К.А.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Научный руководитель _____ Барков В.И.
Проекта (подпись) (Фамилия и инициалы)

Задание принял к _____ Берікмолда А.А.
исполнению студент (подпись) (Фамилия и инициалы)

Аннотация

В данном дипломном проекте был выбрано комплектное оборудование для горячего водоснабжения и отопления молочного блока коровника.

Произведены расчеты для разработки конструктивной схемы теплоснабжения. Расчетным путем определены параметры следующего оборудования: теплового модуля мощностью 16 кВт, аккумулятора теплоты и системы отопления молочного блока. Составлена технологическая схема утилизации теплоты за счет использования теплоты молока и теплоты отработанной горячей воды.

Также рассмотрены вопросы экономики и безопасности жизнедеятельности.

Андатпа

Бұл дипломдық жобада сиыр қораның сүт шығырынын ыстық сумен және жылумен жүйесімен қамтасыз ету үшін жабдық жиытығы таңдап алынған.

Жылумен жабдықтаудың конструктивтік сұлбасын әзірлеу үшін есептеулер жасалынған. Есептік жолмен 16 кВт жылу модульдің, жылулықтың шоғырлағышының және сүт шығырының жылу жүйесінің параметрлері анықталған болатын.

Сонымен қатар, экономика мен өміртіршілік қауіпсіздігі мәселелері қарастырылған.

Annotation

In this diploma project was selected for the water heater electrode system cowshed dairy unit.

Calculations are made for the development of a constructive scheme of heat supply. Calculated by the parameters of the heater 16 kW, options and parameters of the heat accumulator heating dairy unit. Compiled flowsheet heat recovery through the use of milk and heat waste heat hot water.

Moreover, consideration is given to aspects of economic research and safety at work places.

Содержание

| | | |
|-----|--|----|
| | Перечень сокращений и обозначений | 6 |
| | Введение | 7 |
| 1 | Состояние теплоснабжения в молочном животноводстве | 8 |
| 1.1 | Обзор систем электротеплоснабжения | 11 |
| 2 | Разработка конструктивной схемы теплоснабжения | 16 |
| 2.1 | Конструкция комплект оборудования горячего водоснабжения | 19 |
| 2.2 | Расчет ЭВН с коаксиальными электродами | 24 |
| 2.3 | Описание конструкции ТМ – 16 | 28 |
| 2.4 | Расчет сопротивлений выносу потенциала | 31 |
| 2.5 | Расчет аккумулятора теплоты для системы горячего водоснабжения молочного блока | 40 |
| 2.6 | Расчет системы отопления помещений молочного блока | 45 |
| 2.7 | Разработка энергосберегающей технологии электротеплоснабжения молочного блока | 47 |
| 3 | Расчет режимов работы системы горячего водоснабжения | 51 |
| 4 | Теплогидравлический расчет двухтрубной системы отопления | 54 |
| 5 | Экономическая часть | 57 |
| 5.1 | Расчет потребности фермы в тепловой энергии | 57 |
| 5.2 | Расход электроэнергии на силовые стационарные процессы животноводческой фермы | 61 |
| 5.3 | Построение графиков энергопотребления фермы | 63 |
| 5.4 | Расчет себестоимости отпуска | 65 |
| 6 | Безопасность жизнедеятельности | 69 |
| 6.1 | Анализ условий труда для персонала в помещении автоматического управления | 69 |
| 6.2 | Расчет искусственного освещения | 69 |
| 6.3 | Расчет естественного освещения | 72 |
| 6.4 | Расчет вентиляции коровника | 73 |
| | Заключение | 81 |
| | Список литературы | 82 |
| | Приложение А Построение графиков | 84 |

Перечень сокращений и обозначений

АТ – теплоаккумулятор;
ВНИИЭТО – Всероссийский научно-исследовательский институт электротермического оборудования;
ДГП ЦелинНИИМЭСХ – дочернее государственное предприятие Целиноградский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, нынешний КазНИИМЭСХ;
КОГВ – комплект оборудования горячего водоснабжения;
КПД – коэффициент полезного действия;
КНИИЭ – Казахский научно-исследовательский институт энергетики;
МТФ – молочно-товарная ферма;
Н – циркуляционный насос;
СЭТ – децентрализованная система электротеплообеспечения;
ТЭР – топливно-энергетические ресурсы;
ТО – теплообменник;
ТОУ – теплообменник-утилизатор;
ТТ – технологический трубопровод.

Введение

В послании Президента Республики «Казахстан 2030» указывается, что в числе одного из приоритетных направлений развития рыночной экономики является интенсификация сельского хозяйства [1]. Стратегия развития энергетики АПК ставит важную проблему снижения энергоемкости производства продукции молочного животноводства. Для этого, в частности, необходимо решить ряд научно-технических задач по техническому переоснащению систем электротеплообеспечения МТФ на базе нового конкурентоспособного теплогенерирующего электрооборудования.

В технологических процессах сельскохозяйственного производства, особенно животноводства, большая роль отводится тепловой энергии. Потребление тепла в них составляет до 70% от общего потребления энергии в животноводстве. Специфика АПК, благодаря локальному, компактному расположению технологического оборудования, низкой плотности нагрузок и невысокому годовому числу часов использования техники, способствует дальнейшему расширению масштабов и областей применения теплогенерирующих установок. Поэтому повышение их эффективности рассматривается как важный фактор повышения эффективности всей отрасли.

Задачи конструирования и оптимизации решались с использованием частных критериев эффективности, что позволяло найти только какую-либо допустимую систему теплообеспечения, удовлетворяющую совокупности исходных данных и ограничений, зачастую весьма далекую от оптимальной. Особенно ярко это отразилось на технических решениях генераторов теплоты для этих систем, что привело к снижению их к.п.д., эксплуатационной надежности и срока службы. В частности, многие типы электродных водонагревателей для систем электротеплообеспечения, разработанные в 70-е годы XX века, продолжают выпускаться без модернизации с устаревшими конструкциями электродных систем, в которых возникает неравномерное распределение плотности тока, и неэффективными способами защиты от выноса потенциала на технологическое оборудование, что, в итоге, снижает их конкурентоспособность на рынке теплового оборудования.

Взросшие требования к теплогенерирующему оборудованию, сложность и многообразие технологических процессов, систем и технических средств потребовали создания единого методического подхода при построении систем электротеплообеспечения.

Поэтому научные исследования, направленные на разработку методологической базы синтеза оптимальных систем электротеплообеспечения, обеспечивающих повышение энергетических и эксплуатационных характеристик технологических линий по производству молока актуальны и имеют важное народнохозяйственное значение.

1 Состояние теплоснабжения в молочном животноводстве

В Казахстане структура потребления энергоресурсов на цели теплообеспечения характеризуется широким использованием твердого топлива (48,5%) и электроэнергии (41,3%) показано в таблице 1.

Таблица 1 – Структура расходуемых на производственные нужды топливно-энергетических ресурсов в сельском хозяйстве республики

| Наименование | Ед. изм. | Величина | |
|-----------------------------|-------------|-----------|----------|
| | | 2009 год | 2011 год |
| Электроэнергия | тыс. кВт·ч | 436739,5 | 607485,5 |
| Теплоэнергия | тыс. Гкал | 2780637,2 | 036687,8 |
| Уголь каменный | т | 398270 | 398679 |
| Лигнит (бурый уголь) | т | 1271 | 624 |
| Природный газ | тыс. куб.м | 13442,1 | 12651,9 |
| Нефтяной газ попутный | тыс. куб.м | 415 | 1721 |
| Опилки и отходы древесные | т | 172 | 552 |
| Бензин авиационный | т | 130 | 154 |
| Бензин моторный | т | 61093 | 55837 |
| Керосин | т | 1824 | 2412 |
| Газойли (топливо дизельное) | т | 435698 | 462209 |
| Мазут топочный | т | 382 | 1989 |
| Топливо древесное | куб.м. плот | 17005 | 10944 |
| Топливо печное бытовое | т | 379 | 1885 |
| Пропан и бутан сжиженные | т | 3259 | 7001 |
| Битумы нефтяной и сланцевый | т | 94 | 13 |

Количественные и качественные изменения в ведении сельхозпроизводства определенно коррелируются с уровнем потребления электроэнергии на производственные нужды от централизованных источников, который составлял в 2002 г – 668,9 млн. кВт·ч, в 2004 г – 705 млн. кВт·ч, в 2006 г – 876,5 млн. кВт·ч, 2009 г – 436,7 млн. кВт ч, 2011 г – 607,4 млн. кВт·ч, 2012 г - 695 млн. кВт·ч. Потребление электроэнергии возросло на 28%.

Определение общих потребностей сельского хозяйства в различных видах энергии дает возможность выбора рациональных путей энергоснабжения. До недавнего времени проблема энергоснабжения сельского хозяйства рассматривалась и решалась отдельно для каждого вида энергоносителей. Особенно ярко это проявлялось при решении вопросов теплоснабжения при взаимозаменяемости различных ТЭР – электроэнергии, угля, жидкого топлива и газа. Проведенные в КазНИИЭ расчеты для условий южной зоны Казахстана показали, что удельные приведенные затраты на

получение единицы тепловой энергии в зависимости от вида энергоносителей, масштабов потребления и способа теплоснабжения, изменяются в широких пределах: от 11 до 18 р/ГДж или в 1,6 раза.

При использовании твердого топлива в системах теплоснабжения от котельных, производительностью 0,4...8 ГДж/ч, удельные стоимостные показатели в зависимости от годового числа часов использования установленной мощности котельных и расстояния перевозки топлива, колеблются в пределах от 11 до 17 р/ГДж, т.е. в 1,5 раза.

При покрытии потребности в теплоте на базе природного газа, удельные показатели зависят от удаленности объектов от магистрального газопровода и объемов расхода газа и составили 6,7...24 р/ГДж.

Зависимости удельных приведенных затрат в систему теплоснабжения от дальности транспортировки при использовании угля, природного газа и электроэнергии показаны на рисунке 1.

На рисунке 1 показаны:

1; 2; 3 – центральная котельная на твердом топливе с производительностью, соответственно, 4,5...8; 2...3 и 0,5...1 ГДж/ч;

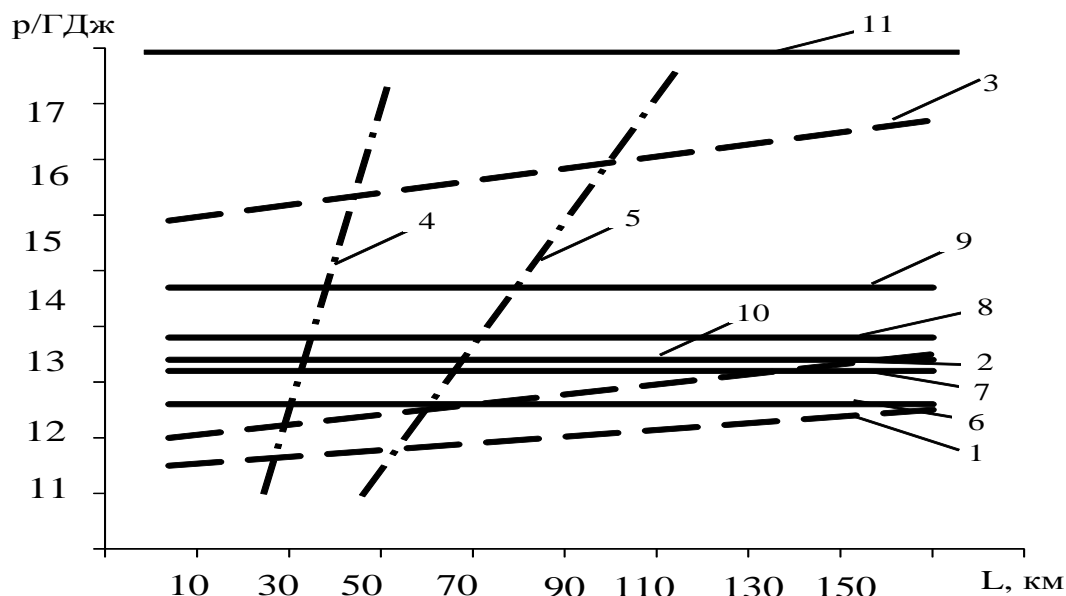
4; 5 – котельная на природном газе с расходом, соответственно, 1,3 и 2,3 млн.м³;

6 – внепиковое электротеплоснабжение;

7; 8 – комбинированное ЭТС при отопительно-вентиляционной нагрузке, соответственно, менее и более 50% от объема теплоснабжения;

9 – базисное ЭТС (автономные установки);

10 – внепиковое ЭТС (электрокотельная с аккумуляцией); 11 – базисное ЭТС (электрокотельная).



При использовании твердого топлива (1,2,3); природного газа (4,5) и электроэнергии (6-11).

Рисунок 1 – Удельные приведенные затраты в системы теплоснабжения для южной зоны Казахстана

Эффективность электротеплоснабжения зависит от типа системы (электрокотельная или автономная система), объема теплоснабжения и максимума тепловой нагрузки, от специализации животноводческих ферм, от производительности теплогенерирующего оборудования, коэффициента его загрузки и от степени использования базисной и внепиковой электроэнергии.

При базисном ЭТС в случае установки у потребителя автономного электротеплового оборудования (линия 9) или центральной электрокотельной (линия 11) по сравнению с теплоснабжением от котельных на твердом топливе (линии 1 и 2) при максимальном часовом расходе теплоты 3,2...8 ГДж/ч видно, что в варианте ЭТС удельные затраты на единицу топлива выше на 25...12% при автономном оборудовании, а при электрокотельной – на 50...30%.

Вариант внепикового ЭТС (линия 6) для небольших животноводческих ферм с нагрузкой 0,6-1,2 ГДж/ч уже не уступает по экономичности котельным на твердом топливе (линии 1 и 1), а при дальности транспортировки более 80 км становится более эффективным.

На крупных животноводческих комплексах используется комбинированное ЭТС, при котором для покрытия отопительно-вентиляционной нагрузки применяют базисное ЭТС, а для технологических процессов – внепиковое ЭТС (линии 7 и 8). В случае преобладающего удельного веса отопительно-вентиляционной нагрузки (линия 8) комбинированное ЭТС уступает котельным на твердом топливе (линии 1 и 2), а при удельном весе менее 50% от объема теплоснабжения – опережает (линия 7).

Для ферм с максимальным расходом теплоты менее 2 ГДж/ч эффективно как автономное базисное ЭТС (линия 9), так и внепиковое ЭТС (линии 6 и 10 – котельные с аккумуляцией) по сравнению с центральной системой (линия 3).

Как показывает анализ данных на рисунке 1.1 внепиковое ЭТС наиболее эффективно в большинстве случаев, уступая только варианту с природным газом при расстоянии от магистрального газопровода не более 20...30 км.

Исследования КазНИИЭ определили возможности отпуска внепиковой электроэнергии энергосистемами республики для нужд сельского хозяйства в объеме до 3000 млн. кВт·ч за счет ночного «провала» графиков нагрузок [2].

Анализ статистических данных за 2004 год позволил определить структуру крестьянских (фермерских) хозяйств по наличию КРС: до 10 голов – 6508; до 50 голов – 6193; до 100 голов – 990; до 300 голов – 385; до 500 голов – 6193; до 1000 голов – 23 и свыше 1000 голов – 14.

В ДГП «ЦелинНИИМЭСХ» обоснованы оптимальные технические типоразмеры молочных хозяйств: 10; 25; 50 и 400 голов. В основу разработок положены соотношения между поголовьем скота, производительностью труда и эксплуатационными затратами при использовании вариантов с ручным трудом.

1.1 Обзор систем электротеплоснабжения

Вода, благодаря своим термодинамическим характеристикам, широко применяется в технологических процессах на животноводческих фермах в качестве технологической массы (кормоприготовление, поение, санобработка инвентаря, помещений и животных, на бытовые и гигиенические нужды персонала), в качестве теплоносителя (системы горячего водоснабжения и отопления) и в качестве аккумулятора тепловой энергии.

В зависимости от степени концентрации теплогенерирующего оборудования применяются следующие варианты автономных систем электротеплоснабжения (СЭТ):

1) СЭТ для крупных объектов (ферма, комплекс) – комплектная электростанция с аккумулярованием теплоты и транспортированием горячей воды по трубопроводам к объектам фермы и далее к технологическому оборудованию;

2) СЭТ для отдельных зданий, объектов - электродные водонагреватели с аккумуляторами теплоты и подачей горячей воды к технологическому оборудованию по внутренним тепловым сетям;

3) СЭТ для отдельных помещений, тепловых технологических процессов, оборудования или точек разбора – это специализированные электротепловые установки для нагрева воды и воздуха, получения пара и отопления.

Для создания СЭТ для крупных объектов широко применялись электростанции на базе электростанций ЭПЗ-100 и КЭВ-175. Завод СТЭМИ Братскгэстроя выпускал комплектные электростанции с низковольтными котлами КЭВ-63 [3]. Она состоит из двух электростанций мощностью 63 кВт, максимальная и минимальная теплопроизводительность – 108000 и 27000 ккал/ч, температура теплоносителя – 70...95°C (для отопления) и 60...75°C (для горячего водоснабжения), масса – 900 кг, удельное сопротивление воды 1...170 Ом.м. Кроме того, котельная оборудована двумя циркуляционными системами 1,5 К-6, шкафом управления и автоматики, системой трубопроводов. Исследования электростанций для животноводческих ферм, проведенные во ВНИИМЖ, показали, что по сравнению с топливными котельными они имеют высокую надежность и безопасность, работают в автоматическом режиме, значительно снижаются затраты труда на обслуживание (с 4,1 чел-смен в сутки до 0,1 чел.-смены в сутки).

Электробезопасность обеспечивается при наличии нулевого провода во всех неполнофазных режимах. При обрыве нулевого провода и при отсутствии напряжения в одной или двух фазах на корпусе котла возникает напряжение 40...80 В.

Для электростанций заводом СТЭМИ (Россия) созданы электродные водогрейные котлы КЭВ, которые выпускаются унифицированной серией мощностью 40, 63, 100, 160, 250 и 400 кВт [8]. АО «Станкоремонтный завод

Принципиальная схема СЭТ для отдельных зданий на базе электродных водонагревателей (ЭВН) с теплоаккумуляторами показана на рисунке 1.2.

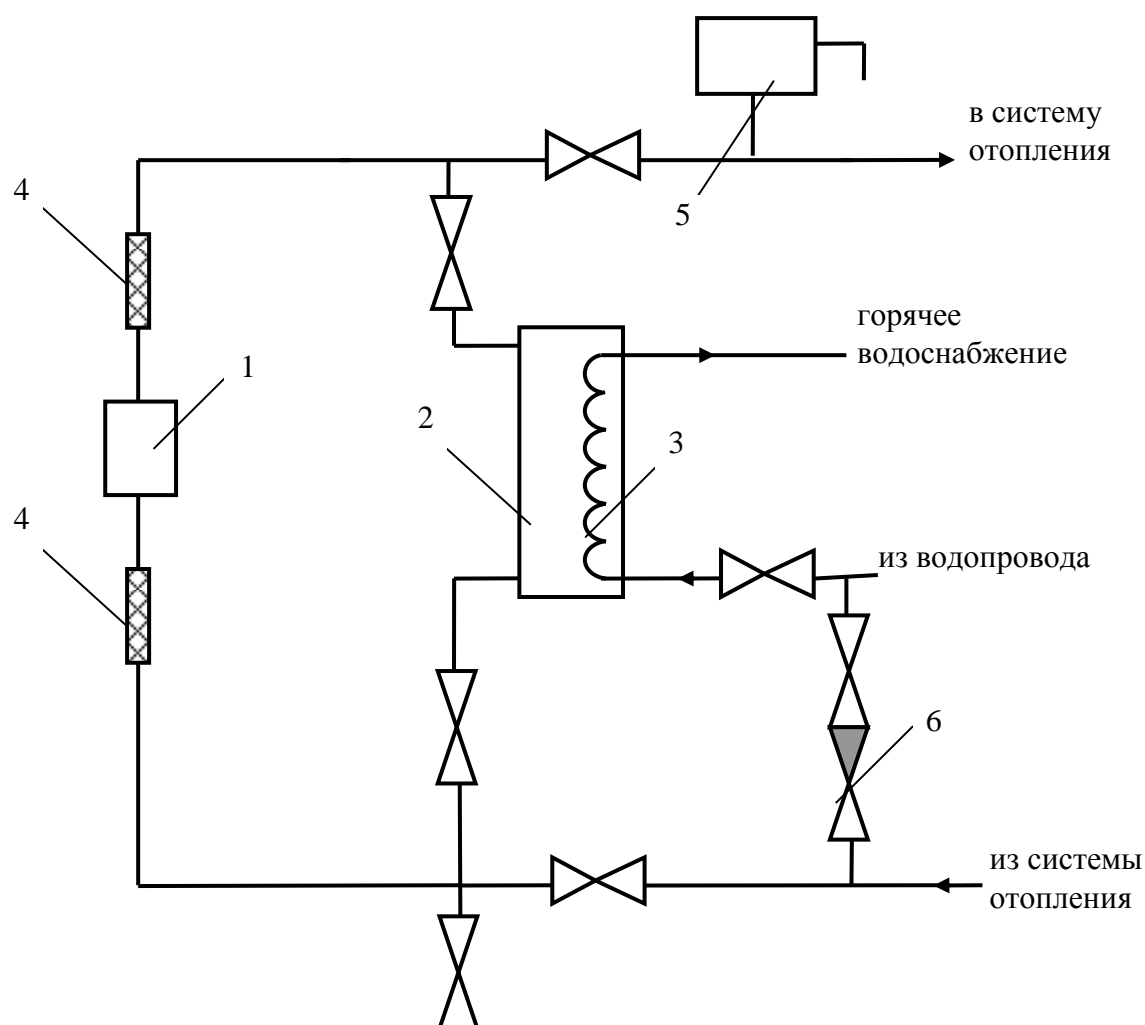


Рисунок 1.2 – Принципиальная схема СЭТ для отдельных зданий на базе электродных котлов с теплоаккумулятором

Они состоят из ЭВН мощностью 25 или 63 кВт, теплоаккумуляторов вместимостью 1 или 2,5 м³ для горячего водоснабжения, шкафа управления и автоматики, системы трубопроводов для подключения к системе отопления здания, реле времени для использования внепиковой электроэнергии. Для СЭТ в НПО «Казсельхозмеханизация» разработаны электродные водонагреватели ЭВН-6/9; ЭВН-16; ЭВН-25 и ЭВН-60 [5].

На рисунке 1.2 показаны:

- 1 – электродный котел;
- 2 – теплоаккумулятор;
- 3 – теплообменник;
- 4 – изолирующие вставки;
- 5 – расширительный бак;

б – обратный клапан.

Принципиальные схемы СЭТ для отдельных помещений на базе проточных или аккумуляционных электроводонагревателей показаны на рисунке 1.3.

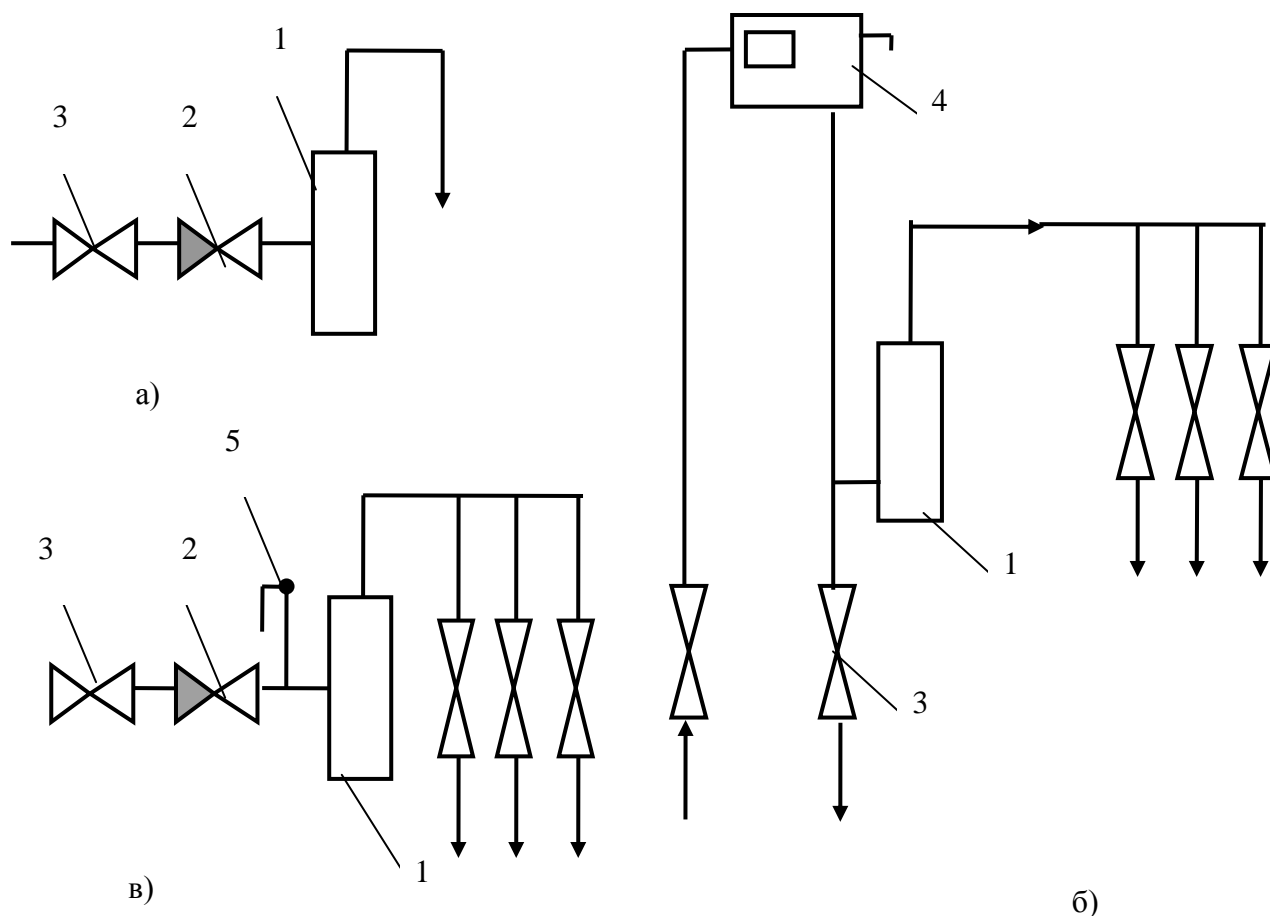


Рисунок 1.3 – Принципиальная схема СЭТ для отдельных помещений или процессов

На рисунке 1.3 показаны:

а – разбор в одной точке;

б, в – разбор в нескольких точках без давления и с давлением;

1 – электроркотел;

2 – обратный клапан;

3 – вентиль;

4 – расширительный бак с клапаном и переливом;

5 – предохранительный клапан.

Для этих систем применяются элементные электроводонагреватели типов УАП; САОС; САЗС; ВЭТ (Россия) или проточные типа АИ-03 (Россия), ЭВ-2/4 (Казахстан, КазНИИМЭСХ), ЭПЗ-3И1 (Россия). При разборе воды из одной точки используется схема на рисунке 1.3 а, а при разборе воды в

нескольких точках при атмосферном давлении рекомендуется схема с расширительным баком на рисунке 1.3 б, а при высоком давлении – схема на рисунке 1.3 в.

Элементные электроводонагреватели аккумуляционного типа серии ВЭТ и УАП выпускаются объединением «Татсельхозтехника» (Россия), вместимостью 400, 800 и 1600 литров горячей воды с температурой 90°C и мощностью 12, 16,5 и 30 кВт. МКБ «Радуга» (Россия) изготавливает электроводонагреватели серии ЭВАД на 100, 200 и 400 л с ТЭНами, мощностью 1,25 и 4,6 кВт.

Фирма «Келет» (Казахстан) разработала элементные водонагреватели мощностью от 3 до 96 кВт, в которых установлены ТЭНы российского производства номинальной мощностью 1,6-12 кВт.

Завод отопительного оборудования (Казахстан, г.Алматы) выпускает элементные водонагреватели «Алатау» мощностью от 3 до 27 кВт с ТЭНами типа «Аристон» производства Турции или Китая.

К недостаткам элементных водонагревателей можно отнести следующее:

- низкий срок службы – не более 2000 часов, что увеличивает затраты на замену и техническое обслуживание;

- допустимая удельная нагрузка – не более 10 Вт/см²;

- значительное снижение основных характеристик при образовании слоя накипи на поверхности: к.п.д. снижается с 88% до 82% при работе на мягкой воде и до 68% - на жесткой воде, коэффициент теплоотдачи снижается в течение 5-6 месяцев с 1 до 0,3 Вт/м² °С;

- появление опасных потенциалов на корпусе в случае пробоя изоляции.

2 Разработка конструктивной схемы теплоснабжения

Результаты расчета потребной мощности системы горячего водоснабжения, вместимости аккумулятора теплоты при частичном и полном (ночном) режиме зарядки для МТФ показаны в таблице 2.1.

Основной составляющей энергозатрат в ДМБ являются процессы горячего водоснабжения и отопления производственных помещений. Затраты на создание микроклимата целесообразны только на крупных фермах и комплексах.

Расход горячей воды и электроэнергии во многом зависит от типоразмера фермерского хозяйства и уровня механизации основных процессов (таблица 2.1) [3-6].

Расчеты показали, что расход горячей воды в сутки на 1 голову колеблется от 5...11 л в небольших хозяйствах до 17...21 л на фермах и комплексах КРС.

При внепиковом электротеплоснабжении вместимость теплоаккумулятора для ночной зарядки составляет 1950 л, при частичном аккумуляровании в ночные и дневные часы провала графика электрических нагрузок вместимость теплоаккумулятора для одного доения должна быть 650 л (0,65 м³). Суточный расход электроэнергии составляет 175,5 кВт·ч/сутки.

Таблица 2.1 – Суточный расход горячей воды и электрической энергии в тепловых процессах на МТФ с комплексной механизацией технологических процессов

| Технологический процесс (операция) | Суточный расход воды, л/гол. | Температура воды, °С | МТФ на 200 гол. с комплексной механизацией технологических процессов |
|---|------------------------------|----------------------|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Подмыв вымени | 3 | 40 | 300/150 |
| Мытье доильных ведер | 0,3 | 70 | - |
| Мытье фляг | 1,66 | 70 | 166 |
| Мытье контрольных фляг | 0,93 | 50 | 93/62 |
| Ополаскивание и промывка доильных аппаратов | 5,34 | 60 | 534/445 |
| Промывка молокопроводов | 4,4 | 80 | 440 |
| Промывка доильного оборудования труб молочной | 1,5 | 70 | 33 |
| Мытье молочных танков | 3 | 80 | 300 |
| Мытье пастеризатора | 0,5 | 80 | 50 |
| Мытье сепаратора | 0,2 | 80 | - |
| Промывка молочной автоцистерны | 0,55 | 70 | 55 |
| Всего на доение, л/сут. | - | 70 | 1971/1701 |

Продолжение таблицы 2.1

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|---|---|---------|
| Вместимость теплоаккумулятора при частичном аккумулировании | | | 500/250 |
| Вместимость теплоаккумулятора при ночной зарядке | | | 650 |
| Расход электроэнергии, кВт·ч/сутки | | | 1950 |
| Мощность ЭВН, кВт | | | 175,5 |
| * - в числителе расход горячей воды с заданной температурой; - в знаменателе – расход горячей воды с температурой 70 ⁰ . | | | |

АТ должен быть снабжен надежной теплоизоляцией для работы в режиме аккумулирования тепла. Теплоизоляция должна обеспечивать скорость естественного охлаждения воды в АТ не более 1°С в час.

Бойлер с температурой греющего теплоносителя (воды) на входе в теплообменник $t'_1 = 98 + 100^{\circ}\text{C}$, что дает возможность применять в качестве генератора тепловой энергии электродные водонагреватели, в нашем варианте – электродный водонагреватель.

Контуры греющего и нагреваемого теплоносителей разделены, что обеспечивает возможность получения питьевой воды во вторичном корпусе АТ. Теплообменник бойлера должен изготавливаться из стальных трубок, что делает его дешевым и технологичным в изготовлении. Разность температур между стенками трубок теплообменника и водой должна быть не менее 15°С, что обуславливает появление турбулентного движения, интенсифицирующего теплообмен.

Вода в АТ должна нагреваться до 65...70°С за время до 6 часов при работе ЭВН только на нагрев АТ и до 8 часов при работе ЭВН на АТ и систему отопления.

В целях унификации оборудования, приборов и материалов, следует принимать в системах отопления единый теплоноситель, в нашем случае – воду. Исходя из СНиП-36-73 для отопления, вентиляции, горячего водоснабжения и, если возможно, для технологических целей в качестве теплоносителя должна использоваться вода.

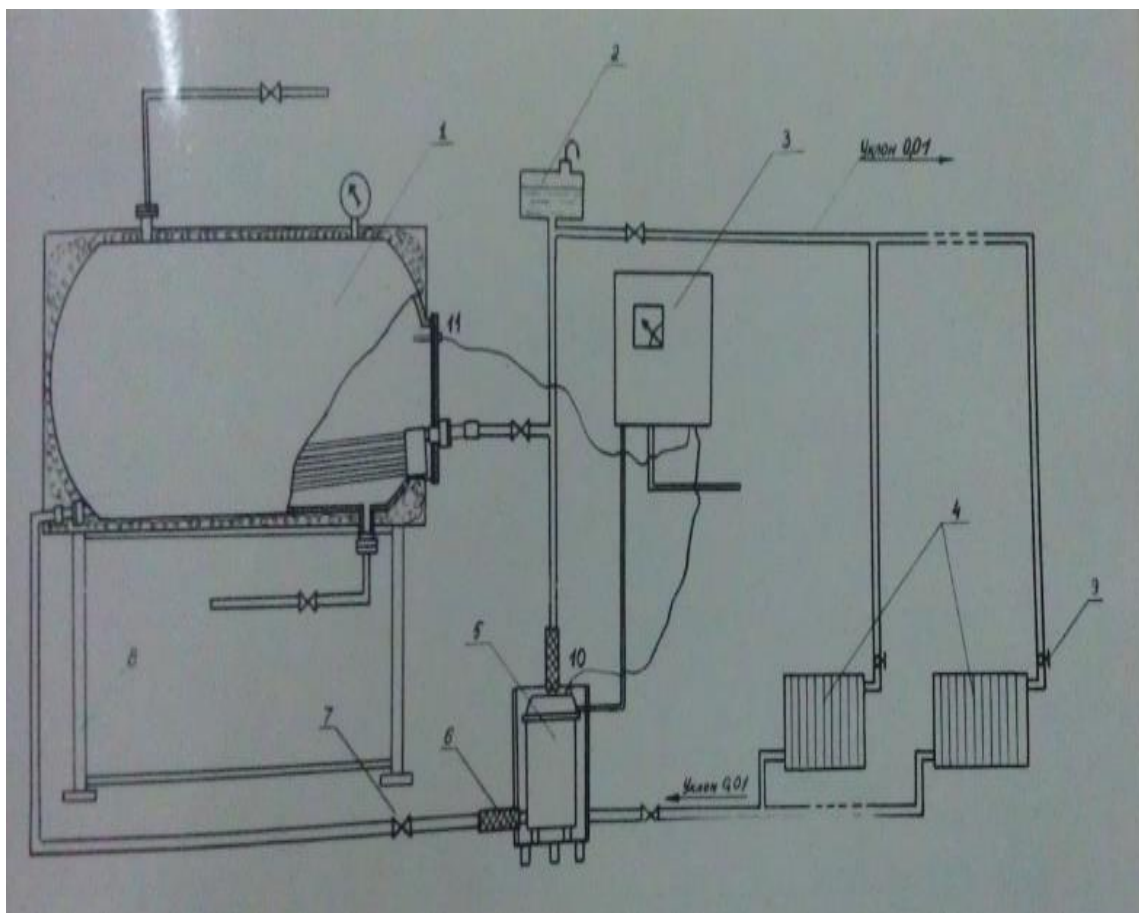
Вышесказанное позволяет обоснованно выбрать децентрализованную систему водяного отопления производственных помещений при температуре воды до 95°С и двухтрубную схему водяной системы отопления с принудительной циркуляцией и с верхней разводкой.

В системе отопления для создания принудительной циркуляции необходимо установить циркуляционный насос типа «GREENPRO RS25/4G».

Анализ конструкций и работы систем электротеплоснабжения позволил разработать следующую компоновочную схему комплекта оборудования – электродный водонагреватель ЭВН 2, аккумулятор теплоты АТ 1, система отопления помещений и шкаф управления 3, в котором предусмотрены зимний, летний, принудительный и свободный режимы работы (рисунок 2.1).

Анализ проектных данных показал, что объем помещений доильно-молочного блока не превышает 300 м³, следовательно, система отопления

должна обеспечивать обогрев помещений такого объема и поддержание к ним требуемых параметров микроклимата.



1 – бойлер - теплоаккумулятор; 2 – бак расширительный; 3 – шкаф управления и автоматики; 4 – радиаторы отопления; 5 – водонагреватель; 6 – изолирующая вставка; 7 – вентиль; 8 – подставка под бойлер; 9 – воздушный кран; 10, 11 – термосигнализаторы ТСМ-1 и ТСМ-2.

Рисунок 2.1 – Принципиальная схема системы теплоснабжения технологических процессов молочного блока

В системе отопления должна быть предусмотрена возможность подключения ее к ЭВН в зимний период и отключения в летний.

Общетехнические требования, предъявляемые к оборудованию: простота и надежность, полная автоматизация, дешевизна и экономичность, электробезопасность и пожаробезопасность, минимум тепловых потерь, высокий к.п.д., возможность ремонта в условиях хозяйств, необходимость аккумулирования тепла и использования внепиковой электроэнергии.

Техническая характеристика:

| | |
|---|-----------|
| Номинальная мощность теплового модуля ЭВН | 16 кВт |
| Номинальное напряжение | 380/220 В |
| Удельное сопротивление воды | 30 Ом·м |
| Рабочий объем аккумулятора теплоты | 1000 л. |

| | |
|---------------------------------|---------|
| Расчетное давление | 250 кПа |
| Температура воды в аккумуляторе | |
| начальная | 12±2°С |
| конечная | 70±2°С |
| Время нагрева воды до 70°С | 5 ч. |
| Суточная производительность | |
| свободный режим | 4000 л. |
| принудительный режим | 2000 л. |

2.1 Конструкция комплект оборудования горячего водоснабжения

На основе зоотехнических и технологических требований, результатов теоретических и экспериментальных исследований и расчетов разработано комплектное оборудование горячего водоснабжения.

В конструкции КОГВ предусмотрена возможность изменения основных параметров электродного водонагревателя бойлера – теплоаккумулятора и комплект оборудования в целом простота и удобность монтажа, а также места для установки датчиков контроля за исследуемыми параметрами.

Комплект оборудование состоит из электродного водонагревателя мощностью 16 кВт, бойлер – аккумулятора емкостью 1000 л и схема автоматического управления.

В таблице 2.2 показана техническая характеристика КОГВ – 1000/16.

Таблица 2.2 – Техническая характеристика КОГВ – 1000/16

| № п/п | Показатели | Ед. измерения | Значения |
|-------|--|----------------|------------|
| 1 | Мощность водонагревателя | кВт | 16 |
| 2 | Номинальное напряжение | кВ | 0,4 |
| 3 | Рабочий объем бойлера | л | 1000 |
| 4 | Поверхность теплообмена | м ² | 3,32 |
| 5 | Температура воды в бойлере | | |
| | начальная | К | 285 ±2 |
| | конечная | К | 343 ±2 |
| 6 | Температура греющей воды | К | 368 ±3 |
| 7 | Время нагрева воды до 343 К | Ч | не более 6 |
| 8 | Суточная производительность при свободном графике работы | л | до 4000 |
| 9 | Начальная скорость естественного охлаждения | К/ч | не более 1 |
| 10 | Объем обогреваемых помещений | м ³ | 300 |



Рисунок 2.2 – Комплект оборудования установленной в молочном блоке коровника на 100 голов

Способ регулирования мощности. В рассмотренных ЭВН регулирование мощности, как это отмечено выше, осуществляется в большинстве случаев за счет экранирования части площади активной поверхности электродов, что вызывает повышенный износ оставшейся части.

Гидравлический способ регулирования требует периодического закипания воды в межэлектродном пространстве для получения пара, который вытесняет воду из межэлектродного пространства – это вызывает интенсивное накипеобразование.

Электромеханический способ требует значительного свободного пространства для перемещения изоляционных экранов или пассивных электродов.

Тиристорный способ регулирования требует дорогостоящих схем управления, обслуживания специалистами высокой квалификации и, кроме того, вызывает появление высших гармоник в сети.

Рассмотрим эксплуатационные показатели работы ЭВН.

Равномерность распределения плотности тока. От нее зависит степень равномерности износа электродов и других элементов электродной системы. При параллельной схеме установки электродов возникает неравномерное температурное поле, которое обуславливает неравномерное распределение плотности тока по их высоте. Степень неравномерности пропорциональна перепаду температур, например, при перепаде 85°C плотность тока в верхней части электродов превышает в 3,8 раза ее значение в нижней части.

Для обеспечения допустимых значений напряженности электрического поля и плотности тока за основу принят опыт длительной эксплуатации ЭВН, согласно которому рекомендуется принимать $E_{дон} = 5 \dots 10 \cdot 10^4$ В/м, а $j_{дон} = 0,5 \dots 1 \cdot 10^4$ А/м². В условиях сельскохозяйственного производства для ограничения интенсивности накипеобразования на электродах из нержавеющей стали X18H10T оптимальный диапазон сужается: $j_{дон} = 0,15 \dots 0,35 \cdot 10^4$ А/м². Во ВНИИЭТО рекомендуют учитывать материал электродов: для стали X18H10T $j_{дон} = 0,25 \cdot 10^4$ А/м²; для стали 1X13 $j_{дон} = 0,7 \cdot 10^4$ А/м²; для стали 50 $j_{дон} = 1,0 \cdot 10^4$ А/м².

Работоспособность в широком диапазоне значений удельного сопротивления воды. Значение его для пресноводных источников изменяется в широких пределах: от 6 до 300 Ом·м. Установлено, что 54% сельских населенных пунктов РК имеют источники пресной воды с удельным сопротивлением от 6 до 50 Ом·м, остальные используют воду с высокой минерализацией с удельным сопротивлением меньше 6 Ом·м. Высокой степенью минерализации воды отличаются артезианские скважины в центральных, южных и западных областях, где удельное сопротивление изменяется от 6 до 20 Ом·м. Кроме того, наблюдаются сезонные колебания удельного сопротивления в 2...4 раза.

ЭВН при конструировании рассчитываются на номинальное значение удельного сопротивления, которое у большинства серийных установок равно 20 или 30 Ом·м. Отклонение его значений в сторону увеличения снижает мощность ЭВН ниже номинальной, а уменьшение приводит к тому, что ЭВН работает с перегрузкой, которая может превысить допустимые пределы и стать причиной выхода установки из строя. Для обеспечения номинального режима работы ЭВН должна периодически проводиться водоподготовка. Таким образом, при эксплуатации ЭВН необходимо постоянно контролировать удельное сопротивление воды и приводить его к номинальному значению.

Интенсивность накипеобразования. Это явление снижает производительность, требует дополнительных затрат на очистку и ремонт электродной системы.

Проведенные во ВНИИЭТО исследования химического состава отложений на электродах в течение 1000 ч показали, что преобладающим компонентом являются окислы железа (от 88 до 95% в пересчете на Fe_2O_3), содержание солей жесткости сравнительно невелико (от 0,3 до 2,5% в пересчете на CaO и MgO) [8]. Оценка влияния реагентов, используемых для водоподготовки, на интенсивность накипеобразования показала, что масса отложений при добавлении Na_2CO_3 составила 362 г, а при добавлении Na_2SO_4 возрастает в 1,9 раза – 693 г.

Скорость коррозии элементов электродной группы. Скорость коррозии сталей под действием переменного тока зависит от плотности тока,

температуры, значения рН среды, химического состава солей воды и марки стали.

В растворе в воде сильноокислых солей скорость коррозии, напротив, почти линейно возрастает с увеличением плотности тока, т.к. в катодный полупериод на электроде происходит разряд ионов водорода, а доля ионов металла незначительна.

Во ВНИИЭТО проведены исследования коррозионной стойкости в растворе хлористого натрия углеродистой стали 50, хромоникелевой нержавеющей стали X18H10T и хромистой стали 1X13 при изменении плотности тока от $0,5 \cdot 10^3$ до 10^3 А/м². Установлено, что скорость коррозии стали 50 имеет минимальное значение и находится в линейной зависимости от плотности тока и изменяется в пределах от 55 до 80 мг/см²·сут. Нержавеющая сталь 1X13 имеет начальную скорость коррозии 27 мг/см²·сут., т.е. в 2 раза ниже, чем сталь 50, но при плотностях тока около $6,5 \cdot 10^3$ А/м² они становятся равны, а с дальнейшим увеличением плотности тока резко возрастает до 160 мг/см²·сут.

Нержавеющая сталь X18H1T уже в области плотностей выше $2,5 \cdot 10^3$ А/м² утрачивает свои преимущества перед углеродистыми сталями, причем далее скорость коррозии резко возрастает и достигает 240 мг/см²·сут уже при плотности тока $4,5 \cdot 10^3$ А/м².

Таким образом, экспериментально доказано, что в качестве материала для электродной группы целесообразно применять углеродистые стали. Использование нержавеющей легированных сталей возможно при плотностях тока не более $2,5 \cdot 10^3$ А/м².

Важным фактором, влияющим на скорость коррозии электродов, является химический состав солей, используемых для регулирования удельного сопротивления воды.

Было исследовано влияние на коррозию электродов растворов Na_2SO_4 , $NaCl$, Na_3PO_4 и Na_2CO_3 с удельным сопротивлением 5 Ом·м при плотности тока в диапазоне от $0,5 \cdot 10^3$ до $7 \cdot 10^3$ А/м².

Установлено, что углеродистая сталь подвержена наибольшему коррозионному разрушению, в растворах Na_2SO_4 (до 110 мг/см²·сут) и $NaCl$ (50-85 мг/см²·сут.). Наилучшие результаты получены при испытании образцов в растворе Na_2CO_3 , т.к. эта соль сообщает воде щелочную реакцию, то скорость коррозии слабо зависит от плотности тока и в несколько раз ниже: от 2 до 5 мг/см²·сут.

Характер коррозии стали в растворе кальцинированной соды равномерный, на электродах образуется ровная прочно сцепленная с металлом пленка продуктов коррозии коричневого цвета.

Данные зависимости показателей качества воды от времени работы ЭВН в замкнутом контуре без разбора воды на технологические нужды, полученные при испытаниях водонагревателя КЭВЗ-100/0,4 М02 в течение 1000 часов

показывают, что в начальный период работы происходит значительное изменение физико-химических показателей качества воды.

Значение рН воды возрастает от 7,5 до 10, что происходит за счет подщелачивания воды в результате коррозионных процессов, которые сопровождаются увеличением концентрации гидроксильных ионов.

Жесткость воды стабилизируется на уровне 0,2 мг-экв/кг через время, которое принимают за длительность начального периода. При жесткости исходной воды 2,5 мг-экв/кг этот период составляет 200 г, для 4,5 мг-экв/кг – 300 ч.

С возрастанием жесткости исходной воды увеличивается длительность начального периода.

В конце начального периода стабилизируется и удельное сопротивление воды на уровне 42,5 Ом·м, что требует проведения водоподготовки для приведения его значения к номинальному, которое для КЭВЗ равно 30 Ом·м.

Потенциалы на корпусе ЭВН и технологическом оборудовании. Исследования ВИЭСХ показали, что потенциал на корпусе ЭВН при аварийных режимах (обрыв одной или двух фаз) составляет 19 и 21 В, соответственно, при наличии нулевого защитного провода. При несимметрии нагрузки фаз потенциал возрастает с 10 до 44 В при увеличении коэффициента несимметрии от 0,5 до 4.

При отсутствии нулевого защитного провода в случае величины повторного заземления 10 Ом потенциал на корпусе достигает 98 В при обрыве одной фазы и 142 В при обрыве двух фаз, а при несимметрии нагрузки фаз увеличивается от 30 до 79 В в диапазоне изменения значений коэффициента несимметрии от 0,5 до 4 соответственно.

Основным недостатком известных ЭВН с точки зрения электробезопасности является низкое сопротивление фаз относительно корпуса и, во-вторых, тот факт, что корпус является нулевой точкой электродной системы. При заземлении корпуса заземляется нулевая точка «звезды» и поэтому включение ЭВН в сеть напряжением до 1000 В с изолированной нейтрально превращает ее в сеть с глухозаземленной нейтрально и при замыкании на корпус фазы сети напряжение этой фазы распределится между сопротивлениями заземлений электрической и электродной установок. В этом случае чаще всего не происходит срабатывание защиты и поэтому корпус ЭВН может длительно находиться под опасным напряжением [7].

Для установок до 1000 В при малом сопротивлении заземления или большом удельном сопротивлении воды рекомендуется применять вариант защиты с одной изолирующей вставкой и одним заземлителем, тогда при коротком замыкании на технологическом оборудовании будет напряжение 8...15 В, а в нормальном режиме 2...6 В [7].

Недостатком известных методов является также необходимость дополнительных затрат на изготовление, установку и обслуживание сеток для выравнивания потенциала, защитного кожуха ЭВН, изоляционных элементов, изолирующих вставок и заземлителей.

На основе проведенного анализа конструкции электродных водонагревателей принимаем конструкцию электродной группы в виде фазных стержневых электродов и нулевых цилиндрических электродов, которая позволит выровнять распределение плотности тока на электродах и обеспечить соблюдение требований электробезопасности.

2.2 Расчет ЭВН с коаксиальными электродами

Исходные данные:

1. Номинальная мощность ЭВН: $P_{ном} = 16 \cdot 10^3$ Вт

2. Напряжение питающей сети: $U = 380$ В

3. Номинальное удельное сопротивление воды при 20°C: $\rho_{20ном} = 30$ Ом·м

4. Номинальные температуры воды в контуре ЭВН

на входе: $t_{вх} = 70^\circ\text{C}$

на выходе: $t_{вых} = 95^\circ\text{C}$

степень нагрева: $\Delta t = t_{вых} - t_{вх} = 95 - 70 = 25^\circ\text{C}$

5. Коэффициент полезного действия: $\eta = 0,99$.

6. Геометрические данные электродной группы (рисунок 2.8) с коаксиальными электродами

Радиус фазного электрода: $r_1 = 0,01$ м

Радиус нулевого электрода: $r_l = 0,016$ м

Радиус корпуса: $r_k = 0,145$ м

Расстояние от экрана до корпуса: $l = 0,05$ м

Радиус отверстий в нулевом электроде: $r_0 = 0,005$ м

7. Допустимая напряженность электрического поля: $E_{дон} = 90 \cdot 10^3$ В/м.

Расчет эквивалентного сопротивления воды

На основании анализа данных по концентрации солей в природной воде для работы на которой предназначен водонагреватель, определяется удельное сопротивление основных групп солей, растворенных в воде (хлоридов, сульфатов, гидрокарбонатов).

1. Удельное сопротивление хлоридов при концентрации $C_{Cl} = 0,14$ мг-экв/л:

$$\rho_{Cl} = \frac{0,1 \cdot F}{C_{Cl}} = \frac{0,1 \cdot 96500 \cdot 10^{-2}}{0,14} = 689,3 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

2. Удельное сопротивление сульфатов при $C_{SO_4} = 0,36$ мг-экв/л

$$\rho_{SO_4} = \frac{0,1 \cdot F}{C_{SO_4}} = \frac{0,12 \cdot 96500 \cdot 10^{-2}}{0,36} = 321,6 \text{ Ом} \cdot \text{м.}$$

3. Удельное сопротивление гидрокарбонатов $C_{HCO_3} = 3,2$ мг-экв/л

$$\rho_{HCO_3} = \frac{0,1 \cdot F}{C_{SO_4}} = \frac{0,14 \cdot 96500 \cdot 10^{-2}}{3,2} = 42,2 \text{ Ом} \cdot \text{м.}$$

4. Эквивалентное сопротивление воды:

$$\rho_{\text{экв.}} = \frac{\rho_{Cl} \cdot \rho_{SO_4} \cdot \rho_{HCO_3}}{\rho_{Cl} \cdot \rho_{SO_4} + \rho_{SO_4} \cdot \rho_{HCO_3} + \rho_{Cl} \cdot \rho_{HCO_3}} = \frac{689,3 \cdot 321,6 \cdot 42,2}{689,3 \cdot 321,6 + 321,6 \cdot 42,2 + 689,3 \cdot 42,2} = 35,3 \text{ Ом} \cdot \text{м.}$$

Расчет высоты электродной группы

1. Тепловая мощность ЭВН:

$$Q = \rho_{\text{ном}} \cdot \eta = 16 \cdot 10^3 \cdot 0,99 = 15840 \text{ Вт.}$$

2. Удельная теплоемкость воды (из термодинамических таблиц воды):

$$C_l = 4200 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ\text{C.}$$

3. Расход воды, циркулирующей через ЭВН:

$$m = \frac{Q}{C \cdot (t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}})} = \frac{15840}{4200 \cdot (95 - 70)} = 0,23 = 828 \text{ кг/ч.}$$

4. Фазное электрическое сопротивление:

$$R = \frac{3 \cdot U_{\phi}}{P_{\text{ном}}} = \frac{3 \cdot 220^2}{16000} = 9,075 \text{ м.}$$

5. Средняя температура в электродной группе:

$$t_{\text{ср}} = \frac{t_{\text{вх}} + t_{\text{вых}}}{2} = \frac{70 + 95}{2} = 82,5^\circ \text{C.}$$

6. Расчетное удельное сопротивление воды:

$$\rho_t = \frac{40 \cdot \rho_{\text{экв.}}}{20 + t} = \frac{40 \cdot 35,4}{20 + 82,5} = 13,8 \text{ Ом} \cdot \text{м.}$$

7. Геометрический коэффициент коаксиальных электродов:

$$K = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \frac{r_2}{r_1} = \frac{1}{2 \cdot 3,14} \cdot \ln \frac{0,016}{0,01} = 0,075.$$

8. Высота электродов:

$$H = \frac{P \cdot K \cdot \rho_t}{3 \cdot U_{\phi}^2} = \frac{16000 \cdot 0,075 \cdot 13,8}{3 \cdot 220^2} = 0,11 \text{ м.}$$

Расчет допустимой плотности тока

1. Сопротивление воды в межэлектродном пространстве:

$$R'_{\phi} = \frac{\rho_t \cdot (r_2 - r_1)}{\pi \cdot (r_2 + r_1) \cdot H} = \frac{13,8 \cdot (0,016 - 0,01)}{3,14 \cdot (0,016 + 0,01) \cdot 0,114} = 8,89 \text{ Ом.}$$

Погрешность по сравнению с расчетным значением R'_{ϕ} составляет 2,3.

2. Удельная электропроводность:

$$\gamma_t = \frac{1}{\rho_t} = \frac{1}{13,8} = 0,072 \text{ см.}$$

3. Допустимая плотность тока:

$$j_{\text{дон.}} = \frac{E_{\text{дон.}}}{\rho_t} = \frac{90000}{13,8} = 6,5 \cdot 10^3 \text{ А/м}^2.$$

4. Плотность тока на фазном электроде:

$$j = \frac{U \cdot \gamma_t}{r_1 \cdot \ln \frac{1}{r_1}} = \frac{220 \cdot 0,072}{0,01 \cdot \ln \frac{0,016}{0,01}} = 3,3 \cdot 10^3 \text{ А/м}^2.$$

5. Допустимая плотность тока:

$$j_{\text{дон.}} = \frac{E_{\text{дон.}}}{\rho_t} = \frac{90000}{13,8} = 6,5 \cdot 10^3 \text{ А/м}^2.$$

Таким образом соблюдается условие $j < j_{\text{дон}}$.

Расчет показателей электробезопасности

1. Сопротивление выносу потенциала на корпус:

$$R_{ВП} = \frac{\rho \cdot (3l + b)}{\pi \cdot r_0^2 n} = \frac{30 \cdot (3 \cdot 0,14 - 0,03)}{\pi \cdot 0,005^2 \cdot 14} = 4000 \text{ Ом.}$$

2. Коэффициент звездности:

$$K_{зв.} = \frac{g_{\text{en}}}{3 \cdot (g_{\phi} + g_{ВП})} = \frac{0,000087}{3 \cdot (0,11 + 0,000087)} = 0,00026,$$

где g_{ϕ} - проводимость фазы;

$g_{ВП}$ - проводимость между фазным электродом и корпусом.

3. Допустимая сила тока для человека:

$$I_{\text{дон}} = \frac{U_{\text{дон}}}{R_r} = \frac{12}{500} = 0,024 \text{ А,}$$

где $U_{\text{дон}} = 12 \text{ В}$ – допустимое напряжение прикосновения;

$R_r = 500 \text{ Ом}$ – сопротивление кожи человека.

4. Допустимая величина сопротивления выносу потенциала

$$R_{ВП \text{ дон}} = \frac{U'_{\phi} - U_{\text{дон}}}{I_{кз}} = \frac{236,5 - 12}{0,4} = 561,3 \text{ Ом,}$$

где $U'_{\phi} = 236,5 \text{ В}$ – допустимое превышение напряжения у потребителя (не более 7,5%);

$I_{кз}$ - ток однофазного короткого замыкания

$$I_{кз} = \frac{U_{\text{дон}}}{R_{пз}} = \frac{12}{30} = 0,4 \text{ А,}$$

где $R_{из} = 30$ Ом – допустимое сопротивление повторного заземления, согласно ПУЭ.

Таким образом соблюдается условие $R_{ВП} > R_{ВП доп}$.

2.3 Описание конструкции ТМ-16

ТМ – 16 предназначен для автономных систем горячего водоснабжения технологических процессов в молочном животноводстве и отопления производственных помещений.

Электродная группа состоит из фазных электродов коаксиально расположенных внутри нулевых электродов.

Фазные рельефные электроды изготавливаются из стержней круглого сечения диаметром 16 мм и устанавливаются на проходных изоляторах. По всей длине электродов выполняются радиальные проточки глубиной 3 мм для создания рельефной поверхности. В нижней части на резьбе крепится изолирующая фторопластовая втулка.

Нулевые электроды изготавливаются из стальной трубы с перфорацией в виде отверстий диаметром 5 мм в верхней и нижней частях.

Нулевые электроды жестко связаны с токовводом нейтрали сети, который представляет собой шпильку, к которой привариваются перемычки от каждого нулевого электрода. Шпилька крепится на отдельном изоляторе. В результате получает блок нулевых электродов, изолированный от корпуса ЭК и экранирующий фазные электроды с целью исключения выноса потенциала.

Конструкция ТМ показана на рисунке 2.3. Тепловой модуль содержит:

- 2 – электродный водонагреватель;
- 4 – съемный кожух;
- 5 – рама;
- 6 – стакан для термодатчика;
- 7 – программируемый термостат;
- 8 – перегородка;
- 9 – автоматический выключатель;
- 10 – магнитный пускатель;
- 11 – тумблер;
- 12 – терморегулятор;
- 13 – амперметр;
- 14 – болт зануления;
- 15 – циркуляционный насос;
- 16 – фильтр;
- 17 – тепловая изоляция;
- 18 – диффузионный дозатор.

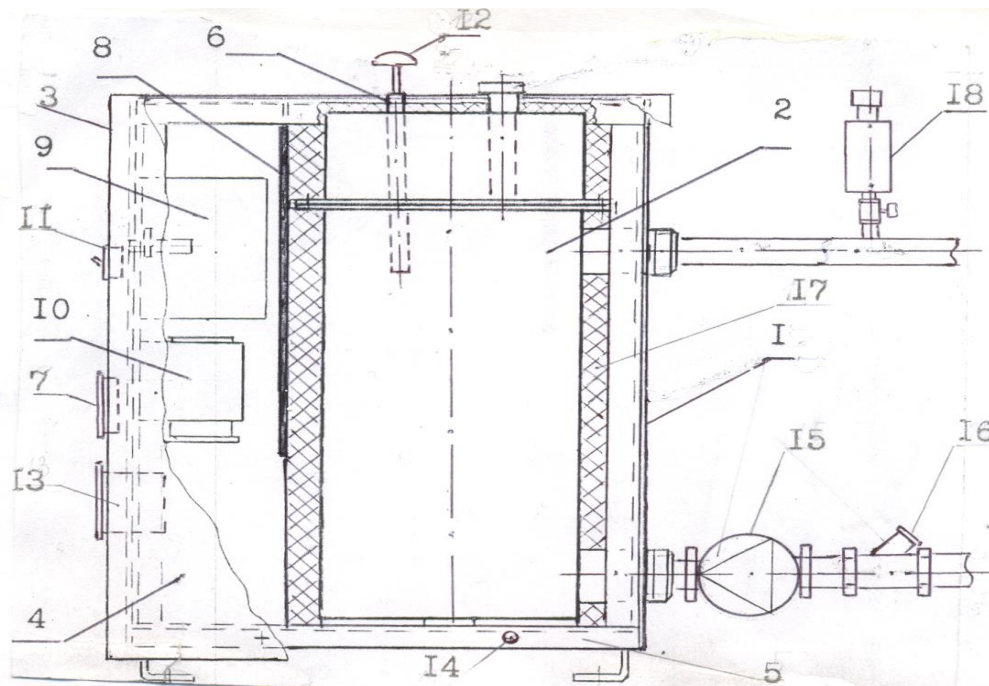


Рисунок 2.3 – Конструкция ТМ

Такая конструкция нулевых электродов практически исключает взаимодействие фазных электродов с корпусом, что значительно снижает вынос потенциала с потоком воды на трубопроводы и технологическое оборудование. Это позволяет обеспечить требования техники безопасности по уровню напряжения прикосновения на корпусе и трубопроводах.

Электроды изготовлены из стали 45, которая наиболее устойчива к электрохимической коррозии.

Пульт управления ТМ содержит пуско – защитную аппаратуру, которая осуществляет защиту от токов перегрузки и короткого замыкания и сигнализацию напряжения от сети, а также обеспечивает автоматическое управление работой водонагревателя в зависимости от температурного режима объекта теплоснабжения.

ТМ работает в автоматическом режиме, по командам электронного терморегулятора типа ТЗПЗ-4М.

Питание его осуществляется от трехфазной сети переменного тока с глухозаземленной нейтралью, напряжением 380/220 В, частотой 50 Гц.

Для отключения водонагревателя в часы утреннего и вечернего максимумов нагрузок энергосистемы в смете управления предусмотрена возможность включения суточного реле времени, которое рекомендуется устанавливать в шкафу раздельного учета энергии.

При работе в системе горячего водоснабжения технологического оборудования предусмотрена установка циркуляционного насоса для создания принудительной циркуляции в системе.

ТМ работает следующим образом. Охлажденная вода из системы отопления или горячего водоснабжения поступает через входной патрубок во внутренний объем корпуса водонагревателя и нагревается электрическим

током, протекающим в межэлектродном пространстве. Нагретая вода подается циркуляционным насосом в теплообменник аккумулятора теплоты системы горячего водоснабжения и в радиаторы системы отопления.

Техническая характеристика:

| | |
|---|---------------------------|
| Номинальная мощность | 16 кВт |
| Номинальное напряжение | 380/220 В |
| Число фаз | 3 |
| Схема соединения электродов | двойная звезда |
| Номинальное удельное сопротивление воды | 30 Ом·м |
| Максимальная температура на выходе | 95°С |
| Удельный расход электроэнергии | 29±3 кВт·ч/м ³ |
| Теплопроизводительность | 57600 кДж/ч |
| Подача при степени нагрева 25°С | 0,54 м ³ /ч |
| Габаритные размеры: | |
| длина | 440 |
| ширина | 303 |
| высота | 571 |
| масса | 33 кг |

Описание работы схемы автоматического управления. Оборудование работает в автоматическом режиме. Основным режимом работы – принудительный с отключением от сети в часы максимума нагрузок энергосистем с помощью суточным электронным реле времени ТМ21. Дополнительный режим – свободный (при пусконаладочных работах) показан на рисунке 2.4.

В зависимости от заданных границ температуры, устанавливаемых на ДТ-1 отключается магнитный пускатель КМ1, отключая водонагреватель от сети.

При достижении нижнего предела температуры +92°С терморегулятор включает магнитный пускатель КМ1.

При обрыве одной из фаз или перегорании предохранителей, реле К2...К4 размыкают свои контакты в цепи катушки пускателя КМ1, который отключает водонагреватель от сети.

После срабатывания аварийной защиты включение водонагревателя в работу осуществляется только вручную, после устранения причины аварии.

При опробовании водонагревателя, переключатель режимов работы А2 устанавливается в положении «РУЧНОЕ». При этом положении включение водонагревателя в работу осуществляется кнопкой «ПУСК» В1, отключение – кнопкой «СТОП» В2.

Шкаф управления и автоматики крепится на стенке по месту. В шкафу управления и автоматики располагаются все приборы и оборудование.

Предусмотрено два режима работы – летний и зимний.

В летнем режиме работы комплекта осуществляется при помощи ДТ-1 и ДТ-2. Для этого переключатель А3 устанавливается в положение «ЛЕТО».

Система отопления отключается при помощи запорного вентиля».

На терморегуляторе ДТ-2 устанавливаются граница температуры $+65^{\circ}\text{C}$ и зона нечувствительности $+5^{\circ}\text{C}$.

При достижении температуры воды в бойлере $+70^{\circ}\text{C}$ терморегулятор отключает магнитный пускатель КМ1. При этом водонагреватель отключается от сети.

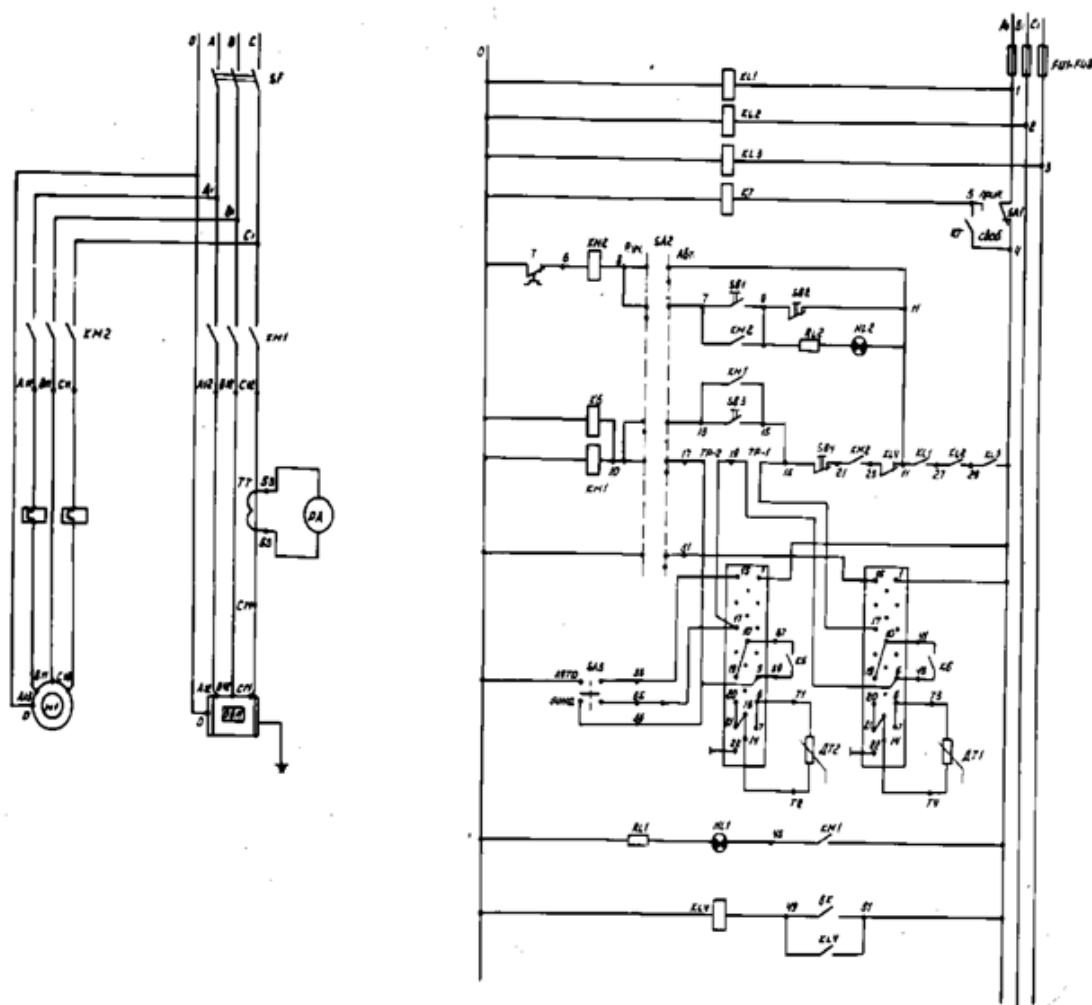


Рисунок 2.4 – Схема автоматического управления

2.4 Расчет сопротивлений выносу потенциала

Для обеспечения требований электробезопасности при эксплуатации электродных водонагревателей в условиях сельскохозяйственного производства, которое характеризуется большим количеством помещений с повышенной опасностью и особо опасных, необходимо исключить возможность появления на технологическом и отопительном оборудовании потенциалов, превышающих допустимое напряжение прикосновения для

человека ($U_{\text{доп}} = 12\text{В}$).

В аварийных режимах потенциал на корпусе ЭВН может достигать опасных значений – 70...142 В [7], поэтому серийные ЭВН оборудуются различными устройствами защиты, особенно от неполнофазных режимов.

При обрыве одной или двух фаз ЭВН представляет опасность в случае обрыва нулевого провода, поэтому в разных помещениях, имеющих технологическое оборудование связанное с ним, применяют различные способы защиты от поражения током персонала.

В случае возникновения аварийного режима, в виде замыкания фазы на корпус, напряжение этой фазы распределяется пропорционально сопротивлениям заземлений ЭВН и технологического оборудования. Такие замыкания в большинстве случаев не приводят к перегоранию плавных вставок и срабатыванию электромагнитных расцепителей автоматических выключателей, следовательно, корпус ЭВН и технологическое оборудование могут длительно находиться под опасным напряжением.

Важным критерием оценки ЭВН является коэффициент звездности, величина которого влияет на выбор технических мероприятий по обеспечению электробезопасности и в определенной мере характеризует степень совершенства конструкции ЭВН.

Теоретически коэффициент $\gamma \approx 830 \text{ В}$.

Первый вариант защиты рекомендуется применять при больших значениях удельного сопротивления воды ($\rho_{\text{зо}} \geq 200 \text{ м.м}$) или при малом сопротивлении заземлителя.

Второй вариант защиты следует применять при малых значениях удельного сопротивления воды и больших значениях удельного сопротивления земли на мощных установках напряжением свыше 1000 В. На рисунке 2.5 показан вариант защиты ЭВН с двумя изолирующими вставками и двумя заземлителями.

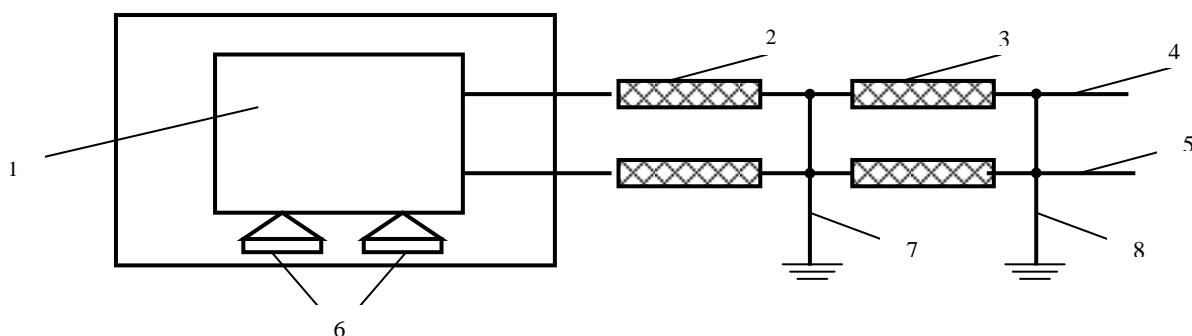


Рисунок 2.5 – Вариант защиты ЭВН с двумя изолирующими вставками и двумя заземлителями

На рисунке 2.5 показано:

1 – корпус ЭВН;

- 2 – первые изолирующие вставки;
- 3 – вторые изолирующие вставки;
- 4, 5 – отводящий и подводный трубопроводы системы теплоснабжения;
- 6 – изолятор;
- 7, 8 – первый и второй заземлители.

Второй метод – это защита отдельным трансформатором. Этот способ применяется для питания ЭВН в случае, если он имеет большую мощность (> 100 кВт) или расположен вдали от других электроустановок. Корпус ЭВН наглухо заземляется и без изолирующих вставок соединяется с трубопроводом. Трансформатор располагается вблизи ЭВН или на расстоянии не более 200 м, в этом случае ток короткого замыкания на землю и напряжение на трубопроводах не будет превышать 0,5-0,9 В. Нейтраль трансформатора со вторичной стороны заземляется изолированным проводом к заземлителю ЭВН, а линия может быть воздушной.

Третий метод – это защита изолирующим экраном, который устанавливается между трехфазной группой электродов и корпусом ЭВН, что позволяет снизить напряжение прикосновения на корпусе. При этом способе защиты корпус ЭВН не будет находиться под опасным напряжением, однако данному способу присущи недостатки установок, включенных в сеть с глухозаземленной нейтралью и заземлением корпуса.

Анализ методов обеспечения электробезопасности ЭВН показывает, что первые два метода требуют дополнительных затрат и не всегда дают ожидаемый эффект, особенно в аварийных режимах и при высокой степени несимметрии нагрузки.

Это объясняется тем, что эти методы являются техническими приемами подключения ЭВН, тогда как возможность выноса потенциала на корпус в известных водонагревателях заложена в конструкции электродной группы.

Наиболее целесообразным техническим решением является установка между корпусом ЭВН и электродами защитных экранирующих устройств новой конструкции – перфорированных экранов.

На рисунке 2.6 показана схема установки между стержневым фазным электродом и корпусом ЭВН диэлектрического изоляционного экрана, в котором выполнены отверстия для циркуляции нагреваемой воды.

Анализ этого выражения показывает, что сопротивление выносу потенциала при использовании диэлектрического экрана можно легко регулировать, изменяя количество отверстий в нем.

Для обеспечения допустимой величины напряжения прикосновения на корпусе ЭВН необходимо обеспечить допустимую величину сопротивления выносу потенциала между электродной группой и корпусом.

На рисунке 2.6 показано:

- 1 – фазный электрод;
- 2 – изоляционный экран;

- 3 – отверстие в экране;
4 – цилиндрический корпус.

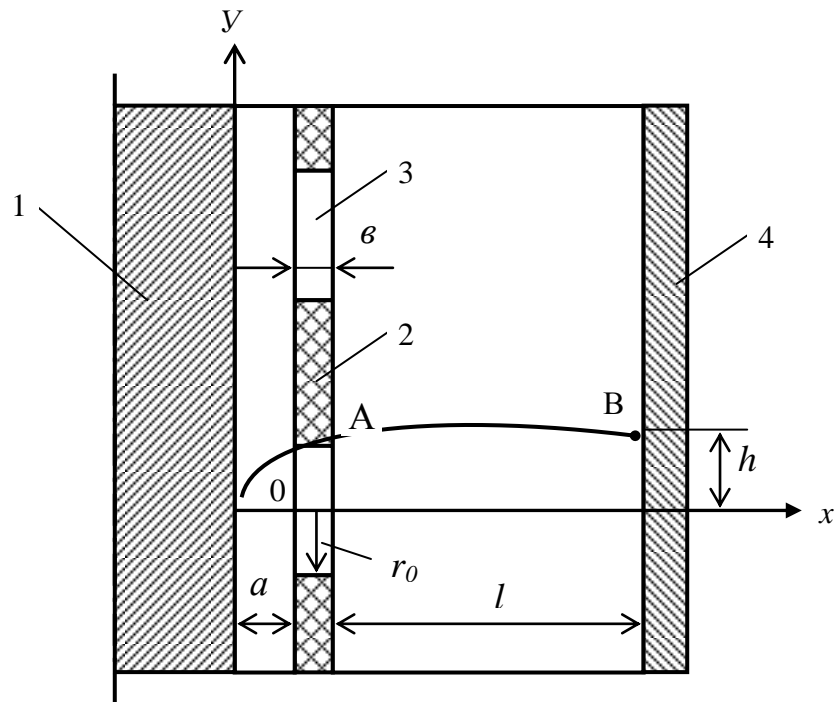


Рисунок 2.6 – Расчетная схема выноса потенциала через отверстия в защитном изоляционном экране

В этой конструкции сопротивление выносу потенциала равно:

$$R_{en} = \frac{\rho \cdot (3 \cdot l + b)}{\pi \cdot r_0^2 \cdot n}, \quad (2.1)$$

где l – расстояние от экрана до корпуса;

b – толщина экрана;

r_0 – радиус отверстий в экране;

n – количество отверстий в экране.

Согласно ПТЭ и ПТБ допустимая сила тока для человека равна

$$I_{дон.ч} = \frac{U_{дон}}{R_r} = \frac{12}{500} = 0,024 \text{ A},$$

где R_r – сопротивление кожи человека, принимается равным $R_r = 500$

Ом.

Допустимую величину сопротивления выносу потенциала можно определить по величине тока однофазного короткого замыкания, проходящего через повторное заземление нулевого провода.

$$I_{кз} = \frac{U_{доп}}{R_{пз}} = \frac{12}{30} = 0,4 \text{ А},$$

где $R_{пз} = 30 \text{ Ом}$ – допустимое сопротивление повторного заземления согласно ПУЭ.

Допустимая величина сопротивления выносу потенциала равна

$$R_{доп} = \frac{U'_{\phi} - U_{доп}}{I_{кз}} = \frac{236,5 - 12}{0,4} = 561,3 \text{ Ом},$$

где $U'_{\phi} = 236,5 \text{ В}$ – допустимое превышение напряжения у потребителя, которое согласно ГОСТ 13109-67 должно быть не более 7,5%.

Тогда величина сопротивления выносу потенциала должна быть

$$R_{вп} > R_{доп}. \quad (2.2)$$

В НПЦ механизации сельского хозяйства предложен новый метод обеспечения электробезопасности – разделение нулевых точек «звезды» фазных сопротивлений и «звезды» сопротивлений выносу потенциала на корпус.

Для реализации этого метода разработана новая схема соединения электродов «двойная звезда», которая показана на рисунке 2.10.

Разделение нулевых точек конструктивно достигается за счет установки экранирующих нулевых цилиндрических электродов на отдельном общем токовводе, изолированном от корпуса проходным изолятором. Фазные стержневые рельефные электроды установлены коаксиально по оси нулевых электродов и изолированы от корпуса с нижнего торца изоляционными втулками, а в верхней части – проходными изоляторами. Конструкция ЭВН показана на рисунке 2.7, R_A, R_B, R_C – фазные сопротивления «звезды» нагрузок между фазными электродами и нулевыми экранирующими; R_{AK}, R_{BK}, R_{CK} – «звезда» сопротивлений выносу потенциала на корпус; N – нулевая точка «звезды» фазных сопротивлений; K – нулевая точка «звезды» сопротивлений выносу потенциала.

Таким образом видно, что фазные сопротивления R_A, R_B, R_C соединены в «звезду» с нулевой точкой N на экранирующих нулевых электродах,

соединенных с нулевым проводом сети, а сопротивление выносу потенциала R_{AK} , R_{BK} , R_{CK} соединены во вторую «звезду» с нулевой точкой К на корпусе ЭВН. На рисунке 2.8 показана конструкция ЭВН с экранированием фазных электродов нулевыми электродами.

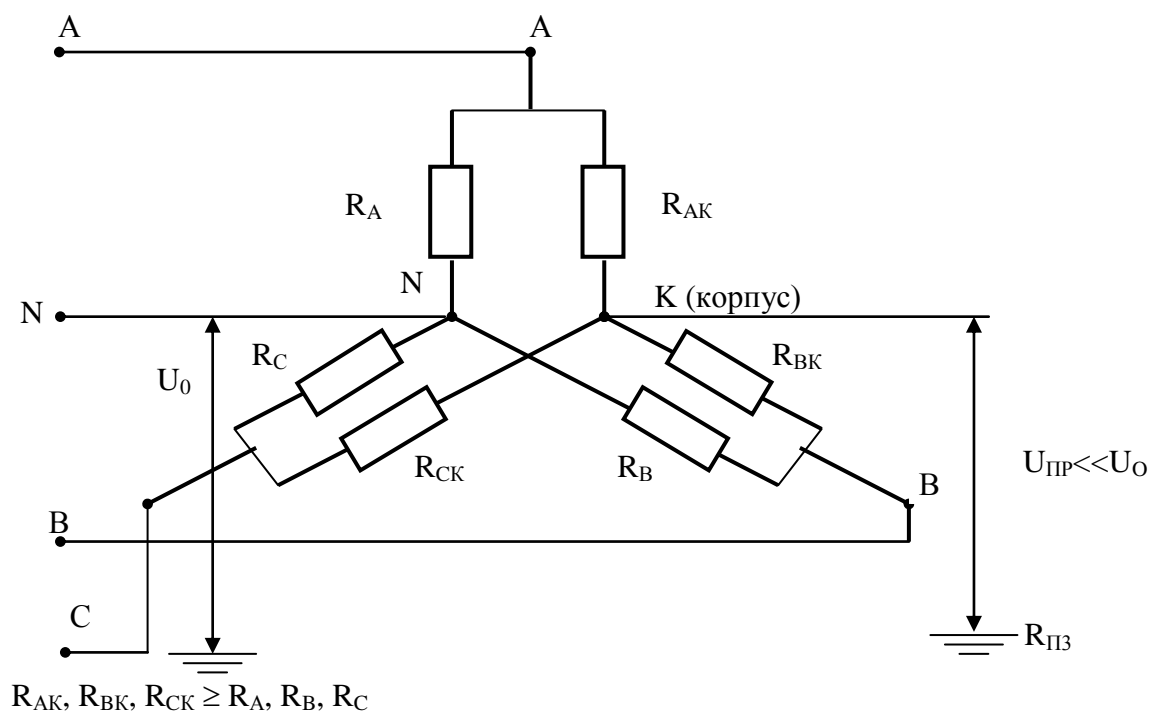


Рисунок 2.7 – Принципиальная электрическая схема соединения электродов «двойная звезда»

Линии тока от фазных электродов могут замыкаться только на нулевые экранирующие электроды, которые через общий токоввод соединены с нулевым проводом трехфазной сети.

Анализ схемы «двойной звезды» показывает, что напряжение прикосновения на корпусе ЭВН зависит только от величины сопротивлений выносу потенциала. Следовательно, для снижения напряжения прикосновения, необходимо обеспечить допустимую величину сопротивлений выносу потенциала.

Дальнейший анализ схемы «двойной звезды» показывает ее второе преимущество – в аварийных режимах напряжение смещения будет приложено не к корпусу, а к экранирующим нулевым электродам, соединенным с нейтралью сети. При этом величина напряжения прикосновения будет значительно меньше напряжения смещения $U_{ПР} \ll U_0$. Сопротивления выносу потенциала должны быть значительно больше фазных сопротивлений $R_{AK} \gg R_A$; $R_{BK} \gg R_B$; $R_{CK} \gg R_C$.

Главное преимущество новой схемы – это то обстоятельство, что металлический проводящий корпус ЭВН не является больше нулевой точкой «звезды» фазных сопротивлений нагрузки и, во-вторых, нулевые электроды

Таблица 2.2 – Водонагреватели со схемой соединения нагрузок Δ/Δ

| Параметры | Ед. изм. | Тип водонагревателя | | | | | | |
|---------------------|----------|----------------------|-------------------|----------------------|-------------------|-------------------|----------------------|-------------------|
| | | ЭВН-6/9 | | ЭВН-16 | | ЭВН-25 | ЭВН-60 | |
| | | корпус не изолирован | корпус изолирован | корпус не изолирован | корпус изолирован | корпус изолирован | корпус не изолирован | корпус изолирован |
| $R_{\text{ЭКВ.СР}}$ | Ом | 100 | 100 | 68,3 | 68,3 | 43 | 18,3 | 18,3 |
| $r_{\text{ЭКВ.СР}}$ | Ом | 66,6 | 182 | 30,5 | 84,6 | 189 | 12 | 26 |
| $K_{\text{ЗВ}}$ | | 0,5 | 0,11 | 1,45 | 0,18 | 0,04 | 0,5 | 0,15 |

Таблица 2.3 – Водонагреватели со схемой соединения нагрузок Δ и Δ/Δ

| Параметры | Ед. изм. | Тип водонагревателя | | | | |
|---------------------|----------|---------------------|----------------------|--------------------------------|------------------------|----------------------|
| | | ЭПЗ-100 | ЭК-5 | ЭК-16 (Δ/Δ) | | ЭВ-2/4 (1 фазный) |
| | | корпус изолирован | корпус пластмассовый | экранирующие нулевые электроды | диэлектрические экраны | корпус пластмассовый |
| $R_{\text{ЭКВ.СР}}$ | Ом | 3,6 | 70,5 | 23 | 68,3 | 12,2 |
| $r_{\text{ЭКВ.СР}}$ | Ом | 1,8 | - | 1500 | 960 | - |
| $K_{\text{ЗВ}}$ | | 0,97 | 0 | 0,00026 | 0,012 | 0 |

Как видно из данных таблиц 2.2 и 2.3 для ЭВН с проводящим корпусом наиболее эффективным способом увеличения сопротивления выносу потенциала является установка разработанных нулевых электродов или диэлектрических перфорированных экранов, которые снижают величину $K_{\text{ЗВ}}$ до 0,00026 и 0,012, т.е. ток к корпусу практически не протекает, так как сопротивление выносу потенциала возрастает в 5,0...7,9 раз по сравнению с наибольшим значением у ЭВН-25 с изолированным корпусом.

Потенциал на корпусе ЭВН зависит от коэффициента звездности, чем ниже $K_{\text{ЗВ}}$, тем меньше потенциал. Потенциал на технологическом оборудовании зависит от степени защиты от аварийных режимов – количества изолирующих вставок, повторного заземления, устройств выравнивания потенциалов.

Результаты исследований процесса выноса потенциала на корпус водонагревателей: ЭК-16 показаны в таблице 2.4. и серийного ЭВН-16 в таблице 2.5.

Данные позволяют сделать вывод о том, что у водонагревателя ЭВН-16 в аварийных режимах напряжение прикосновения на корпусе значительно выше допустимого – 110...210 В и даже после 2-х изолирующих вставок составляет 20...40 В. Следовательно, при эксплуатации ЭВН-16 в помещениях

с повышенной опасностью для защиты связанного с ними технологического оборудования необходимо дополнительно устанавливать устройство выравнивания потенциалов, обеспечивающее в аварийных режимах напряжение прикосновения не более 12 В.

При отсутствии такого устройства ЭВН должен иметь защиту от неполнофазных режимов. Однако оба эти способа защиты потребуют дополнительных затрат.

Таблица 2.4 – Напряжение прикосновения на корпусе ЭК-16 в нормальном и аварийном режимах работы

| Режим | Напряжение, В | | | Ток, А | | | Напряжение прикосновения, $U_{ПР}$, В | |
|---------------------------------------|---------------|----------|----------|--------|-------|-------|--|-----------------------------|
| | U_{AB} | U_{BC} | U_{CA} | I_A | I_B | I_C | на корпусе | после изолирующей вставки 1 |
| Номинальный режим | 375 | 375 | 375 | 24,5 | 24,5 | 24,5 | 0,15 | 0,1 |
| Аварийные режимы | | | | | | | | |
| Обрыв фазы А с занулением корпуса | 210 | 375 | 210 | 0 | 24,5 | 24,5 | 0,2 | 0,15 |
| Обрыв фаз А и В с занулением корпуса | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,2 | 0,15 |
| Обрыв фазы А без зануления корпуса | 186 | 375 | 186 | 0 | 20,5 | 20,5 | 0,3 | 0,2 |
| Обрыв фаз А и В без зануления корпуса | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,3 | 0,2 |
| Обрыв нулевого провода | 375 | 375 | 375 | 24,5 | 24,5 | 24,5 | 0,2 | 0,15 |

Результаты исследования ЭК-16, свидетельствуют, что при работе как в номинальном, так и в аварийных режимах напряжение прикосновения на корпусе значительно ниже допустимого – 0,15...0,3 В. Поэтому при эксплуатации ЭК-16 в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных дополнительные меры защиты от выноса потенциала не требуются.

Таблица 2.5 – Результаты исследования процесса выноса потенциала на корпус серийного ЭВН-16 в нормальном и аварийном режимах работы

| Режим | Напряжение, В | | | Ток, А | | | Напряжение прикосновения, $U_{\text{пр}}$, В | | |
|---------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|---|-----------------------------|-----------------------------|
| | U_{AB} | U_{BC} | U_{CA} | I_{A} | I_{B} | I_{C} | на корпусе | после 1 изолирующей вставки | после 2 изолирующих вставок |
| Номинальный режим | 375 | 375 | 375 | 24,5 | 24,5 | 24,5 | 0,3 | 0,2 | 0,15 |
| Аварийные режимы | | | | | | | | | |
| Обрыв фазы А с занулением корпуса | 204 | 375 | 204 | 0 | 27 | 27 | 0,4 | 0,2 | 0,15 |
| Обрыв фаз А и В с занулением корпуса | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,3 | 0,25 | 0,2 |
| Обрыв фазы А без зануления корпуса | 181 | 375 | 181 | 0 | 20 | 20 | 110 | 80 | 20 |
| Обрыв фаз А и В без зануления корпуса | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 210 | 150 | 40 |
| Обрыв нулевого провода | 375 | 375 | 375 | 24,5 | 24,5 | 24,5 | 0,35 | 0,25 | 0,2 |

2.5 Расчет аккумулятора теплоты для системы горячего водоснабжения молочного блока

Исходные данные:

Вместимость аккумулятора

Масса корпуса

Время нагрева

К.П.Д.

Температура воды

начальная

$$G_2 = 1000 \text{ кг}$$

$$M_K = 420 \text{ кг}$$

$$\tau_{\text{AG}} = 5 \text{ ч}$$

$$\eta_{\text{AT}} = 0,9$$

$$t'_2 = 10^\circ\text{C}$$

| | |
|--|--|
| конечная | $t''_2 = 70^\circ\text{C}$ |
| Температура воды на выходе из ЭВН | $t'_1 = 95^\circ\text{C}$ |
| Площадь поверхности корпуса | $F_{AT} = 5,6 \text{ м}^2$ |
| Диаметр труб теплообменника | |
| наружный | $d_2 = 0,0268 \text{ м}$ |
| внутренний | $d_1 = 0,0212 \text{ м}$ |
| Скорость воды в контуре | $\omega_1 = 0,07 \text{ м/с}$ |
| Массовый расход греющего теплоносителя | $G_1 = 500 \text{ кг/ч}$ |
| Кинематическая вязкость: | |
| 1 теплоносителя | $\nu_1 = 0,31 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ |
| 2 теплоносителя | $\nu_2 = 1,3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ |
| Коэффициент объемного расширения | $\beta_1 = 0,88 \cdot 10^{-4} \text{ град}^{-1}$ |
| Теплопроводность: | |
| 1 теплоносителя | $\lambda_1 = 2,45 \text{ кДж/м}\cdot\text{ч}\cdot^\circ\text{C}$ |
| 2 теплоносителя | $\lambda_2 = 2,06 \text{ кДж/м}\cdot\text{ч}\cdot^\circ\text{C}$ |
| слоя накипи | $\lambda_{НАК} = 8,38 \text{ кДж/м}\cdot\text{ч}\cdot^\circ\text{C}$ |
| стальной стенки | $\lambda_{СТ} = 60 \text{ Вт/м}\cdot\text{ч}\cdot^\circ\text{C}$ |
| теплоизоляции | $\lambda_{И} = 0,058 \text{ Вт/м}\cdot\text{ч}\cdot^\circ\text{C}$ |
| трубок теплообменника | $\lambda_{СТ} = 209,5 \text{ Вт/м}\cdot\text{ч}\cdot^\circ\text{C}$ |
| Теплоемкость: | |
| воды | $C_1 = 4,2 \text{ кДж/кг}\cdot^\circ\text{C}$ |
| стали корпуса | $C_c = 0,46 \text{ кДж/кг}\cdot^\circ\text{C}$ |
| Толщина: | |
| стенки аккумулятора | $\delta_K = 0,005 \text{ м}$ |
| стенки труб теплообменника | $\delta_C = 0,0028 \text{ м}$ |
| кожуха | $\delta_C = 0,001 \text{ м}$ |
| изоляции тепловой | $\delta_{II} = 0,1 \text{ м}$ |
| Коэффициент теплоотдачи: | |
| от воды к корпусу | $\alpha_3 = 0,83 \text{ Вт/м}^2$ |
| от кожуха к воздуху | $\alpha_4 = 10,5 \text{ Вт/м}^2$ |

Расчет аккумулятора теплоты для СГВ

Определяется критерий Рейнольдса:

$$Re = \frac{\omega_1 d_1}{\nu_1} = \frac{0,07 \cdot 0,0212}{0,31 \cdot 10^{-6}} = 4650.$$

Значение $Re > 2300$, следовательно, движение воды в трубах теплообменника турбулентное.

Критерий Нуссельта при турбулентном движении 1 теплоносителя:

$$N_{u1} = 0,0263 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,4} = 0,0263 \cdot 4650^{0,8} \cdot 1,85^{0,4} = 26,4.$$

Критерий Нуссельта при свободном движении 2 теплоносителя у горизонтальных трубок теплообменника:

$$N_{u2} = C \cdot (Gr \cdot Pr)^n = 0,525 \cdot (807,5 \cdot 10^3 \cdot 9,5)^{0,25} = 27,6.$$

Критерий Грассгофа:

$$Gr = \frac{\beta_1 \cdot g \cdot d_2^3 \cdot \Delta t \cdot n}{\nu_2^2} = \frac{0,88 \cdot 10^{-4} \cdot 9,81 \cdot 0,0268^3 \cdot 83,2}{(1,3 \cdot 10^{-6})^2} = 807,5 \cdot 10^3.$$

Коэффициент теплоотдачи от греющего теплоносителя:

$$\alpha_1 = \frac{N_{u1} \cdot \lambda_1}{d_1} = \frac{26,4 \cdot 2,45}{0,0212} = 3061 \text{ кДж/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}.$$

Теплоотдача от стенки трубки теплообменника к нагреваемому теплоносителю:

$$\alpha_{21} = \frac{N_{u2} \cdot \lambda_2}{d_2} = \frac{27,6 \cdot 2,06}{0,0268} = 2121,5 \text{ кДж/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}.$$

Средняя температура нагреваемого теплоносителя:

$$t_{2CP} = t_1' - \Delta t_{12} = t_1' - \frac{t_2'' - t_2'}{\ln \frac{t_1' - t_2''}{t_1' - t_2'}} = 95 - \frac{70 - 10}{\ln \frac{95 - 10}{95 - 70}} = 46 \text{ °C}.$$

Температура греющего теплоносителя на выходе из бойлера-теплоаккумулятора:

$$t_1'' = t_{2CP} + (t_1' - t_{2CP}) \cdot \exp \left(-\frac{K_T F}{G_1 C_1} \right) = 46 + (95 - 46) \cdot \exp \left(-\frac{1402,5}{500 \cdot 4,19} \right) = 71,7 \text{ °C}.$$

Удельная производительность:

$$K_{TO} F = G_1 \cdot C_1 \cdot \ln \frac{1}{1 - \frac{G_2 \cdot C_2}{G_1 \cdot C_1 \cdot \tau_{FN}} \ln \frac{t_1' - t_2''}{t_1 - t_2}} =$$

$$= 500 \cdot 4,19 \cdot \ln \frac{1}{1 - \frac{1000 \cdot 4,19}{500 \cdot 4,19 \cdot 5} \ln \frac{95 - 10}{95 - 70}} = 1402,5 \text{ кДж/м}^2 \cdot \text{ч.}$$

Значение кинематической вязкости греющего теплоносителя ν_1 принимается при средней температуре:

$$t_{1CP} = \frac{t_1'' - t_{2CP}}{2} = \frac{71,7 + 46}{2} = 58,8^\circ\text{C.}$$

Температура стенки трубки теплообменника:

$$t_{CT} = \frac{t_{2CP} + t_{1CP}}{2} = \frac{46 + 58,8}{2} = 52,4^\circ\text{C.}$$

Разность температур между стенкой трубки и 2 теплоносителем:

$$\Delta t_{CT} = \frac{G_1 \cdot C_1 \cdot \Delta t_1'}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_2 \cdot L} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} = \frac{500 \cdot 4,19 \cdot 23,3}{2 \cdot 3,14 \cdot 2121,5 \cdot 1,5} \cdot \ln \frac{0,0268}{0,0212} = 1,8^\circ\text{C,}$$

где L – длина трубок теплообменника, $L = 1,5$ м;
 $\Delta t_1'$ – перепад температур 1 теплоносителя на входе и выходе из теплообменника.

Коэффициент теплопередачи теплообменника:

$$K_{TO} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_c}{\lambda_{CT}} \cdot \frac{d_2}{d_1} + \frac{\delta_{НАК}}{\lambda_{НАК}} + \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{d}{d_1}} =$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{3061,2} + \frac{0,0028}{209,5} \cdot \frac{0,0268}{0,0212} + \frac{0,00055}{8,38} + \frac{1}{2121,5} \cdot \frac{0,0268}{0,0212}} = 1068 \text{ кДж/м}^2.$$

Значение усредненного температурного напора по поверхности теплообмена:

$$\bar{\Delta t} = \frac{t_1' - t_1''}{\ln \frac{t_1' - t_{2BX}}{t_1'' - t_{2BЫX}}} = \frac{95 - 71,7}{\ln \frac{95 - 70}{71,7 - 67}} = 13,9^\circ\text{C},$$

где t_{2BX} – температура 2 теплоносителя во входном сечении, $^\circ\text{C}$;

$t_{2BЫX}$ – температура 2 теплоносителя в выходном сечении, $^\circ\text{C}$.

Определим площадь поверхности теплообмена:

$$F_{TO} = \frac{(G_2 \cdot C_2 + M_K \cdot M_{CK}) \cdot (t_2'' - t_2')}{K_{TO} \cdot \bar{\Delta t} \cdot \tau_{AT}} = \frac{(1000 \cdot 4,19 + 420 \cdot 0,46) \cdot (70 - 10)}{1068 \cdot 13,9 \cdot 5} = 3,53 \text{ м}^2.$$

Коэффициент теплопередачи от наружной поверхности аккумулятора теплоты в окружающую среду:

$$K_{AT} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_K}{\lambda_C} + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{\delta_C}{\lambda_C} + \frac{1}{\alpha_4}} =$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{0,83} + \frac{0,005}{60} + \frac{0,1}{0,058} + \frac{0,001}{60} + \frac{1}{10,5}} = 0,3 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}.$$

Коэффициент B_2 :

$$B_2 = e^{\frac{K_{TO} \cdot F_{TO}}{G_1 \cdot C_1}} = e^{\frac{10683,53}{5004,19}} = 6,02.$$

Постоянная времени аккумулятора теплоты:

$$T_2 = \frac{B_2 \cdot (G_2 \cdot C_2 + M_K \cdot C_c)}{G_1 \cdot C_1 \cdot (B_2 + 1)} = \frac{6,02 \cdot (1000 \cdot 4,19 + 420 \cdot 0,46)}{500 \cdot 4,19 \cdot (6,02 + 1)} = 2,0.$$

Мощность водонагревателя для системы горячего водоснабжения:

$$P_{CГВ} = \frac{G_2 \cdot C_2 \cdot (t_2'' - t_2')}{3600 \cdot \eta \cdot \eta_{AT} \cdot \tau'_{AT}} = \frac{1000 \cdot 4,19 \cdot (70 - 10)}{3600 \cdot 0,99 \cdot 0,9 \cdot 7,5} = 15,5 \text{ кВт}.$$

Время нагрева воды в аккумуляторе теплоты до заданной температуры:

$$\tau_{AT} = T_2 \cdot \ln \frac{t_2'' - t_1' \cdot [(B_1 - 1) / ((B_2 + 1))]}{t_2'' - t_1' \cdot [(B_1 - 1) / ((B_2 + 1))]} = 2,0 \cdot \ln \frac{10 - 95 \frac{6,02 - 1}{6,02 + 1}}{70 - 95 \frac{6,02 - 1}{6,02 + 1}} = 5,07.$$

2.6 Расчет системы отопления помещений молочного блока

Исходные данные:

| | |
|--|--|
| Площадь помещений молочного блока | 56 м ² |
| Высота помещений | h = 2,8 м |
| Объем помещений | V = 576 м ³ |
| Площадь теплоотдающей поверхности помещений | S _T = 173 м ² |
| Среднегодовая температура для южной зоны РК | t _{OT} = - 4°С |
| Температура в помещениях | t _{ВН} = 18°С |
| Расход теплоносителя в контуре | G ₃ = 300 кг/ч |
| Продолжительность отопительного периода для южной зоны | τ _{OT} = 165 сут. |
| Коэффициент теплопередачи в окружающую среду | K _T = 0,58 Вт/м ² С |
| Удельная тепловая мощность радиаторов отопления | P _{уд} = 0,506 Т/экм |
| Поверхность нагрева одной секции для радиаторов | S _{уд} = 0,31 экм |
| Перепад температуры в радиаторе | Δt _{PO} = 10°С |
| Диаметр труб | d _{TP} = 0,02 м |
| Удельные теплопотери здания | q ₀ = 0,7 кДж/м ³ ·°С |
| Удельная теплоемкость воздуха | C _B = 1,0042 кДж/кг·°С |
| Плотность воздуха при +18°С | ρ _B = 1,89 кг/м ³ |
| Толщина стенки радиаторов отопления | δ _{C1} = 0,003 м |
| Коэффициенты теплоотдачи | α ₅ = 3051 Вт/м ² ·°С α ₆ = 37,8 Вт/м ² ·°С |

Расчет системы отопления

Тепловая мощность системы отопления:

$$P_{CO} = \frac{V \cdot [\rho_B \cdot C_B \cdot (t_{ВН} - t_{OT}) + q_0 \cdot (t_{ВН} - t_{OT})]}{3600 \cdot \eta} = \frac{576 \cdot (1,89 \cdot 1,0042 \cdot 2 + 0,7 \cdot 22)}{3600 \cdot 0,99} = 9,2 \text{ кВт.}$$

Разность температур внутри помещений и окружающей среды:

$$\Delta t_{CO} = t_{ВН} - t_{OT} = 18 - (-4) = 22 \text{ °С.}$$

Разность температур между стояком и внутренним воздухом:

$$\Delta t_{\text{СТ}} = t'_1 - t_{\text{ВН}} = 95 - 18 = 77 \text{ }^\circ\text{C}.$$

По номограмме находим теплоотдачу труб $P_{\text{ТР}} = 2,5$ кВт.
Теплоотдача радиатору отопления:

$$P_{\text{РО}} = P_{\text{СО}} - P_{\text{ТР}} = 9,2 - 2,5 = 6,7 \text{ кВт}.$$

Общая площадь поверхности нагрева радиаторов:

$$S_{\text{РО}} = \frac{P_{\text{РО}}}{P_{\text{уд}}} = \frac{6,7}{0,506} = 13,3 \text{ м}.$$

Количество радиаторов:

$$n_{\text{РО}} = \frac{S_{\text{РО}}}{S_{\text{уд}}} = \frac{13,3}{0,31} = 43 \text{ шт}.$$

Принимаем 7 радиаторов отопления М-140 по 6 секций каждый, общая площадь поверхности $S_{\text{СО}} = 18,8$ м.

Коэффициент теплопередачи системы отопления:

$$K_{\text{СО}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_5} + \frac{\delta_{\text{С1}}}{\lambda_{\text{С}}} + \frac{1}{\alpha_6}} = \frac{1}{\frac{1}{3051} + \frac{0,003}{209,5} + \frac{1}{37,8}} = 37,7 \text{ кДж/м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C}.$$

Коэффициент B_2 :

$$B_2 = e^{\frac{K_{\text{СО}} \cdot S_{\text{СО}}}{G_3 \cdot C_1}} = e^{\frac{32,7 \cdot 18,8}{300 \cdot 4,19}} = 1,75.$$

Постоянная времени системы отопления:

$$T_{\text{СО}} = \frac{B_2 \cdot V \cdot (\rho_B C_B + q_O)}{G_3 \cdot C_1 \cdot (B_2 + 1)} = \frac{1,75 \cdot 576 \cdot (1,89 \cdot 1,0042 + 0,7)}{300 \cdot 4,19 \cdot (1,75 + 1)} = 0,75.$$

Установившаяся температура в помещениях:

$$t_{уст} = t_{от} + \frac{P_{COM}}{3,6 \cdot K_T \cdot S_T} = (-4) + \frac{9200}{3,6 \cdot 0,58 \cdot 173} = 21,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Время нагрева обогреваемых помещений до установившейся температуры:

$$\tau'_{CO} = T_{CO} \cdot \ln \frac{t_{уст} - t_{ом}}{t_{уст} - t_{ВН}} = 0,75 \cdot \ln \frac{21,5 - (-4)}{21,5 - 18} = 1,49 \text{ ч.}$$

2.7 Разработка энергосберегающей технологии электротеплоснабжения молочного блока

Наиболее крупными потребителями горячей воды в АПК операцию колеблется от 0,33 до 5,34 литра на голову, а на один цикл доения расходуется являются молочные фермы, где суточный расход на одну технологическую от 17,2 до 4536 литров горячей воды с температурой 70°C в зависимости от типоразмера фермы и уровня механизации технологических процессов (таблица 2.8).

Технологическими, зооветеринарными и санитарными требованиями определяются нормы расхода горячей воды на производственные операции, связанные с технологией доения и содержания животных, а технологическими картами задаются суточные почасовые графики расхода горячей воды и пара.

Однако проведенный нами анализ данных различных авторов по нормам расхода горячей воды на санитарный уход за доильными оборудованием показывает значительные расхождения по некоторым пунктам. Это объясняется различным методическим подходом. В таблице 2.7 приводится сравнение расхода горячей воды на примере молочного блока на 400 голов.

Анализ данных таблицы показывает, что на одно доение расход горячей воды смешанной до различной температуры составляет по данным И.И.Архангельского 1660 л [10], по данным И.Ф.Кудрявцева – 2693 л [3], по полученным в КазНИИМЭСХ результатам испытаний – 2200 л. Следовательно, можно сделать вывод, что И.И.Архангельским предложена наиболее экономичная технология санитарного ухода за доильным оборудованием.

Хозяйственные испытания показали высокую энергоемкость процессов горячего водоснабжения технологических операций при обслуживании оборудования молочного блока, что вызывает необходимость поиска новых технологических подходов к решению проблемы энергосбережения.

В качестве одного из решений предлагается энергосберегающая технология теплоснабжения молочного блока, основанная на утилизации теплоты потоков пастеризованного молока и отработанной горячей воды.

Технологическая схема энергосберегающей технологии теплоснабжения молочного блока показана на рисунке 2.9. Принцип работы технологической схемы заключается в следующем.

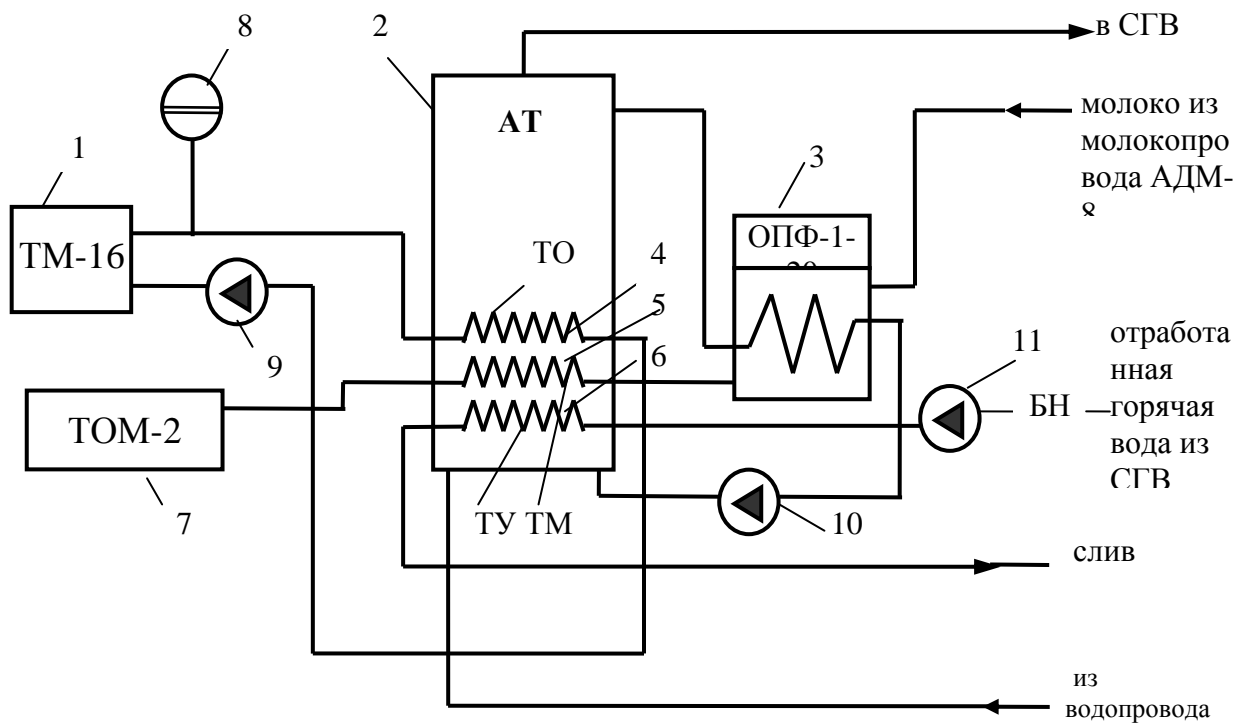
Горячая вода из теплоаккумулятора 2 подается насосом 10 в водяной контур пастеризатора 3. Парное молоко, поступающее по магистрали молокопровода доильной установки АДМ-8 попадает в пастеризатор 3 и, далее, подается в контур жидкостного теплообменника 5. В процессе теплообмена потока горячего молока с холодной водой, находящейся в нижней зоне теплоаккумулятора 2 происходит нагрев ее за счет теплоты молока. После этого охлажденное молоко поступает в танк-охладитель молока 7, где продолжает оставаться до окончания процесса доения коров.

Таблица 2.8 – Сравнение норм расхода горячей воды на санитарный уход за доильным оборудованием с результатами хозяйственных испытаний с доильной установкой АДМ-8

| Процесс (операция) | Расход горячей воды, л. | | |
|--------------------------------|-------------------------|---------------------------|---|
| | по И.Ф. Кудрявцеву | по И.И. Архангельскому | по результатам испытаний КазНИИМЭСХ |
| Подмывание вымени | 400 | 400 | 400 |
| Мытье доильных ведер | 40 | 35 | 40 |
| Мытье фляг | 220 | 45 | 80 |
| Промывка молокопроводов | 584 | 600 | 600 |
| Мытье доильных аппаратов | 712 | 300 | 400 |
| Мытье пастеризатора | 68 | 60 | 80 |
| Мытье молочных танков | 400 | 80 | 200 |
| Промывка оборудования | 196 | 60 | 100 |
| Промывка молочной автоцистерны | 73 | 80 | 120 |
| Всего на 1 доение | 2693 | 1660 | 2200 |
| Суточный расход, л/гол | 20,2 | 12,45 | 16,5 |

Поток отработанной горячей воды с температурой 32...40°C после выполнения технологических операций подается насосом 11 в теплообменник 6, где также отдает теплоту холодной воде в нижней зоне теплоаккумулятора 2, после чего сливается в канализацию. Холодная вода из водопровода, предварительно подогретая в нижней зоне теплоаккумулятора 2 теплообменниками 5 и 6, за счет конвекции поднимается в зону нагрева от теплообменника 4, где нагревается до заданной температуры.

Об эффективности энергосберегающей технологии говорит зависимость расхода электрической энергии, затрачиваемой на нагрев воды в теплоаккумуляторе, от объемов утилизации теплоты горячего пастеризованного молока и отработанной горячей воды, рассчитанная для поголовья от 50 до 400 голов (рисунок 2.10).



1 – электроводонагреватель ТМ – 16; 2 – аккумулятор горячей воды; 3 – пастеризатор молока; 4, 5, 6 – теплообменники ТО, ТУ, ТМ; 7 – танк-охладитель молока; 8 – расширительный бак; 9, 10, 11 – насосы циркуляционные.

Рисунок 2.9 – Технологическая схема утилизации теплоты в доильно-молочном блоке коровника

Обозначения линии на рисунке 2.14, A_1 – затраты электроэнергии при работе СЭТ без утилизации теплоты; A_2 – затраты электроэнергии при утилизации теплоты отработанной горячей воды; A_3 – затраты электроэнергии при утилизации теплоты отработанной воды пастеризованного молока.

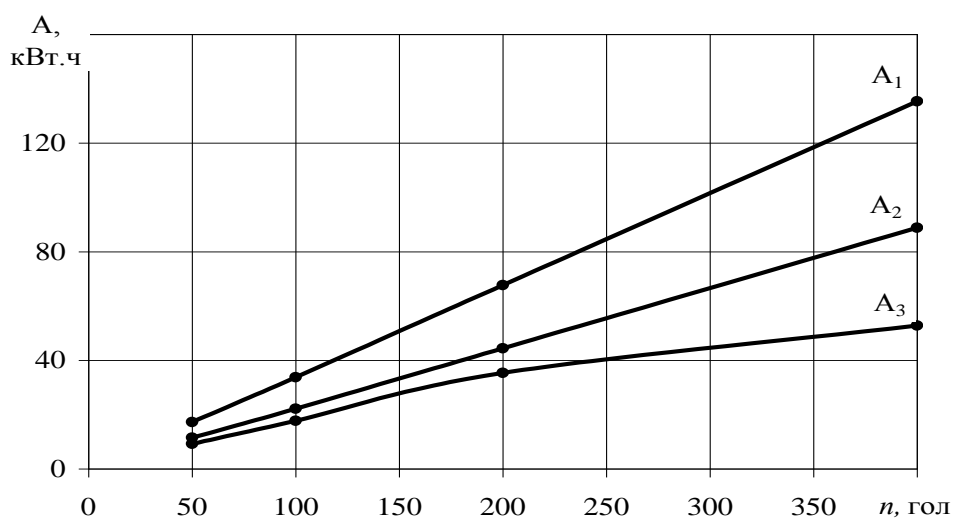


Рисунок 2.10 – Зависимость расхода электрической энергии на нагрев воды для технологических нужд молочного блока от обслуживаемого поголовья

При энергосберегающей технологии номинальная мощность электродного водонагревателя определяется по объему теплоаккумулятора АТ и расходам отработанной воды и пастеризованного молока:

$$P = \frac{Q_{AKK} - (Q_1 \cdot \eta_2 + Q_2 \cdot \eta_3)}{3600 \eta_1 \eta_4} = \frac{251400 - (24192 + 16848)}{3600 \cdot 0,99 \cdot 0,9} = 13,1 \text{ кВт},$$

где Q_{AKK} – потребное количество теплоты на нагрев теплоаккумулятора, кДж;

$\eta_1; \eta_2; \eta_3; \eta_4$ – к.п.д., соответственно, водонагревателя и теплообменников 4; 5; 6;

Q_1 – количество теплоты, полученное от отработанной воды в теплообменнике 5, кДж ($m_1 = 600$ л);

Q_2 – количество теплоты, полученное от пастеризованного молока в теплообменнике 6, кДж ($m_2 = 200$ л).

$$Q_1 = 600 \cdot 4,19 \cdot (32 - 20) \cdot 0,8 = 24192 \text{ кДж};$$

$$Q_2 = 200 \cdot 3,9 \cdot (47 - 20) \cdot 0,8 = 16848 \text{ кДж}.$$

Таким образом, работа теплового модуля ТМ-16 по энергосберегающей технологии позволяет снизить его номинальную мощность до 16 кВт, а расход электрической энергии на 34%, например, в молочном блоке на 200 коров он снижается с 67,7 до 44,4 кВт.ч на одно доение при утилизации теплоты отработанной воды и на 47% (с 67,7 до 35,4 кВт.ч) при дополнительной утилизации теплоты пастеризованного молока.

Согласно исследованиям ВИЭСХ внедрение систем децентрализованного электротеплоснабжения снижает энергозатраты на 20...30%, что соответствует полученным результатам.

3 Расчет режимов работы системы горячего водоснабжения

Расчеты проводились для следующих режимов работы: отопление производственных помещений и нагрев воды в аккумуляторе теплоты для системы горячего водоснабжения.

Средний суточный расход электроэнергии на отопление помещений площадью $73,2 \text{ м}^2$ колеблется в пределах $89,2 \dots 149,6 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ при изменении температуры наружного воздуха от 0 до -20°C , при этом обеспечиваются требуемые параметры микроклимата. Динамика изменения температур теплоносителей в системе отопления показана на рисунке 3.1. Как показывает анализ зависимостей, при температуре наружного воздуха -5°C разогрев системы до установившегося режима происходит за $1,83 \text{ ч}$, градиент температуры на входе и выходе из системы находится в интервале $9 \dots 16^\circ\text{C}$, расход электроэнергии – $20,6 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$.

Динамика изменения температур теплоносителей в аккумуляторе теплоты приведена на рисунке 3.1 анализ зависимостей говорит о том, что время нагрева воды в АТ до заданной температуры 70°C составляет $10,5 \text{ ч}$ при термосифонной циркуляции, при работе циркуляционного насоса производительностью $1,84 \text{ м}^3/\text{ч}$ – $13,8 \text{ ч}$ и при параллельном подключении к АТ двух модулей – $6,6 \text{ ч}$, что соответствует длительности ночных провалов графиков нагрузок энергосистем.

На рисунке 3.1 приводятся сезонный и интегральный графики расхода электроэнергии за отопительный период (165 дней).

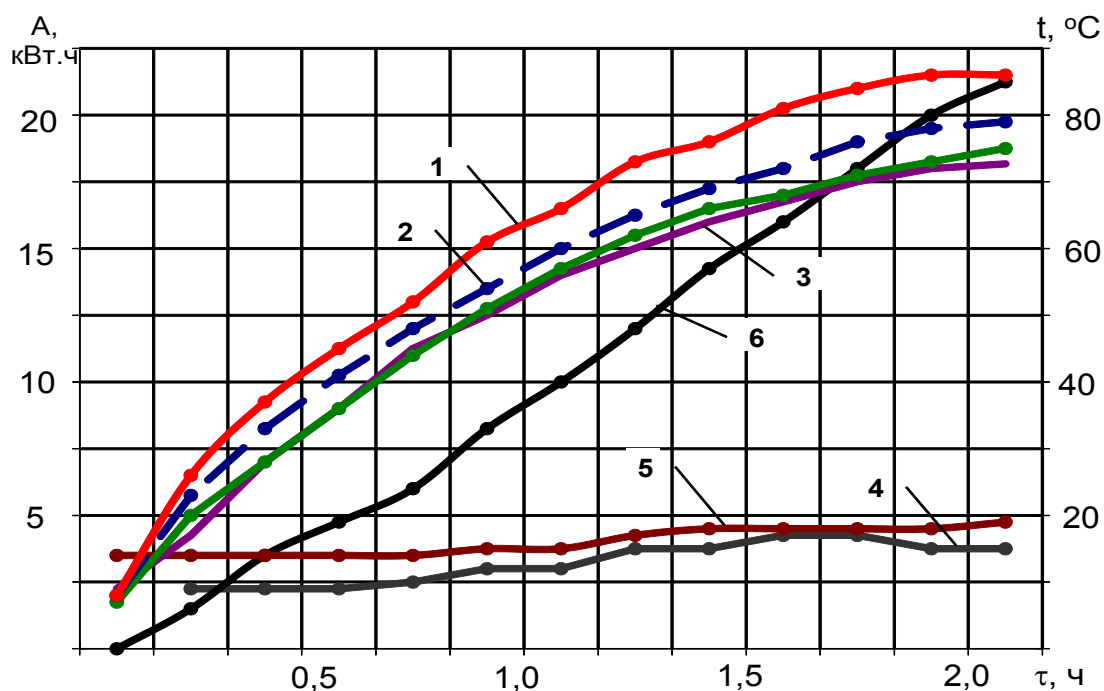


Рисунок 3.1 – Динамика изменения температур теплоносителей в системе отопления при температуре наружного воздуха $t_{\text{нар}} = -5^\circ\text{C}$

Обозначения линии по рисунку 3.1.:

1 – температура на выходе из ЭВН $t_{\text{ВЫХ}}$;

2 – температура в радиаторе СОМ $t_{\text{РО}}$;

3 – температура на входе в ЭВН $t_{\text{ВХ}}$;

4 – температурный градиент $\Delta t_{\text{СОМ}}$;

5 – температура внутри помещений $t_{\text{ВН}}$;

6 – расход электроэнергии A ;

- - - - - теоретическая зависимость.

Как видим, максимум отопительной нагрузки наступает в январе и составляет 4603 кВт.ч, а расход электроэнергии за сезон (165 дней) – 18109 кВт.ч.

Градиент температуры на входе и выходе из ТО колеблется в интервале 6...8°C, расход электроэнергии при принудительной циркуляции – 221 кВт.ч, усредненный температурный напор на поверхности теплообмена - 9°C.

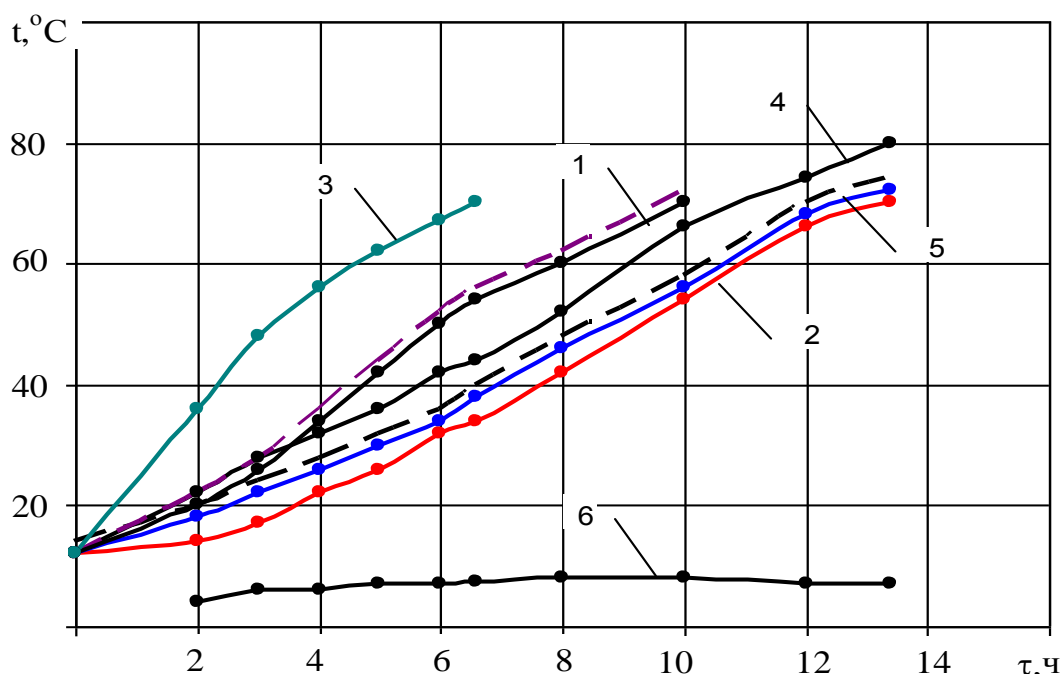


Рисунок 3.2 – Динамика изменения температур теплоносителей в АТ в различных режимах работы

На рисунке 3.2 показаны:

1 – температура в АТ при естественной циркуляции $t_{\text{АТ}}$;

2 – температура в АТ при принудительной циркуляции $t_{\text{АТ}}$;

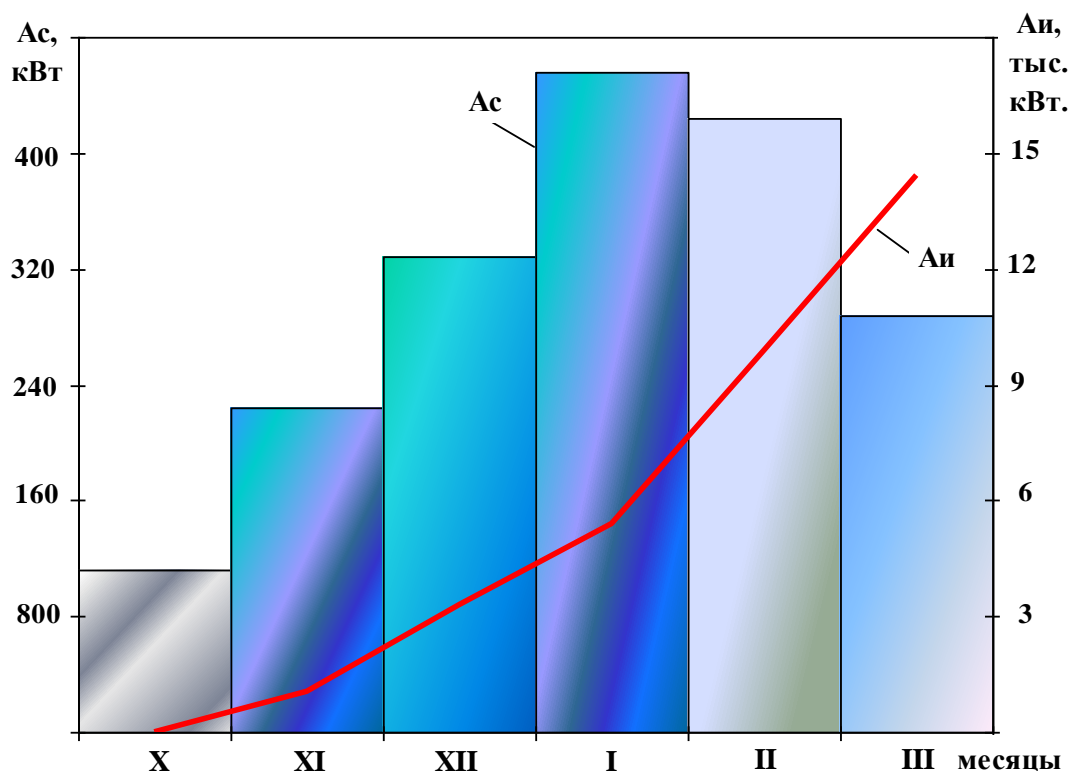
3 – температура в АТ при подключении двух тепловых модулей;

4, 5 – температура воды на входе $t''_{\text{ВХ}}$ и выходе из теплообменника

$t''_{\text{ВЫХ}}$;

6 – температурный градиент $\Delta t'_{\text{ТО}}$

----- – теоретические зависимости.



A_c – сезонный график расхода электроэнергии;

A_i – интегральный график расхода электроэнергии.

Рисунок 3.3 – Сезонный и интегральный графики расхода электроэнергии при работе СЭТ с электроводонагревателем за отопительный период

Таким образом, в результате испытаний определены основные параметры оборудования СЭТ в различных режимах работы в течение отопительного сезона в интервале температуры наружного воздуха $0^{\circ}\text{C} \dots -20^{\circ}\text{C}$.

Возросшие требования к теплогенерирующему оборудованию, сложность и многообразие технологических процессов, систем и технических средств требуют создания в коровниках единого методического подхода при построении систем электротеплообеспечения. Следовательно назрела необходимость в разработке электродных водонагревателей нового поколения с оптимальными параметрами и улучшенными эксплуатационными характеристиками.

4 Теплогидравлический расчет двухтрубной системы отопления

Принимаем согласно ОСТ 70.31.1-83 степень нагрева в ЭВН воды равной 25°C (температура горячей воды на выходе – 95°C, на входе – 70°C). По расчетной теплоотдаче нагревательных приборов определяем тепловые нагрузки на расчетные участки. Следует иметь в виду, что тепловые нагрузки на участок показывают по существу не количество тепла, а расход теплоносителей, который обеспечивает для нагревательных приборов подвод расчетного количества тепла. Поэтому на участках отводящих охлажденную воду от нагревательных приборов, принимаем то же количество тепла, что и на подающих трубопроводах.

Расход теплоносителя на расчетных участках системы:

$$\sigma = \frac{Q}{C \cdot \Delta t} = \frac{6750}{4,15 \cdot 25} = 64,4 \text{ кг/ч},$$

где Q – тепловая нагрузка участка;

$C = 4,19$ кДж/ч – теплоемкость теплоносителя;

$\Delta t = 25^\circ\text{C}$ – расчетная степень нагрева воды в системе отопления.

Скорость движения в трубопроводах:

$$R = \frac{4 \cdot \sigma \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot d^2 \cdot 3600} = \frac{4 \cdot 64,4 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,015^2 \cdot 3600} = 0,1 \text{ м/с}.$$

Удельные потери на трение:

$$R = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{V^2 \cdot \gamma}{2 \cdot g} = \frac{41 \cdot 10^{-3}}{0,015} \cdot 0,1 \cdot \frac{983,25}{2 \cdot 9,8} = 1,36 \text{ кг/м}^2,$$

где $\lambda = 41 \cdot 10^{-3}$ – коэффициент трения жидкости о стенки трубопровода;

$\gamma = 983,25$ кг/м³ – объемная масса теплоносителя.

Подсчитываем суммы коэффициентов местных сопротивлений на отдельных участках. Имея в виду, что местное сопротивление на границе двух участков (сопротивление тройников на проход и на противоток и на ответвление) относятся к участкам с меньшей нагрузкой.

Все вычисления заносим в таблицу 4.1.

Так же вычисления по расчетам циркуляционного насоса кольца, проходящего через аккумулятор теплоты АТ на участке 14, заносим в таблицу 4.2.

Таблица 4.1 Расчет циркуляционного кольца, проходящего через радиатор №1

| № участка | Тепловая нагрузка, кДж/ч | Нагрузка G, кг/ч | Длина, l, м | Данные расчета | | | | | |
|-----------|--------------------------|------------------|-------------|----------------|--------|-------------------------|-----------------------|------|----------------------|
| | | | | d, мм | V, м/с | R, кг/м ² ·м | Rl, кг/м ² | Σε | Z, кг/м ³ |
| 1 | 6750 | 64,4 | 6 | 15 | 0,1 | 1,36 | 8,16 | 3 | 1,5 |
| 2 | 20970 | 200 | 1,7 | 20 | 0,18 | 3,3 | 5,6 | 3 | 4,86 |
| 3 | 34500 | 330,1 | 2,2 | 20 | 0,29 | 8,6 | 18,9 | 3 | 12,6 |
| 4 | 41250 | 390,7 | 2,0 | 20 | 0,35 | 12,5 | 25 | 3 | 18,3 |
| 5 | 48000 | 459,3 | 5,6 | 20 | 0,1 | 16,4 | 91,8 | 4,25 | 36 |
| 6 | 90000 | 861,2 | 2,0 | 20 | 0,76 | 59,2 | 118,4 | 5,75 | 161,1 |
| 7 | 48000 | 459,3 | 5,6 | 20 | 0,4 | 16,4 | 91,8 | 3 | 36 |
| 8 | 41250 | 394,7 | 2,0 | 20 | 0,35 | 12,5 | 25 | 3 | 18,3 |
| 9 | 34500 | 330,1 | 2,2 | 20 | 0,29 | 8,6 | 18,9 | 3 | 12,6 |
| 10 | 20970 | 200 | 11,7 | 20 | 0,18 | 3,3 | 38,6 | 7 | 11,3 |
| Итого | | | | | | | 442,2 | – | 312,6 |

Таблица 4.2 Расчет циркуляционного насоса кольца, проходящего через аккумулятор теплоты АТ (участок 11)

| Тепловая нагрузка, кДж/ч | Нагрузка G, кг/ч | Длина, l, м | Данные расчета | | | | | |
|--------------------------|------------------|-------------|----------------|--------|-------------------------|-----------------------|------|----------------------|
| | | | d, мм | V, м/с | R, кг/м ² ·м | Rl, кг/м ² | Σε | Z, кг/м ³ |
| 42000 | 401 | 20 | 20 | 0,35 | 12,6 | 252 | 4,25 | 26,8 |

$$\Sigma (R l + Z)_{14} = (252 + 26,8) = 278 \text{ кг/м}^2.$$

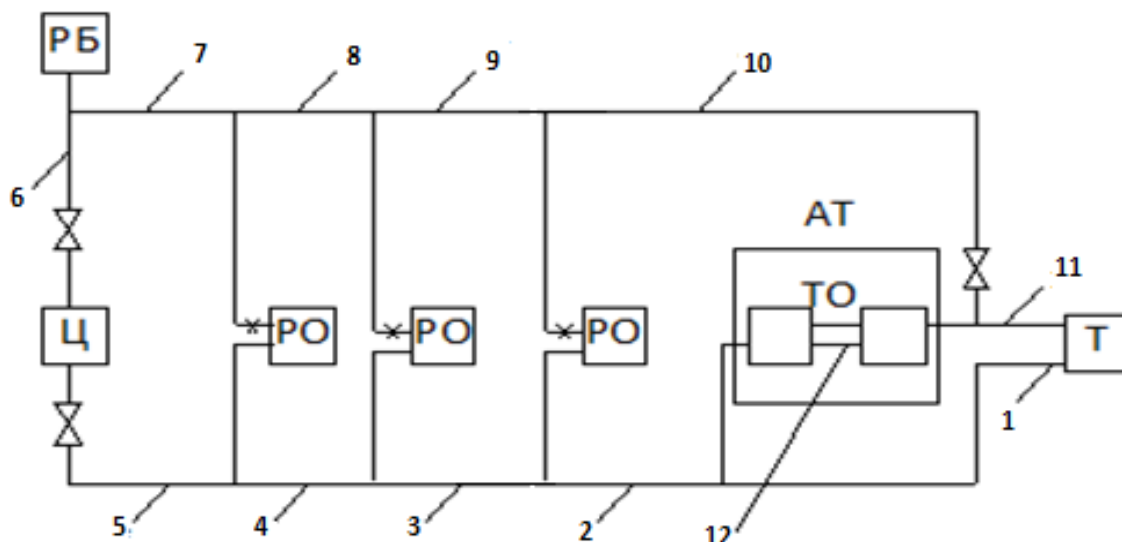
Общая потеря давления в трубопроводах:

$$\Sigma (R l + Z)_{1-10} = (442,2 + 312,6) = 754,8 \text{ кг/м}^3.$$

Определяем потери давления в местных сопротивлениях:

$$Z = 50 \Sigma \xi v^2 = 50 \cdot 3 \cdot 0,1^2 = 1,5 \text{ кг/м}^3.$$

Расчетная схема системы водяного отопления помещений молочного блока показана на рисунке 4.1.



РБ – расширительный бак; ЦН – циркуляционный насос; РО – радиаторы отопления; АТ – аккумулятор теплоты; ТО – теплообменник; ТМ - тепловой модуль; 1-12 – номера участков.

Рисунок 4.1 – Расчетная схема водяной двухтрубной системы отопления помещений молочного блока

На участке 2 отвод под 90° ; $d = 20$ мм; $\varepsilon = 1$; два тройника на проход теплоносителя $\xi = 2$, $\Sigma\xi = 3$;

На участке 3, тройник на противотоке $\xi = 3$, $\Sigma\xi = 3$;

На участке 4, тройник на противотоке $\xi = 3$, $\Sigma\xi = 3$;

На участке 5, тройник на поворот теплоносителя $\xi = 1,5$, отвод под 90° ; $d = 20$ мм, $\xi = 1$, запорная арматура $\xi = 0,5$. половина водонагревателя (сопротивление на вход теплоносителя) $\xi = 1,25$, $\Sigma\xi = 4,25$;

На участке 6 половина котла (сопротивление на выход) $\xi = 1,25$, отвод под 90° ; $d = 20$ мм, $\xi = 1$, задвижка $\xi = 0,5$, тройник на противоток $\xi = 3$, $\Sigma\xi = 5,75$.

На участке 7 тройник на повороте $\xi = 3$, $\Sigma\xi = 3$.

На участке 8 тройник на повороте $\xi = 3$, $\Sigma\xi = 3$.

На участке 9 тройник на повороте $\xi = 3$, $\Sigma\xi = 3$.

На участке 10 тройник на повороте $\xi = 3$ и четыре поворота под углом 90° ; $\xi = 4$, $\Sigma\xi = 7$.

На участке 11 тройник на повороте $\xi = 1,5$, кран двойной регулировки $d = 15$ мм, $\xi = 4$, половина радиатора (имеется в виду вход в нагревательный прибор) $\xi = 1$, $\Sigma\xi = 6,5$.

5 Экономическая часть

5.1 Расчет потребности фермы в тепловой энергии

Технологические процессы, потребляющие тепловую энергию – горячее водоснабжение, создание микроклимата (отопление, подогрев приточного воздуха). В этом разделе определяются годовые потребности в тепловой энергии.

Годовой расход тепла на поение:

$$Q = m \cdot c \cdot (t_{\text{ГВ}} - t_{\text{ХВ}}) \cdot 350 = 65 \cdot 100 \cdot 1 \cdot (12 - 10) \cdot 350 = 4,5 \text{ Гкал/год},$$

где m – суточный расход горячей воды, 65 л/сут на голову КРС;

c – удельная теплоемкость воды, 1 ккал/кг;

$t_{\text{ГВ}}, t_{\text{ХВ}}$ – температура горячей и холодной воды (10°C) $^\circ\text{C}$;

350 – число дней нахождения дойных коров на ферме в год.

Годовой расход тепла на кормоприготовление (запарка кормов) определяется по аналогичной формуле:

$$Q_{\text{КП}} = K_{\text{к}} \cdot C_{\text{к}} \cdot (t_{\text{н}} - t_{\text{к}}) \cdot 350 = 3 \cdot 100 \cdot 0,86 \cdot (90 - 20) \cdot 350 = 6,3 \text{ Гкал/год},$$

где K – количество запариваемого картофельного корма = 3 кг/сут;

C – теплоемкость картофельного корма = 0,86 ккал/кг;

$t_{\text{н}}; t_{\text{к}}$ – начальная и конечная температура запариваемого корма, 90-20 $^\circ\text{C}$;

350 – число дней нахождения дойных коров на ферме в год.

$$Q_{\text{КП}} = K_{\text{с}} \cdot C_{\text{с}} \cdot (t_{\text{н}} - t_{\text{к}}) \cdot 350 = 3 \cdot 100 \cdot 0,9 \cdot (90 - 20) \cdot 350 = 6,6 \text{ Гкал/год},$$

где K – количество запариваемого свекольного корма = 3 кг/сут;

C – теплоемкость свекольного корма = 0,9 ккал/кг;

$$Q_{\text{КП}} = K_{\text{с}} \cdot C_{\text{с}} \cdot (t_{\text{н}} - t_{\text{к}}) \cdot 350 = 3 \cdot 100 \cdot 0,89 \cdot (90 - 20) \cdot 350 = 6,5 \text{ Гкал/год},$$

где K – количество запариваемого морковного корма = 3 кг/сут;

C – теплоемкость морковного корма = 0,89 ккал/кг.

Годовой расход тепла на горячее водоснабжение для мытья молочного оборудования.

$$Q = m \cdot c \cdot (t_{\text{ГВ}} - t_{\text{ХВ}}) \cdot 350 = 6,3 \cdot 100 \cdot 1 \cdot (70 - 50) \cdot 350 = 4,41 \text{ Гкал/год},$$

где m – суточный расход горячей воды, 6,3 л/сут;

c – удельная теплоемкость воды, 1 ккал/кг;
 $t_{гв}, t_{хв}$ – температура горячей и холодной воды (50°C) $^{\circ}\text{C}$;
 350 – число дней нахождения дойных коров на ферме в год.

Расход тепловой энергии на создание микроклимата Q_p определяется на основе уравнения теплового баланса животноводческого помещения:

$$Q_p = Q_T + Q_B + Q_{и} - Q_{ж}, \text{ ккал/час,}$$

где Q_T – теплопотери здания, ккал/ч;
 Q_B – расход тепла на подогрев приточного воздуха, ккал/ч;
 $Q_{и}$ – расход тепла на испарение влаги со смоченных поверхностей, ккал/ч;
 $Q_{ж}$ – количество свободной теплоты, выделяемой животными, ккал/ч.

Расчеты всех составляющих уравнения теплового баланса проводятся в пятиградусном интервале температур, без учета числа часов стояния температур наружного воздуха, т.е. определяются часовые нагрузки. Годовой расход тепла на покрытие теплопотерь здания покрывается за счет отопления, и определяется по формуле:

$$Q_T = q_0 \cdot a \cdot V_H \cdot (t_B - t_{ср.от}) = 0,25 \cdot 1,05 \cdot 14,5 \cdot (-40) = -152,3 \text{ тыс. ккал/ч,}$$

где q_0 – удельная тепловая характеристика зданий, $0,25 \text{ ккал /м}^3 \text{ ч } ^{\circ}\text{C}$;
 a – коэффициент инфильтрации наружного воздуха, $= 1,05$;
 V_H – объем здания по наружному обмеру, 14500 м^3 ;
 t_B – температура воздуха внутри помещений, $^{\circ}\text{C}$;
 $t_{ср.от}$ – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, $^{\circ}\text{C}$.

$$Q_T = q_0 \cdot a \cdot V_H \cdot (t_B - t_{ср.от}) = 0,25 \cdot 1,05 \cdot 14,5 \cdot (-35) = -133,2 \text{ тыс. ккал/ч,}$$

$$Q_T = q_0 \cdot a \cdot V_H \cdot (t_B - t_{ср.от}) = 0,25 \cdot 1,05 \cdot 14,5 \cdot (-30) = -114,18 \text{ тыс. ккал/ч,}$$

$$Q_T = q_0 \cdot a \cdot V_H \cdot (t_B - t_{ср.от}) = 0,25 \cdot 1,05 \cdot 14,5 \cdot (-25) = -95,15 \text{ тыс. ккал/ч,}$$

$$Q_T = q_0 \cdot a \cdot V_H \cdot (t_B - t_{ср.от}) = 0,25 \cdot 1,05 \cdot 14,5 \cdot (-20) = -76,12 \text{ тыс. ккал/ч,}$$

$$Q_T = q_0 \cdot a \cdot V_H \cdot (t_B - t_{ср.от}) = 0,25 \cdot 1,05 \cdot 14,5 \cdot (-15) = -57,1 \text{ тыс. ккал/ч,}$$

$$Q_T = q_0 \cdot a \cdot V_H \cdot (t_B - t_{cp.ot}) = 0,25 \cdot 1,05 \cdot 14,5 \cdot (-10) = -38 \text{ тыс. ккал/ч,}$$

$$Q_T = q_0 \cdot a \cdot V_H \cdot (t_B - t_{cp.ot}) = 0,25 \cdot 1,05 \cdot 14,5 \cdot 5 = 19 \text{ тыс. ккал/ч.}$$

Расход тепла, необходимый для подогрева приточного воздуха зависит от его объема. Величина необходимого объема приточного воздуха определяется по влаге (L_B) для животноводческих помещений.

$$L = \frac{W}{(d_B - d_H) \cdot \rho} = \frac{408 \cdot 100}{(5,3 - 0,3) \cdot 1,223} = 6672 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где W – суммарное влаговыделение в помещении, г;

d_B, d_H – влагосодержание внутреннего и приточного воздуха, г/м³.

ρ – плотность воздуха при $t_B = 10^\circ\text{C}$ составляет 1,223 кг/м³

$$L = \frac{W}{(d_B - d_H) \cdot \rho} = \frac{408 \cdot 100}{(5,3 - 0,5) \cdot 1,223} = 6950 \text{ м}^3/\text{ч},$$

$$L = \frac{W}{(d_B - d_H) \cdot \rho} = \frac{408 \cdot 100}{(5,3 - 0,6) \cdot 1,223} = 7092 \text{ м}^3/\text{ч},$$

$$L = \frac{W}{(d_B - d_H) \cdot \rho} = \frac{408 \cdot 100}{(5,3 - 0,9) \cdot 1,223} = 7581 \text{ м}^3/\text{ч},$$

$$L = \frac{W}{(d_B - d_H) \cdot \rho} = \frac{408 \cdot 100}{(5,3 - 1,3) \cdot 1,223} = 8340 \text{ м}^3/\text{ч},$$

$$L = \frac{W}{(d_B - d_H) \cdot \rho} = \frac{408 \cdot 100}{(5,3 - 1,9) \cdot 1,223} = 9811 \text{ м}^3/\text{ч},$$

$$L = \frac{W}{(d_B - d_H) \cdot \rho} = \frac{408 \cdot 100}{(5,3 - 2,5) \cdot 1,223} = 11914 \text{ м}^3/\text{ч},$$

$$L = \frac{W}{(d_B - d_H) \cdot \rho} = \frac{408 \cdot 100}{(5,3 - 3,3) \cdot 1,223} = 16806 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Величина влаговыделений в помещении W складывается из влаговыделений животных $W_{ж}$ и испаренной влаги со смоченных поверхностей $W_{и}$, т.е.:

$$W = W_{ж} + W_{и} = 40,8 + 4,08 = 44880;$$

$$W_{ж} = W_{ж}^0 \cdot n = 408 \cdot 100 = 40,8 \text{ тыс г/ч};$$

$$W_{и} = W_{ж} \cdot e = 40,8 \cdot 0,1 = 4,08 \text{ тыс г/ч},$$

где $W_{ж}^0$ – свободное влаговыделение животных при $t_b=10^{\circ}\text{C}$, г/ч
 e – коэффициент, учитывающий испарение влаги со смоченных поверхностей, принимается в зависимости от условий содержания животных (0,1 – 0,25);

n – количество голов скота в помещении, 100 гол.

Расход тепла на подогрев приточного воздуха определяется из выражения:

$$Q_B = L_B \cdot c_B \cdot (t_B - t_H) = 16806 \cdot 0,24 \cdot (-40) = -161 \text{ ккал/ч,}$$

где L_B – воздухообмен в помещении, $\text{м}^3/\text{ч}$;
 c_B – теплоемкость воздуха при соответствующих значениях, $0,24 \text{ ккал/м}^3 \cdot ^{\circ}\text{C}$;
 t_B, t_H – температура внутреннего (10) и наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$.

$$Q_B = L_B \cdot c_B \cdot (t_B - t_H) = 6672 \cdot 0,24 \cdot (-35) = -56,03 \text{ тыс. ккал/ч,}$$

$$Q_B = L_B \cdot c_B \cdot (t_B - t_H) = 6950 \cdot 0,24 \cdot (-30) = -50,04 \text{ тыс. ккал/ч,}$$

$$Q_B = L_B \cdot c_B \cdot (t_B - t_H) = 7092 \cdot 0,24 \cdot (-25) = -42,55 \text{ тыс. ккал/ч,}$$

$$Q_B = L_B \cdot c_B \cdot (t_B - t_H) = 7581 \cdot 0,24 \cdot (-20) = -36,4 \text{ тыс. ккал/ч,}$$

$$Q_B = L_B \cdot c_B \cdot (t_B - t_H) = 8340 \cdot 0,24 \cdot (-15) = -30,02 \text{ тыс. ккал/ч,}$$

$$Q_B = L_B \cdot c_B \cdot (t_B - t_H) = 9811 \cdot 0,24 \cdot (-10) = -23,55 \text{ тыс. ккал/ч,}$$

$$Q_B = L_B \cdot c_B \cdot (t_B - t_H) = 11914 \cdot 0,24 \cdot 5 = 14,29 \text{ тыс. ккал/ч.}$$

Расход тепла на испарение влаги определяется:

$$Q_{и} = 600 \cdot W_{и} = 600 \cdot 40,8 = 24,5 \text{ тыс. ккал/ч,}$$

где 600 – тепло, необходимое для превращения 1 кг воды в пар, ккал/кг;
 $W_{и}$ - количество влаги, выделяющейся со смоченных поверхностей, кг;
 Количество тепла, выделяемого животными можно получить:

$$Q_{ж} = Q_{ж}^{св} \cdot k_t \cdot 1,03 \cdot n = 510 \cdot 1,0 \cdot 1,03 \cdot 100 = 52,5 \text{ тыс. ккал/ч,}$$

где $Q_{ж}^{св}$ – количество свободного тепла, выделяемого животными при $t_b=10^{\circ}\text{C}$;

k_t – поправочный коэффициент, учитывающий изменение тепловыделений от $t_b=10$ °С;

1,03 – увеличение тепловыделений при повышении влажности воздуха до 85%.

n – поголовье животных.

Расчет потребности в тепловой энергии (часовые значения) составляющих на создание микроклимата заносится в таблицу 5.1 (тыс. ккал/час).

Таблица 5.1 – Расчет потребности в тепловой энергии

| | -45-40 | -40-35 | -35-30 | -30-25 | -25-20 | -20-15 | -15-10 | -10-5 |
|------------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Q_T - | -152,3 | -133,2 | -114,18 | -95,15 | -76,12 | -57,1 | -38 | +19 |
| Q_B - | -140 | -56,03 | -50,04 | -42,54 | -36,38 | -30,24 | -23,52 | +14,28 |
| $Q_{и}$ - | 24,5 | 24,5 | 24,5 | 24,5 | 24,5 | 24,5 | 24,5 | 24,5 |
| $Q_{ж}$ + | 52,5 | 52,5 | 52,5 | 52,5 | 52,5 | 52,5 | 52,5 | 52,5 |
| Q_p | -0,37 | -0,26 | -0,24 | -0,21 | -0,18 | -0,16 | +0,13 | +0,058 |
| T час | ----- | ----- | 1 | 10 | 43 | 163 | 389 | 738 |
| $Q_{сумм}$ | -0,37 | -0,26 | -0,24 | -2,1 | -7,74 | -26,08 | +50,57 | +42,8 |

В каждом диапазоне стояния температур наружного воздуха суммируются значения Q_T ; Q_B ; $Q_{и}$ (это потребность фермы в тепле) из которых вычитаются значения $Q_{ж}$ (тепловыделение тепла животными) и заносятся в строку Q_p со знаком минус или плюс. Plusовое значение показывает, что подвода тепла на ферму не требуется.

5.2 Расход электроэнергии на силовые стационарные процессы животноводческой фермы

Для определения годового расхода электроэнергии на силовые стационарные процессы животноводческой фермы дойных коров выбираются силовые процессы, чем крупнее ферма, тем выше уровень электрификации технологических процессов.

Порядок расчета: значения годового расхода электроэнергии технологического процесса на голову скота перемножаются на поголовье скота и получается годовая потребность этого процесса в электроэнергии. Годовые потребности технологических процессов суммируются в общее потребление фермы в электроэнергии. Деление суммарного электропотребления фермы на поголовье скота даст удельный расход электроэнергии на голову скота. В таблице 5.2 показан годовой расход электроэнергии технологических процессов.

Таблица 5.2 – Годовой расход электроэнергии технологических процессов

| Виды животных Фермы КРС (на одну голову) Привязное содержание | кВтч/год |
|---|----------|
| Коровник | 27,0 |
| Кормоприготовление | 16,0 |
| Раздача грубых и сочных кормов | 23,4 |
| Уборка навоза | 32,0 |
| Водоснабжение (эл. привод) | 80,0 |
| Доеение коров: | 50,0 |
| в стойлах в молокопровод | 60,0 |
| в стойлах переносными аппаратами | 35,0 |
| в стойлах доильной площадки | 42,0 |
| Обработка молока (очистка, охлаждение, сепарирование) | 12,0 |

1. Кормоприготовление: $\mathcal{E}_{\text{год}} = 27,0 \cdot 100 = 2700$ кВтч/год;

2. Раздача грубых, сочных кормов: $\mathcal{E}_{\text{год}} = 16,0 \cdot 100 = 1600$ кВтч/год;

3. Уборка навоза: $\mathcal{E}_{\text{год}} = 23,4 \cdot 100 = 2340$ кВтч/год;

4. Водоснабжение (эл. привод): $\mathcal{E}_{\text{год}} = 32,0 \cdot 100 = 3200$ кВтч/год;

5. Доеение коров (в стойлах в молокопровод):

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = 80 \cdot 100 = 8000 \text{ кВтч/год};$$

6. Обработка молока (очистка, охлаждение, сепарирование):

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = 35 \cdot 100 = 3500 \text{ кВтч/год};$$

7. Освещение: $\mathcal{E}_{\text{год}} = 42 \cdot 100 = 4200$ кВтч/год;

8. Прочие процессы: $\mathcal{E}_{\text{год}} = 12 \cdot 100 = 1200$ кВтч/год.

9. Вентиляция – приточная с подогревом воздуха электрокалорифером,
вытяжная – естественная:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = 60 \cdot 100 = 6000 \text{ кВтч/год}$$

$$\begin{aligned} \sum_{\text{год}} \mathcal{E} &= 2700 + 1600 + 2340 + 3200 + 8000 + 3500 + 4200 + 1200 + 6000 \\ &= 32740 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год}; \end{aligned}$$

$$\frac{\sum \mathcal{E}_{\text{год}}}{n} = \frac{32740}{100} = 327,4 \text{ кВт} \cdot \text{ч гол/год.}$$

5.3 Построение графиков энергопотребления фермы

Суточные графики потребления электрической и тепловой энергии строятся отдельно.

Делением годовой потребности конкретного процесса в тепловой и электрической энергии на число часов работы технологического процесса получается часовая нагрузка. Часовые нагрузки технологических процессов в масштабе наносятся на график (на одной оси – ккал/ час или кВт/час на другой от 0 до 24 часов) в соответствии со временем потребления. Часовая потребность в тепловой энергии на создание микроклимата наносится на график теплоснабжения по максимальному значению Q_p на все 24 часа прямой линией. Аналогично наносится часовая электрическая нагрузка на привод приточной и вытяжной вентиляции. График тепловых процессов указана на рисунке 1, график силовых процессов показана на рисунке 2.

1. Поение животных:

Коровы с 5 до 6 – 22л; с 12 до 13 – 22 л; с 19 до 20 – 21 л в сутки 65 л с темп. 8-12°C: $3 \cdot 350 = 1050 \text{ час/год}$

$$Q_1 = m_1 \cdot c \cdot (t_{\text{гв}} - t_{\text{хв}})/T = 65 \cdot 100 \cdot 1 \cdot (12 - 10)/1050 = 12,3 \text{ ккал/год.}$$

2. Обмывка вымени с 4 до 5 – 0,6 л; с 19 до 20 – 0,45 л; в сутки 1 л с темп. 37-38°C: $2 \cdot 350 = 700 \text{ час/год}$

$$Q_2 = m_2 \cdot c \cdot (t_{\text{гв}} - t_{\text{хв}})/T = 3 \cdot 100 \cdot 1 \cdot (38 - 10)/700 = 12 \text{ ккал/год.}$$

3. Мытье дойной посуды с 5 до 6 – 0,7 л; с 20 до 21 – 0,7 л в сутки 1,4 л с темп. 55-65°C: $2 \cdot 350 = 700 \text{ час/год}$

$$Q_3 = m_3 \cdot c \cdot (t_{\text{гв}} - t_{\text{хв}})/T = 1,6 \cdot 100 \cdot 1 \cdot (55 - 10)/700 = 10,3 \text{ ккал/год.}$$

4. Доильный зал: мойка Д.А. с 4 до 5 – 3 л; с 12 до 13 – 3 л; с 19 до 20 – 3 л в сутки 9л с темп. 90°C: $3 \cdot 350 = 1050 \text{ час/год}$

$$Q_4 = m_4 \cdot c \cdot (t_{ГВ} - t_{ХВ})/T = 0,7 \cdot 200 \cdot 1 \cdot (90 - 10)/1050 = 5,3 \text{ ккал/год.}$$

5. Мойка молокопровода: С 4 до 5 – 0,6; с 12 до 13 – 0,6 л; с 19 до 20 – 0,6 л в сутки 1,8 л с темп. 55-65°С: $3 \cdot 350 = 1050$ час/год

$$Q_5 = m_5 \cdot c \cdot (t_{ГВ} - t_{ХВ})/T = 0,3 \cdot 200 \cdot 1 \cdot (65 - 10)/1050 = 1,57 \text{ ккал/год.}$$

Силовые процессы:

1. Освещение - с 0 до 23 – круглосуточно

$$\text{Э}_Г = 42 \cdot 100/8400 = 0,5 \text{ кВт.}$$

2. Вентиляция - с 0 до 24 – круглосуточно

$$\text{Э}_Г = 60 \cdot 100/8400 = 0,7 \text{ кВт.}$$

3. Уборка помещений - с 6 до 7 + с 14 до 15 + 20 до 21

$$\text{Э}_Г = 23,4 \cdot 100/1050 = 2,2 \text{ кВт.}$$

4. Дойка – с 5 до 6 + с 19 до 20

$$\text{Э}_Г = 80 \cdot 100/700 = 11,4 \text{ кВт.}$$

5. Кормоприготовление – с 4 до 5 + с 13 до 14 + 18-19

$$\text{Э}_Г = 27,0 \cdot 100/1050 = 2,57 \text{ кВт.}$$

6. Поение – с 5 до 6 + с 12 до 13 + с 19 до 20

$$\text{Э}_Г = 32,0 \cdot 100/1050 = 3 \text{ кВт.}$$

7. Обработка молока – 6-7 + 20-21

$$\text{Э}_Г = 35 \cdot 100/700 = 5 \text{ кВт.}$$

8. Прочие процессы – 8-10 + 20-21

$$\text{Э}_Г = 12 \cdot 100/1050 = 1,15 \text{ кВт.}$$

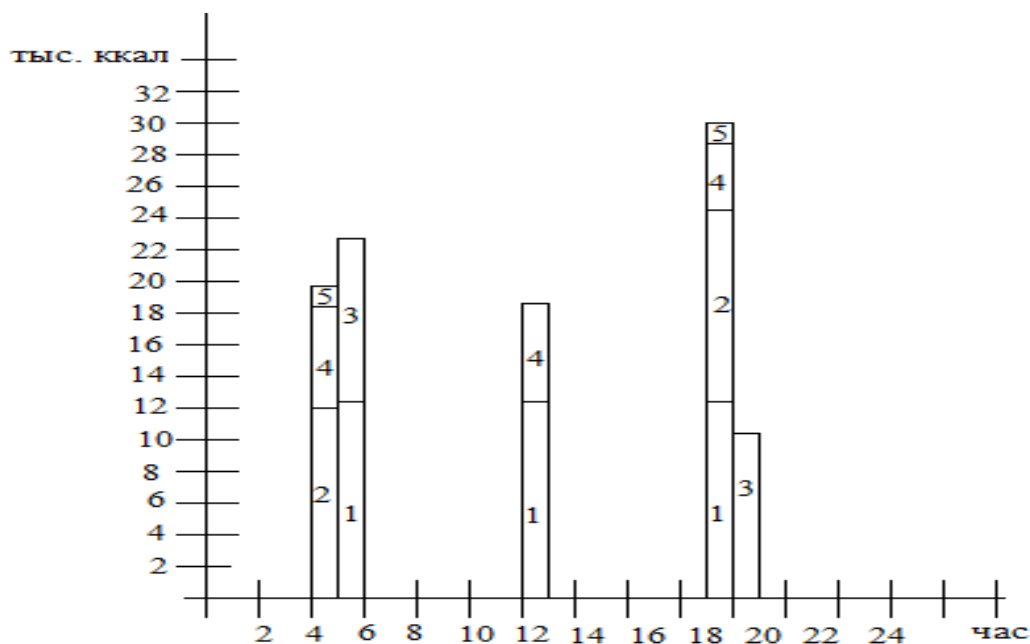


Рисунок 5.1 График тепловых процессов коровника

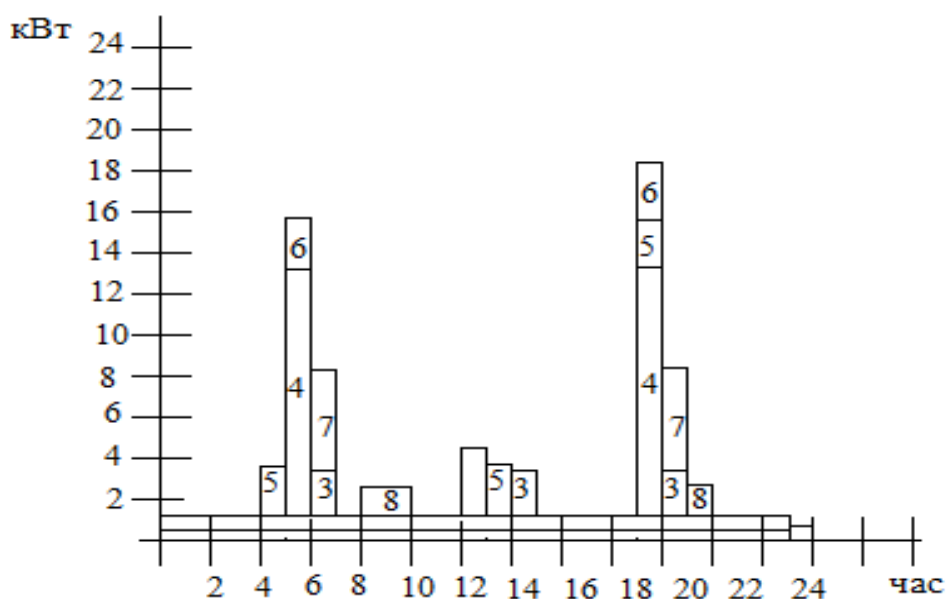


Рисунок 5.2 График силовых процессов коровника

5.4 Расчет себестоимости

Известно, что чем меньше потребитель, чем более высококачественный энергоресурс используется для покрытия тепловых нагрузок. На практике покрытие потребности таких животноводческих ферм в тепловой энергии

зачастую происходит за счет электрической энергии. Если потребление электроэнергии для тепловых процессов происходит в любое время графика электрической нагрузки системы, то это базисное электротеплообеспечение (БЭТС).

В связи с тем, что силовые процессы коровника потребляют электрическую энергию по свободному графику электропотребления, то затраты на привод стационарных силовых процессов в обоих вариантах будут одинаковыми. Поэтому затраты на электроснабжение силовых процессов в дальнейшем не рассматриваются, а рассматриваются только вариант теплоснабжения по свободному режиму потребления (базисное).

Затраты по первому варианту на систему электротеплоснабжения (БЭТС) следующие:

$$Z_{\text{БЭТС}} = (Z_{\text{об}} + Z_{\text{смп}}) + Z_{\text{эл}} + Z_{\text{зп}} + Z_{\text{тек.рем}} + Z_{\text{проч}}$$

где $Z_{\text{об}}$ – затраты на электродный котел ЭВН-Термекс-700 стоимостью 12500 тг;

$Z_{\text{смп}}$ – затраты суммарные от ОПФ на 10%:

$$Z_{\text{смп}} = Z_{\text{об}} \cdot 0,1 = 12 \cdot 0,1 = 1,2 \text{ тыс. тг.}$$

$Z_{\text{ээ.п/п}}$ – затраты на электроэнергию, тарифу 15,19 тг/кВт·ч: перевод Гкал на кВт с $\eta=0,9=1280$

$$\sum 32,7 \text{ Гкал} = 32,7 \cdot 1280 = 41856 \text{ кВт} \cdot \text{ч};$$

$$41856 \cdot 15,19 = 635,8 \text{ тыс. тг.}$$

$Z_{\text{зп}}$ – заработная плата электриков (молочный комплекс который состоит из 4 объектов, количество персонала выбирается 2 человека) и затраты на заработную плату определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{зп}} = \text{чел} \cdot 12 \cdot 55 \cdot 1,215 = 2 \cdot 12 \cdot 55 \cdot 1,215 = 1603 \text{ тыс. тг.}$$

Из их общей заработной платы на обслуживание ЭВН приходится, порядка, 100тыс.тг.год

$Z_{\text{тек.рем}}$ – затраты на текущий ремонт:

$$I_{\text{а.о}} = 0,08 \cdot (Z_{\text{об}} + Z_{\text{смп}}) = 0,08 \cdot (12 + 1,2) = 0,08 \cdot 13,2 = 1 \text{ тыс. тг.}$$

$$Z_{\text{тек.рем}} = 0,15 \cdot I_{\text{а.о}} = 0,15 \cdot 1 = 1 \text{ тыс. тг.}$$

$Z_{\text{проч}}$ – затраты на прочие нужды:

$$Z_{\text{проч}} = 0,1 \cdot (I_{\text{а.о}} + I_{\text{зп}} + I_{\text{тек.рем}}) = 0,1 \cdot (1 + 100 + 1) = 10,2 \text{ тыс. тг.}$$

Себестоимость 1 Гкал тепловой энергии по первому варианту теплоснабжения коровника определяется:

$$S_{\text{ВЭТС}} = \frac{I_{\text{а.о}} + Z_{\text{эл}} + Z_{\text{зп}} + Z_{\text{тек.рем}} + Z_{\text{проч}}}{\mathcal{E}_{\text{от.гв.}}} =$$
$$= \frac{1 + 635,8 + 100 + 1 + 10,2}{32,7} = \frac{748}{32,7} = 22870 \text{ тг/Гкал.}$$

Доля затрат на электроэнергию в себестоимости составляет 85% (19443 тг.).

Рассмотрим теоретическую возможность установки трехзонного счетчика только на процесс горячего водоснабжения при использовании на ферме КОГВ. Этот теоретический вариант теплоснабжения может ориентировать на эффективность внепикового ЭТС. В практике, такой вариант маловероятен, так как в графике электрической нагрузки фермы будет постоянная силовая нагрузка, работа электрокалориферов, часть работы которых будет попадать в максимум нагрузки энергосистемы (31,77 тг./кВт·ч).

Затраты по второму варианту на систему электротеплоснабжения (ВЭТС) следующие:

$$Z_{\text{ВЭТС}} = (Z_{\text{об}} + Z_{\text{смп}}) + Z_{\text{эл}} + Z_{\text{зп}} + Z_{\text{тек.рем}} + Z_{\text{проч}}$$

где $Z_{\text{об}}$ – затраты на КОГВ, принимается КОГВ – стоимостью 56000 тг;

$Z_{\text{смп}}$ – затраты суммарные от ОПФ на 10%:

$$Z_{\text{смп}} = Z_{\text{об}} \cdot 0,1 = 56 \cdot 0,1 = 5,6 \text{ тыс. тг.}$$

$Z_{\text{ээ.п/п}}$ – затраты на электроэнергию, ночной тариф на электроэнергию с 23:00ч до 7:00ч в зоне действия АЛЭС (по данным ТОО «Алматы Энерго Сбыт») составляет 4,29 тг/кВт·ч:

перевод Гкал на кВт с кпд $\eta=0,9=1280$

$$\sum 32,7 \text{ Гкал} = 32,7 \cdot 1280 = 41856 \text{ кВт} \cdot \text{ч};$$

$$41856 \cdot 4,29 = 179,5 \text{ тыс. тг.}$$

$Z_{зп}$ – заработная плата электриков (молочный комплекс который состоит из 4 объектов, количество персонала выбирается 2 человека) и затраты на заработную плату определяется по следующей формуле:

$$Z_{зп} = \text{чел} \cdot 12 \cdot 55 \cdot 1,215 = 2 \cdot 12 \cdot 55 \cdot 1,215 = 1603 \text{ тыс. тг.}$$

Из их общей заработной платы на обслуживание КОГВ приходится, порядка, 100тыс.тг.год

$Z_{\text{тек.рем}}$ – затраты на текущий ремонт:

$$I_{a.o} = 0,08 \cdot (Z_{об} + Z_{смп}) = 0,08 \cdot (56 + 5,6) = 0,08 \cdot 61,6 = 5 \text{ тыс. тг.}$$

$$Z_{\text{тек.рем}} = 0,15 \cdot I_{a.o} = 0,15 \cdot 5 = 0,7 \text{ тыс. тг.}$$

$Z_{\text{проч}}$ – затраты на прочие нужды:

$$Z_{\text{проч}} = 0,1 \cdot (I_{a.o} + I_{зп} + I_{\text{тек.рем}}) = 0,1 \cdot (5 + 100 + 0,7) = 10,57 \text{ тыс. тг.}$$

Себестоимость 1 Гкал тепловой энергии по первому варианту теплоснабжения коровника определяется:

$$\begin{aligned} S_{\text{БЭТС}} &= \frac{I_{a.o} + Z_{эл} + Z_{зп} + Z_{\text{тек.рем}} + Z_{\text{проч}}}{\mathcal{E}_{\text{от.гв.}}} = \\ &= \frac{5 + 179,5 + 100 + 0,7 + 10,57}{32,7} = \frac{295,77}{32,7} = 9040 \text{ тг/Гкал.} \end{aligned}$$

Доля затрат на электроэнергию в себестоимости составляет 60,7% (5491 тг.).

Вывод по разделу экономики. Из проведенных расчетов видно что, при использовании электроэнергии для цели теплоснабжения МТФ по свободному режиму, электропотребление (то есть при базисном электротеплоснабжении) себестоимость 1 Гкал тепла составляет – 22870 тг/Гкал. В рассмотренном теоретическом варианте при использовании электроэнергии для цели теплоснабжения МТФ только провальной части графика электрической нагрузки энергосистемы для работы только КОГВ себестоимость равна 9040 тг/Гкал.

6 Безопасность жизнедеятельности

6.1 Анализ условий труда для персонала в помещении автоматического управления

Применение комплектного оборудования горячего водоснабжения экономический оправдывается, если повышенный расход энергоресурсов компенсируется экономией на других статьях расходов при существенном улучшении технологии процессов, увеличении продуктивности животных, качества продукции, снижении затрат труда.

Параметры помещения автоматического управления 20x14x4. В животноводческих помещениях следует использовать общеобменные системы вентиляции с целью организации требуемого воздухообмена по всему объему зоны содержания животных. Приточные системы выполняют с искусственным побуждением. При этом необходимо обеспечить подачу свежего, приточного воздуха во все станки, стойла, клеточные батареи и т.д. Установка работает в автоматическом режиме. Регулирование температуры теплоносителя и температуры воды в бойлере-теплоаккумуляторе осуществляется терморегуляторами. Возможна работа комплекта только на горячее водоснабжение, только на отопление, на водоснабжение и обогрев помещений одновременно.

Радио инженер разрабатывает систему позиционирования персонала в здании. Необходимое для работы оборудование: ПЭВМ (включающая в себя системный блок, монитор, клавиатуру, мышь), принтер, устройство бесперебойного питания. В результате работы инженер должен рассчитать и оформить комплект документации установки системы контроля для конкретного разрабатываемого объекта.

Освещенность на рабочем месте должна соответствовать характеру выполняемой работы по СН и СНиП РК 2.04-05-2002 «Естественное и искусственное освещение. Общие требования».

6.2 Расчет искусственного освещения

Разряд зрительной работы I, а, город Алматы, IV $h_{ок}=2,4$ м, $h_{нок}=1$ м, $E_m=300$ лк, количество 15, $H=3$ м, $P=12$ м, $\rho_{пот}=70\%$, $\rho_{пола}=50\%$, $\rho_{ст}=30\%$.

В качестве источников света используются люминесцентные лампы (ЛЛ) для общего равномерного освещения, поскольку этот тип ламп имеет высокую световую отдачу (до 75 лм/Вт), большой срок службы (до 10000 ч). Высокая световая отдача и большой срок службы ЛЛ, делают их в большинстве случаев более экономичными по сравнению с лампами накаливания. Выбираем лампы MASTER TL5 с $\Phi=5000$ лм [15].

По проекту число рядов светильников $N_p = 4$.

Световой поток лампы определяется по формуле:

$$N = \frac{E_m \cdot S_H \cdot K_3 \cdot z}{\Phi_l \cdot n \cdot \eta}, \quad (6.1)$$

где S – площадь помещения, 280 м^2 ;

K_3 – коэффициент запаса;

z – коэффициент минимальной освещённости;

E_m – нормированная освещённость, 300 лк [2];

n – общее число светильников;

η – коэффициент использования светового потока.

Φ_l – световой поток, 5000 лм .

Рассчитываем необходимый поток в каждом из рядов, для этого число светильников N заменяем числом рядов N_p :

$$N = \frac{300 \cdot 280 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{2 \cdot 5000 \cdot 0,85} \approx 16 \text{ шт.}$$

Коэффициент минимальной освещённости z характеризует неравномерность освещения и составляет для люминесцентных ламп: $z = 1,1$.

Коэффициент запаса K_3 , учитывает возможное уменьшение освещённости в процессе эксплуатации осветительной установки, $K_3 = 1,5$ для люминесцентных ламп.

Коэффициент использования светового потока η , зависит от КПД и кривой распределения силы света светильников (КСС), от коэффициентов отражения потолка $\rho_{\text{пот}}$, стен ρ_c и расчётной поверхности или пола ρ_p , высоты подвеса светильника и индекса помещения.

Индекс помещения i определяется по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A+B)}, \quad (6.2)$$

где: A и B – длина и ширина помещения, м ;

h – расчётная высота светильника над рабочей поверхностью, м .

Расчётная высота определяется как:

$$h_{\text{рас}} = H - h_c - h_{\text{р.п.}} = 3,8 - 0,6 - 0,8 = 2,4 \text{ м,}$$

где $H = 3,8 \text{ м}$ – высота помещения;

$h_c = 0,6 \text{ м}$ – расстояние от светильника до потолка;

$h_{\text{р.п.}} = 0,8 \text{ м}$ – высота доильного аппарата.

Индекс помещения:

$$i = \frac{14 \cdot 8}{2,4 \cdot (14 + 8)} = 2,12 \text{ м.}$$

Для рассчитанного индекса помещения, для значений коэффициентов: $r_{\text{пот}} = 0,7$, $r_c = 0,5$, $r_{\text{п}} = 0,1$ и для типа КСС определяем величину коэффициента использования светового потока: $\eta = 85$.

Расстояние между светильниками:

$$L = \lambda \cdot h_{\text{рас}}, \text{ где } \lambda = 1,2 \div 2$$

$$L_A = 2,4 \cdot 1,6 = 3,84 \text{ м;}$$

$$L_B = 2,4 \cdot 1,6 = 3,84 \text{ м.}$$

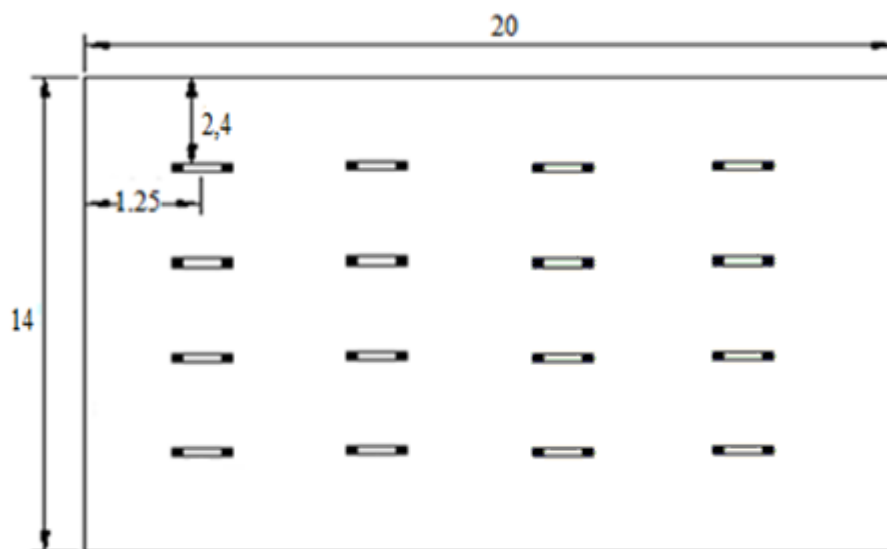


Рисунок 6.1 – итоговое расположение светильников

Для обеспечения нормированной освещенности для данного помещения автоматического управления требуется установить 16 светильников типа ПВЛМ.

6.2 Расчет естественного освещения

Площадь окна рассчитывается по формуле:

$$S_o = \frac{S_{\text{п}} \cdot e_N \cdot \eta_o \cdot K_3 \cdot K_{\text{зд}}}{100 \cdot \tau_o \cdot r_1}, \quad (6.3)$$

где S_o - площадь световых проемов при боковом освещении, м²;

$S_{\text{п}}$ - площадь пола помещения, м²;

η_o - световая характеристика окон, табличные значения;

K_3 - коэффициент запаса, табличные данные;

e_N – нормируемое значение КЕО;

r_1 – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении, благодаря свету, отраженному от поверхности помещения и подстилающего слоя, примыкающего к зданию, табличные данные

$K_{\text{зд}}$ - коэффициент, учитывающий затемнение окон противостоящими зданиями, табличные значения;

τ_o - общий коэффициент светопропускания, определяют по формуле:

$$\tau_o = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5, \quad (6.4)$$

где τ_1 – коэффициент светопропускания материала, табличные значения;

τ_2 - коэффициент, учитывающий потери света в переплетах светопроема, табличные значения;

τ_3 - коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях, при боковом освещении равен 1, при верхнем берут из таблицы;

τ_4 – коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах, табличные данные;

τ_5 – коэффициент, учитывающий потери света в защитной сетке, устанавливаемой под фонарями, принимают равным 0,9.

$$S_{\Pi} = 20 \cdot 8 = 160 \text{ м}^2,$$

$$e_N = m \cdot e_H = 0,75 \cdot 2 = 1,5,$$

где m – коэффициент светового климата по таблице 3.1*(проемы в наружных стенах, ориентация СВ, СЗ; г. Алмата IV) [14];

e_H – значение КЕО по таблице 3.12* (разряд зрительной работы Ia, при боковом освещении) [14];

Выбираем коэффициент η_o :

η_o - световая характеристика окон, определяемая по таблице 3.2* [14].

Отношение длины помещения к глубине:

$$l = \frac{B}{2}, \text{ т.к. } B > 12 \text{ м}, l = \frac{14}{2} = 7 \text{ м.}$$

Высота рабочей поверхности:

$$h = H - h_c - h_p = 3,8 - 0,6 - 0,8 = 2,4 \text{ м.}$$

Выбираем табличное значение $\eta_o = 11$.

Выбираем коэффициент r_1 :

r_1 – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении, принимается по таблице 3.9* [14].

Отношение глубины помещения к высоте от уровня рабочей поверхности:

$$l = \frac{7}{2,4} = 2,99 \approx 3 \text{ м.}$$

Уровень рабочей поверхности:

$$p_з + p_{щ} + p_{но} - p_{pn} = 265 + 1 - 1 = 265 \text{ м.}$$

Отношение расстояния расчетной точки к глубине помещения:

$$\frac{7}{8} = \frac{7}{8} = 0,875.$$

Освещение двустороннее; коэффициент отражения потолка, стен и пола 0,5; отношение длины помещения к глубине $14/2=7$;

$$r_1 = 1,1;$$

$K_з$ - коэффициент запаса, табличные данные 3.11* [14], $K_з = 1,5$;

$K_{зд}$ - коэффициент учитывающий затемнение окон противостоящими зданиями, таблица 3.10* [14]:

$$\left(\frac{P}{H_{зд}}\right) = \frac{12}{8} = 1,5; K_{зд} = 1.$$

τ_0 – общий коэффициент светопропускания:

$$\tau_0 = 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,518,$$

где $\tau_1 = 0,9$ стекло оконное листовое одинарное,

$\tau_2 = 0,8$ переплеты стальные одинарные глухие,

$\tau_3 = 0,8$ деревянные формы и арки,

$\tau_4 = 1$ регулируемые жалюзи и шторы,

$\tau_5 = 0,9$ потери света в защитной сетке.

$$S_o = \frac{S_{\Pi} \cdot e_N \cdot \eta_o \cdot K_3 \cdot K_{зд}}{100 \cdot \tau_0 \cdot r_1} = \frac{160 \cdot 1,5 \cdot 11 \cdot 1,5 \cdot 1,4}{100 \cdot 0,518 \cdot 1,1} = 97,2 \text{ м}^2.$$

Найдем площадь окон с одной стороны:

$$S_{ок} = \frac{S_o}{2} = \frac{97,2}{2} = 48,6 \text{ м}^2.$$

Найдем необходимую длину окна:

$$L_{ок} = \frac{S_{ок}}{h_{ок}} = \frac{48,6}{2,4} = 20,25 \text{ м}.$$

Для обеспечения нормированной освещенности значение КЕО необходимы окна с двух сторон длиной 20,25 м и высотой 2,4 метра.

6.3 Расчет вентиляции коровника

В животноводческих помещениях следует использовать общеобменные системы вентиляции с целью организации требуемого воздухообмена по всему объему зоны содержания животных. Приточные системы выполняют с искусственным побуждением. При этом необходимо обеспечить подачу свежего, приточного воздуха во все станки, стойла, клеточные батареи и т.д.

Тепловая мощность отопительно-вентиляционной системы, *кВт*:

$$\Phi_{ОВС} = \Phi_{ТП} + \Phi_B + \Phi_{исп} - \Phi_{ж}, \quad (6.5)$$

где $\Phi_{ТП} = 64 \text{ кВт}$ – тепловой поток теплопотерь через ограждающие конструкции;

$\Phi_B = 414 \text{ кВт}$ – тепловой поток на нагревание вентиляционного воздуха;

$\Phi_{исп} = 5,6 \text{ кВт}$ – тепловой поток на испарение влаги внутри помещения;

$\Phi_{ж} = 104 \text{ кВт}$ – тепловой поток явных тепловыделений животными.

$$\Phi_{OBC} = 64 + 414 + 5,6 - 104 = 379 \text{ кВт}.$$

Тепловой поток на нагревание приточного воздуха, кВт:

$$\Phi_B = C_p \cdot \rho \cdot L_B \cdot (t_B - t_{H.0}) \div 3600, \quad (6.6)$$

где ρ – расчетная плотность воздуха ($\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$);

L – расход приточного воздуха в холодный период года,

($L_B = 33600 \text{ м}^3/\text{ч}$);

$t_{H.0}$ – расчетная температура наружного воздуха;

C_p – удельная изобарная теплоемкость воздуха ($C_p = 1 \text{ кДж/кг}$).

$$\Phi_B = 1000 \cdot 1,2 \cdot 33600 \cdot (15 + 22) \div 3600 = 414 \text{ кВт}.$$

Тепловой поток на испарение влаги с открытых водных и смоченных поверхностей, кВт:

$$\Phi_{исп} = 0,69 \cdot W_{\partial}. \quad (6.7)$$

Дополнительные влаговыделения в животноводческих помещениях $W_{\partial, \text{э}}/\text{ч}$ принимаем как 10% от выделений всеми животными.

$$\Phi_{исп} = 0,69 \cdot 80,8 * 0,1 = 5,6 \text{ кВт}.$$

Тепловой поток явных тепловыделений, кВт:

$$\Phi_{ж} = k'_t \cdot q \cdot n \cdot 10^{-3}, \quad (6.8)$$

где $k'_t = 1,08$ – температурный коэффициент явных тепловыделений;

$q = 482 \text{ Вт}$ – тепловой поток явных тепловыделений одним животным;

$n = 200$ – число голов.

$$\Phi_{ж} = 1,08 \cdot 482 \cdot 200 \cdot 10^{-3} = 104 \text{ кВт}.$$

Определяем температуру подогретого воздуха, °C:

$$t_{п} = t_{H.0} + 3600 \frac{\Phi_{OBC}}{\rho \cdot C_p \cdot L_B} \text{ °C}, \quad (6.9)$$

где $t_{H.O} = -22^{\circ}\text{C}$ – наружная температура в зимний период года.

$$t_{II} = -22 + 3600 \cdot \frac{379}{1,2 \cdot 1000 \cdot 33600} = 22,9^{\circ}\text{C}.$$

Для воздуховодов должно соблюдаться условие санитарно – гигиенических требований: $t_{II} \leq 45^{\circ}\text{C}$, $22,9 \leq 45^{\circ}\text{C}$. Не превышает 45°C , значит условие гигиенических требований соблюдено. На основании этого условия, с учетом рассчитанной температуры подогретого воздуха выбирают количество отопительно-вентиляционных установок с требуемой мощностью. Дальнейший расчет ведется для одной отопительно-вентиляционной установки.

Расчет и выбор калориферов. В системе вентиляции и отопления устанавливают водяной калорифер. Теплоноситель – горячая вода $70 - 95^{\circ}\text{C}$.

Расчет требуемой площади живого сечения, м^2 , для прохода воздуха:

$$f' = \frac{L\rho}{3600(v\rho)'}, \quad (6.10)$$

где $(v\rho)'$ – массовая скорость воздуха, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$, (принимается в пределах $4 - 10 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$). Для оребренных - $3...5 \text{ кг}/\text{м}^2\text{с}$;

L - расход воздуха через калорифер, $\text{м}^3/\text{ч}$;
 ρ - массовая плотность воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$;
 3600 - перевод $\text{м}^3/\text{ч}$ в $\text{м}^3/\text{с}$.

$$f' = \frac{33600 \cdot 1,2}{3600 \cdot (5)} = 2,34 \text{ м}^2.$$

Уточнили массовую скорость воздуха, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$:

$$(v\rho) = \frac{L \cdot \rho}{3600 \cdot f}, \quad (6.11)$$

$$(v\rho) = \frac{33600 \cdot 1,2}{3600 \cdot 3} = 3,7 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}.$$

По рассчитанному живому сечению выбрали калорифер. Технические данные занесли в таблицу 6.2.

Таблица 6.2 – Технические данные калорифера

| Номер калорифера | Площадь поверхности нагрева $A_K, м^2$ | Площадь живого сечения по воздуху $f, м^2$ | Площадь живого сечения трубок $f_T, м^2$ |
|------------------|--|--|--|
| КСк 3-12 | 86,2 | 3 | 0,00355 |

Определили скорость горячей воды в трубках, $м/с$:

$$\omega = \frac{\Phi_{OBC}}{C_B \cdot \rho_B \cdot (t_{\Gamma} - t_0) \cdot f_T}, \quad (6.12)$$

где $C_B = 4,19 \text{ кДж} / (\text{кг} \cdot \text{К})$ - удельная теплоемкость воды;
 $\rho_B = 1000 \text{ кг} / \text{м}^3$ - плотность воды;
 $t_{\Gamma} - t_0$ - температура теплоносителя в подающем и обратном трубопроводе, $^{\circ}\text{C}$.

$$\omega = \frac{379}{4,19 \cdot 1000 \cdot (95 - 70) \cdot 0,00355} = 1,02 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Определяем коэффициент теплопередачи, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$:

$$K = a(v\rho)^n \omega^r, \quad (6.13)$$

где $a = 29,3$ – коэффициент, зависящий от конструкции калорифера;
 $(v\rho) = 3,7 \text{ кг} / (\text{м}^2 \cdot \text{с})$ – массовая скорость в живом сечении калорифера;

$n = 0,437$ и $r = 0,168$ – показатели степени.

$$K = 29,3 \cdot 3,7^{0,437} \cdot 1,02^{0,168} = 29,3 \cdot 1,77 \cdot 1,003 = 52,02 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Средняя температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$:

$$t'_{CP} = \frac{t_{H.O} + t_{II}}{2}, \quad (6.14)$$

где $t_{H.O} = -22^{\circ}\text{C}$ – температура в холодный период года;
 $t_{II} = 24^{\circ}\text{C}$ – температура в тёплый период года.

$$t'_{CP} = \frac{-22 + 24}{2} = 1 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Средняя температура воды, $^\circ\text{C}$:

$$t_{CP} = \frac{t_{\Gamma} + t_0}{2}, \quad (6.15)$$

$$t_{CP} = \frac{95 + 70}{2} = 82,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Определяем требуемую площадь поверхности теплообмена калориферной установки, м^2 :

$$F = \frac{\Phi_{0BC} \cdot 10^3}{K(t_{CP} - t'_{CP})}, \quad (6.16)$$

$$F = \frac{379 \cdot 10^3}{52,02 \cdot (82,5 - 1)} = 89,4 \text{ } \text{м}^2.$$

Рассчитали число калориферов:

$$n = \frac{F}{F_1}, \quad (6.17)$$

где $F = 89,4 \text{ } \text{м}^2$ – общая площадь поверхности теплообмена;

$F_1 = 58,7 \text{ } \text{м}^2$ – площадь поверхности теплообмена одного калорифера.

$$n = \frac{89,4}{58,7} = 1,53 \approx 2.$$

Определили процент запаса по площади поверхности нагрева:

$$\Delta F = \frac{nF_1 - F}{F} \cdot 100\%, \quad (6.18)$$

$$\Delta F = \frac{2 \cdot 58,7 - 87,08}{87,08} \cdot 100\% = 34,8\% \approx 35\%.$$

По рассчитанному живому сечению $f' = 2,34 м^2$ выбирали калорифер – КСк 3 – 12. Определили число калориферов, $n = 2$. Калорифер КСк 3-12 (водяной) осуществляет нагрев рециркуляционного, внешнего или смешанного воздуха для отопления помещений промышленного и сельскохозяйственного назначения, а также в отопительно-вентиляционных системах зданий.

Вывод по разделу безопасности жизнедеятельности. Для обеспечения нормированной освещенности для данного помещения автоматического управления требуется установить 16 светильников типа ПВЛМ. Для обеспечения нормированной освещенности значение КЕО необходимы окна с двух сторон длиной 20,25 м и высотой 2,4 метра. По рассчитанному живому сечению $f' = 2,34 м^2$ выбирали калорифер – КСк 3 – 12. Определили число калориферов, $n = 2$. Калорифер КСк 3-12 (водяной) осуществляет нагрев рециркуляционного, внешнего или смешанного воздуха для отопления помещений промышленного и сельскохозяйственного назначения, а также в отопительно-вентиляционных системах зданий.

Заключение

На основе анализа конструкции известных электродных водонагревателей и систем электротеплоснабжения обоснована компоновка системы теплоснабжения МТФ на 100 голов КРС – электродный водонагреватель, аккумулятор теплоты, система отопления производственных помещений молочного блока и шкаф управления автоматики.

Расчетным путем определены параметры водонагревателя мощностью 16 кВт с коаксиальными электродами: высота электродов $H = 0,17$ м, геометрический коэффициент $K = 0,075$, производительность по горячей воде $m = 828$ кг/ч, сопротивление фазы $R_{\phi} = 8,89$ Ом, сопротивление выносу потенциала на корпус $R_{ВП} = 4$ кОм и коэффициент звездности $K_{зв} = 0,00026$.

Разработана схема соединения электродов «двойная звезда» путем установки экранирующих нулевых электродов на отдельном токовом выносе, изолированным от корпуса проходным изолятором. Фазные стрелочные электроды установлены коаксиально по оси нулевых электродов и изолированного корпуса. Эта схема в аварийных режимах обеспечивает защиту корпуса от выноса потенциала экранирующими нулевыми электродами, соединенными с нейтралью сети. При этом величина напряжения прикосновения на корпусе будет значительно меньше напряжения смещения, благодаря большой величине сопротивления выносу потенциала на корпус $R_{ВП}$. Таким образом величина напряжения на корпусе в аварийных режимах составляет $U_{пр} = 0,1 - 0,2$ В.

Расчетным путем определены параметры аккумулятора теплоты: удельное теплопроизводительность $K_{ТО} \cdot F = 1402,5$ кДж/м² · ч, коэффициент теплопередачи теплообменника $K_{ТО} = 1068$ кДж/м², площадь поверхности теплообмена $F_{mo} = 3,53$ м² и время нагрева $\tau = 5,07$ ч.

Расчетным путем определены параметры системы отопления молочного блока: тепловая мощность $P_{СО} = 9,2$ кВт, общая площадь поверхности радиаторов $S_{РО} = 13,3$ экм и количество секции радиаторов $n_{РО} = 43$ шт.

Разработана технологическая схема утилизации теплоты за счет использования теплоты молока и теплоты отработанной горячей воды.

В разделе безопасности жизнедеятельности для обеспечения нормированной освещенности для данного помещения автоматического управления требуется установить 16 светильников типа ПВЛМ. Для обеспечения нормированной освещенности значение КЕО необходимы окна с двух сторон длиной 20,25 м и высотой 2,4 метра. По рассчитанному живому сечению $f' = 2,34$ м² выбрали калорифер – КСк 3 – 12. Определили число калориферов, $n = 2$. Калорифер КСк 3-12 (водяной) осуществляет нагрев рециркуляционного, внешнего или смешанного воздуха для отопления помещений промышленного и сельскохозяйственного назначения.

Список литературы

1. Назарбаев Н.А. Процветание сельского хозяйства – это процветание народа (Доклад на совещании Министерства сельского хозяйства РК, 31.01.2005). Казахстанская правда, №21 от 01.02.05.
2. Чокин Ш.Ч., Сюндюков Р.Х. Энергетика сельского хозяйства Казахстана. – Алма-Ата: Кайнар, 1988. – 239 с.
3. Кудрявцев И.Ф., Карасенко В.А. Электрический нагрев и электротехнология. – М.: Колос, 1975. – 383 с.
4. Захаров А.А. Применение тепла в сельском хозяйстве. – М.: Колос, 1974. – 341 с.
5. Баранов Л.А. Новые электронагревательные устройства для животноводства Казахстана. – Алматы: КазНИИНКИ, 1993. – 77 с.
6. Расстригин В.Н. Основы электрификации тепловых процессов в сельскохозяйственном производстве. – М.: Агропомиздат, 1988. – 255 с.
7. Евсеев П.Н., Черкасов А.В. О некоторых способах защиты от поражения током при эксплуатации электродных водонагревательных установок //Электричество, 1967, № 4. – С. 84-86.
8. Каган Н.Б., Кауфман В.Г., Пронько М.Г., Яневский Г.Д. Электротермическое оборудование для сельскохозяйственного производства. – М.: Энергия, 1980. – 192 с.
9. Фоменков А.П. Электропривод сельхозмашин, 1984.
10. Бодин А.П. Электрооборудование для сельского хозяйства, 1984.
11. Кешуов С.А., Алдибеков И.Т., Барков В.И. Ресурсосберегающие системы и установки электрообеспечения в малом молочном животноводстве. Монография. – Алматы: ТОО «Нур – ДиАс» 2012. – 320 с.
12. Методические рекомендации по расчету и применению систем электротеплоснабжения молочных ферм и комплексов. – М.: ВИЭСХ, 1982. – 72с.
13. Пырков В. В. Гидравлическое регулирование систем отопления и охлаждения. Теория и практика. К.: Таки справи, 2005. – 302 с.
14. Абдимуратов Ж.С., Мананбаева С.Е. Безопасность жизнедеятельности. Методические указания к выполнению раздела «Расчет производственного освещения» в выпускных работах для всех специальностей. Бакалавриат – Алматы: АИЭС, 2009. – 20 с.
15. Блажин А.Г. Применение электроводонагревателей в сельском хозяйстве //Техника в сельском хозяйстве, 1975, № 3, С. 45-50.
16. Чокин Ш.Ч., Сюндюков Р.Х. Энергетика сельского хозяйства Казахстана. – Алма-Ата: Кайнар, 1988. – 242с.
17. Справочник по теплоснабжению сельскохозяйственных предприятий. М. Колос, 1983. Под ред. Уварова В.В.
18. Парамонов С.Г. Черенкова Н. В., Оценка затрат на теплоснабжение животноводческих ферм Казахстана. Деп. № 4178 – В88 26.05.88

19. Парамонов С.Г., Сюндюков Р.Х. Обоснование рациональной потребности сельского хозяйства Казахстана в топливно-энергетических ресурсах. Материалы конференции « Региональные проблемы ТЭБ в условиях совершенствования хозяйственного механизма», часть 3, Москва. – 1989. С – 65 – 68.

20. Экономика предприятий электрического комплекса: Учеб. для вузов/В.С. Самсанов, М.А. Вяткин. – 2-е изд. – М.: Высш. шк., 2003. – 81 с.

Приложение А

Построение графиков

Построение графиков в дипломном проекте было выполнено при помощи программы Microsoft Office Excel.

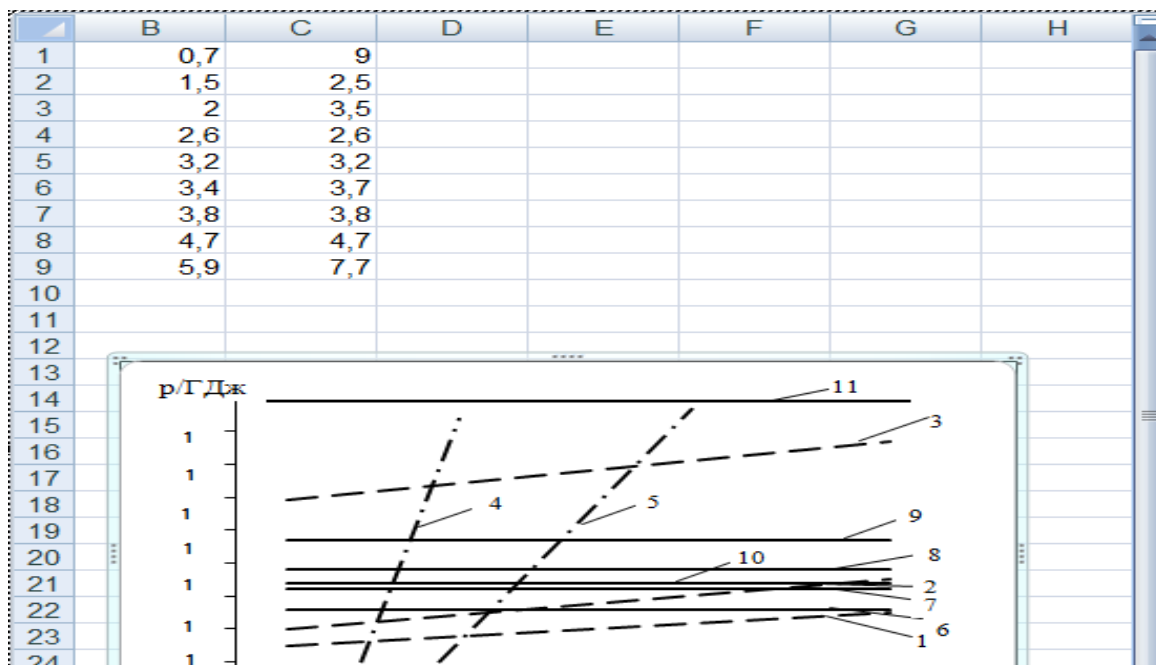


Рисунок А1 – Удельные приведенные затраты в системы теплоснабжения для южной зоны Казахстана

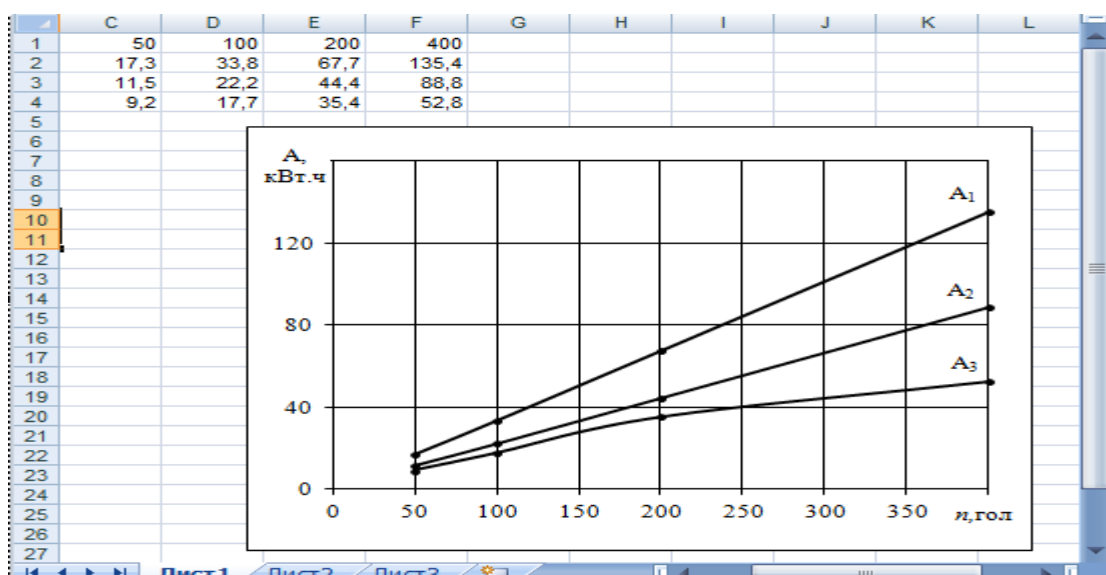


Рисунок А2 – Зависимость расхода электрической энергии на нагрев воды для технологических нужд молочного блока от обслуживаемого поголовья

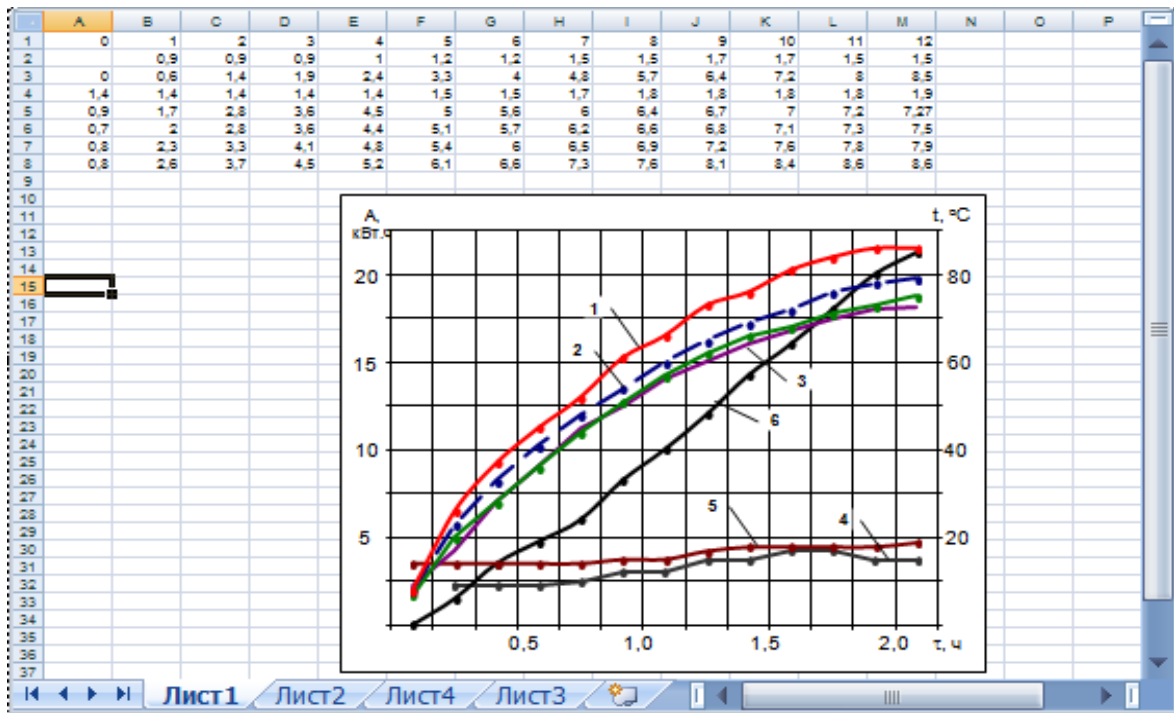


Рисунок А3 – Динамика изменения температур теплоносителей в системе отопления при температуре наружного воздуха $t_{\text{нар}} = -5^{\circ}\text{C}$

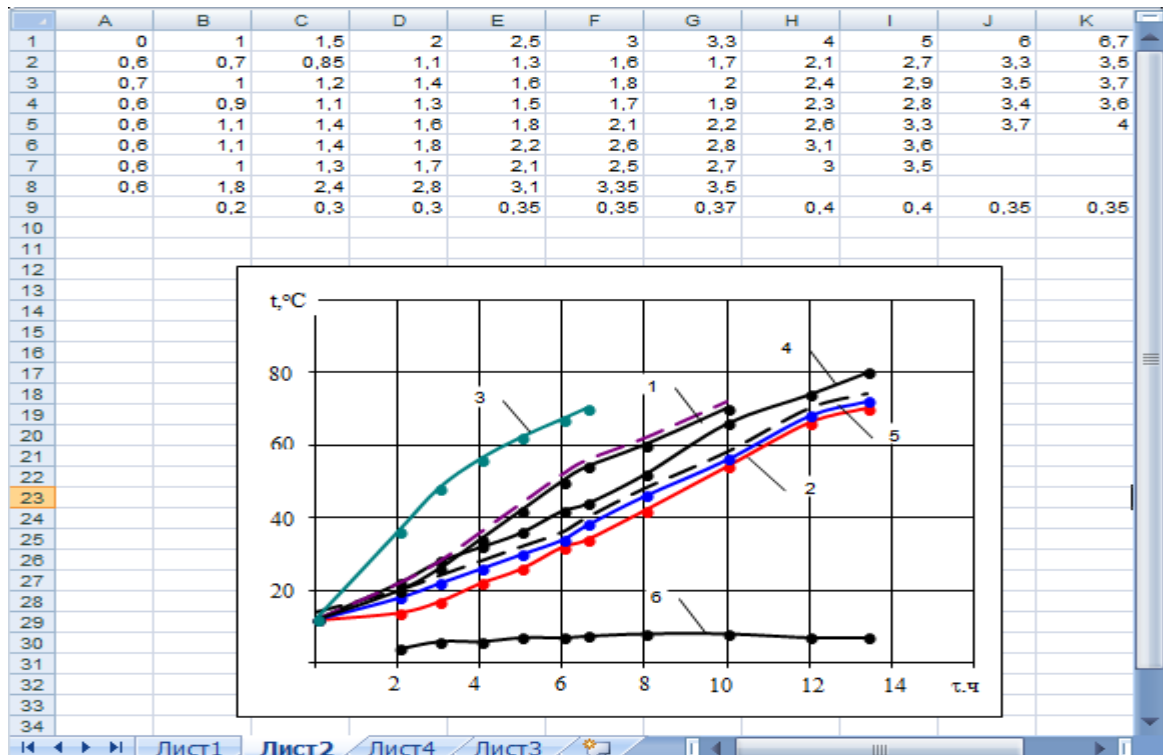


Рисунок А4 – Динамика изменения температур теплоносителей в АТ в различных режимах работы

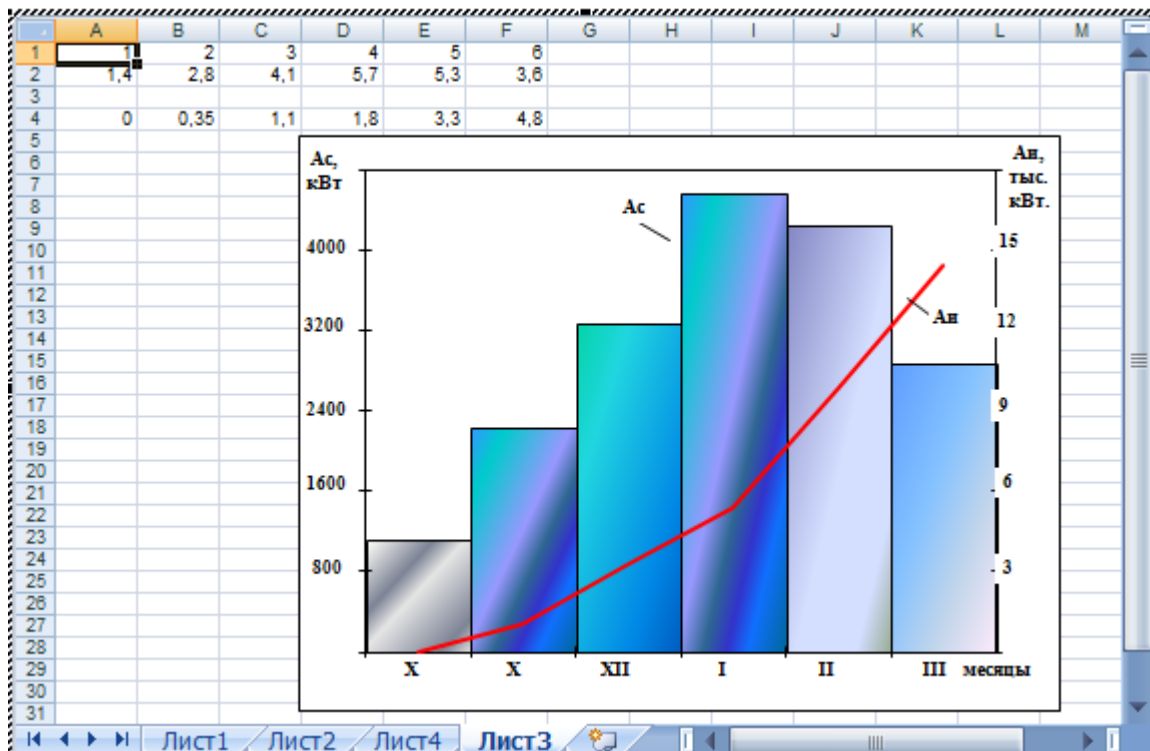


Рисунок А5 – Сезонный и интегральный графики расхода электроэнергии при работе СЭТ с электроотагревателем за отопительный период