

АО «Алматинский технологический университет»

УДК 621.565.83

На правах рукописи

**АЛИМКЕШОВА АСЕЛЬ ХАЛМАХАНБЕТОВНА**

**Разработка установки для охлаждения молока с использованием  
возобновляемого источника энергии**

6D072400 – Технологические машины и оборудование

Диссертация на соискание степени  
доктора философии (PhD)

Научный консультант:  
к.т.н., ассоциированный профессор  
А.П. Цой,  
Алматинский технологический  
университет,  
Республика Казахстан, г. Алматы;

Зарубежный научный консультант:  
д.т.н., профессор  
А.С. Титлов,  
Одесская национальная академия  
пищевых технологий,  
Украина, г. Одесса

Республика Казахстан  
Алматы - 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ.....</b>	<b>4</b>
<b>ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....</b>	<b>5</b>
<b>ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ.....</b>	<b>6</b>
<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>8</b>
<b>1 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ МОЛОКА В ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ.....</b>	<b>12</b>
1.1 Основные требования для получения качественного молока....	12
1.2 Анализ существующих установок для охлаждения молока с использованием естественного холода.....	14
1.3 Анализ существующих систем с использованием теплового излучения в космическое пространство.....	27
1.4 Предлагаемая установка для охлаждения молока с использованием теплового излучения в космическое пространство.....	35
<b>Выводы по первому разделу.....</b>	<b>50</b>
<b>2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ МОЛОКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛООВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В КОСМИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО.....</b>	<b>52</b>
2.1 Эксергетический анализ.....	52
2.2 Тепловой расчет.....	54
2.2.1 Расчет бака-охладителя.....	54
2.2.2 Расчет аккумулятора холода.....	59
2.2.3 Расчет радиатора.....	65
<b>Выводы по второму разделу.....</b>	<b>66</b>
<b>3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ МОЛОКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛООВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В КОСМИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО.....</b>	<b>67</b>
3.1 Технические характеристики экспериментальной установки....	67
3.2 Принцип работы экспериментальной установки.....	74
3.3 Результаты экспериментов и их анализ .....	75
<b>Выводы по третьему разделу.....</b>	<b>87</b>
<b>4 КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ МОЛОКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛООВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В КОСМИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО.....</b>	<b>89</b>
4.1 Объект моделирования.....	89
4.2 Алгоритм работы установки.....	90
4.3 Климатические данные для компьютерного моделирования... ..	91
4.4 Анализ результатов компьютерного моделирования.....	95
<b>Выводы по четвертому разделу.....</b>	<b>107</b>

<b>5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ.....</b>	<b>109</b>
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>114</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....</b>	<b>115</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ.....</b>	<b>127</b>

## НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей диссертации использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 7.1-2003 Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления.

ГОСТ 2.701-2008. Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.

СТ РК 1760-2008. Молоко коровье. Технические условия.

ВНТП 645/1618-92. Нормы технологического проектирования предприятий молочной промышленности.

EN 13732-2009. Food processing machinery. Bulk milk coolers on farms. Requirements for performance, safety and hygiene.

ГОСТ Р 50803-2008. Резервуары для охлаждения и хранения молока на молочно-товарных фермах и приемных пунктах. – Введ. 01.01.2012. – М.: Стандартинформ, 2009. – 39 с.

ГОСТ 13264-88. Молоко коровье. Требования при закупках.

ГОСТ 21631-76. Листы из алюминия и алюминиевых сплавов. – Введ. 01.07.77. – М.: Издательство стандартов, 1993. – 44 с.

ГОСТ 26996-86. Полипропилен и сополимеры пропилена. Технические условия. – Введ. 01.01.88. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 36 с.

ГОСТ 32415-2013. Трубы напорные из термопластов и соединительные детали к ним для систем водоснабжения и отопления. Общие технические условия. – Введ. 01.01.2015. – М.:Стандартинформ, 2014. – 72 с.

ГОСТ 7076-99. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме. – Введ. 01.04.2000. – М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2000. – 27 с.

ГОСТ 8.558-2009. Государственная поверочная схема для средств измерений температуры. – М.: Стандартинформ, 2012. – 25 с.

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей диссертации применяют следующие термины с соответствующими определениями:

**Охлаждение молока** - снижение температуры молока с целью сохранения его свойств на продолжительный период.

**Естественное охлаждение** - это отвод тепла от охлаждаемого тела в окружающую среду.

**Искусственное охлаждение** - это охлаждение тела ниже температуры окружающей среды. Для искусственного охлаждения применяют холодильные машины или холодильные установки.

**Возобновляемый источник энергии** - энергия из источников, которые, по человеческим масштабам являются неисчерпаемыми. Их получают из природных ресурсов - таких как солнечная энергия, ветер, дождь, приливы, эффективное излучение и геотермальная теплота, которые пополняются естественным путем.

**Аккумулятор холода** - устройство для хранения охлажденного теплоносителя.

**Тепловое излучение в космическое пространство** - технология охлаждения за счет эффективного излучения (этот термин в англо-язычных литературах встречается как «night radiative cooling», что в прямом переводе означает – ночное радиационное охлаждение).

**Эффективное излучение** - разность между излучением поверхности, обращенной лицевой стороной к ночному небу, и противоизлучением атмосферы.

**Радиатор** - устройство, в котором тепло от теплоносителя передается в космическое пространство эффективным излучением и конвективным теплообменом.

**Теплоноситель** - жидкое или газообразное вещество, используемое для передачи теплоты от одного объекта другому.

**Хладоноситель** - жидкое или газообразное вещество, используемое для передачи холода от одного объекта другому.

**Холодильная система** - совокупность устройств, для поддержания температуры некоторого объекта ниже температуры окружающей среды.

**Холодильный коэффициент** - безразмерная величина, характеризующая эффективность холодильной системы, определяемая как отношение производимого холода к затрачиваемому на этот процесс количеству энергии.

## ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В настоящей диссертации применяют следующие обозначения и сокращения:

- $\alpha_{M01}$  – коэффициент теплоотдачи от молока к стенке бака-охладителя, Вт/м<sup>2</sup>·°С;
- $\alpha_{M02}$  – коэффициент теплоотдачи от стенки к воде внешней рубашки бака-охладителя, Вт/м<sup>2</sup>·°С;
- $\nu_{кэ}$  – кинематическая вязкость этиленгликоля м<sup>2</sup>/с;
- $P_m$  – мощность бака-охладителя, кВт;
- $F_p$  – площадь радиатора, м<sup>2</sup>;
- $Q_m$  – тепловая нагрузка, Дж;
- $Q_{эи}$  – эффективное излучение, Вт/м<sup>2</sup>;
- $V_{АХ}$  – объем аккумулятора холода, м<sup>3</sup>;
- $c_v$  – удельная теплоемкость воды, Дж/(кг·°С);
- $c_m$  – удельная теплоемкость молока, Дж/(кг·°С);
- $c_э$  – теплоемкость этиленгликоля, Дж/(кг·°С);
- $d_1$  – внутренний диаметр бака-охладителя, м;
- $k_з$  – коэффициент теплопередачи стенки змеевика;
- $m_v$  – масса воды в аккумуляторе холода, кг;
- $m_m$  – масса охлаждаемой жидкости (молока), кг;
- $N$  – общий уровень облачности, от 0 до 10 баллов;
- $t$  – температура, °С;
- $t_v$  – температура атмосферного воздуха в приземном слое, °С;
- $t_n$  – условная температура ночного неба, °С;
- $t_p$  – температура точки росы, °С;
- $\beta_m$  – температурный коэффициент объемного расширения молока;
- $\delta_{M01}$  – толщина стенки внутреннего бака-охладителя, м;
- $\lambda_m$  – теплопроводность омывающей стенки молока, Вт/(м·К);
- $\lambda_{M01}$  – теплопроводность стенки рубашки, Вт/(м·К);
- $\lambda_э$  – теплопроводность этиленгликоля,  $\lambda_э = 0,47$  Вт/(м·К);
- $\rho_m$  – плотность охлаждаемой жидкости (молока), кг/м<sup>3</sup>
- $\rho_э$  – плотность этиленгликоля,  $\rho_э = 1055$  кг/м<sup>3</sup>;
- $\tau_m$  – продолжительность процесса охлаждения молока, с;
- $\Delta t_v$  – перепад температур воды за счет тепла, поступающего от молока, °С;
- $\Delta t_m$  – перепад температур между начальной и конечной температурой молока, °С;
- $Gr$  – число Грасгофа;
- $h$  – высота, м;
- $Re$  – число Рейнольдса;
- $A$  – анергия;
- $\Gamma$  – массовая плотность орошения, Дж;
- $E$  – эксергия;
- $COP$  – холодильный коэффициент;

- $F$  – площадь,  $\text{м}^2$ ;  
 $Nu$  – число Нуссельта;  
 $Pr$  – число Прандтля;  
 $Q$  – объемный расход,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  
 $a$  и  $n$  – безразмерные коэффициенты, определяемые в зависимости от произведения числа Грасгофа на числа Прандтля ( $Gr \cdot Pr$ );  
 $b$  – коэффициент, зависящий от ориентации поверхности стенки в пространстве;  
 $g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м}/\text{с}^2$ ;  
 $k$  – коэффициент теплопередачи,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;  
 $l$  – длина,  $\text{м}$ ;  
 $q$  – тепловая нагрузка на радиатор;  
 $\rho$  – плотность вещества,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  
 $\tau$  – длительность ночи,  $\text{с}$ .  
 $\omega$  – скорость течения этиленгликоля по трубопроводу,  $\text{м}/\text{с}$ ;

- АВХМ – абсорбционная водо-аммиачная холодильная машина;  
 АХ – аккумулятор холода;  
 ВАР – водо-аммиачный раствор;  
 ВИЭ – возобновляемые источники энергии;  
 КПД – коэффициент полезного действия;  
 ПКХМ – пароконденсационная холодильная машина;  
 ПМ – полезная модель;  
 ИФЭТ – интегрированные фотоэлектрические тепловые системы;  
 Рис. – рисунок;  
 РК – Республика Казахстан;  
 РФ – Российская Федерация;  
 СИО – система искусственного охлаждения;  
 СИ – средства измерений;  
 См. – смотрите;  
 СНГ – содружество независимых государств;  
 США – соединенные штаты Америки;  
 МФП – материала с фазовым переходом;  
 ТИВКП – тепловое излучение в космическое пространство;  
 НРО – ночное радиационное охлаждение;  
 ТФВС – термофотовольтаических систем;  
 ХМ – холодильная машина;  
 ЭИ – эффективное излучение;  
 ФЭиТП – фотоэлектрические и тепловые панели.

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Первый Президент Республики Казахстан Назарбаев Нурсултан Абишевич в Послании [1] народу Казахстана «Новые возможности развития в условиях четвертой промышленной революции» в 2018 году определил 10 приоритетных направлений развития страны, во втором Послании «Дальнейшее развитие ресурсного потенциала» сказал:

«...Сегодня на возобновляемые источники энергии приходится четверть мирового производства электроэнергии. По прогнозам, к 2050 году этот показатель достигнет 80%.

Мы поставили задачу довести долю альтернативной энергии в Казахстане до 30% к 2030 году...».

Одними из задач реализации Государственной программы развития агропромышленного комплекса являются обеспечение продовольственной безопасности, повышение уровня технической оснащенности и интенсификации производства в агропромышленный комплекс.

С 01 января 2020 года завершается отсрочка, предоставленная Казахстану в Таможенном союзе по внедрению отдельных требований технических регламентов по безопасности сырого молока [2]. Перерабатывающие заводы не вправе принимать сырое молоко, которое не соответствует регламентированным требованиям. Соблюдение обязательных требований безопасности при сборе и транспортировке молока способствуют реализации задач продовольственной безопасности.

Существующие технологии и оборудование для охлаждения молока в фермерских условиях, в основном используют искусственный холод, который потребляет значительное количество электроэнергии, а также ограничиваются экологическими требованиями Монреальского протокола, направленного на сокращение использования озоноразрушающих холодильных агентов и парниковых газов [3].

Проведенный анализ показал, что в фермерских хозяйствах для первичного охлаждения молока, используется технологии с применением естественного холода, но их недостатком является, невысокая энергоэффективность [4, 5].

В современных видах оборудования при использовании систем испарительного охлаждения (градирен), присутствуют проблемы, как замерзание воды при температуре атмосферного воздуха ниже 0°C, а в жаркое время происходит испарение жидкости, что ведет к постоянному расходу пресной воды [6].

Для выполнения послания первого Президента, программы правительства и устранения выявленных технических недостатков, было выбрано направление исследовательской работы разработки установки с более эффективным способом охлаждения молока на ферме с применением возобновляемого источника энергии.

### **Объект и предмет исследования.**

**Объект исследования:** установка для охлаждения молока с использованием возобновляемого источника энергии.

**Предметом исследовательской работы** является: процесс охлаждения теплоносителя в радиаторе, в аккумуляторе холода и их влияние на процесс охлаждения молока.

### **Цель и задачи исследования.**

Целью диссертационной работы является повышение эффективности установки для охлаждения молока на фермерском хозяйстве за счет теплового излучения в космическое пространство (радиационного охлаждения).

На основе проведенного литературного анализа и в соответствии с целью решались следующие задачи:

1) провести анализ существующих установок с использованием естественного холода в фермерском хозяйстве, для выявления наиболее перспективных направлений исследования;

2) разработать конструкции установок для охлаждения молока с использованием теплового излучения в космическое пространство;

3) выбрать, обосновать и изготовить наиболее эффективную конструкцию экспериментальной установки для охлаждения молока;

4) провести экспериментальное исследование при различных температурах, влажности наружного воздуха и облачности в круглогодичном цикле;

5) разработать метод, алгоритм расчета и компьютерную модель для определения параметров установки в зависимости от климатических условий;

6) провести оценку эффективности применения установки для некоторых регионов Казахстана с моделированием годового цикла работы;

7) провести оценку технико-экономической эффективности установки для охлаждения молока.

**Научная новизна полученных результатов** заключается в том, что впервые:

- разработана методика и алгоритм расчета установки для охлаждения молока с использованием теплового излучения;

- установлена зависимость изменения температуры молока от условной температуры ночного неба;

- установлена зависимость конечной температуры молока от средненочной температуры атмосферного воздуха;

- разработана компьютерная модель для реализации алгоритма, позволяющая рассчитать конструктивные параметры и энергоэффективность установки для различных регионов в зависимости от объема охлаждаемого молока.

### **Научные положения, выносимые на защиту:**

- доказана целесообразность применения теплового излучения в космическое пространство для охлаждения молока;

- получены результаты экспериментальных исследований, доказывающие возможность охлаждения воды в аккумуляторе холода, теплоносителя и молока;

- разработана методика и алгоритм расчета, компьютерная модель для реализации алгоритма, позволяющая рассчитать конструктивные параметры и энергоэффективность установки для различных регионов в зависимости от объема охлаждаемого молока.

#### **Практическая ценность работы:**

- разработанная установка (патент РК на ПМ №3797) для охлаждения молока, которая позволяет снизить расход электроэнергии за счет использования возобновляемого источника энергии. При этом, сохраняя качество охлаждаемого молока, соответствующее стандартам Республики Казахстан, Российской Федерации и Европейского стандарта;

- разработанный метод расчета и компьютерная модель позволят производить проектирование установки для охлаждения молока с использованием ТИВКП;

- получены результаты оценки области эффективного применения установки для охлаждения молока, обусловленные регионом расположения объекта охлаждения.

#### **Личный вклад автора.**

Автором проведен анализ существующих установок с использованием естественного холода в фермерском хозяйстве, обоснована актуальность выбранной темы исследовательской работы, разработана экспериментальная установка и проведены исследования.

Автор участвовал в разработке методики и алгоритма расчета в компьютерном моделировании и в разработке запатентованных установок.

#### **Апробация практических результатов.**

Основные результаты диссертационной работы доложены на Международных научно-практических конференциях:

- VII Международная научно-техническая конференция «Казахстан-Холод 2017», 15-16 марта 2017 г. - Алматы: - АТУ, (Алматы, РК 2017 г.);

- IV Міжнародна конференція «інноваційні підходи і сучасна наука», (30 березня 2018 р.) - Київ: Центр наукових публікацій, збірник наукових публікацій «Велес», (Київ, Україна 2018 г.);

- V Международные фарабиевские чтения. 4 Международная Российско-Казахстанская Научно-практическая Конференция «Химические технологии функциональных материалов», 12-13 апреля 2018 г. - Алматы: - КазНУ им. Аль-Фараби, (Алматы, РК 2018 г.);

- AIP Conference Proceedings, Published by the American Institute of Physics, (USA 2018 y.);

- IV Глобальная наука и инновации 2019: Центральная Азия. Международная научно-практическая конференция, 21 января, (Астана, РК 2019 г.);

- IX Международная научно-техническая конференция «Казахстан-Холод 2019», 20-21 февраля 2019 г. - Алматы: АТУ, (Алматы, РК 2019 г.);

- XII Всеукраїнська Науково-Технічна Конференція «Современные проблемы холодильной техники и технологии», 27-28 вересня 2019 р. – Одесса: ОНАПТ, (Одесса, Украина 2019 г.);

- Інновації в суднобудуванні та океанотехніці: Матеріали X міжнародної науково-технічної конференції, Том 1 и Том 2, 26-28 вересня 2019 р. – Миколаїв: Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, (Миколаїв, Украина 2019 г.).

Результаты работы представлены на международных научно-практических конференциях, проведенных в Казахстане и за рубежом, доложены и обсуждены на расширенном заседании кафедры «Механизация и автоматизация производственных процессов» Алматинского технологического университета.

**Публикации.** По теме диссертационной работы опубликованы 16 научных работ. В том числе: 3 статьи в журналах рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки Министерства образования и науки Республики Казахстан; 1 статья в Украинском ВАК журнале; 1 статья и 1 публикация в журнале с ненулевым импакт-фактором (входящих в базу данных Web of Science и Scopus); 8 публикации в международных научно-практических конференциях; получено 2 патента на полезную модель РК: №3797 от 02.10.2018г. «Энергосберегающая установка с радиационным охлаждением» и удостоверение автора №107624 на имя Алимкешовой Асель Халмаханбетовны (Приложение А); №4408 от 05.04.2019г. «Установка для охлаждения молока» (Приложение Б).

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованных источников. Общий объем 127 страниц, в том числе 19 таблиц, 86 рисунков, 152 литературных источников и 11 приложений.

# 1 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ МОЛОКА В ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ

## 1.1 Основные требования для получения качественного молока

В молоке содержатся все необходимые важнейшие и ценные компоненты для жизнедеятельности организма человека [7-12].

Известно, что в 1 миллилитре свежесвыдоенного молока содержится до 186 000 бактерий, а при температуре молока +20°C через 5 часов число микроорганизмов достигает уже 2 миллиоонов [13-16].

Для сохранения качества молока после дойки его необходимо охладить до того, как в нем начнут размножаться вредные для здоровья бактерии. При использовании технологии в соответствии с нормативами температуру молока снижают от +35°C до +4°C [17-20].

Актуальной проблемой является использование искусственного холода для охлаждения молока в фермерских условиях [21]. Суммарное потребление энергетических ресурсов ежегодно растет [22]. Однако энергетические ресурсы, доступные человечеству являются ограниченными [23].

Поэтому наравне с поиском новых источников энергии, проводятся работы по сокращению ее потребления конечными пользователями. Одним из исследуемых многими научными работниками видов энергосбережения, являются возобновляемые источники энергии [24-26].

При использовании естественного холода также возникают определенные проблемы, обусловленные низкой скоростью охлаждения. Одно из самых важных и главных условий получения качественного и полезного молока – это его своевременная первичная обработка на ферме [27].

Для свежего молока характерна бактерицидная фаза – период, в течение которой не происходит размножение попавших в него микроорганизмов. При хранении неохлажденного свежесвыдоенного молока бактерицидная фаза длится 1-2 ч, после чего содержащиеся в нем бактерии начинают быстро размножаться, приводя к повышению титруемой кислотности молока и ухудшению его качества. Связь продолжительности бактерицидной фазы и температуры молока показана в соответствии с таблицей 1 [28]:

Таблица 1 - Связь между температурой молока и продолжительностью бактерицидной фазы

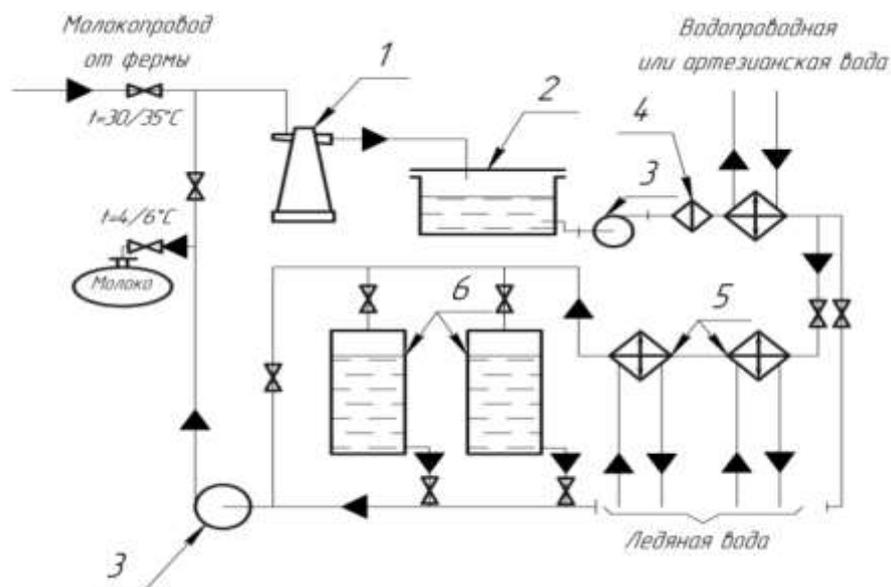
Температура молока, °C	37	30	25	10	5	0
Продолжительность бактерицидной фазы, ч	2	3	6	24	36	49

Таким образом, снижая температуру хранения молока на ферме, можно значительно продлить его бактерицидную фазу при условии низкой начальной обсемененности.

Для этого, сырое молоко после доения должно быть подвергнуто очистке и охлаждению до температуры  $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$  в течение не более 2 часов [29, 30]. Для приостановления размножения бактерий, достаточно охладить молоко до температуры  $10^\circ\text{C}$ .

При охлаждении надо учитывать время процесса доставки сразу после доения (с фермы), до места обработки молока (на завод). Молоко охлаждают до  $10^\circ\text{C}$ , если время его доставки не превышает 6 часов. Если доставка осуществляется в течении 12 часов, то молоко охлаждают до  $8^\circ\text{C}$ , а если молоко охладили до  $5^\circ\text{C}$ , то его можно будет доставлять в течении 24 часов. По окончании фильтрации, проводят охлаждение молока различными способами в зависимости от количества охлаждаемого молока в сутки [31].

Таким образом, любая проектируемая в наши дни холодильная машина должна удовлетворять обозначенным экологическим требованиям, а также должна потреблять как можно меньшее количество энергии на единицу теплоты, отводимой от охлаждаемого объекта и охлаждать свежесвыдоенное молоко за короткий период времени.



- 1 - молочные весы; 2 - бак молокоприемный; 3 - насос для молока;  
4 - фильтр молочный; 5 - проточный теплообменник; 6 - резервуар для хранения молока

Рисунок 1 - Схема холодоснабжения молочно-товарной фермы

Примечание – составлено автором на основе источника [32, с. 119].

В работе [33] была исследована работа молочных заводов с новыми технологиями охлаждения.

На молочно-товарных фермах широко используют пластинчатые проточные охладители для молока, в которых молоко охлаждается в несколько ступеней: сначала холодной или артезианской водой, а затем - водой от холодильных установок. Для обеспечения заданной холодопроизводительности, в зависимости от региона расположения, меняется холодопроизводительность холодильной машины. Схема охлаждения молока показана в соответствии с рисунком 1.

## **1.2 Анализ существующих установок для охлаждения молока с использованием естественного холода**

Существует два вида охлаждения: естественное и искусственное.

При искусственном охлаждении можно обеспечить нормативный процесс охлаждения и получить качественный продукт. Недостатком искусственного охлаждения являются низкая энергоэффективность за счет больших затрат энергии.

На охлаждение 1 тонны свежесвыдоенного молока тратиться 30-35 кВт·ч электроэнергии [34], а с учетом существующих тенденций к постоянному росту тарифов на энергию, немаловажной задачей является повышение энергоэффективности установок для охлаждения молока.

Также при использовании искусственного холода на фермах, важно учитывать, что электрическая сеть не везде доступна или же имеющихся электрических мощностей не достаточно для удовлетворения всех энергетических потребностей.

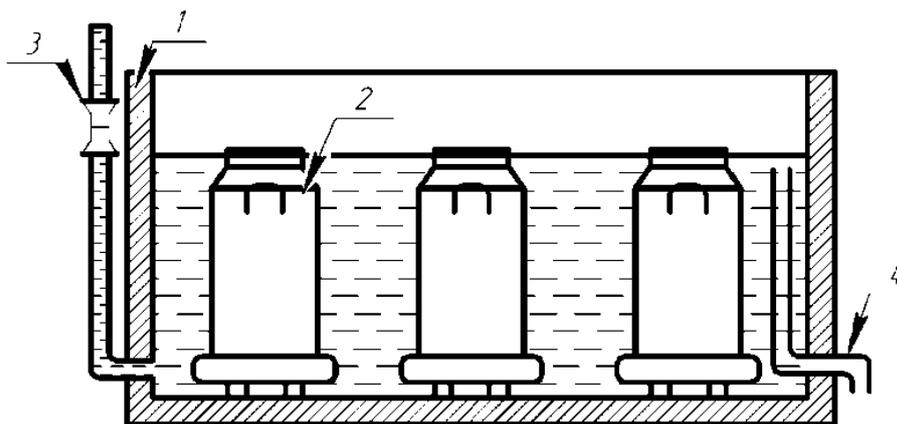
Чтобы повысить энергоэффективность процесса охлаждения многие фермеры используют естественный холод.

Учитывая выше изложенные факты, нами были рассмотрены наиболее известные способы использования естественного холода для охлаждения молока на фермах. Они являются экологически безопасными и энергосберегающими установками, которые могут стать важнейшими альтернативными источниками технологического холода.

Наиболее простой способ охлаждения свежесвыдоенного молока на фермах - охлаждение во флягах в соответствии с рисунком 2, погруженных в бассейн с проточной холодной артезианской или водопроводной водой [35].

Недостатками этого способа являются низкая интенсивность охлаждения (увеличивается время охлаждения продукта) и значительные затраты ручного труда.

Процесс охлаждения во флягах может быть интенсифицирован за счет периодического ручного перемешивания молока мешалкой.



1 - бак с водой; 2 - фляга с молоком; 3 - вентиль трубы для подачи холодной воды; 4 - сливная труба

Рисунок 2 - Устройство для охлаждения молока во флягах

Применяется также охлаждение молока с помощью систем естественного водоснабжения – водопроводной, колодезной или подземной водой за рубежом. Метод охлаждения погружением молочных фляг в реку, озеро или резервуар. Этот метод наиболее эффективен, когда температура воды составляет  $10^{\circ}\text{C}$  и ниже [36].

Известно использование древесного угля в небольших объемах для охлаждения молока в фермерских условиях [37].



Рисунок 3 - Испарительное охлаждение молока с древесным углем

Тепло от молока испаряет воду, содержащуюся в составе древесного угля, тем самым отводя тепло от молока и в конечном итоге охлаждая его. Воздействие наполненного древесным углем устройства, содержащего теплое молоко во флягах, на естественные потоки приводит к испарительному охлаждению молока в соответствии с рисунком 3.

Испарительное охлаждение имеет очень ограниченное применение, и может использоваться для небольших объемов и быту, поскольку зависит от влажности или сухости атмосферного воздуха.

При увеличении относительной влажности воздуха производительность испарительной системы охлаждения будет снижаться, что ограничивает ее использование в климате с высокой влажностью.

Такой метод испарительного охлаждения эффективно использовать, в климатических условиях, где относительная влажность составляет менее 30%. Если влажность атмосферного воздуха известна, то потенциальную скорость и степень охлаждения можно определить с помощью психометрической диаграммы.

Известны поверхностные (открытые) системы охлаждения молока с использованием естественной холодной воды [38].

Они работают за счёт поверхностных охладителей, которые используют воду под давлением из водопровода или природных водоемов. Установки могут быть изготовлены из металлической пластины: охлаждающая вода пропускается через стальные трубы, а теплое молоко подается сверху по вертикали на эти же трубы из небольшого резервуара, установленного в верхней части устройства.



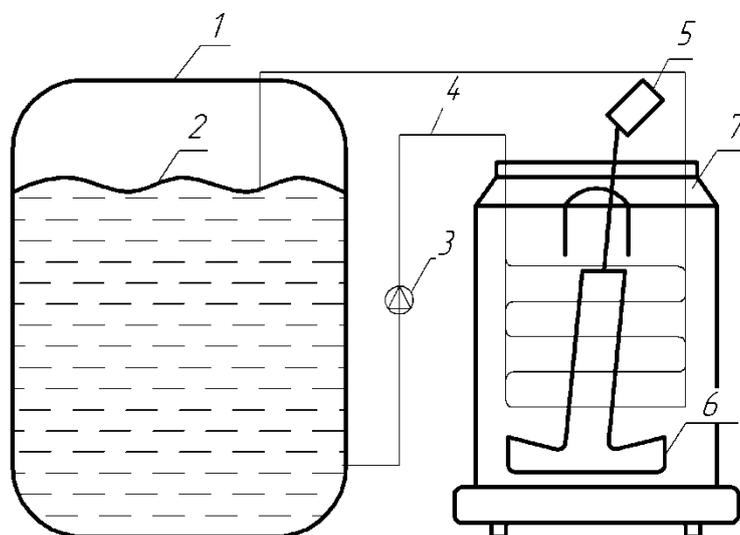
Рисунок 4 - Поверхностные (открытые) системы охлаждения молока

Молоко охлаждается при стекании по наружной поверхности трубопроводов и собирается в молочные фляги в соответствии с рисунком 4.

Их недостатком является взаимодействие молока с атмосферным воздухом. Молоко подвержено загрязнению от пыли содержащейся в воздухе и от попадания насекомых во флягу.

Другим способом охлаждения молока во флягах, с использованием естественного холода, является подача холодной или ледяной воды из аккумулятора естественного холода, через погружной теплообменник с механической мешалкой в соответствии с рисунком 5.

Такой погружной охладитель состоит из основания, на котором крепятся цилиндрический (кольцеобразный) теплообменник с патрубками для подвода и отвода хладоносителя и механическая мешалка с приводом от электродвигателя.



- 1 - аккумулятор естественного холода; 2 - холодная или ледяная вода;  
 3 - насос; 4 - трубопровод; 5 - привод с электродвигателем; 6 - механическая мешалка; 7 – фляга

Рисунок 5 - Устройство для охлаждения молока во флягах с погружным теплообменником

Существенным недостатком такого способа охлаждения являются значительные затраты труда на ручное манипулирование установкой (извлечение), с погружным охладителем (теплообменником).

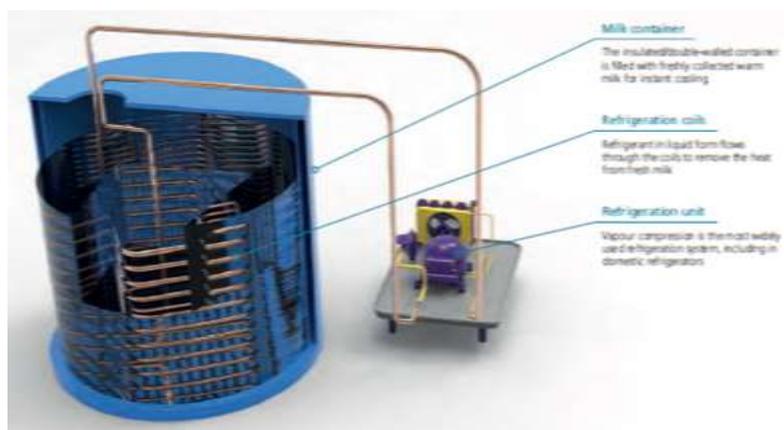


Рисунок 6 - Иммерсионно-водяное (погружное) охлаждение

Еще одним видом охлаждения, используемым за рубежом, является иммерсионно-водяное (погружное) охлаждение [39]. В таких системах для

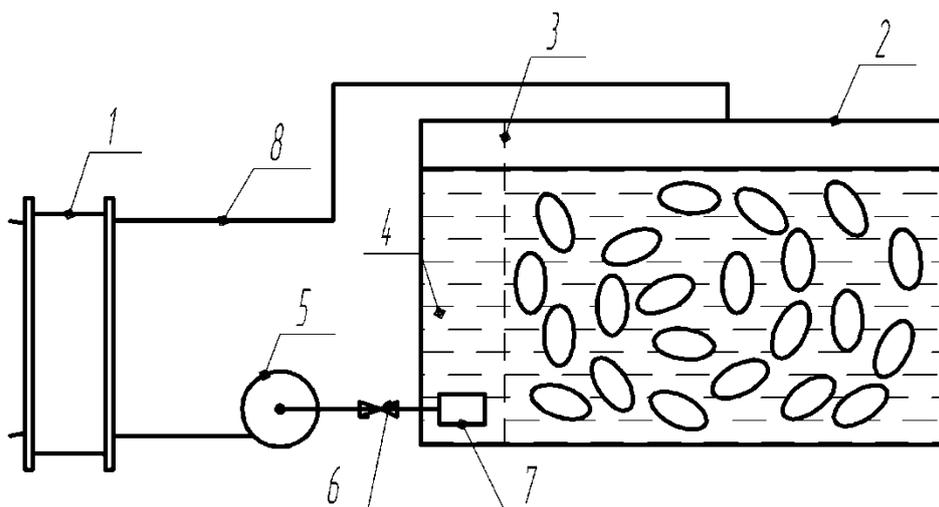
охлаждения молока используется погружной кольцеобразный трубопровод, в который подается вода, охлажденная холодильной машиной или холодная вода из естественного источника.

Система охлаждения погружена в бак с теплым молоком или в контейнер из нержавеющей стали емкостью 25-125 литров в соответствии с рисунком 6.

Охлаждающей жидкостью является хладагент, который находится в погружном змеевике, он снижает температуру молока до требуемой. Такие системы включают в себя тележку, чтобы облегчить транспортировку молочного бака. Они используются в очень небольших молокоохладителях или в частных станциях для охлаждения молока.

На фермах для охлаждения молока часто используют фригаторные установки с пластинчатым теплообменником в соответствии с рисунком 7.

В фригатор загружают кусковой лед и заливают водой до закрытия фильтра всасывающей трубы, открывают вентиль и включают насос, затем подают молоко в пластинчатый теплообменник [40].



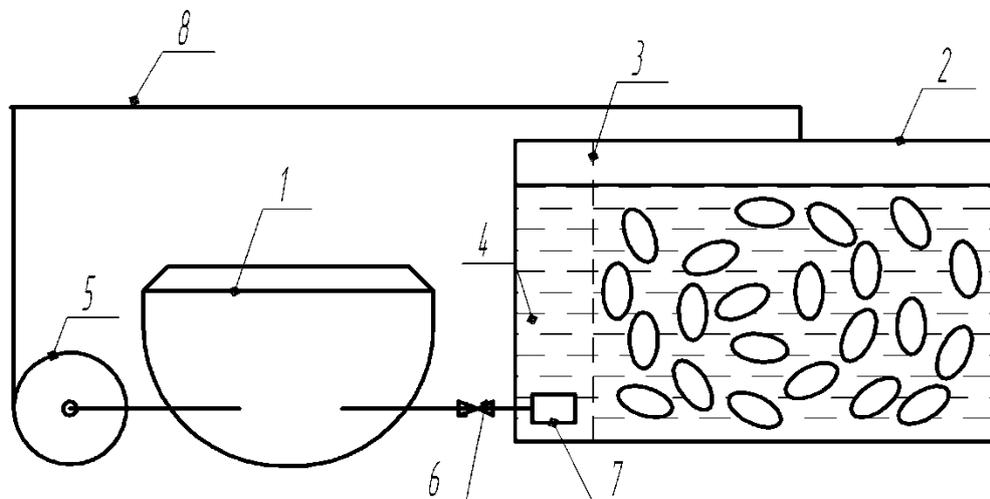
1 - пластинчатый охладитель; 2 - фригатор; 3 - фильтр; 4 - секция ледяной воды; 5 - насос; 6 - вентиль; 7 - фильтр насоса; 8 - труба возврата воды

Рисунок 7 - Фригаторная установка поточного охлаждения молока

Насосом вода подаётся по замкнутому циркуляционному контуру: фригатор - насос - пластинчатый охладитель - труба с разбрызгивателем - фригатор. Ледяная вода в результате теплообмена с молоком в пластинчатом теплообменнике нагревается, а во фригаторе за счет омывания и таяния льда она вновь охлаждается и далее цикл повторяется.

Недостатком является значительные затраты труда на заготовку кускового льда и необходимость постоянной загрузки его во фригатор.

Еще одной модификацией установки для охлаждения молока в фермерском хозяйстве, является фригитор с баком для охлаждения молока в соответствии с рисунком 8.



- 1 - бак для охлаждения; 2 - фригитор; 3 - фильтр; 4 - секция ледяной воды;  
5 - насос; 6 - фильтр; 7 - вентиль; 8 - труба возврата воды

Рисунок 8 - Фригаторная установка порционного охлаждения молока

В бак заливается порция молока для охлаждения [41]. Холодная вода насосом подаётся по замкнутому контуру: фригитор - водяная рубашка бака - насос - труба с разбрызгивателем - фригитор. При этом для интенсификации теплообмена между молоком и холодными стенками молочной ванны, включают в работу мешалку с приводом от мотор-редуктора.

Процесс охлаждения первой порции молока происходит непрерывно от поступления в ванну до охлаждения. При достижении температуры молока  $6^{\circ}\text{C}$ , насос и мешалка автоматически выключаются по сигналу датчика температуры.

Продолжительность охлаждения молока при 50%-ном заполнении емкости 2,5-3ч, при температуре ледяной воды, поступающей в водяную рубашку,  $1...+3^{\circ}\text{C}$ .

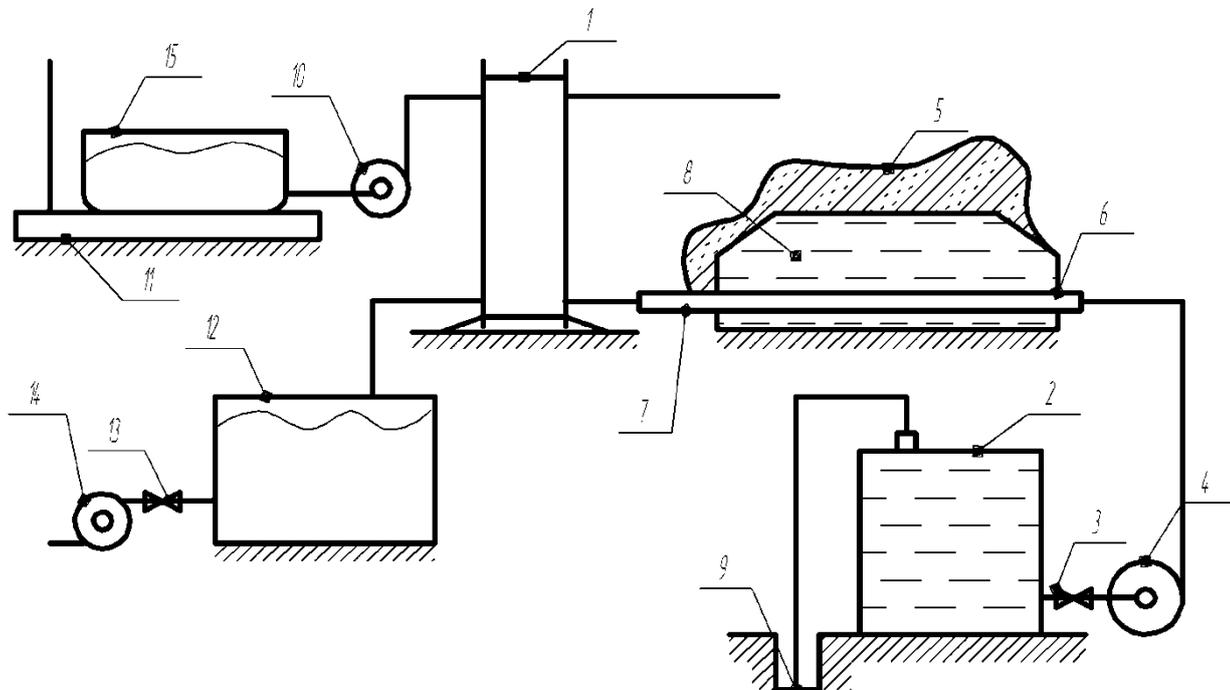
К недостаткам данного способа охлаждения можно отнести значительные затраты труда на заготовку кускового льда и непрерывную подачу его во фригитор, а так же медленный процесс охлаждения молока.

В фермерских хозяйствах, также нашли применение установки для охлаждения молока с использованием льдобунта в соответствии с рисунком 9 [42].

Для охлаждения молока используется пластинчатый теплообменник. Артезианская вода подается из скважины в бак вместимостью  $1...3\text{ м}^3$ , откуда насосом нагнетается через регистр льдобунта в пластинчатый охладитель

молока, а далее в групповые автопоилки. В регистре вода охлаждается до  $+3...4^{\circ}\text{C}$ , а в охладителе молока, нагревается до  $+13...14^{\circ}\text{C}$ .

Недостаток установок с льдобунтом – большая металлоемкость, высокие затраты на ежегодную теплоизоляцию льдобунта и значительный расход артезианской воды.



1 - пластинчатый охладитель; 2 - бак; 3, 13 - вентили; 4, 10, 14 - насосы;  
5 - слой опилок; 6 - гибкий рукав; 7 - регистр; 8 - льдобунт; 9 - скважина;  
11 - весы; 12 - емкость для хранения молока; 15 – ванна

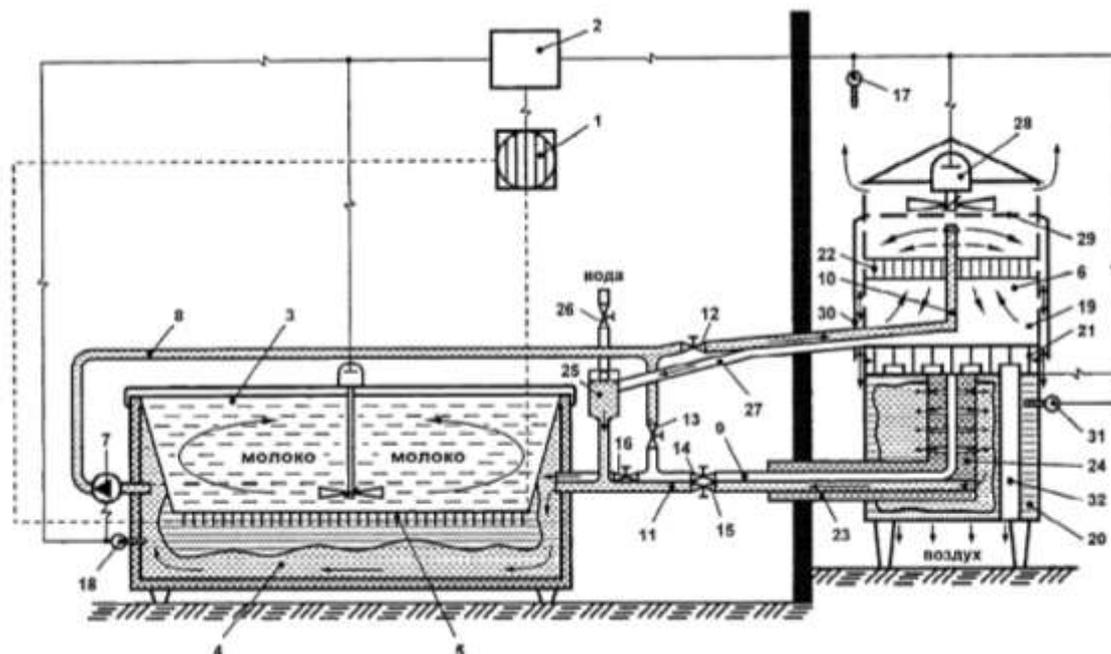
Рисунок 9 - Установка с льдобунтом для охлаждения молока

Известна энергосберегающая аккумуляционная установка для охлаждения молока [43]. Молоко охлаждается в резервуаре-теплообменнике хладоагентом, который в свою очередь охлаждается в верхней и нижней секции аккумулялирующего резервуара, установленного на открытом воздухе в соответствии с рисунком 10.

Хладоагент подается в верхнюю секцию аккумулялирующего резервуара через распылительную трубу, охлаждается с помощью воздуха подаваемого вентилятором и стекает вниз по трубе.

Если теплоноситель не охлаждается до требуемой температуры, то включается холодильная машина, которая охлаждает теплоноситель до требуемой температуры.

Недостаток этого устройства состоит в том, что хладоагент в аккумулялирующем резервуаре, расположенном на открытом воздухе, при охлаждении частично улетучивается в атмосферу.



1 - холодильная машина, 2 - блок управления, 3 - резервуар-теплообменник для охлаждения молока, 4 - теплоизолированный резервуар теплоносителя, 5 - испаритель, 6 - аккумулирующий резервуар теплоносителя, 7 - насос, 8 - отводная труба, 9 - подающая труба, 10 - распылительная труба, 11 - сливная труба, с 12 по 16 - вентили, 17 - датчик температуры наружного воздуха, 18 - датчик температуры теплоносителя, 19 - верхняя секция (зарешеченные окна), 20 - нижняя секция, 21 - решетки, 22 - ороситель, 23 - теплоизоляция, 24 - слой резины, 25 - емкость с регулятором уровня, 26 - вентиль, 27 - наклонная труба, 28 - вентилятор, 29 – капле отбойник, 30 - кожух, 31 - датчик для определения слоя льда, 32 - воздухопроводящая полость

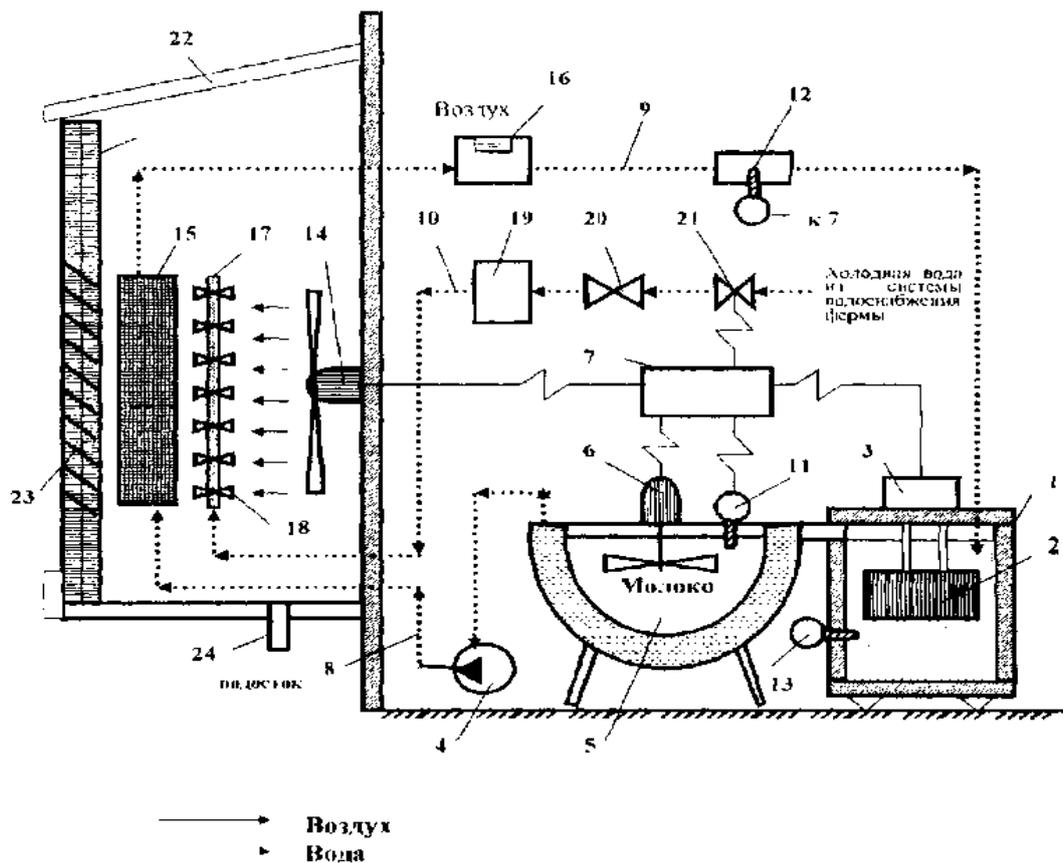
Рисунок 10 - Энергосберегающая аккумуляционная установка для охлаждения молока

Также, известна и другая подобная система охлаждения молока с использованием естественного холода [44].

Бак для охлаждения молока состоит из мешалки, внутренней ванны и внешней рубашки, где циркулирует хладоноситель с низкой температурой замерзания в соответствии с рисунком 11.

Во внешнюю рубашку, хладоноситель поступает из аккумулятора холода. После процесса охлаждения молока хладоноситель насосом подает в теплообменник, расположенный на открытом воздухе. В теплообменнике хладоагент охлаждается за счет распыления воды с помощью вентилятора. Затем хладоагент вновь поступает в аккумулятор холода и цикл повторяется.

Недостатком такого устройства является низкая производительность и большой расход воды и воздуха.



1 – аккумулятор холода, 2 – испаритель, 3 – холодильная система, 4 – насос теплоносителя, 5 – бак для охлаждения молока, 6 – мешалка, 7 – блок управления, 8, 9, 10 – трубопроводы, 11, 12, 13 – датчик температуры, 14 – вентилятор, 15 – теплообменник, 16 – воздушный клапан, 17 – труба, 18 – распылительная форсунка, 19 – фильтр, 20 – регулирующий вентиль, 21 – клапан, 22 – теплоизолированный короб, 23 – стенка-жалюзи, 24 – отводная труба

Рисунок 11 - Система охлаждения молока с использованием естественного холода для ферм

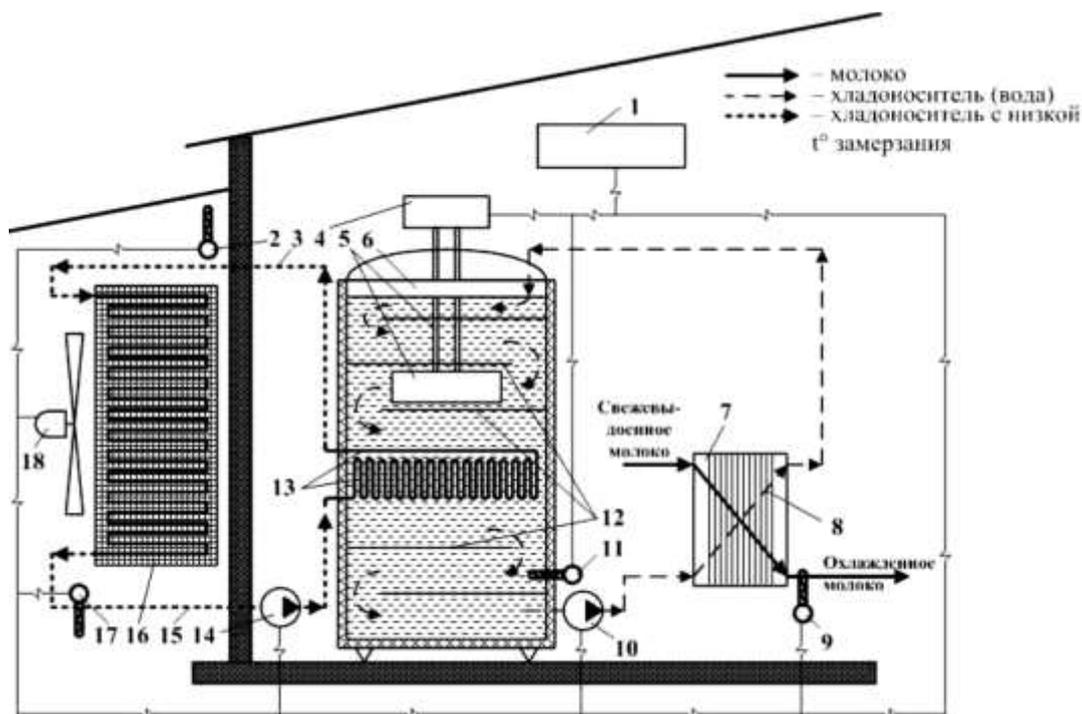
Преимуществом следующей представленной системы [45] является устранение возможности испарения и смешивания хладоносителя с низкой температурой замерзания с парами наружного воздуха в приемнике природного холода.

Энергосберегающая система охлаждения молока с использованием искусственного и природного холода и движением хладоносителей с низкой температурой замерзания по замкнутому контуру состоит из теплообменника для молока, аккумулятора холода, холодильной машины, конденсатора воздушного охлаждения и вентилятора в соответствии с рисунком 12.

В замкнутый контур (конденсатор с воздушным охлаждением) с приемником естественного холода (градирня), хладоноситель с низкой температурой замерзания подается насосом из теплообменника

расположенном в аккумуляторе холода. С помощью вентилятора этот хладоноситель охлаждается, а потом охлаждает воду с аккумулятора холода.

Если вода в аккумуляторе холода не достаточно охлаждена то включается холодильная машина. В основном это происходит летом. Если вода достаточно охлажденная, что в основном бывает в холодное время года, то вода охлаждается без помощи холодильной машины.



1 – блок управления, 2 – датчик температуры воздуха, 3 – канал для теплоносителя (хладоносителя) с низкой температурой замерзания, 4 - холодильная машина, 5 – испаритель от холодильной машины, 6 – аккумулятор холода, 7 – теплообменник для молока, 8 – канал для воды, 9 – датчик температуры молока, 10 – насос для воды, 11 – датчик температуры воды, 12 – перегородки, 13 – теплообменник, 14 – насос для теплоносителя, 15 – канал для теплоносителя, 16 – конденсатор с воздушным охлаждением, 17 – датчик температуры теплоносителя, 18 – вентилятор

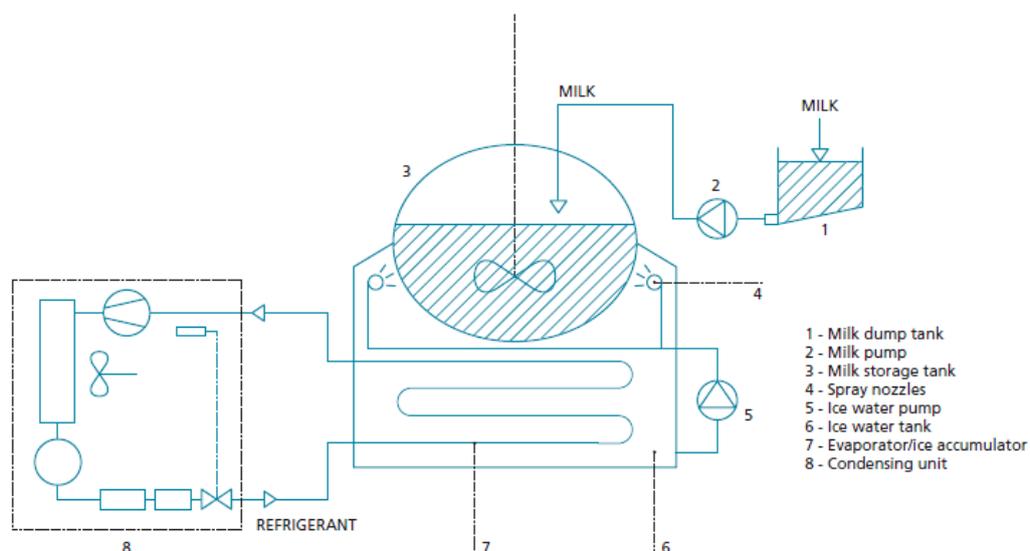
Рисунок 12 – Энергосберегающая система охлаждения молока с использованием искусственного и природного холода и движением хладоносителей с низкой температурой замерзания по замкнутому контуру

После, охлажденная вода из аккумулятора холода подается с помощью насоса в теплообменник для молока. В теплообменнике происходит охлаждение молока, а вода возвращается в аккумулятор холода.

Недостатком такого устройства является увеличение нагрузки на вал двигателя насоса хладоносителя с низкой температура замерзания в связи с использованием воздушного конденсатора, то есть увеличение сопротивления прохождения жидкости в трубах.

Создание экологически безопасного оборудования может значительно улучшить экологическую обстановку. Однако оно не полностью отвечает требованиям сельского хозяйства, так как не обеспечивает экономии электроэнергии, не защищает сельскохозяйственного потребителя от аварийных и плановых отключений электроэнергии и потерь сельскохозяйственной продукции [46-52].

На практике применяются несколько вариантов молокоохладительных танков с использованием искусственного холода.



1 – танк для молока, 2 – насос для молока, 3 – танк для хранения молока, 4 – форсунки, 5 – насос для ледяной воды, 6 – танк для ледяной воды, 7 – испаритель или аккумулятор льда, 8 – конденсационная установка

Рисунок 13 - Схема системы для охлаждения молока с замораживанием льда

Вариант системы охлаждения молока с замораживанием льда, показан в соответствии с рисунком 13 и общий вид в соответствии с рисунком 14.

Танк устроен следующим образом [53]. В нижней части бака 3 имеется резервуар (для аккумуляции ледяной воды). В нем расположен испаритель 7, в котором замораживается лед толщиной 8 см. Вода охлаждается за счет этого льда и подается через насос 5 в разбрызгивающие форсунки 4. Так как ледяная вода подается только в нижнюю часть бака, имеется мешалка.

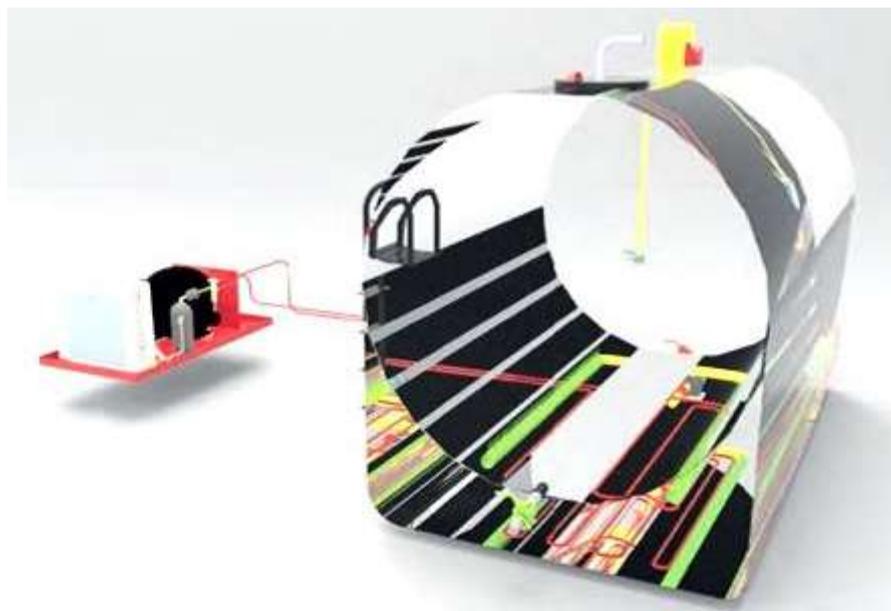
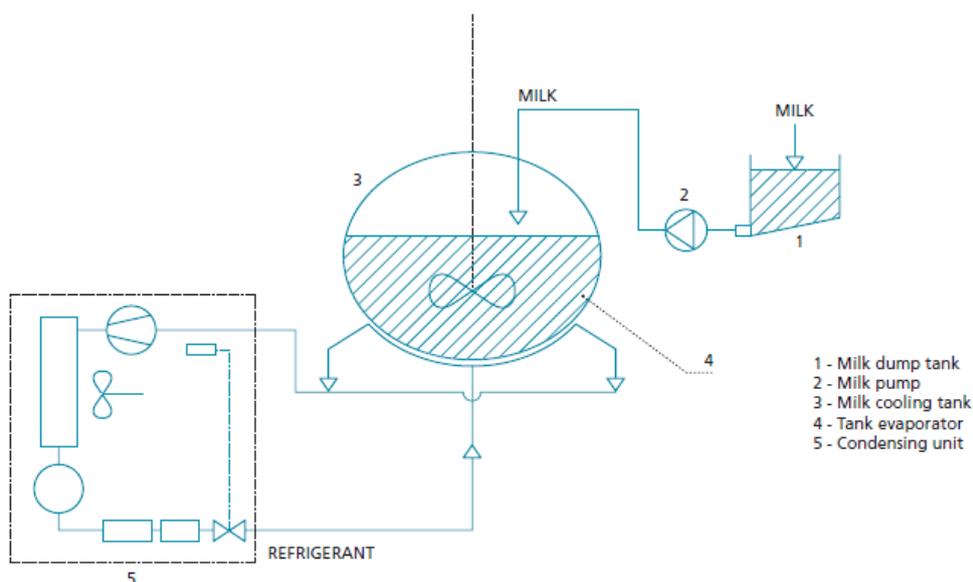


Рисунок 14 – Общий вид системы для охлаждения молока с встроенным резервуаром для замораживания льда

Следующий вариант [54] с использованием искусственного холода не имеет резервуара на днище для ледяной воды. За счет этого его объем уменьшается в соответствии с рисунком 15.



1 – танк для молока, 2 – насос для молока, 3 – танк для охлаждения молока, 4 – испарительный танк, 5 – конденсационная установка

Рисунок 15 - Схема закрытого бака для прямого охлаждения молока

На дне бака расположен испаритель, прикрепленный к внешней стороне бака с молоком, они имеют форму подушек в соответствии с рисунком 16.

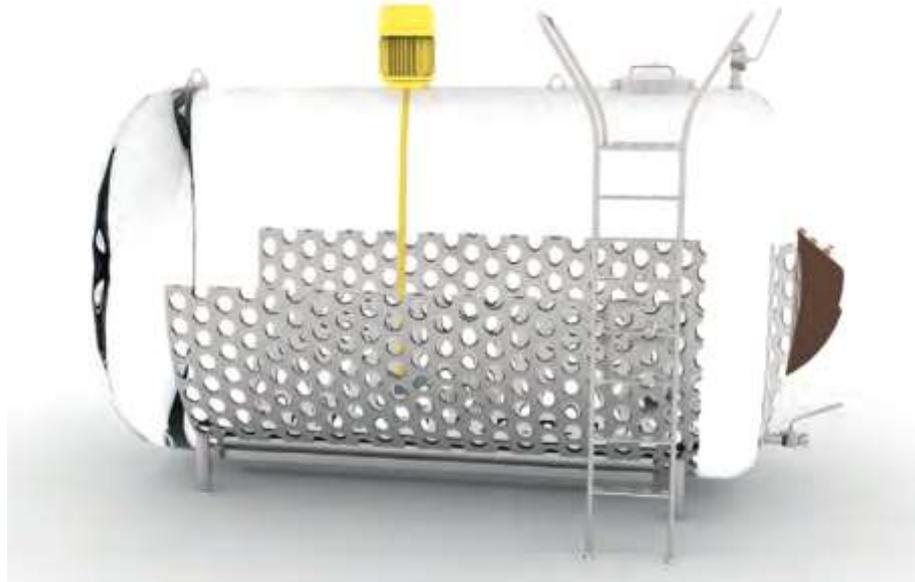


Рисунок 16 - Поперечное сечение закрытого бака прямого охлаждения молока

Эти системы работают на 50% более энергоэффективнее, чем с замораживанием льда. Однако холодильный компрессор работает постоянно во время охлаждения молока, поэтому потребление энергии велико в течение короткого периода времени, от 4 до 8 часов в день.

В соответствии с рисунком 17 представлен аккумулятор холода, в котором накапливается лед на трубопроводах испарителя. Устройство предназначено для непрерывного образования льда на трубах испарителя, в периоды, когда тарифы на электроэнергию самые низкие.



Рисунок 17 – Резервуар для льда (аккумулятор ледяной воды)

Обычно используются одноступенчатые холодильные компрессоры. Производительность ледогенераторов используемых в холодильных

машинах варьируется от 600 до 4000 литров ледяной воды, соответственно 200 и 2000 кг льда.

Саккумулированная ледяная вода может быть использована в периоды пиковой нагрузки. При использовании теплообменника, свежее молоко можно довольно быстро охладить до температуры 4°C.

### **1.3 Анализ существующих систем с использованием теплового излучения в космическое пространство**

В последнее время большое внимание уделяется использованию возобновляемых источников энергии (ВИЭ) для холодильных систем.

Одним из видов охлаждения, относящийся к ВИЭ основан на физическом явлении эффективного излучения Земли, позволяющее охлаждать технические установки ниже температуры окружающего воздуха [55-60].

Эффективное излучение представляет собой разность между тепловым излучением земной поверхностью и противоизлучением атмосферы. Поток теплового излучения от земной поверхности, проходя через атмосферу частично поглощается, частично отражается и частично уходит в окружающее космическое пространство [61-64].

В результате её температура может становиться ниже температуры окружающей среды. В холодильной технике это тепловое излучение в космическое пространство (ТИВКП) называют радиационным охлаждением.

Устройство для охлаждения теплоносителя при помощи теплового излучения в космическое пространство называют радиатором. Чем суше воздух, тем больше тепла может передавать радиатор в окружающую среду, так как водяной пар сильно поглощает и переизлучает поток теплового излучения.

ТИВКП в зависимости от метеорологических условий региона, можно использовать для охлаждения и применять как дополнительную холодильную установку к основной парокомпрессионной холодильной машине.

Применение способа охлаждения за счет теплового излучения в молочной промышленности остается не исследованным.

Суть данного способа охлаждения заключается в следующем: теплообменники (радиаторы) для эффективного излучения, обращенные к небу, при определенных условиях, могут излучать больше тепловой энергии, чем воспринимать обратно от окружающей среды в зависимости от климатических условий расположения объекта.

В результате, такого теплового излучения в космическое пространство, температура теплоносителя в зависимости от материала и конструкции радиатора может поддерживаться ниже температуры окружающего воздуха.

Этот эффект можно использовать для создания охлаждающих установок в молочной промышленности, а именно в фермерских хозяйствах, в которых хладоноситель будет охлаждать воду, затем вода будет охлаждать молоко.

Использование теплового излучения в значительной степени определяется особенностями климата того или иного региона.

В определенных климатических условиях, установки, использующие тепловое излучение, будут работать более эффективно, чем в других, такие анализы были проведены в трех климатических условиях городов Казахстана [65].

Теплофизические свойства радиатора для теплового излучения и отражения солнечной энергии, а так же восприятия холода были проанализированы в работе [66].

Известны исследования, которые проводились с радиаторами излучающими в небосвод тепловую энергию за счет эффективного охлаждения. Такие исследования проводились в разных странах с разными климатическими условиями [67-97].

В Тайланде при жарком и влажном климате были проведены исследования, по длительности хранения под землей воды, охлажденной ночным эффективным излучением [98].

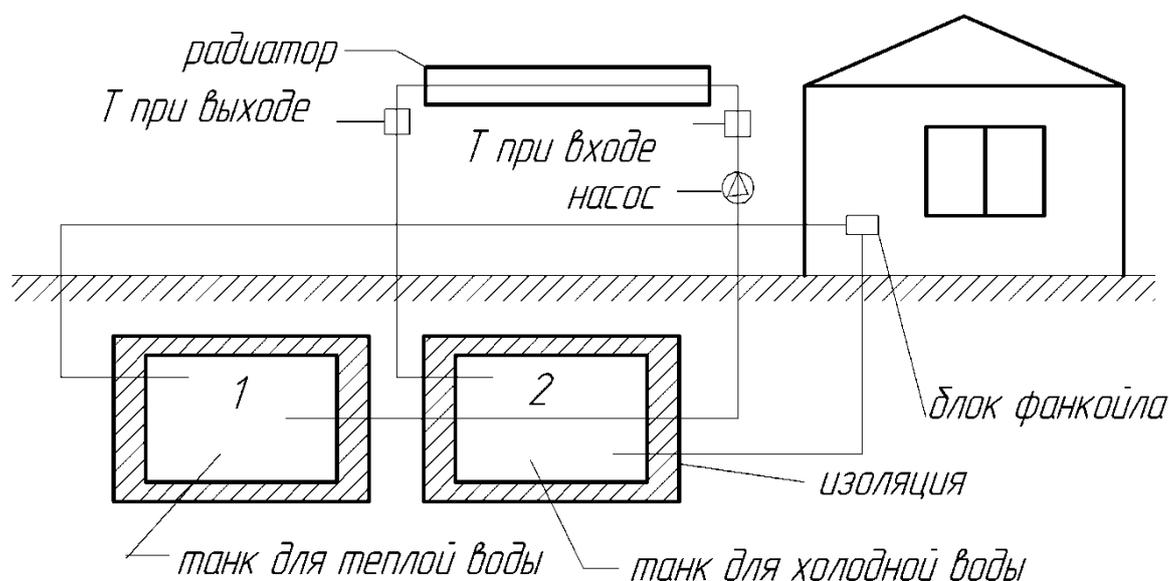


Рисунок 18 - Интегрированная система теплового излучения в космическое пространство и подземного хранения охлажденной воды.

Предложенная система состоит из специального радиатора и двух подземных резервуаров в соответствии с рисунком 18. Первый бак - для холодной, и второй - для теплой воды.

В ночное время из второго бака теплую воду перекачивают в радиатор и она охлаждается с помощью теплового излучения в ночное время. Охлажденную воду из радиатора сливают в первый бак для холодной воды, где она хранится следующий день.

В течении дня из первого бака холодная вода подается в блок охлаждения в жилом помещении.

Компьютерная модель системы с использованием метеорологических данных «ChiangRay» указывает на то, что холодная вода под землей может храниться при температуре от 14,5 до 22, с декабря по июль. В марте и апреле температура воды составляет от 16 до 18°C. Это говорит о том, что система была бы полезна для кондиционирования воздуха в жаркий сезон.

Стоит заметить, что зимой в Тайланде с ноября до марта месяца температура атмосферного воздуха находится в диапазоне от 13 до 23,5°C. Летним периодом считается апрель и май месяцы (можно отнести конец марта), температура воздуха колеблется между 27-28°C. Дождливой погодой (весна, осень) считается с июня до ноября, температура воздуха в эти дни составляет 26-25°C.

Климат Японии можно отнести к влажному, поэтому тепловое излучение в космическое пространство здесь использовать затруднительно.

В Европе к 2020 году все новые офисные здания должны быть с минимальным потреблением энергии. В связи с этим для снижения энергопотребления в 3-х разных местах: Копенгаген (Дания), Милан (Италия) и Афины (Греция) были проведены исследования по охлаждению офисных зданий во время теплого периода года (с 1-мая по 30-сентября).

Снижение энергии предложено вести в двух направлениях: производства электричества для привода насосов путем использования фотоэлектрических панелей и охлаждения воды в солнечных коллекторах тепловых панелях с тепловым излучением в космическое пространство, а также с использованием для снижения пиковой нагрузки во время охлаждения теплоносителей с изменением фазы материала (органические - парафин, неорганические - соль вещества) в потолочных панелях [99]. МФП – это которые поглощают скрытое тепло.

Таблица 2 – Средняя мощность ФЭиТП

Город	Средняя электрическая мощность, Вт/м <sup>2</sup>	Средняя горячая вода, удельная мощность, Вт/м <sup>2</sup>	Средняя холодная вода, удельная мощность, Вт/м <sup>2</sup>
Копенгаген	26,6	76,1	42,8
Милан	27,5	108,2	35,9
Афины	32,6	95,0	33,4

Результаты расчета средней мощности фотоэлектрических и тепловых панелей (ФЭиТП), производства электроэнергии, горячей и холодной воды в трех смоделированных городах представлена в соответствии с таблицей 2.

Средняя мощность солнечного коллектора, незакрытого стеклом (НСК), представлена в соответствии с таблицей 3, производимая горячей и холодной водой.

Таблица 3 – Средняя мощность НСК

Город	Средняя горячая вода, удельная мощность, Вт/м <sup>2</sup>	Средняя холодная вода, удельная мощность, Вт/м <sup>2</sup>
Копенгаген	55,4	-9,4
Милан	63,1	-2,3
Афины	66,7	8,0

Результаты исследования показали, что за счет теплового излучения в космическое пространство произведено в Копенгагене (Дания) 22%, в Милане (Италия) 10% и в Афинах (Греция) 4% от общего количества холода. Общее количество электроэнергии, потребленной системой за моделируемый период составил в Копенгагене (Дания) 94,4 кВт·ч/м<sup>2</sup>, в Милане (Италия) и в Афинах (Греция) 96,7 кВт·ч/м<sup>2</sup>.

Процент энергии охлаждения, обеспечиваемый тепловым излучением в космическое пространство и чиллером (холодильной машиной) представлен в соответствии с рисунком 19. Тепловое излучение в ночное время имеет самый высокий потенциал в городе Копенгаген, в то время как низкая энергия охлаждения была достигнута в Афинах.

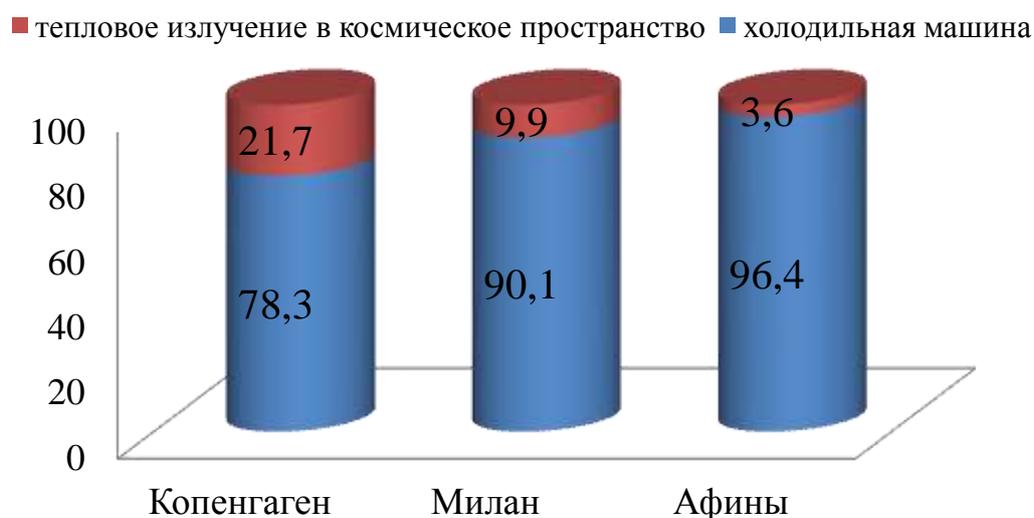


Рисунок 19 – Количество тепла, отведенное за счет работы холодильной машины и за счет системы, использующей тепловое излучение в космическое пространство

Можно сделать следующие выводы: МФП потолочных панелей лучше обеспечивается тепловой энергией в климатических условиях Афин и Милана, чем Копенгагена, из-за расположения солнца в дневное время.

Мощность охлаждения неглазурированных (неполированных) солнечных коллекторов была незначительной и в Милане и в Копенгагене, лучший результат был бы достигнут, если были использованы только ФЭТП.

Несмотря на низкий процент чистоты неба, в более высоких широтах можно получить высокий процент охлаждения за счет ТИВКП. Более высокая доля использования энергии производимые ФЭиТП была получена в Копенгагене, чем в Милане и в Афинах.

Можно сделать вывод, что тепловое излучение в космическое пространство может быть применяется для охлаждения помещений офисных зданий в Северном климате. Производительность установки может быть повышена путем реализации «солнечной слабоотеночной системой» и более точным контролем стратегии.

В работе [100] представлено тепловое излучение для термофотовольтаических систем (ТФВС). Фотовольтаик – это метод выработки электроэнергии путем использования фоточувствительных элементов для преобразования солнечной энергии в электрическую энергию.

В работе предлагается использовать тепловое излучение как пассивный механизм охлаждения для устранения теплового воздействия на ТФВС посредством теплового излучения фотоэлектрических диод.

Структура радиационного охладителя состоит из плиты, толщиной 1,5 мм, с низким содержанием железа и натриево-известкового стекла (принципы проектирования нанофотоники - силикатное стекло с низким железом).

В системе охлаждения одним из ключевых факторов проектирования является: выбор структуры теплового излучения и соотношение площадей между фотоэлектрической ячейкой.

Было определено, что эффективность системы может быть повышена на 18%. Эффект охлаждения может быть улучшен в дальнейшем с добавлением в структуру фотовольтаических систем (PhC). Из результатов можно увидеть, что эффективное тепловое излучение ТФВС может быть достигнуто с помощью относительно простых материалов и конструкций.

Следующее исследование [101] было проведено в климатических условиях самых крупных городов Австралии. По результатам исследований было представлено технико-экономическое обоснование теплового излучения в космическое пространство (ТИВКП) на основе построения интегрированных фотоэлектрических тепловых (ИФЭТ) системах.

В этой работе для исследования выбрана модульная ПИФЭТ система длиной 5м и шириной 3м. Результаты показали, что ИФЭТ система может производить от 121 до 3911 МДж охлаждения ежегодно в зависимости от местоположения и климатических условия со скоростью воздушного потока 113м/с.

Средний коэффициент полезного действия (КПД) системы варьируется между 5 и 140%. Исследования проводились в 9 городах Австралии, это – Аделаида, Алис Спрингс, Брисбен, Канберра, Дарвин, Хобарт, Мельбурн, Перт, Сидней.

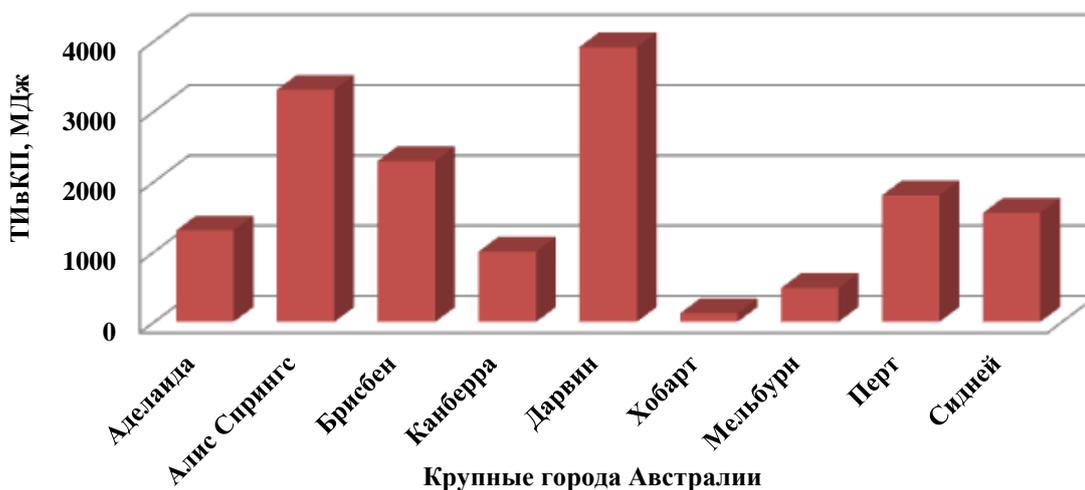


Рисунок 20 – Энергия теплового излучения в космическое пространство в крупных городах Австралии

Результаты исследований показали в соответствии с рисунком 20, что в тропических регионах Австралии – в Дарвине было больше энергии от теплового излучения (3911 МДж), затем Алис Спрингс (3303 МДж). В более же холодном климате, как Мельбурн (480 МДж) и Хобарт (122 МДж) имеют наименьшее тепловое излучение в космическое пространство.



Рисунок 21 – Среднегодовой коэффициент полезного действия от теплового излучения в космическое пространство для крупных городов Австралии

В соответствии с рисунком 21 показан результат среднегодового КПД ТИВКП в крупных городах Австралии. Итог среднегодового КПД показал максимальный результат в Дарвине (141%), а минимальный в Хобарте (5%).

В исследовании был смоделирован планетарный тепловой баланс Земли с аналоговой электрической системой [102] и было исследовано влияние

атмосферной передачи на Солнечное излучение и поверхностное излучение Земли в климате Земли [103]. Этими же авторами было исследовано характеристика тепловой инерции системы Океан-Атмосфера [104].

В следующей работе [105] рассматривается влияние метеорологических (экологических) параметров на мощность солнечных коллекторов с ТИВКП. Влияние экологических параметров, это влияние скорости ветра, относительной влажности воздуха, облачности, расположения коллектора и температуры воздуха ТИВКП.

Исследуется два вида солнечных панелей (коллекторов): неглазурованный солнечный коллектор и фотоэлектрическая тепловая панель. Из анализа результатов исследований можно заметить, что на ТИВКП очень сильно влияют погодные условия.

Более благоприятным условием для реализации теплового излучения в космическое пространство являются: низкая ночная температура атмосферного воздуха, ясное небо, относительно сухая погода.

Из результатов исследований видно, что неглазурованный коллектор эффективнее работает для охлаждения, чем фотоэлектрическая тепловая панель в соответствии с таблицей 4. Причиной может быть, стеклянное покрытие ФЭиТП, что снижает потери тепла.

Таблица 4 – Сравнение неглазурованного коллектора и ФЭиТП

Неглазурованный коллектор		Фотоэлектрическая тепловая панель	
Средняя мощность	Ночная энергия охлаждения	Средняя мощность	Ночная энергия охлаждения
Вт/м <sup>2</sup>			
140,28	1,68	119,54	1,43
140,31	1,68	119,82	1,44
134,06	1,61	113,81	1,37
134,20	1,61	115,46	1,39

В следующей работе [106] было исследовано экспериментально и аналитически система теплового излучения с плоским коллектором в Пекине (Китай). Эксперимент проводился как экспериментально, так и теоретически.

Установка работает следующим образом: в ночное время с резервуара подается вода с помощью насоса в радиатор. Радиатор имеет площадь 2м<sup>2</sup>, резервуар для охлажденной воды объемом в 300 литров в соответствии с рисунком 22.

В ночное время вода в радиаторе охлаждается и обратно сливается в резервуар. Регистратор данных записывает все данные с термодатчиков и включает и отключает работу системы теплого пола.

Результаты показали, что минимальная температура поверхности пола составила 19,5°С. Вертикальное температурное поле является однородным.

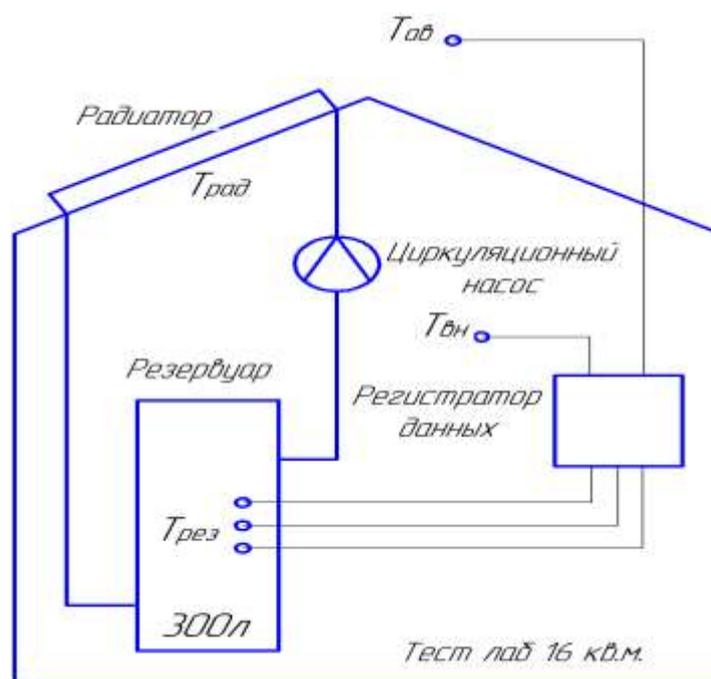


Рисунок 22 – Экспериментальная установка для измерения теплового излучения и регистрируемых параметров

Температура экспериментальной конструкции может увеличиваться на  $1^{\circ}\text{C}$  по сравнению с обычными тепловыми конвекциями. Среднее чистое охлаждение достигло  $26\text{Вт}/\text{м}^2$ , поскольку конденсация не происходит.

Это позволяет увеличить общую мощность охлаждения при сохранении низкого перепада давления. Это демонстрирует возможность охлаждения с помощью ночного теплового излучения.

В работе [107] представлена оценка эффективности водо-аммиачной абсорбционной холодильной машины, использующая солнечную энергию.

Солнечная тепловая энергия является одним из жизнеспособных вариантов для охлаждения, с точки зрения охраны окружающей среды и в целях энергоэффективности.

Основной проблемой в использовании солнечной энергии для естественного охлаждения является зависимость их использования от погодных и климатических условий, прерывистый характер работы абсорбционной холодильной машины.

Для обеспечения непрерывного снабжения энергией абсорбционной холодильной машиной, был установлен в г. Дахран (Саудовская Аравия) солнечный коллектор, где рассматриваются два вида интегрированной холодильной машины, хранение охлажденной воды в виде льда и воды.

В среднем КПД чиллера (холодильная машина) для охлаждения пространства и охлаждения воды было установлено, что оно равно 0,8, в то время как для замораживания льда КПД показал 1,3.

Максимальный КПД (0,8) был обнаружен при температуре  $T=120^{\circ}\text{C}$ , при среднем конденсировании и испарении температуры  $34,5^{\circ}\text{C}$  и минус  $2,2^{\circ}\text{C}$  соответственно.

В следующей работе рассматриваются вопросы совершенствования системы холодоснабжения нефтехимического предприятия «Титан» в Западной Сибири с использованием низкотемпературного потенциала окружающей среды в энергоэффективных системах [108]. Использование такого потенциала, позволяет экономить на некоторых производствах до 50% энергоресурсов.

В результатах исследования было установлено, что оптимальные режимы, обеспечивающие холод с минимальным общим потреблением электроэнергии и воды находятся:

- в диапазоне температуры окружающей среды от 228 до 259К (от -45 до -14°C) с включением конденсаторов и с воздушным охлаждением без сжатия хладагента;

- в диапазоне температуры окружающей среды от 298 до 308К (от 24 до 34°C) с последовательным включением конденсаторов с водяным охлаждением.

Возможность изменения соотношения тепловых нагрузок между воздушным охлаждением и конденсатором с жидкостным охлаждением позволяют увеличить холодопроизводительность аммиачной холодильной машины как в зимний период, так и в летний период. Это обеспечивает более надежную и эффективную работу установки.

#### **1.4 Предлагаемая установка для охлаждения молока с использованием теплового излучения в космическое пространство**

Чтобы улучшить существующие варианты схем установок для охлаждения молока с использованием естественного холода, предлагается использовать тепловое излучение в космическое пространство (эффективное излучение Земли), один из видов возобновляемых источников энергии в фермерском хозяйстве.

Только 12% от излученного тепла безвозвратно уходит в космос [109]. Однако это явление влияет на тепловой баланс поверхности. В результате её температура может становиться ниже температуры окружающей среды. Этот эффект может быть использован для искусственного и естественного охлаждения.

Устройство для охлаждения теплоносителя при помощи теплового излучения в космическое пространство называют радиатором. Чем суше воздух, тем больше тепла может передавать радиатор в окружающую среду, так как водяной пар хорошо поглощает и переизлучает поток теплового излучения.

Использование теплового излучения в значительной степени определяется особенностями климата того или иного региона.

На основе имеющихся данных, была проанализирована эффективность теплового излучения в космическое пространство в зависимости от климатических условий, для трех городов Казахстана [65, с. 66]: 1) Петропавловск (Северо-Казахстанская область), 54°52'00'' северной широты

(далее «с.ш.»); 2) Усть-Каменогорск (Восточно-Казахстанская область), – 49°58′17″с.ш.; 3) Алматы (Алматинская область) 43°15′24″с.ш..

В Петропавловске за счет теплового излучения в космическое пространство температуру ниже +5°C можно поддерживать 199 дней, в Усть-Каменогорске 183 дней, в Алматы 125 дней.

В таком случае, за год для охлаждения жидкости объемом 100 л/сут (36 500 литров за год), можно сэкономить количество электроэнергии: для Петропавловска – 668 кВт.ч, для Усть-Каменогорска – 615 кВт.ч и для Алматы – 420 кВт.ч.

Если учесть, что за год нам понадобится 1226 кВт.ч электроэнергии для охлаждения 36 500 литров жидкости, то вырабатываемый радиаторами системы ТИВКП холод обеспечивает для Петропавловска – 54,5%, для Усть-Каменогорска – 50% и для Алматы – 34% от общей потребности в год.

Климатические условия северных регионов обеспечивают условия для получения за счет теплового излучения в космическое пространство более 50% холода за год, а в южных регионах менее 50%.

Анализ проведенный выше представленных работах, показал, что в определенных климатических условиях, радиатор будет работать более эффективно, чем в других городах, в зависимости от радиационного излучения, выбора конструкции и материала радиаторов.

В следующей работе [66, с. 100] были рассмотрены физико-химические свойства радиаторов с ТИВКП и для отражения солнечной энергии.

Учитывая все вышеизложенное, предлагаем три варианта установки для охлаждения молока с использованием возобновляемого источника энергии с подзарядной холодильной системой в фермерских условиях.

Первый вариант отличается тем, что внешний резервуар установки для охлаждения молока является и аккумулялирующим устройством, где циркурует теплоноситель с низкой температурой замерзания.

Второй вариант отличается тем, что он состоит из подзарядного устройства, которая использует солнечные коллектора и солнечные батареи для абсорбционной водо-аммиачной холодильной машины (АВХМ) вместо парокомпрессионной холодильной машины (ПКХМ) работающей от электрической сети.

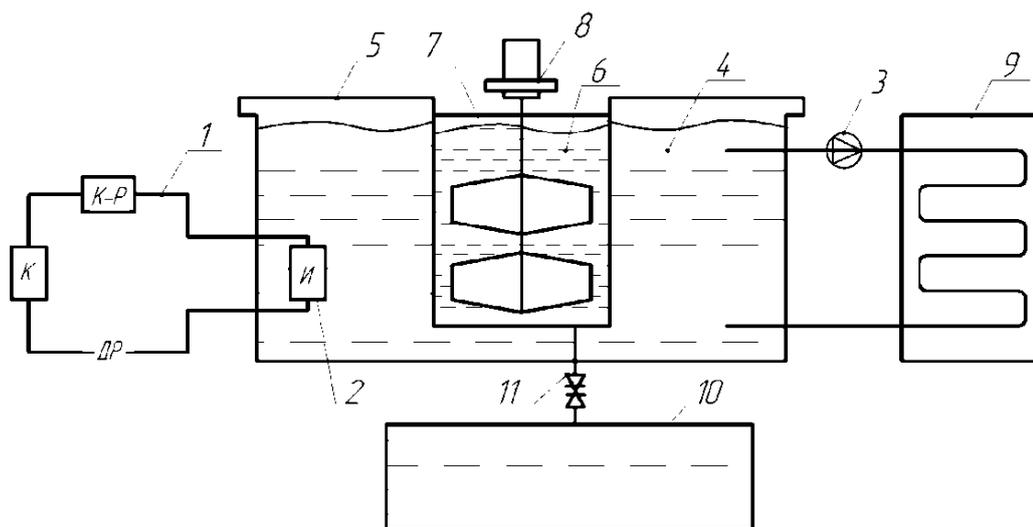
АВХМ использует вместо электрической солнечную энергию, которая преобразовывает солнечную в электрическую энергию.

В третьем варианте аккумулятор холода заполненный водой находится отдельно от молокоохладительной системы и теплообменник находится в самом аккумуляторе, где циркулирует теплоноситель.

Температура охлажденного молока зависит от времени года и от климатических условий региона а также расположения объекта. Во всех трех системах используется возобновляемый источник энергии – тепловое излучение в космическое пространство, с помощью которого можно сэкономить электрическую энергию.

Более подробное описание каждой из вариантов установки представлен ниже. Принцип работы первой установки более подробно рассмотрена и описана в работе [110]. Разработана математическая модель установки.

В ночное время, когда отсутствует солнечная радиация, теплоноситель 4 с низкой температурой заморозки прокачивается с помощью насоса 3 по трубопроводу в радиатор 9, который устанавливается под открытым небом и сбрасывает тепло в виде инфракрасного излучения через атмосферу в окружающее космическое пространство в соответствии с рисунком 23.



1 – холодильная машина, 2 – испаритель, 3 – насос для подачи теплоносителя, 4 – теплоноситель с низкой температурой заморозки, 5 – бак-аккумулятор холода, 6 – молоко, 7 – емкость для молока, 8 – мешалка, 9 – радиатор, 10 – бак для охлажденного молока, 11 – вентиль

Рисунок 23 – Установка для охлаждения молока с использованием теплового излучения (вариант 1)

За счет этого процесса теплоноситель в теплообменнике радиатора охлаждается ниже атмосферного воздуха на 5-10°C. Охлажденный теплоноситель в качестве холодной среды далее поступает в аккумулятор холода 5.

Молоко 6 во внутреннем баке 7 охлаждается с помощью хладоносителя. Если хладоноситель не охлаждает молоко до требуемой температуры, то включается холодильная машина 1, хладоноситель доохлаждается за счет испарителя 2 и охлаждает молоко 6 до нужной температуры.

С помощью мешалки 8 молоко периодически перемешивается. После того, как молоко охладится до требуемой температуры, открывается вентиль 11 и молоко сливается через трубу в пункт приема 10.

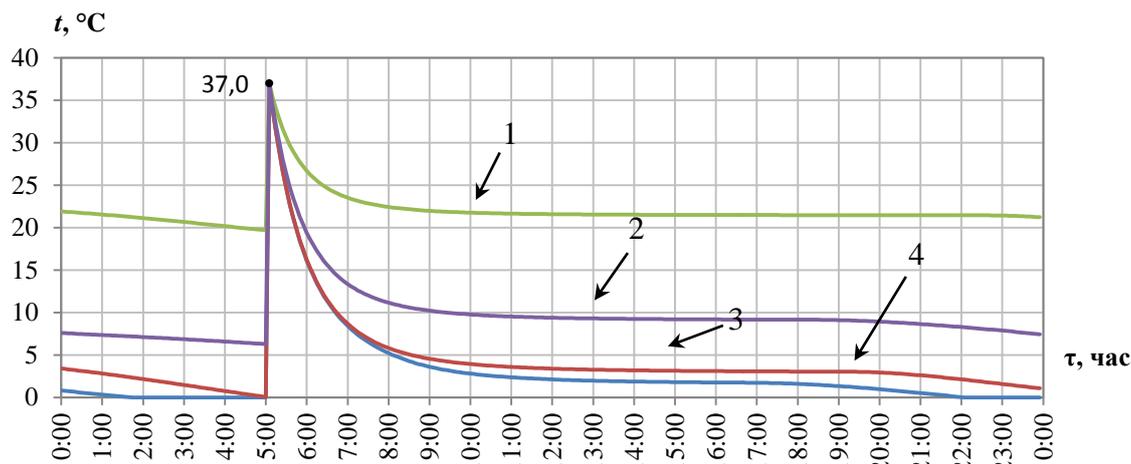
Техническая характеристика системы охлаждения молока с использованием теплового излучения была бы рассчитана.

Расчет велся для охлаждения 100 кг молока. Расчет количества массы теплоносителя в рубашке составил 757,7 кг. Что в 7,5 раз больше охлаждаемой жидкости.

Метод и алгоритм моделирования установки показали следующие результаты.

В результате моделирования получаем данные об изменении температуры и тепловых потоков в системе в каждый из 365 дней в году.

В первую очередь рассмотрим, как происходит изменение температуры охлаждаемой жидкости в течение суток в соответствии с рисунком 24.



1 – лето (июль), 2 – весна (апрель), 3 – осень (октябрь), 4 – зима (январь)

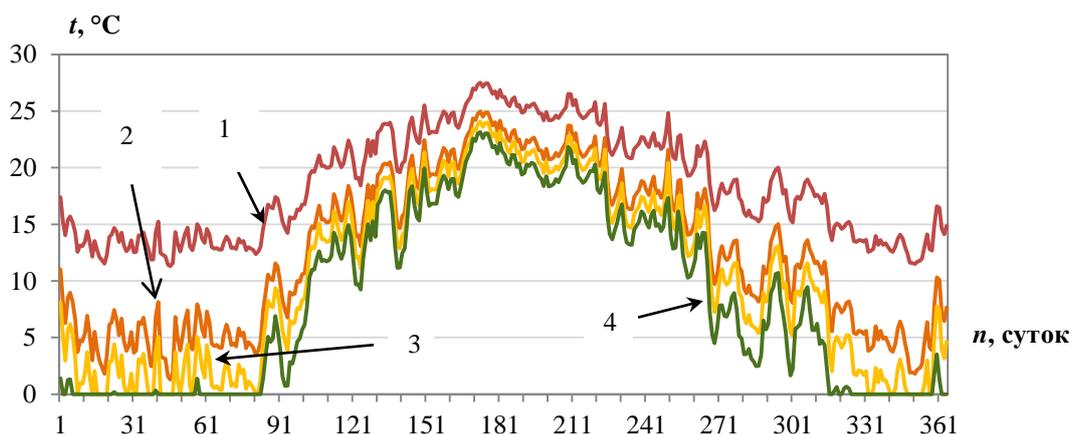
Рисунок 24 – Зависимость изменения температуры молока в течение суток

Каждый день в 5:00 ч. происходит заправка новой порции охлаждаемой жидкости, после чего жидкость начинает интенсивно охлаждаться. К 10:00 ч. процесс охлаждения практически во всех случаях приостанавливается.

В это время радиаторы уже не работают, а охлаждаемая жидкость отдает практически все свое тепло теплоносителю. После 19:00ч. в январе, апреле и октябре охлаждение теплоносителя вновь возобновляется.

Это связано с включением радиаторов после заката Солнца. На графике за январь видно, что температура охлаждаемой жидкости достигает 0 °C. При этом она начинает превращаться в лед.

После загрузки охлаждаемой жидкости в систему охлаждения её температура изменяется через заданный интервал времени. Результаты наблюдения в течение года представлены в соответствии с рисунком 25.



1 – через один час (к 6:00), 2 – через два часа (к 7:00), 3 – через три часа (к 8:00), 4 – через восемнадцать часов (к 23:00)

Рисунок 25 – Зависимость температуры молока через заданный интервал времени после её загрузки в систему охлаждения в течение года

В первые три месяца года (до 91 дня) к 23:00 (кривая 4) охлаждаемая жидкость успевала охладиться до 0°C. В весенний, летний и осенний периоды к этому времени температура опускается до +10°C или только до +25°C в наиболее жаркие летние дни.

Однако, если посмотреть на кривую 3 (через три часа после начала охлаждения), можно понять, что температура к данному моменту уже близка к минимальному значению и дальнейшие 15 часов охлаждения практически не происходило.

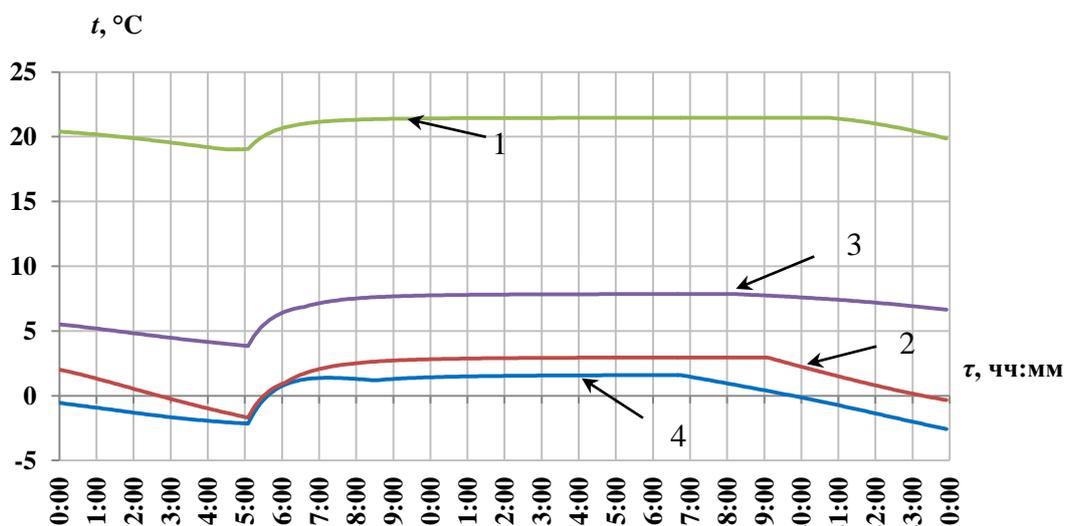
Из графика видно, что целевая температура в +5°C достигалась через три часа после начала процесса охлаждения в течение конца ноября, декабря, января, февраля и марта.

В соответствии с рисунком 26 представлена динамика изменения температуры теплоносителя в течение суток четырех дней в году (каждый для одного из сезонов года).

В ночное время от 0:00 ч. до 5:00 ч. температура теплоносителя постепенно понижается. Связано это со снижением температуры окружающей среды.

Далее в 5:00 ч. после загрузки новой порции охлаждаемой жидкости температура теплоносителя резко поднимается и стабилизируется.

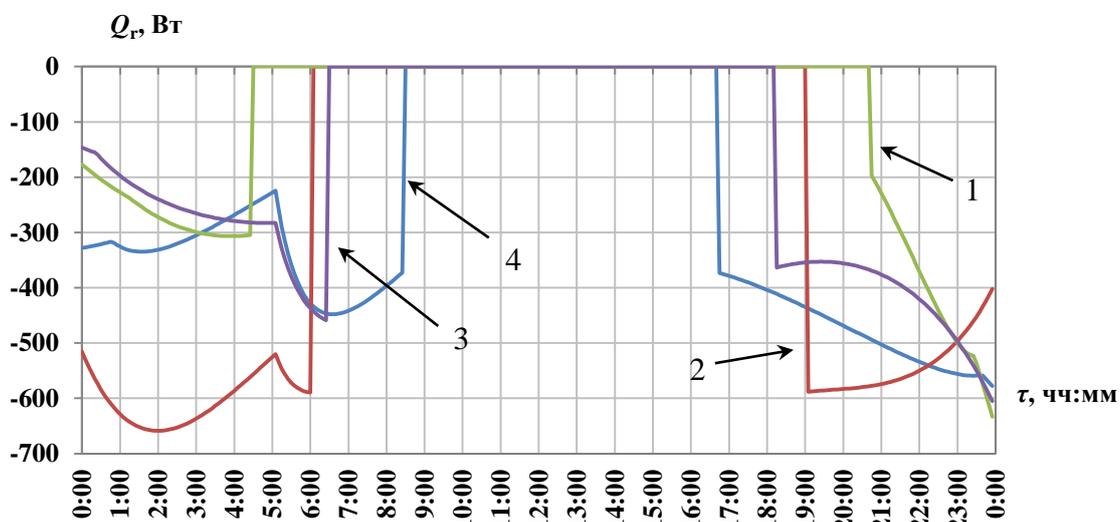
После заката температура теплоносителя начинает понижаться. Как видно из графиков, температура теплоносителя в течение суток изменяется не более чем на 4°K.



1 – лето (июль), 2 – весна (апрель), 3 – осень (октябрь), 4 – зима (январь)

Рисунок 26 – Зависимость изменения температуры теплоносителя от времени суток

Рассмотрим изменения холодопроизводительности всех радиаторов системы ( $4 \text{ м}^2$  излучающей поверхности) в течение суток в соответствии с рисунком 27.



1 – лето (июль), 2 – весна (апрель), 3 – осень (октябрь), 4 – зима (январь)

Рисунок 27 – Зависимость холодопроизводительности радиаторов от времени суток

Суточные изменения холодопроизводительности радиаторов выглядят следующим образом (см. кривую 3, для октября).

В период с 0:00ч. до 4:00ч. происходит сначала увеличение холодопроизводительности, а затем до 05:00ч. она остается практически неизменной. Это связано со снижением температуры атмосферного воздуха, к концу ночи.

Далее после загрузки новой порции охлаждаемой жидкости в 5:00ч. происходит небольшой подъем холодопроизводительности, обусловленный увеличением температуры теплоносителя и изменением параметров атмосферного воздуха.

В 6:00ч. после рассвета радиаторы отключаются, и их холодопроизводительность становится равной нулю.

В 18:15ч. после заката Солнца радиаторы вновь включаются. Дальнейшее изменение их холодопроизводительности связано с изменением параметров атмосферного воздуха.

Удельная холодопроизводительность радиаторов не превышала  $150 \text{ Вт/м}^2$ , даже несмотря на сравнительно высокую температуру загружаемого продукта.

Среднесуточные значения удельной холодопроизводительности радиаторов (для  $1 \text{ м}^2$  излучающей поверхности с учетом дневных часов, когда радиаторы не работают) представлены в соответствии с рисунком 28.

В зимний период года среднесуточное значение удельной холодопроизводительности радиаторов может достигать  $140 \text{ Вт/м}^2$ , а в летнее время данная величина не превышает  $30 \text{ Вт/м}^2$ .

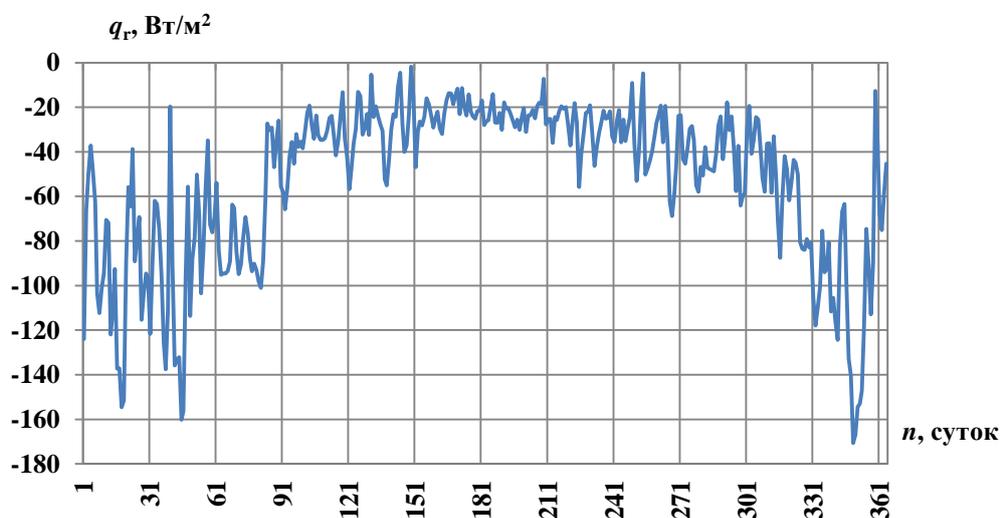
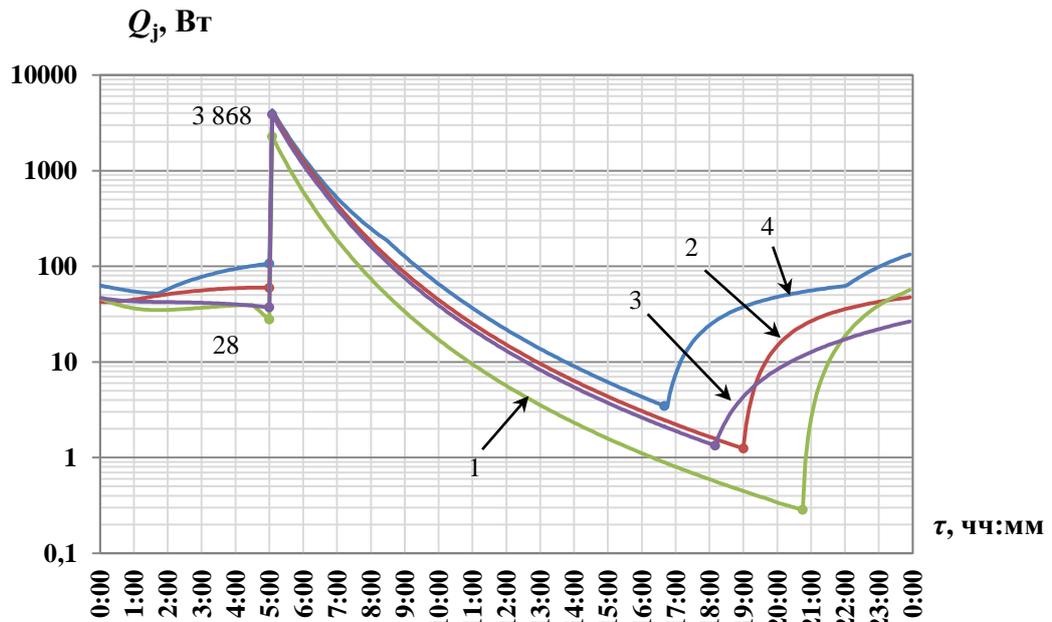


Рисунок 28 – Зависимость среднесуточного значения холодопроизводительности радиаторов в течение года

В соответствии с рисунком 29 представлена динамика изменения теплового потока через стенку рубашки в течение четырех дней в году.



1 – лето (июль), 2 – весна (апрель), 3 – осень (октябрь), 4 – зима (январь)

Рисунок 29 – Зависимость динамики изменения теплового потока через стенку рубашки от времени суток

После поступления новой порции охлаждаемой жидкости тепловой поток увеличивается до 2000...3800 Вт, после чего он постепенно снижается за счет уменьшения разницы между температурой охлаждаемой жидкости и температурой теплоносителя.

Уже через три часа (к 8:00ч.) тепловой поток снижается до 100 Вт, а через семь часов (к 12:00ч.) составляет всего около 10 Вт, что говорит о прекращении процесса теплопередачи и уравнивании температур охлаждаемой жидкости и рубашки. После заката Солнца и включения радиаторов тепловой поток увеличивается до 50...100 Вт.

Указанная динамика изменения температур говорит о том, что теплообмен через стенку рубашки происходит достаточно интенсивно и не мешает процессу снижения температуры охлаждаемого продукта.

Результаты моделирования показывают, что жидкость ни в один из дней в году не успевает охладиться до нужной температуры (+5°C) за один час. Если процесс охлаждения будет длиться два часа, жидкость охладиться до нужной температуры в течение 61 дней в году. Если длительность процесса охлаждения увеличить до 3 часов - жидкость охладиться до нужной температуры 123 дней в году.

Дальнейшее увеличение продолжительности процесса охлаждения не приводит к значительному увеличению числа дней, когда система может обеспечить требуемую температуру.

Результаты моделирования показывают, что в регионах с резко-континентальным климатом тепловое излучение в космическое

пространством может быть использовано для снижения температуры жидкости, поступающей периодически.

Для этого может быть применена схема, представленная в данной работе. Данная схема позволяет продлить период использования естественного холода в течение года и сократить затраты электроэнергии.

Радиаторы с площадью излучающей поверхности в  $4 \text{ м}^2$  вырабатывают в течение года от 140 Вт до 650 Вт холода, в зависимости от погодных условий города Усть-Каменогорск.

Установлено, что охлаждаемая жидкость после загрузки в систему, в рядней достигает целевой температуры ( $+5^\circ\text{C}$ ) уже через два или три часа.

Предлагаемая конструкция может быть использована в технологических процессах химической и пищевой промышленности, где не требуется круглосуточное поддержание температуры охлаждаемого продукта. Например, данная схема может использоваться для первичного охлаждения молока после его сбора на ферме.

Недостатком такой системы является объем используемого теплоносителя и соприкасающаяся к охлаждаемой жидкости (молоку) теплоноситель с низкой температурой замерзания, которая может повлиять на фазовое состояние молока.

Принцип работы второй разработанной системы, для охлаждения молока, позволяет работать с минимальными затратами сетевой электрической энергии и воды осуществлять первичное охлаждение молока. Наиболее перспективной областью применения таких систем станут крестьянские и фермерские хозяйства [111].

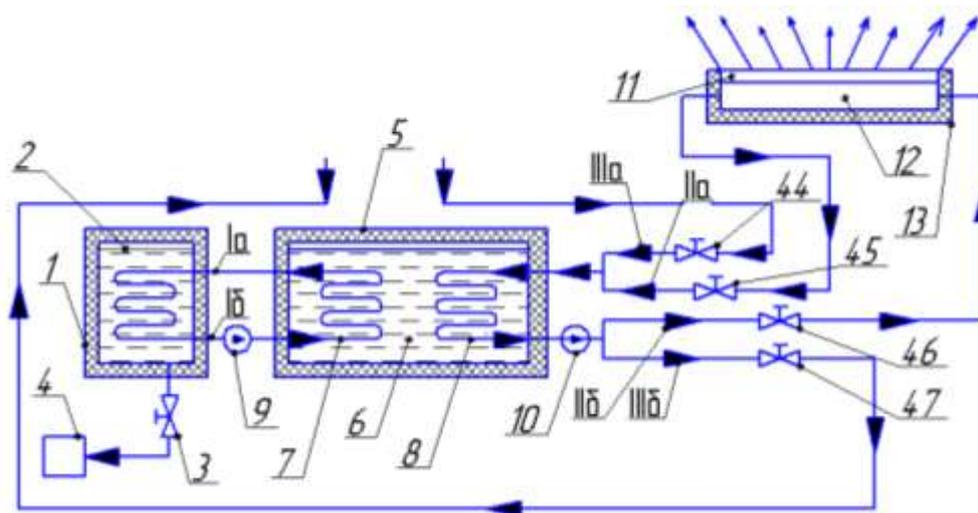
Второй вариант установки для охлаждения молока с ТИВКП, более подробно была рассмотрена в работах [112-115]. Получен патент на полезную модель РК №4408 [116].

Система охлаждения в соответствии с рисунками 30-32, содержит теплоизолированную емкость 1 с крышкой 2. В нижней части емкости 1 установлен канал с запорным вентилем 3 для периодического отвода охлажденного продукта. Сбор и хранение охлажденного молока осуществляется в емкости 4.

Внутри емкости 1 по теплообменнику 7 циркулирует ледяная вода. Вход холодного потока расположен в верхней части (Iа), а выход – в нижней части (Iб) емкости 1. Система охлаждения содержит также бак-аккумулятор ледяной воды 5 с теплоизоляционным покрытием. Бак 5 заполняется ледяной водой 6 с температурой, близкой к  $0^\circ\text{C}$ . Во внутреннем объеме бака-аккумулятора 5 установлены теплообменники 7 и 8.

По теплообменнику 7 при помощи насоса 9 циркулирует ледяная вода (потoki Iа и Iб), а по теплообменнику 8 при помощи насоса 10 циркулирует рассол – незамерзающая жидкость при температуре, близкой к  $0^\circ\text{C}$ .

Вход охлажденного потока рассола в бак-аккумулятор 5 (потoki IIа и IIIа) осуществляется в верхней части, а выход отепленного потока рассола (потoki IIб и IIIб) из нижней части.



1-емкость с молоком, 2-крышка, 3-запорный вентиль, 4-молокособирающая емкость, 5-бак-аккумулятор ледяной воды, 6-ледяная вода, 7-теплообменник с водой, 8-теплообменник с рассолом, 9-циркуляционный насос ледяной воды, 10-насос для рассола, 11-теплорассеивающая панель, 12-система каналов, 13-теплоизоляционное покрытие, 44, 45, 46 и 47-вентили

Рисунок 30 - Схема системы охлаждения молока с теплорассеивающей панелью

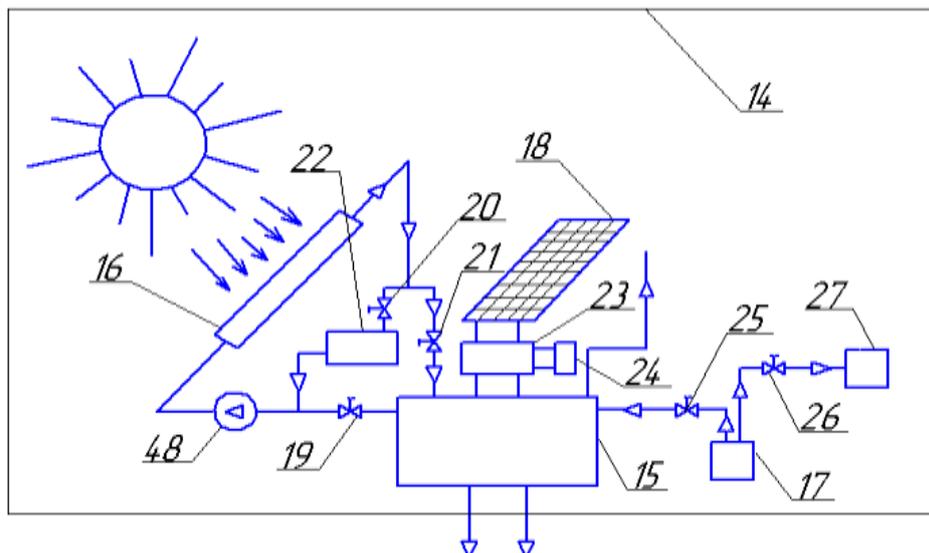
Система охлаждения содержит теплорассеивающую металлическую панель 11. Панель 11 расположена либо горизонтально, либо с некоторым углом к горизонту. Верхняя часть панели покрыта краской светлых цветов. Панель 11 связана в тепловом отношении с системой каналов 12, по которым циркулирует потоки рассола Ia и Ib. Система каналов 12, и нижняя часть панели 11 закрывается теплоизоляционным покрытием 13.

В состав системы входит холодильная система на базе АВХМ 14 в соответствии с рисунком 30, предназначенная для охлаждения потоков рассола IIIa и IIIb. Управление потоками рассола Ia, Ib, IIIa и IIIb осуществляется при помощи запорных вентилей, соответственно, 44, 45, 46 и 47.

Холодильная система 14 содержит АВХМ 15 с системой подвода тепла от солнечного коллектора 16 и генератора топочных газов 17, а также систему автономного электрообеспечения на базе солнечных батарей 18 в соответствии с рисунком 31.

Система солнечного коллектора 16 содержит циркуляционный насос 48 и систему запорных вентилей 19, 20, 21 обеспечивающих подачу горячего теплоносителя как на АВХМ 15, так и на других потребителей тепла 22.

Система автономного электрообеспечения содержит систему преобразования постоянного тока 23 с возможностью подачи произведенной электрической энергии для других потребителей 24.



14 - холодильная система, 15 - АВХМ, 16 - солнечный коллектор, 17 - генератор топочных газов, 18 - солнечные батареи, 19, 20 и 21 - запорные вентили, 22, 24 и 27 - потребители тепла, 23 - система преобразования постоянного тока, 25 и 26 - запорно-регулирующие вентили, 48 - циркуляционный насос

Рисунок 31 - Система генерации искусственного холода

Генератор топочных газов 17 содержит систему запорно-регулирующих вентилей 25 и 26, обеспечивающих подачу потока продуктов сгорания к АВХМ 15 и к другим потребителям 27.

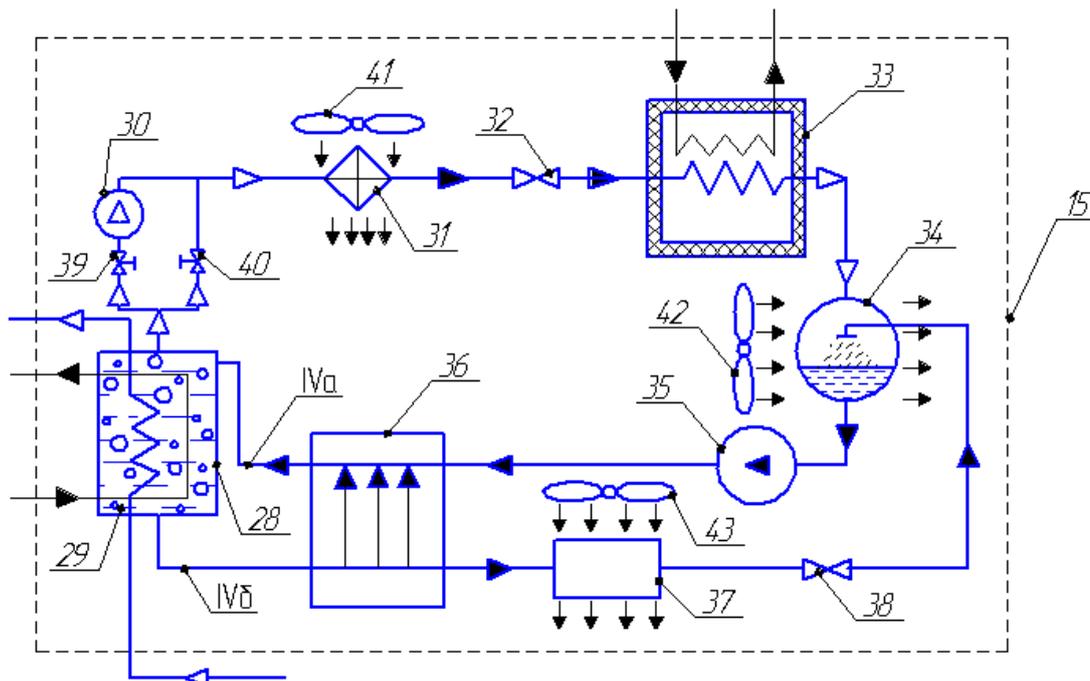
В соответствии с рисунком 32, АВХМ 15 содержит генератор 28 с ВАР 29, бустер-компрессор 30, конденсатор с воздушным охлаждением 31, дроссельное устройство жидкого аммиака 32, рассольный испаритель 33, абсорбер с воздушным охлаждением 34, циркуляционный насос 35 крепкого ВАР (поток IVa), регенеративный теплообменник 36 крепкого и слабого ВАР, воздушный охладитель потока 37 слабого ВАР (поток IVб), дроссельное устройство слабого ВАР 38.

Для отсечения потока пара от бустер-компрессора 30 предусмотрены запорные вентили 39 и 40.

Воздушное охлаждение конденсатора 31, абсорбера 34 и охладителя 37 осуществляется вентиляторами, соответственно, 41, 42 и 43.

Работа системы охлаждения молока на базе АВХМ осуществляется следующим образом.

Предварительно до начала охлаждения молока проводят «зарядку» (охлаждение) воды в баке-аккумуляторе 5. Для этого используют либо систему теплового излучения - панель 11, либо холодильную систему 14. Соответственно закрывают вентили 44 и 47 и открывают вентили 45 и 46, или наоборот.



28 - генератор, 29 - ВАР, 30 - бустер-компрессор, 31 - конденсатор с воздушным охлаждением, 32 - дроссельное устройство жидкого аммиака, 33 - рассольный испаритель, 34 - абсорбер с воздушным охлаждением, 35 - циркуляционный насос крепкого ВАР, 36 - регенеративный теплообменник растворов, 37 - воздушный охладитель слабого ВАР, 38 - дроссельное устройство слабого ВАР, 39 и 40 - запорные вентили, 41, 42 и 43 - вентиляторы теплорассеивающих элементов АВХМ

Рисунок 32 - Схема АВХМ с бустер-компрессором в составе системы охлаждения молока

При достижении температуры ледяной воды до  $1...2^{\circ}\text{C}$  включают насос 9 и прокачивают потоки Ia и Ib через охлаждающую полость емкости 1, а затем заполняют емкость 1 отепленным молоком. За счет теплообмена молоко охлаждается до температуры  $4^{\circ}\text{C}$  и охлажденный продукт при помощи запорного вентиля 3 сливают в емкость 4 для дальнейшего использования.

Далее цикл работы системы охлаждения повторяется.

Используются два режима работы установки для охлаждения молока: ночной и дневной. «Ночной» режим охлаждения молока происходит следующим образом.

Для охлаждения рассола используется теплорассеивающая панель 11, обеспечивающая охлаждение рассола на  $5...10^{\circ}\text{C}$  ниже атмосферного воздуха.

Такой режим охлаждения может быть эффективно использован в зимнее время и переходные периоды года (весна-осень) без холодильной системы.

Рассол при помощи насоса 10 прокачивается по теплообменнику 8 при открытых вентилях 46 и 45 и закрытых вентилях 44 и 47. За счет теплового излучения пластины 11 производится охлаждение рассола в каналах 12.

В «ночном» режиме используется как естественный холод атмосферы Земли, так и тепловое излучение в космическое пространство, а электрическая энергия используется только для работы циркуляционного насоса 10.

При «дневном» режиме охлаждения молока используется холодильная система 14 при открытых вентилях 44 и 47 и закрытых вентилях 46 и 45. Рассол насосом 10 прокачивается через испаритель 33 АВХМ 15.

В «дневном» режиме охлаждения можно выделить два режима работы холодильной системы 14.

В первом случае используется только возобновляемый источник тепловой энергии – солнечное тепловое излучение.

В качестве приемника солнечного излучения используются наиболее широко распространённые и имеющие оптимальное соотношение цены и качества солнечные коллекторы 16 с водой в качестве теплоносителя. Характерная их особенность – рабочий уровень температур не выше 100°С.

При отсутствии потребности в искусственном холоде тепловой поток от солнечных коллекторов может быть переключен на других потребителей тепловой энергии 22 при открытом вентиле 20 и закрытых вентилях 19 и 21.

Рабочий уровень температур в генераторе традиционных АВХМ составляет 120...140°С, что превышает располагаемый температурный потенциал теплоносителя-воды в солнечном коллекторе 16.

В этой связи используется схема АВХМ с поджимающим бустер-компрессором 30 перед конденсатором 31. В схеме АВХМ 15 предусмотрена возможность отсечения бустер-компрессора 30 от парового потока запорным вентилем 39 при изменении температурных параметров подачи тепловой нагрузки в генератор 28.

Работа АВХМ 15 с солнечным коллектором 16 осуществляется следующим образом. При подаче горячей воды от солнечных коллекторов в генератор 28 осуществляется кипение крепкого ВАР с выходом преимущественно легкокипящего компонента – аммиака. При подаче пара аммиака на бустер-компрессор 30 вентиль 39 открыт, а вентиль 40 закрыт.

Пар аммиака сжимается бустер-компрессором 30 и подается в конденсатор 31, где сжимается с отводом теплоты парообразования в окружающую среду. Отвод тепла фазового перехода из конденсатора 31 осуществляется при помощи вентилятора 41.

Сжиженный аммиак из конденсатора 31 через дроссельное устройство 32 поступает в испаритель 33, где давление его падает. Происходит низкотемпературное кипение жидкого аммиака с отводом тепла от циркулирующего потока рассола. Образующийся в испарителе 33 пар поступает в абсорбер 34, куда, в свою очередь, проходит слабый ВАР из генератора 28.

До поступления в абсорбер 34 слабый ВАР охлаждается в

регенеративном противоточном теплообменнике растворов 36 и охладителе 37 и в результате становится ненасыщенным по аммиаку.

В абсорбере 34 при контакте слабого ВАР с паром аммиака происходит процесс абсорбции – поглощение слабым ВАР пара аммиака. В результате слабый ВАР насыщается и становится «крепким» (насыщенным по аммиаку). В процессе абсорбции выделяется тепло, который отводится вентилятором 42 в окружающую среду. Крепкий ВАР из абсорбера насосом 35 через регенеративный теплообменник 36 подается обратно в генератор 28 и цикл далее повторяется.

Работа бустер-компрессора 30 и насоса 35 осуществляется за счет работы солнечной батареи 18 и системы преобразования и аккумулирования электрической энергии 23. Система 23 так же позволяет перераспределять, при необходимости, электрическую энергию для других потребителей 24.

При втором режиме работы холодильной системы 14 подача тепловой нагрузки в генератор 28 АВХМ 15 осуществляется отходящими продуктами сгорания с температурой 350...450°С от генератора газов 17.

В этом случае может использоваться широкий ассортимент органических топлив: природный газ, пропан-бутан, бензин, керосин, уголь, дрова, торф и др.

При работе горелочного устройства температурного потенциала достаточно, чтобы АВХМ 15 работал, без поджигающего бустер-компрессора 30. В этом случае вентиль 39 закрыт, а вентиль 40 открыт.

Работа АВХМ 15 далее осуществляется приведенным выше способом.

Второй способ работы холодильной системы 14 реализуется в пасмурную погоду и в темное или сумрачное время суток.

Таким образом, многофункциональная разработанная схема системы охлаждения молока, позволяют с минимальными затратами сетевой электрической энергии и воды осуществлять первичное охлаждение молока. Наиболее перспективной областью применения таких систем станут крестьянские и фермерские хозяйства.

Недостатком такой системы является его сложная конструкция, габаритные размеры и большая металлоемкость.

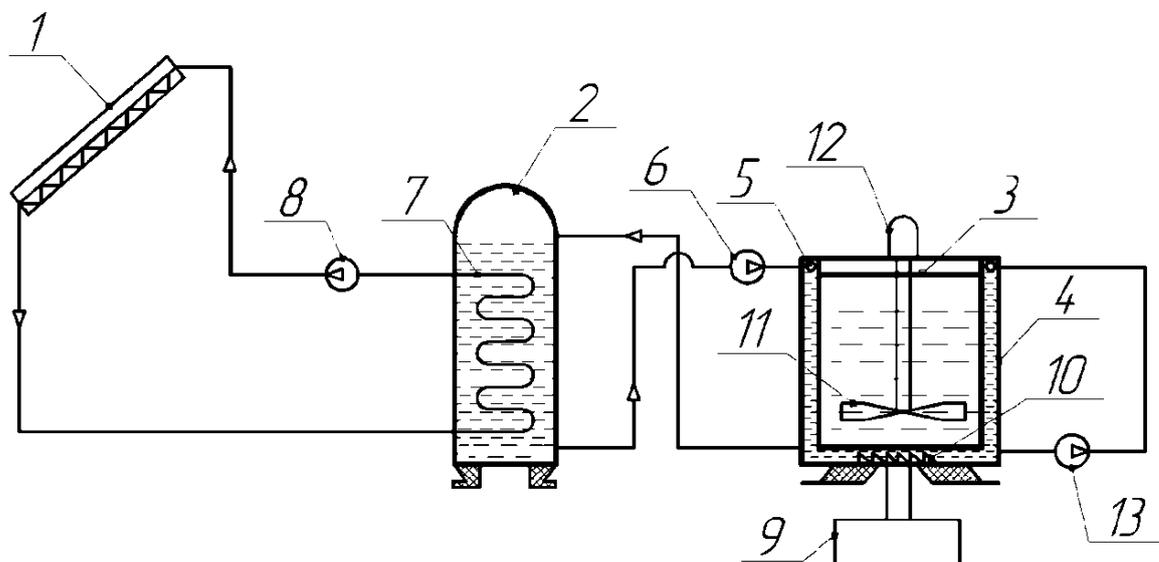
На третий вид установки для охлаждения молока с использованием теплового излучения в космическое пространство получен патент на полезную модель №3797 Республики Казахстан [117].

Разработанная установка для охлаждения молока предполагает подзарядную холодильную машину 9 с испарителем 10, расположенную внизу теплообменного бака для молока 3 и внутри рубашки-резервуара 4 в соответствии с рисунком 33.

Между баком 3 и рубашкой 4 находится распределительный коллектор (труба-ороситель) 5 в форме круга (форма самого бака и рубашки цилиндрическая). В трубе имеются отверстия для равномерной подачи воды насосом биз аккумулятора холода 2.

В радиаторе 1, расположенном под открытым небом, под углом 10-30°С к северу, проходит процесс теплового излучения(сброс тепла). Затем

этот охлажденный теплоноситель поступает в теплообменник 7 и охлаждает воду в аккумуляторе холода 2.



1 – радиатор, 2 – аккумулятор холода, 3 – теплообменный бак для молока (бак-охладитель), 4 – рубашка-резервуар для воды, 5 – трубопровод с отверстиями, 6 и 13 – насос для воды, 7 – теплообменник, 8 – насос для хладоносителя, 9 – холодильная машина, 10 – испаритель холодильной машины, 11 – мешалка, 12 – мотор-редуктор

Рисунок 33 - Установка для охлаждения молока с тепловым излучением в космическое пространство фермерском хозяйстве

Эта система охлаждает молоко до нормативной температуры, без холодильной машины, в холодное время года. Установка может охлаждать молоко в жаркое время года до температуры близкой к ночной. Это происходит следующим образом.

В ночное время, когда отсутствует солнечная радиация, включается насос 8 и перекачивает теплоноситель с низкой температурой замерзания (далее по тексту – этиленгликоль) в радиатор.

Он охлаждается ниже атмосферного воздуха на 5-10°C и охлаждает воду в аккумуляторе холода. Если предположить, что в летнее время наружная ночная температура достигает 15-20°C, то за счет радиационного излучения, вода охлаждается до 10-15°C.

Таким образом молоко охлаждается с 37°C (начальная температура молока сразу после доения на ферме) до 15-20°C (с учетом потерь). Затем, включая холодильную машину 9 с испарителем 10, расположенным на днище теплообменного бака, доохлаждаем молоко до конечной температуры в 4°C.

Для третьего варианта конструкции установки для охлаждения молока был проведен теоретический расчет, разработан алгоритм работы системы и компьютерно модель и экспериментальная установка.

## Выводы по первому разделу

В результате анализа существующих установок для охлаждения молока выявлены их преимущества и недостатки в соответствии с таблицей 5 [118].

Проведенный анализ режимов и способов охлаждения молока, использующих естественный холод, показал целесообразность применения теплового излучения для охлаждения молока в фермерских хозяйствах.

Использование разработанной установки для охлаждения молока с тепловым излучением позволит снизить температуру теплоносителя нижеатмосферного воздуха на 5-10°C.

В то время как существующие системы, использующие естественный холод в фермерских и крестьянских хозяйствах теплоноситель охлаждают выше атмосферного воздуха на 5-10°C.

Это позволит повысить холодопроизводительность и энергоэффективность разработанной установки.

Разработанная установка для охлаждения молока позволяет использовать тепловое излучение в течение года, поэтому при круглогодичной работе сокращаются затраты на электроэнергию.

Стоит отметить что, в разработанной установке вместо предложенной конструкции бака-охладителя при больших количествах охлаждаемого молока, можно использовать другие виды теплообменных аппаратов для охлаждения молока (пластинчатые теплообменники, трубчатые теплообменники, танки охладители с припаянным испарителем и т.д.).

Таблица 5 – Устройства для охлаждения естественным холодом, их преимущества и недостатки

Устройства для охлаждения	Преимущества	Недостатки
1	2	3
Устройство для охлаждения молока во флягах	Простота реализации	Низкая интенсивность охлаждения, снижающая качество продукта. Значительные затраты ручного труда. Затраты охлаждающей воды
Устройство для охлаждения молока во флягах с погружным ТО	Создание запаса холода заранее	Значительные затраты труда на погрузочно - разгрузочные операции
Фригаторная установка поточного охлаждения молока	Высокая интенсивность охлаждения молока	Значительные затраты труда на заготовку кускового льда и загрузку его во фригатор

Продолжение таблицы 5

1	2	3
Установка с льдобунтом для охлаждения молока	Доступ к холодной воде весь год. Высокая интенсивность охлаждения молока	Высокая металлоемкость. Затраты труда на ежегодную теплоизоляцию льдобунта. Существенный перерасход артезианской воды
Энергосберегающая аккумуляционная установка для охлаждения молока	Сокращаются затраты на электроэнергию	Высокая металлоемкость. Расход теплоносителя (если используется – теплоноситель). Если используется вода, то низкая надежность
Система охлаждения молока с использованием природного холода для ферм	Период использования естественного холода в течении года продлевается	Высокая металлоемкость. Низкая производительность. Большой расход воды
Система охлаждения молока с использованием теплового излучения теплоносителем	Период использования естественного холода в течении года продлевается. Сокращаются затраты на электроэнергию	Дополнительное оборудование. Теплоноситель используется в большом объеме
Установка для охлаждения молока с использованием теплового излучения отдельным аккумулятором холода	Период использования естественного холода в течении года продлевается. Сокращаются затраты на электроэнергию. Сокращается количество теплоносителя. Высокая надежность	Дополнительное оборудование

## 2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ МОЛОКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛООВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В КОСМИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО

На основании выводов первой главы было выяснено, что разработка и внедрение энергосберегающей установки для охлаждения молока с использованием теплового излучения в космическое пространство является одним из эффективных способов уменьшения затрат на электроэнергию, сохранения высокого качества молока, продуктивного использования потенциала эффективного излучения и т.д.

Для обоснования производим теоретический расчет установки для охлаждения молока с ТИВКП.

### 2.1 Эксергетический анализ

Эксергетический анализ установки для охлаждения молока с использованием возобновляемого источника энергии представлен в работе [119].

Экономия электрической энергии осуществляется за счет добавления установки с тепловым излучением к уже существующей холодильной системе с использованием искусственного холода.

В элементе установки с тепловым излучением – в радиаторе происходит процесс эффективного излучения (теплового излучения) в космическое пространство, за счет чего циркулирующий в контуре теплоноситель охлаждается ниже атмосферного воздуха до 5-10°C.

Установка позволяет уменьшить использование искусственного холода в теплое время года, а в холодное время года исключает его применение совсем, что приводит к снижению потребления электрической энергии.

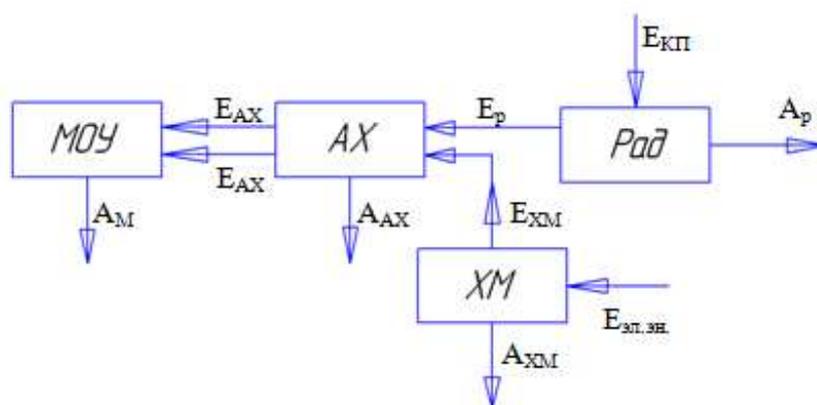


Рисунок 34 – Эксергетический анализ разработанной установки

Проведена энергетическая оценка эффективности путем анализа эксергетических потоков в технологической линии в холодное и теплое время года.

В предлагаемой системе охлаждения молока, эксергия на охлаждение молока поступает от электрической сети и от естественного холода из космического пространства. Поступающая эксергия на охлаждение молока в процессе передачи частично рассеивается в окружающей среде, теряется в холодильной машине, насосах и т.д.

Естественный холод – эксергия холода с космического пространства (эффективное излучение)  $E_{КП}$  передается радиатору, из которого получается эксергия радиатора  $E_p$  и в небольшом количестве выделяется анергия  $A_p$ .

Эксергия, полученная от теплового излучения в космическое пространство в радиаторе  $E_p$ , передается к аккумулятору холода, преобразовывается в эксергию  $E_{АХ}$  и анергию  $A_{АХ}$ . Из аккумулятора холода эксергия  $E_{АХ}$  передается в молокоохладительную установку и охлаждает молоко  $E_M$ , а часть эксергии преобразовывается в анергию  $A_M$  и теряется.

В холодное время года эксергии с космического пространства хватает, для охлаждения молока без холодильной машины. Передача эксергии холода, получаемая за счет эффективного излучения определяется следующим образом:

$$E_{КП} = E_p + A_p \quad (1)$$

$$E_p = E_{АХ} + A_{АХ} \quad (2)$$

$$E_{АХ} = E_M + A_M \quad (3)$$

Эксергия космического пространства рассчитывается в соответствии с формулой (1):

$$E_{КП} = E_M + A_M + A_{АХ} + A_p$$

При недостатке эксергии эффективного излучения  $E_{КП}$  включается холодильная машина, полученная эксергия от электросети делится на эксергию  $E_{ХМ}$  и анергию  $A_{ХМ}$ . В итоге эксергия от электрической энергии  $E_{эл.эн.}$  преобразовывается в эксергию установки для охлаждения молока  $E_M$  и анергию  $A_M$  которая теряется.

$$E_{эл.эн.} = E_{ХМ} + A_{ХМ} \quad (4)$$

$$E_{ХМ} = E_{АХ} + A_{АХ} \quad (5)$$

$$E_{АХ} = E_M + A_M \quad (6)$$

В формулу (4) подставляем формулы (5) и (6), эксергия электроэнергии имеет следующий вид:

$$E_{эл.эн.} = E_M + A_M + A_{АХ} + A_{ХМ}$$

В холодное время года использование эксергии теплового излучения (эффективного излучения) позволяет охлаждать молоко без применения искусственного холода холодильной машины.

Для повышения эффективности системы теплового излучения необходимо уменьшить энергию радиатора, аккумулятора холода и установки для охлаждения молока.

При работе с холодильной машиной необходимо уменьшить энергию самой холодильной машины и установки для охлаждения молока.

## 2.2 Тепловой расчет

В данном разделе приведен тепловой расчет для охлаждения молока с использованием теплового излучения в космическое пространство в фермерских условиях.

В частности, определена зависимость конечной температуры охлаждаемой жидкости (молока) баке-охладителя от температуры воды, охлаждающей способом орошения, с учетом конфигурации молокоохлаждающей установки и технических характеристик вспомогательного оборудования радиатора и аккумулятора холода.

В данном конкретном случае в качестве рабочих сред рассматриваются: молоко, вода, хладоноситель с низкой температурой замерзания с 34% долей этиленгликоля, эффективное излучение (тепловое излучение).

В качестве теплообменных аппаратов – бак-охладитель (молоко – вода), змеевиковый теплообменник (вода – этиленгликоль) в аккумуляторе холода, радиатор с медными трубами (этиленгликоль – тепловое излучение), а в качестве вспомогательного оборудования – насосы рабочих жидкостей.

### 2.2.1 Расчет бака-охладителя

В соответствии с формулой рассчитываем внутренний диаметр бака-охладителя, для этого зададим массу охлаждаемой жидкости – 5кг.

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{m_M}{\rho_M}}, \quad (7)$$

где  $m_M$  – масса охлаждаемой жидкости (молока), кг;

$\rho_M$  – плотность охлаждаемой жидкости при её начальной температуре, кг/м<sup>3</sup>.

Если требуемая масса охлаждаемой жидкости составляет 5 кг, а плотность 1028 кг/м<sup>3</sup>, рассчитываем и принимаем внутренний диаметр охлаждающей рубашки  $d_1 = h = 0,184$  м.

В теплообменных аппаратах при наличии изоляции, потери тепла в окружающую среду обычно невелики, и ими можно пренебречь [120-123], поэтому уравнение тепловой нагрузки от молока имеет вид:

$$Q_M = m_M \cdot c_M \cdot \Delta t_M \quad (8)$$

где  $m_M$  - масса молока, 5 кг;

$c_M$  - удельная теплоемкость молока при 20°C, 3900 Дж/(кг·К);

$\Delta t_M$  - перепад температур между начальной и конечной температурой молока, начальная температура сразу после дойки имеет 37°C, а конечная температура зависит от времени доставки сразу после доения (с фермы), до места обработки молока (на завод).

Считается что самая идеальная температура молока для хранения до доставки на завод 4°C, поэтому выбираем это число.

Перепад между начальной и конечной температурой:

$$\Delta t_M = t_H - t_K = 37 - 4 = 33^\circ\text{C} \quad (9)$$

Тепловой поток от молока считаем в соответствии с формулой (8):

$$Q_M = 5 \cdot 3900 \cdot 33 = 643,5 \text{ кДж}$$

Требуемая мощность бака-охладителя определяется в соответствии с формулой:

$$P_M = \frac{Q_M}{\tau_M} = \frac{643,5}{3600} = 0,17875 \text{ кВт} \quad (10)$$

где  $\tau_M$  – продолжительность процесса охлаждения молока, с начальной температуры до конечной.

Для свежего молока характерна бактерицидная фаза – период, в течение которой не происходит размножение попавших в него микроорганизмов.

Сырое молоко после доения должно быть подвергнуто охлаждению в течение не более 2 часов. Выбираем время охлаждения молока - 1 час, то есть 3600 секунд.

В соответствии с формулой определяем площадь теплообменной поверхности установки для охлаждения молока - внутреннего бака-охладителя:

$$F_{MO} = \frac{P_M}{k_{MO} \cdot \Delta t_M} \quad (11)$$

где  $P_M$  - тепловой поток от молока нам известен, он равен 178,75 Вт;

$\Delta t_M$  - перепад температуры молока 33°C.

$k_{MO}$  – коэффициент теплопередачи стенки бака-охладителя, Вт/(м²К), определяем в соответствии с формулой [109, с. 163]:

$$k_{MO} = \frac{1}{\left( \frac{1}{\alpha_{MO1}} + \frac{\delta_{MO1}}{\lambda_{MO1}} + \frac{1}{\alpha_{MO2}} \right)} \quad (12)$$

где  $\alpha_{M01}$  – коэффициент теплоотдачи от молока к стенке бака-охладителя, Вт/м<sup>2</sup>·К;

$\alpha_{M02}$  – коэффициент теплоотдачи от стенки к воде внешней рубашки бака-охладителя, Вт/м<sup>2</sup>·К;

$\delta_{M01}$  – толщина стенки внутреннего бака-охладителя, принимаем  $\delta_{M01} = 0,0015$  м

$\lambda_{M01}$  – теплопроводность стенки рубашки, Вт/(м·К).

Бак изготовлен из алюминия, теплопроводность стенки которого при комнатной температуре составляет 236 Вт/(м·К) [124].

Среднее значение коэффициента теплоотдачи по поверхности стенки определяется в соответствии с формулой [125, с. 26]:

$$\alpha_{M01} = Nu \cdot \frac{\lambda_M}{l}, \quad (13)$$

где  $Nu$  – число Нуссельта;

$\lambda_M$  – теплопроводность омывающей стенки жидкости (молока),  $\lambda_M = 0,542$  Вт/(м·К)

За характерный размер принимаем высоту рубашки  $l = h = 0,184$  м.

Число Нуссельта ( $Nu$ ) при естественной конвекции теплоносителя у плоской стенки определяется в соответствии с формулой [126, с. 86]:

$$Nu = a \cdot b \cdot (Gr \cdot Pr)^n, \quad (14)$$

где  $Gr$  – число Грасгофа;

$Pr$  – число Прандтля;

$a$  и  $n$  – безразмерные коэффициенты, определяемые в зависимости от произведения числа Грасгофа на числа Прандтля ( $Gr \cdot Pr$ );

$b$  – коэффициент, зависящий от ориентации поверхности стенки в пространстве.

Коэффициент  $b$  принимается из следующих соображений:

$b = 0,7$ , если температура поверхности ниже температуры воздуха и поверхность обращена вверх, или если температура поверхности выше температуры воздуха, но она обращена вниз;

$b = 1$ , если поверхность расположена в вертикальной плоскости;

$b = 1,3$ , если температура поверхности выше температуры воздуха, и она обращена вверх, или если температура поверхности ниже температуры воздуха, но она обращена вниз.

Мы принимаем  $b = 1$ , так как поверхность расположена в вертикальной плоскости.

Число Прандтля для молока в расчете принимаем  $Pr = 12,7$  [125, с. 27].

Находим число Грасгофа в соответствии с формулой [125, с. 26]:

$$Gr = \frac{g\beta_M(t_M - t_{CT})h^3}{\nu^2_M} \quad (15)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$   
 $(t_M - t_{CT})$  - перепад температур между молоком и водой, принимаем в среднем:

$$t_M - t_{CT} = 4 - 2 = 2\text{К} \quad (16)$$

За характерный размер принимаем высоту рубашки  $l = h = 0,184 \text{ м}$ .  
 $\nu$  - кинематическая вязкость молока, оно зависит главным образом от температуры, принимаем среднее значение,  $\nu = 2,68 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$

$$\nu^2 = 7,18 \cdot 10^{-12} \text{ м}^4/\text{с}^2 \quad (17)$$

Температурный коэффициент объемного расширения жидкости (молока) принимаем [127], среднее значение равно  $\beta_M = 0,000014$ .

Находим число Грасгофа в соответствии с формулой (15):

$$Gr = \frac{g\beta_M(t_M - t_{CT})h^3}{\nu^2_M} = \frac{9,81 \cdot 0,000014 \cdot 2 \cdot 0,184^3}{7,18 \cdot 10^{-12}} = 236997 \cdot 10^9$$

Безразмерные коэффициенты  $a$  и  $n$  определяем в зависимости от произведения числа Грасгофа на число Прандтля  $(Gr \cdot Pr) = 236997 \cdot 21,4 = 5,07 \cdot 10^6$  [126, с. 86]:

Таблица 6 - Коэффициенты, используемые для определения числа Нуссельта для случая естественной конвекции теплоносителя у плоской стенки

$Gr \cdot Pr$	$a$	$n$
0,001 ... 500	1,18	1/8
500 ... $20 \cdot 10^6$	0,54	1/4
$20 \cdot 10^6$ ... $10 \cdot 10^{12}$	0,135	1/3

Число Нуссельта ( $Nu$ ) считаем в соответствии с формулой (14):

$$Nu = a \cdot b \cdot (Gr \cdot Pr)^n = 0,54 \cdot 1 \cdot (5,07 \cdot 10^6)^{\frac{1}{4}} = 25,6$$

Тогда коэффициент теплоотдачи от молока к стенке в соответствии с формулой (13) будет равен:

$$\alpha_{M01} = Nu \cdot \frac{\lambda}{l} = 25,6 \cdot \frac{0,523}{0,184} = 72,8 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Теперь находим коэффициент теплоотдачи от стенки к воде в баке охладителя [125, с. 37] в соответствии с формулой, Вт/м<sup>2</sup>·К:

$$\alpha_{M02} = 1,05\lambda_B \cdot \left(\frac{v_B^2}{g}\right) \cdot Re^{-0.282} \quad (18)$$

где  $g$  - ускорение свободного падения, оно равно  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

Для расчета остальных термодинамических свойств воды (теплопроводность и вязкость) при атмосферном давлении в диапазоне температур от 0 до +100 °С можно рассчитать в соответствии с формулами:

$$\lambda_B = 0,012 \cdot t_{\text{воды}} + 0,5783 = 0,012 \cdot 18,5 + 0,5783 = 0,8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}} \quad (19)$$

$$v_B = (0,0002 \cdot t_{\text{воды}}^2 - 0,0345 \cdot t_{\text{воды}} + 1,6877) \cdot 10^{-6} = 1,117 \cdot 10^{-6} \quad (20)$$

Для данного числа Рейнольдса коэффициент теплоотдачи от стенки к стекающей пленке жидкости [125, с. 45] считается в соответствии с формулой:

$$Re = \frac{4\Gamma}{\mu g} \quad (21)$$

Для наружной пленки жидкости массовая плотность орошения [125, с.45] считается в соответствии с формулой:

$$\Gamma = \frac{G}{\pi d} \quad (22)$$

Характерный размер внутреннего диаметра бака-охладителя  $d_1=0,184\text{м}$ .

Массовый расход насоса, подающего воду в бак-охладитель, определяем в соответствии с формулой:

$$G = Q \cdot \rho \quad (23)$$

где  $Q$  - объемный расход.

Выбираем из характеристики насоса объемный расход [128],  $Q = 550 \text{ л/ч} = 0,00015277 \text{ м}^3/\text{с}$ .

$\rho$  - плотность воды, кг/м<sup>3</sup>. Плотность воды при комнатной температуре  $\rho = 998 \text{ кг/м}^3$

Массовый расход насоса, определяем в соответствии с формулой (23):

$$G = Q \cdot \rho = 0,0001527 \cdot 998 = 0,152 \text{ кг/с}$$

Когда все данные имеются, находим массовую плотность орошения в соответствии с формулой (22):

$$\Gamma = \frac{G}{\pi d} = \frac{0,152}{3,14 \cdot 0,184} = 0,271 \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{с})$$

Динамическая вязкость воды  $\mu = 1,117 \cdot 10^{-6} \cdot 1000 = 1,117 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$

Определяем число Рейнольдса - коэффициент теплоотдачи от стенки к стекающей пленке жидкости в соответствии с формулой (21):

$$Re = \frac{4\Gamma}{\mu g} = \frac{4 \cdot 0,271}{1,117 \cdot 10^{-3} \cdot 9,81} = 98,92$$

Коэффициент теплоотдачи от стенки к воде в баке-охладителе в соответствии с формулой (18):

$$\begin{aligned} \alpha_{MO2} &= 1,05 \lambda_B \cdot \left( \frac{v_B^2}{g} \right)^{-\frac{1}{3}} \cdot Re^{-0.282} \\ &= 1,05 \cdot 0,8 \cdot \left( \frac{1,247 \cdot 10^{-12}}{9,81} \right)^{-\frac{1}{3}} \cdot 98,92^{-0.282} = 4130 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К} \end{aligned}$$

Коэффициент теплопередачи стенки бака-охладителя рассчитываем в соответствии с формулой (12):

$$k_{MO} = \frac{1}{\left( \frac{1}{\alpha_{MO1}} + \frac{\delta_{MO1}}{\lambda_{MO1}} + \frac{1}{\alpha_{MO2}} \right)} = \frac{1}{\frac{1}{72,8} + \frac{0,0015}{236} + \frac{1}{4130}} = 71,5 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$$

Определяем площадь теплообменной поверхности молокоохлаждающей установки - внутреннего бака-охладителя, в соответствии с формулой (11):

$$F_{MO} = \frac{P_M}{k_{MO} \cdot \Delta t_M} = \frac{178,75}{71,5 \cdot 2} = 1,25 \text{ м}^2$$

### 2.2.2 Расчет аккумулятора холода

Учитывая, что все тепло от охлаждаемой жидкости должно передаться воде в аккумуляторе холода, требуемую массу воды в аккумуляторе холода рассчитываем в соответствии с формулой, кг:

$$m_B = m_M \cdot \frac{c_M}{c_B} \cdot \frac{\Delta t_M}{\Delta t_B}, \quad (24)$$

где  $m_M$  и  $m_B$  – соответственно масса молока и воды в аккумуляторе холода, кг;

$c_M$  и  $c_B$  – соответственно теплоёмкость молока и воды, Дж/(кг·К);

$\Delta t_M$  – изменение температуры молока в процессе её охлаждения водой, К;

$\Delta t_B$  – изменение температуры воды за счет тепла, поступающего от молока, К.

В данном случае считаем, что молоко необходимо охладить с +37 до +4°С. Поэтому  $\Delta t_M = 33$  К. Нагрев воды принимаем равным  $\Delta t_B = 2 \dots 6$  К.

Тогда нагрев воды будет:

$$\frac{\Delta t_M}{\Delta t_B} = 16,5 \dots 5,5 \quad (25)$$

Среднюю теплоемкость воды принимаем равной  $c_B = 4182$  Дж/(кг·К), а средняя теплоёмкость молока в данном случае будет составлять  $c_M = 3900$  Дж/(кг·К).

Соотношение теплоемкости молока к воде будет иметь следующий вид в соответствии с формулой:

$$\frac{c_M}{c_B} = 0,932 \quad (26)$$

Масса воды в аккумуляторе холода в соответствии с формулой (24) будет:

$$m_B = 5 \text{ кг} \cdot 0,932 \cdot (16,5 \dots 5,5) = (77 \dots 26) \text{ кг}$$

Объем аккумулятора холода в соответствии с формулой имеет вид, м<sup>3</sup>:

$$V_{AX} = \frac{m_B}{\rho_B}, \quad (27)$$

где  $m_B$  – масса воды, кг;

$\rho_B$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>, выбираем 998 кг/м<sup>3</sup> при 20°С.

Объем аккумулятора считается в соответствии с формулой (27):

$$V_{AX} = \frac{m_B}{\rho_B} = \frac{77 \dots 26}{998} = 0,077 \dots 0,026 \text{ м}^3$$

Диаметр аккумулятора холода, если считать его равным высоте имеет вид в соответствии с формулой:

$$d_{AX} = h_{AX} = \sqrt[3]{\frac{4}{\pi} V_{AX}} = \sqrt[3]{0,0978 \dots 0,033} = 0,46 \dots 0,32 \text{ м} \quad (28)$$

Тепловую нагрузку от воды будем считать равной тепловой нагрузке от молока, так как вода охладившая молоко возвращается в аккумулятор холода. Тепловая нагрузка от воды рассеивается в космическое пространство через радиатор. Тепловой баланс от тепловых нагрузок имеет вид в соответствии с формулой:

$$Q_M = Q_B = Q_P \quad (29)$$

Определим значение  $Q_B$  и проверим правильность данного уравнения, сравнив полученные данные с  $Q_M$  в соответствии с формулой:

$$Q_B = m_B \cdot c_B \cdot \Delta t_B = (77 \dots 26) \cdot 4182 \cdot (2 \dots 6) = 644 \text{ кДж} \quad (30)$$

По расчетам  $Q_B = Q_M$ , поэтому уравнение теплового баланса в соответствии с формулой (29) принимаем верным.

Находим мощность аккумулятора холода. Для этого нужно знать длительность аккумуляирования холода. Так как, длительность ночи изменяется в зависимости от времени года, и наша система работает (аккумулирует холод) в ночное время, выбираем продолжительность ночи в зависимости от периода времени (для летнего периода и зимнего периода времени). По данным [129] в летнее время длительность ночи составляет  $\tau_L = 8 \text{ час} = 28800 \text{ с}$ , а в зимнее время  $\tau_3 = 13 \text{ час} = 46800 \text{ с}$

Имея время длительности ночи, находим мощность аккумулятора холода для летнего и зимнего периода в соответствии с формулой:

$$P_{\text{АХЛ}} = \frac{Q_B}{\tau_L} = \frac{644}{28800} = 22,36 \text{ Вт} \quad (31)$$

$$P_{\text{АХЗ}} = \frac{Q_B}{\tau_3} = \frac{644}{46800} = 13,76 \text{ Вт} \quad (32)$$

Теперь, рассчитываем площадь теплообменной поверхности змеевика в соответствии с формулой:

$$F_3 = \frac{P_{\text{АХЛ}}}{k_3 \cdot \Delta t_B} \quad (33)$$

где  $P_{\text{АХЛ}}$  - мощность аккумулятора холода для летнего периода;

$\Delta t_B$  - перепад температур воды, в среднем можно взять  $2^\circ\text{C}$ .

$k_3$  - коэффициент теплопередачи стенки змеевика, определяем в соответствии с формулой,  $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$  [109, с. 163]:

$$k_3 = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{31}} + \frac{\delta_{31}}{\lambda_{31}} + \frac{1}{\alpha_{32}}\right)} \quad (34)$$

где  $\alpha_{31}$  – коэффициент теплоотдачи от этиленгликоля к внутренней стенке змеевика, Вт/м<sup>2</sup>·К;

$\alpha_{32}$  – коэффициент теплоотдачи от стенки к воде при естественной конвекции, Вт/м<sup>2</sup>·К;

$\delta_{31}$  – толщина стенки змеевика, м;

$\lambda_{31}$  – теплопроводность стенки змеевика, Вт/(м·К).

Среднее значение коэффициента теплоотдачи по поверхности стенки находим в соответствии с формулой, (Вт/м<sup>2</sup>·К):

$$\alpha_{31} = Nu \cdot \frac{\lambda_{\text{э}}}{d_{\text{вн}}} \quad (35)$$

Для условий  $Pr=0,6 \dots 2500$  и  $Re=10^4 \dots 5 \cdot 10^6$  принимаем и рассчитываем значение  $Nu$  для вынужденной конвекции в соответствии с формулой [126, с. 85]:

$$Nu = 0,021 Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \left( \frac{Pr_{\text{э}}}{Pr_{\text{ст}}} \right)^{0,25} \quad (36)$$

Когда отношение  $\frac{l}{d} > 50$ , соотношение равно  $\alpha_{\text{э}} = \alpha_{\text{ст}}$ , следовательно число Прандтля этиленгликоля равно 1:

$$\frac{Pr_{\text{э}}}{Pr_{\text{ст}}} \approx 1 \quad (37)$$

$Re$  – число Рейнольдса рассчитываем в соответствии с формулой [126, с. 86]:

$$Re = \frac{\omega \cdot d_{\text{вн}}}{\nu_{\text{кэ}}} \quad (38)$$

где  $d_{\text{вн}}$  – внутренний диаметр трубопровода змеевика,  $d=0,01$  м;

$\nu_{\text{кэ}}$  – кинематическая вязкость этиленгликоля,  $\nu = 4,6 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с;

$\omega$  – скорость течения этиленгликоля по трубопроводу в соответствии с формулой имеет вид, м/с:

$$\omega = \frac{G}{F} = \frac{0,00015277}{\frac{\pi d^2}{4}} = 1,946 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (39)$$

Находим число Рейнольдса в соответствии с формулой (38):

$$Re = \frac{\omega \cdot d_{\text{вн}}}{\nu_{\text{кэ}}} = \frac{1,94 \cdot 0,01}{4,6 \cdot 10^{-6}} = 4217$$

Находим число Прандтля в соответствии с формулой:

$$Pr = \frac{c_3 \rho_3 \nu_{кз}}{\lambda_3} = \frac{3620 \cdot 1055 \cdot 4,6 \cdot 10^{-6}}{0,47} = 37,378 \quad (40)$$

где  $c_3$  - теплоемкость этиленгликоля,  $c_3 = 3620$  Дж/(кг · К)

$\rho_3$  - плотность этиленгликоля,  $\rho_3 = 1055$  кг/м<sup>3</sup>

$\nu_{кз}$  - кинематическая вязкость этиленгликоля,  $\nu = 4,6 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с

$\lambda_3$  - теплопроводность этиленгликоля,  $\lambda_3 = 0,47$  Вт/(м · К)

Число Нуссельта для вынужденной конвекции в соответствии с формулой (36) будет:

$$Nu = 0,021 Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \left( \frac{Pr_3}{Pr_{ст}} \right)^{0,25} = 0,021 \cdot 4217^{0,8} \cdot 37,378^{0,43} \cdot 1 = 79,144$$

Коэффициент теплоотдачи от этиленгликоля к внутренней стенке змеевика в соответствии с формулой (35) рассчитываем:

$$\alpha_{31} = Nu \cdot \frac{\lambda_3}{d_{вн}} = 79,144 \cdot \frac{0,47}{0,01} = 3719 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Коэффициент теплоотдачи воды для случая естественной конвекции вдоль стенки любой формы можно определить по формуле:

$$\alpha_{32} = Nu \cdot \frac{\lambda_в}{d_н} \quad (41)$$

Коэффициент теплоотдачи в условиях естественной конвекции обычно рассчитывается в соответствии с формулой:

$$Nu = B \cdot (Gr \cdot Pr)^n \left( \frac{Pr_в}{Pr_{ст}} \right)^{0,25} \quad (42)$$

Значения коэффициента  $B$  и показателя степени  $n$  для вертикальной (I) и горизонтальной (II) поверхностей в зависимости от произведения  $(Gr \cdot Pr)$  приведены [126, с. 86] в соответствии с таблицей 8.

Таблица 7 - Значения коэффициента  $B$  и показателя степени  $n$

Значения	I		II
	$10^3 - 10^9$	$> 10^9$	$10^3 - 10^8$
$B$	0,76	0,15	0,5
$n$	1/4	1/3	1/4

Сначала находим число Грасгофа в соответствии с формулой, для определения значения коэффициента В и показателя степени  $n$ :

$$Gr = \frac{g\beta_B(t_B - t_{CT})d_H^3}{\nu_B^2} \quad (43)$$

где  $g$  - ускорение свободного падения,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$

$d_H$  - наружный диаметр змеевика, его принимаем  $d_H = 0,012 \text{ м}$

$\nu_B$  - кинематическая вязкость воды,  $\nu_B = 1,79 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ :

Температурный напор принимаем:  $t_H = t_B - t_{CT} = 4 - 2 = 2 \text{ К}$

Температурный коэффициент объемного расширения воды находим в соответствии с формулой:

$$\beta_B = \frac{1}{t_H + 273,15} = \frac{1}{2 + 273,15} = 0,0036 \quad (44)$$

Находим число Грасгофа в соответствии с формулой (43):

$$Gr = \frac{g\beta_B(t_B - t_{CT})d_H^3}{\nu_B^2} = \frac{9,81 \cdot 0,0036 \cdot 2 \cdot 0,012^3}{(1,79 \cdot 10^{-6})^2} = \frac{1,22 \cdot 10^{-7}}{3,2 \cdot 10^{-12}} = 38125$$

Находим число Прандтля в соответствии с формулой:

$$Pr = \frac{c_p \nu}{\lambda} = \frac{4182 \cdot 1000,43 \cdot 1,62 \cdot 10^{-6}}{0,6} = 11,3 \quad (45)$$

Для определения значения коэффициента В и показателя степени  $n$  производим и получаем значение  $(Gr \cdot Pr) = 38125 \cdot 11,3 = 430812,5$ .

Это значение находится в пределах  $10^3 \div 10^8$  в горизонтальной поверхности (II), поэтому принимаем значение коэффициента В = 0,5 а степень  $n = 1/4$ .

Среднюю теплоемкость воды принимаем равной  $c_B = 4182 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$

Находим число Нуссельта в соответствии с формулой (42):

$$Nu = B \cdot (Gr \cdot Pr)^n \left( \frac{Pr_B}{Pr_{CT}} \right)^{0,25} = 0,5 \cdot (38125 \cdot 11,3)^{1/4} \cdot 1 = 12,8$$

Рассчитываем коэффициент теплоотдачи от стенки к воде при естественной конвекции в соответствии с формулой (41):

$$\alpha_{32} = Nu \cdot \frac{\lambda_B}{d_H} = 12,8 \cdot \frac{0,6}{0,012} = 640 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Коэффициент теплопередачи стенки змеевика считаем в соответствии с формулой (34):

$$k_3 = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{31}} + \frac{\delta_{31}}{\lambda_{31}} + \frac{1}{\alpha_{32}}\right)} = \frac{1}{\left(\frac{1}{3719} + \frac{0,01}{402} + \frac{1}{640}\right)} = 545,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Площадь теплообменной поверхности змеевика рассчитываем в соответствии с формулой (33):

$$F_3 = \frac{P_{\text{АХЛ}}}{k_3 \cdot \Delta t_{\text{в}}} = \frac{22,36}{545,3 \cdot (2 \dots 6)} = 0,02 \dots 0,007 \text{ м}^2$$

Выбираем мощность аккумулятора холода для летнего периода, так как он больше, берем с запасом.

### 2.2.3 Расчет радиатора

Рассчитываем площадь радиатора в соответствии с формулой:

$$F_p = \frac{Q_m}{q} \quad (46)$$

где  $Q_m$  - тепловая нагрузка от молока,  
 $q$  - тепловая нагрузка на радиатор, рассчитывается в соответствии с формулой:

$$q = Q_{\text{эи}} \cdot \tau \cdot 3600 \quad (47)$$

где  $Q_{\text{эи}}$  - эффективное излучение,  $Q_{\text{эи}} = 50 \dots 150 \text{ Вт}/\text{м}^2$ .

$\tau$  - длительность ночи, для лета составляет  $\tau_{\text{л}} = 8 \text{ час} = 28800 \text{ с}$ , а для зимы  $\tau_{\text{з}} = 13 \text{ час} = 46800 \text{ с}$ .

Определяем тепловую нагрузку на радиатор в соответствии с формулой (47):

$$q = Q_{\text{эи}} \cdot \tau \cdot 3600 = (50 \dots 150) \cdot 28800 = 1440 \dots 4320 \text{ кДж}/\text{м}^2 \text{ (для лета)}$$

$$q = Q_{\text{эи}} \cdot \tau \cdot 3600 = (50 \dots 150) \cdot 46800 = 2340 \dots 7020 \text{ кДж}/\text{м}^2 \text{ (для зимы)}$$

Находим площадь радиатора в соответствии с формулой (46):

$$F_p = \frac{Q_m}{q} = \frac{643,5}{1440 \dots 4320} = 0,4468 \dots 0,1489 \text{ м}^2 \text{ (для лета)}$$

$$F_p = \frac{Q_m}{q} = \frac{643,5}{2340 \dots 7020} = 0,275 \dots 0,091 \text{ м}^2 \text{ (для зимы)}$$

Выбираем самую большую площадь из расчетов,  $F_p = 0,5\text{ м}^2$  для охлаждения 5 литров молока, с тепловой нагрузкой  $Q_m = 643,5$  кДж.

### **Выводы по второму разделу**

Для выбора экспериментальной установки и компьютерного моделирования, была разработана инженерная методика и алгоритм расчета, которые позволяют определять в зависимости от количества охлаждаемого молока и климатических условий ее конструктивные параметры.

В баке для охлаждения молока рассчитывались такие параметры, как: тепловая нагрузка от молока, требуемая мощность насоса для подачи воды в бак охладитель, площадь теплообменной поверхности, коэффициент теплопередачи молока к стенке, коэффициент теплоотдачи по поверхности стенки к воде, число Рейнольдса для случаев с орошением, наружная пленка жидкости массовой плотности орошения.

В аккумуляторе холода рассчитывались такие параметры, как: масса аккумулируемой воды в зависимости от массы охлаждаемой жидкости, тепловая нагрузка от воды, мощность аккумулятора холода для летнего и зимнего периода, площадь теплообменной поверхности змеевика – вода-этиленгликоль, коэффициент теплопередачи стенки змеевика.

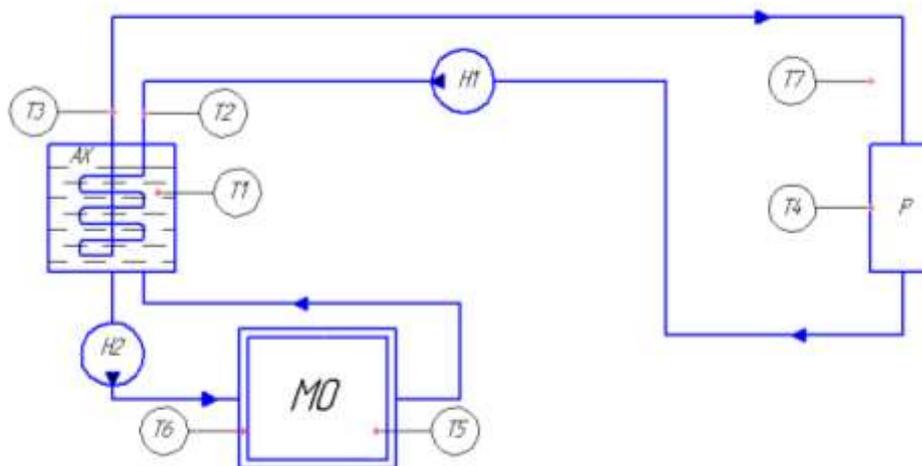
При расчете радиатора с использованием теплового излучения в космическое пространство, рассчитывались такие параметры, как: тепло отведенное от радиатора, площадь излучающей поверхности, удельный поток эффективного излучения, удельный конвективный теплоприток от атмосферного воздуха к поверхности радиатора.

### 3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ МОЛОКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛООВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В КОСМИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО

На основании заключений, полученных при анализе материалов, изложенных в первой главе, и после теоретического расчета, была предложена конструкция установки для охлаждения молока, позволяющая повысить энергоэффективность за счет использования теплового излучения в космическое пространство. На основе расчетов была изготовлена экспериментальная установка.

#### 3.1 Технические характеристики экспериментальной установки

Установка для охлаждения молока состоит из основных элементов: бака для охлаждения молока с теплообменной рубашкой, в которую охлажденная вода поступает через оросительную трубу, аккумулятора холода с теплообменником в виде змеевика АХ, радиатора Р, двух насосов для перекачивания этиленгликоля. Принципиальная гидравлическая схема установки для охлаждения молока представлена, в соответствии с рисунком 35.



Н1 – насос для этиленгликоля; Н2 – насос для воды;  
Р – радиатор; АХ – аккумулятор холода; МО – бак-охладитель;  
Т1...Т7 – датчики температуры

Рисунок 35 – Принципиальная гидравлическая схема установки для охлаждения молока

Для исследования работы установки используются датчики Т1...Т7, передающие измеренные значения в контроллер АСУТИВКП-1.К. Контроллер АСУТИВКП-1.К осуществляет автоматическую запись полученных данных.

Датчик Т1 измеряет температуру воды в аккумуляторе холода, датчик Т2 – температуру этиленгликоля на входе в аккумулятор холода, датчик Т3 – температуру при выходе из аккумулятора холода, датчик Т4 – температуру поверхности радиатора, Т5 – температуру молока, Т6 – температуру воды в рубашке, Т7 – температуру и относительную влажность наружного воздуха.

Питание насосов осуществляется постоянным током с напряжением 12 В от блоков питания, получающих электроэнергию из электросети.

Установка работает в ночное время в интервале между закатом и рассветом. Описание работы экспериментальной установки для охлаждения молока с использованием возобновляемого источника энергии представлено в работе [130].

Принцип действия установки заключается в следующем: охлажденный в радиаторе Р раствор этиленгликоля с помощью насоса Н1 перекачивается в теплообменник аккумулятора холода АХ и возвращается обратно.

В аккумуляторе холода происходит теплообмен между охлажденным этиленгликолем и водой, заполняющей аккумулятор холода. Охлажденная вода из аккумулятора холода АХ подается насосом Н2 в рубашку бака молокоохладителя через в оросительную трубу (распределительный коллектор).

За счет орошения стенки бака-охладителя холодной водой происходит процесс охлаждения молока. Из рубашки нагретая вода возвращается в аккумулятор холода.

Контроллер в автоматическом режиме осуществляет запись параметров температуры в различных точках охлаждающей системы, а также температуру и относительную влажность атмосферного воздуха.

Информация о погодных условиях во время проведения экспериментов, таких как уровень облачности, наличие осадков, скорость ветра получена из архива погоды городской метеостанции [131].

Характеристики использованного аккумулятора холода представлены в соответствии с таблицей 8.

Таблица 8 – Характеристики аккумулятора холода

Параметр	Ед. изм.	Значение
Конструкция	–	Полимерная вертикальная цилиндрическая ёмкость
Внутренний объем	м <sup>3</sup>	0,06
Габаритные размеры	м	0,65×0,36
Материал теплоизоляции	–	Минеральная вата
Толщина теплоизоляции	м	15·10 <sup>-3</sup>
Внутренний диаметр	м	0,36

Для циркуляции этиленгликоля и воды использовались насосы модели ZC-A40.

Таблица 9 – Характеристика циркуляционного насоса

Параметр	Ед. изм.	Насос ZC-A40
Назначение	–	Циркуляционный
Тип	–	Центробежный
Напряжение питания	В	DC12
Корпус насоса	-	Водонепроницаемый, класс - IP68
Вес	кг	0,22
Рабочий ток	А	1,05
Диаметр входного патрубка	м	0,0135
Диаметр исходящего патрубка	м	0,011
Уровень шума	дБ	40 или меньше
Расход	м <sup>3</sup> /с	0,0001527 (550 л/ч)
Допустимая температура эксплуатации	°С	0...65

Характеристики радиатора представлены в соответствии с таблицей 10.

Таблица 10 – Характеристики радиатора

Параметр	Ед. изм.	Значение
Площадь излучающей поверхности	м <sup>2</sup>	1
Конструкция	–	Из медных труб с припаянным алюминиевым листом
Покрытие излучающей поверхности	–	Белая краска «Радиаторная»
Габаритные размеры (длина×ширина)	м	0,1×0,8
Количество витков трубы	шт.	11
Длина трубы	м	1,2

Характеристика места размещения радиатора представлена в соответствии с таблицей 11.

Таблица 11 – Размещение радиатора

Параметр	Ед. изм.	Значение
Место размещения	–	у стены здания
Высота над уровнем земли	м	1
Ориентация излучающей поверхности	–	Обращен на север
Угол наклона излучающей поверхности	°С	15

Радиатор имеет излучательную поверхность площадью в 1 м<sup>2</sup>. Он изготовлен из медных труб с припаянным сверху алюминиевым листом. Длина медной трубы – 1,2м. Расположение трубопроводов радиатора показаны в соответствии с рисунком 36, а его общий вид в соответствии с рисунком 37.

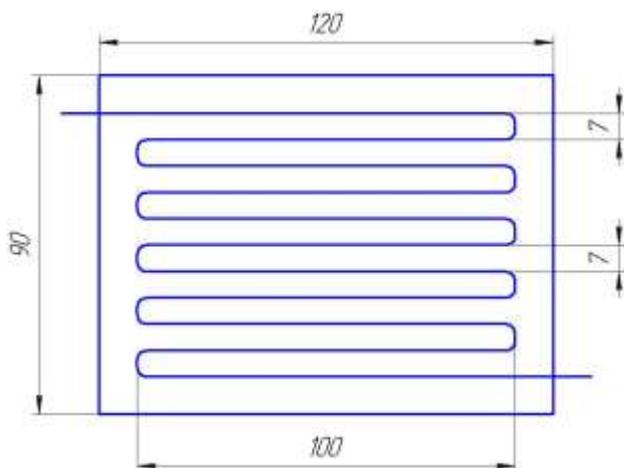


Рисунок 36 – Схема радиатора с тепловым излучением

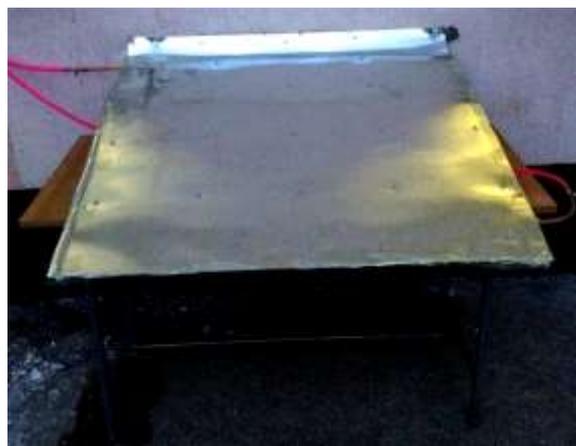


Рисунок 37 – Общий вид радиатора экспериментальной установки с тепловым излучением

В систему заправлен теплоноситель на основе водного раствора этиленгликоля, со свойствами в соответствии с таблицей 12.

Таблица 12 – Свойства теплоносителя

Параметр	Ед. изм.	Значение
Наименование	–	Антифриз «Z-Cool»
Цвет	–	Розовый
Объем, заправленный в систему	л	4±0,5
Плотность при +20°C и 0°C	кг/м <sup>3</sup>	1055 и 1063
Теплоемкость при +20°C и 0°C	кДж/(кг·К)	3,62 и 3,56
Кинематическая вязкость	м <sup>2</sup> /с	4,6·10 <sup>-6</sup>
Динамическая вязкость	Па·с	4,89·10 <sup>-3</sup>
Рабочий диапазон температур	°C	от -31 до +112
Температура замерзания	°C	-37
Температура кипения	°C	108
Объемная доля в смеси (этиленгликоля)	%	34
Теплопроводность при +20°C и 0°C	Вт/м·К	0,470 и 0,466

В аккумулятор холода была залита вода в соответствии с таблицей 13.

Таблица 13 – Свойства воды

Параметр	Ед. изм.	Значение
Вещество	–	Вода
Масса в системе	кг	50±0,5

Информация об использованных датчиках представлена в соответствии с таблицей 14. Использованные датчики температуры DallasDS18B20 имеют

абсолютную погрешность  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  в диапазоне от  $-10^{\circ}\text{C}$  до  $+85^{\circ}\text{C}$  (менее 0,28%).

Данные с термодатчиков в цифровом виде передаются по протоколу OneWire (трехпроводная схема) к контроллеру АСУТИВКП-1.К, изготовленному на базе аппаратной платформы ArduinoMega 2560 с микроконтроллером ATmega 2560.

Для передачи данных с термодатчиков контроллер использует программную библиотеку OneWire2.3.2. Для расшифровки полученных данных используется библиотека DallasTemperature 3.7.7.

Полученные значения температуры сохраняются на карту памяти формата MicroSD при помощи программной библиотеки SparkFunSD 1.1.1 в виде файлов формата CSV.

Таблица 14 – Характеристика использованных датчиков

Модель	Измеряемый параметр	Способ размещения температурного датчика	Обозначение на схеме
DS18B20	Температура воды в аккумуляторе холода	Погружен в воду в геометрическом центре аккумулятора холода	T1
DS18B20	Температура теплоносителя на входе в аккумулятор холода	Закреплен на наружной поверхности медной трубы, и теплоизолирован от воздействия окружающей среды	T2
	Температура теплоносителя на выходе из аккумулятора холода		T3
DS18B20	Температура излучающей поверхности радиатора в точке равноудаленной от двух соседних трубопроводов для теплоносителя	Приложен к пластине и сверху закрыт слоем теплоизолирующего материала	T4
DS18B20	Температура молока	Погружен в молоко в геометрическом центре молокоохладительного бака	T5
DS18B20	Температура теплоносителя (воды) в рубашке	Погружен в воду в рубашке молокоохладительного бака	T6
DHT21	Температура и влажность атмосферного воздуха	На наружной стене здания рядом с радиатором на высоте 1 м над уровнем земли. Помещен под радиатором, чем защищен от влияния дождя и ветра	T7

Бак-охладитель состоит из внутренней и наружной цилиндрической емкости. Между ними в верхней части установлен распределительный коллектор для орошения диаметром 10 мм. Коллектор направляет холодную воду на стенку которая стекает по ней.

Таблица 15 – Характеристика бака-охладителя

Параметр	Ед. изм.	Бак	
		внутренний	наружный
Форма	–	цилиндрическая	цилиндрическая
Внутренний объем	л	8	16
Диаметр	м	0,267	0,34
Высота	м	0,160	0,175
Материал	-	алюминий	алюминий
Толщина материала	м	0,001	0,001
Теплопроводность	Вт/(м·град).	236	236
Фактическая масса в системе	л	5	-
Зазор между баками в нижней части	м	0,015	
Диаметр трубы расположенной между баками	м	0,015	
Зазор между баками	м	0,073	

Бак изготовлен из пищевого алюминия, для которого допустим контакт с охлаждаемым пищевым продуктом. Его характеристики показаны в соответствии с таблицей 16.

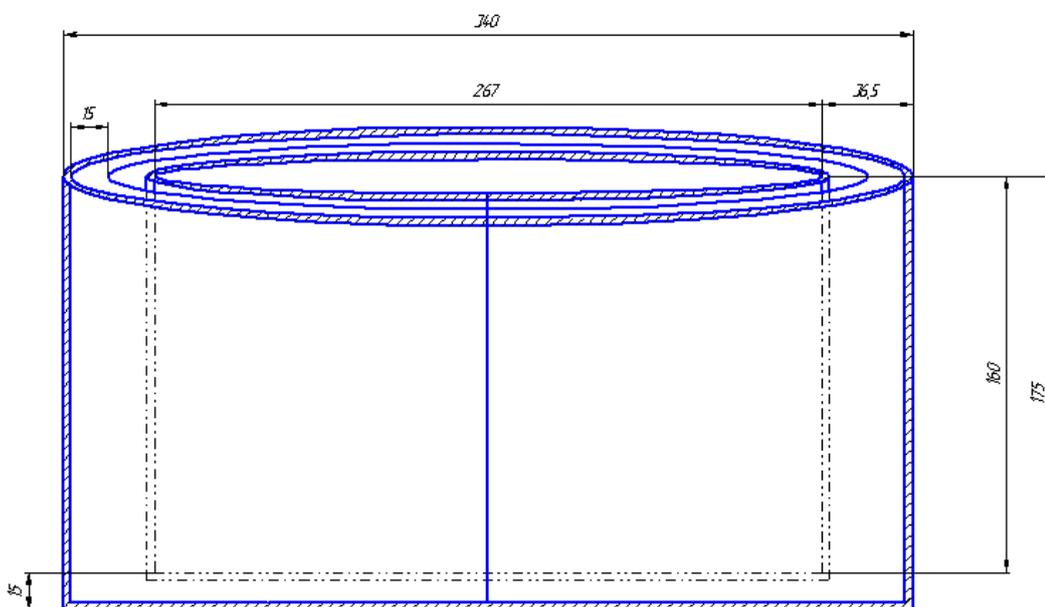


Рисунок 38 – Бак-охладитель (вид спереди)

Зазор между внутренним баком и внешней рубашкой имеется по всей наружной цилиндрической поверхности, а также между дном. В соответствии с рисунком 38 можно увидеть его размеры, а общий вид

экспериментального бака-охладителя представлена в соответствии с рисунком 39.

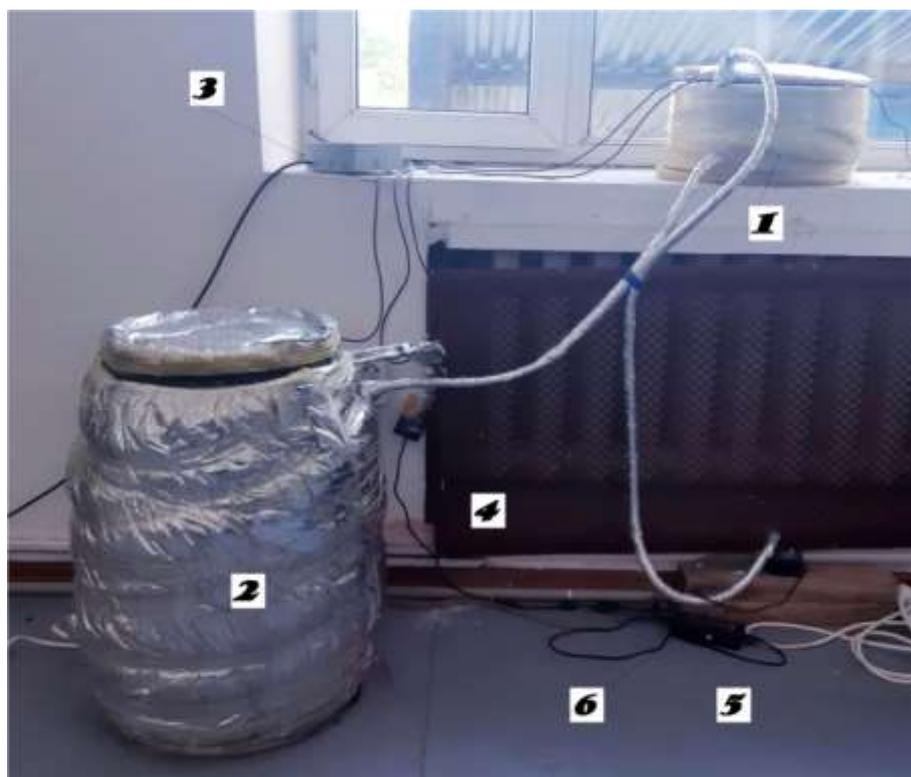


Рисунок 39 – Общий вид бака-охладителя

При разработке бака-охладителя площадь теплообменной поверхности была подобрана таким образом, чтобы продолжительность охлаждения молока не превышала 2 часов. Данное условие необходимо согласно техническим требованиям и параметрам безопасности, предъявляемым к резервуарам для охлаждения и хранения молока на молочно-товарных фермах (стандарты UNIEN 13732 -2009, ИСО 5708:1983, ГОСТ Р 50803-2008).

Внешний вид экспериментальной установки для охлаждения молока представлен в соответствии с рисунком 40. При разработке установки для охлаждения молока были использованы конструкционные материалы, обладающие необходимыми качествами, износостойкостью, прочностью и долговечностью, отвечающие требованиям пищевой промышленности.

Бак-охладитель и аккумулятор холода размещены в помещении, а радиатор на открытом воздухе на высоте 1м над уровнем земли. Радиатор размещен между высотными зданиями, в то время как его рекомендуется размещать под открытым небом на крыше высотного здания.



1 – бак молокоохладитель, 2 – аккумулятор холода, 3 – контроллер, 4 – насос для перекачивания этиленгликоля, 5 – насос для перекачивания воды, 6 – блок питания

Рисунок 40 – Внешний вид установки для охлаждения молока с использованием теплового излучения в космическое пространство

Место размещения радиатора было подобрано в связи с обстоятельствами расположения самой установки, и не было учтено, что на его работу будут влиять какие-либо объекты.

Стоит ожидать, что из-за влияния прилегающих зданий, температура стен которых в зимнее время может оказаться выше температуры атмосферного воздуха, охлаждение за счет теплового излучения не будет происходить не так интенсивно, как если бы оно происходило под открытым небом.

### 3.2 Принцип работы экспериментальной установки

Методика проведения экспериментов следующая (рисунок 35). В ночное время, определяемое по часам реального времени, в интервале между закатом и рассветом, контроллер установки включает насос Н1.

Этиленгликоль из радиатора Р подается через теплообменник в аккумулятор холода с помощью насоса Н1 и нагнетается в радиатор Р, где происходит его охлаждение.

В утреннее время насос Н1 отключается. После этого в бак-охладитель заправляется свежая порция теплого молока и включается насос Н2. Охлажденная вода из аккумулятора холода АХ подается насосом Н» в

распределительный коллектор и далее в рубашку бака-молокоохладителя. После процесса охлаждения молока, вода стекает в аккумулятор.

Контроллер в автоматическом режиме осуществляет запись температур в различных точках молокоохладительной системы, температурных данных теплоносителей, молока и воды, параметров атмосферного воздуха (температуру и относительную влажность). Данные записываются на карту памяти в текстовом формате CSV.

### 3.3 Результаты экспериментов и их анализ

Основным параметром, определяющим эффективность и работоспособность установки, является конечная температура молока.

Проведены проверочные экспериментальные исследования для определения продолжительности процесса естественного охлаждения молока без установки, а также эксперименты по сравнению теплофизических свойств молока и воды для дальнейшего использования воды в качестве (имитации) молока в экспериментальных работах.

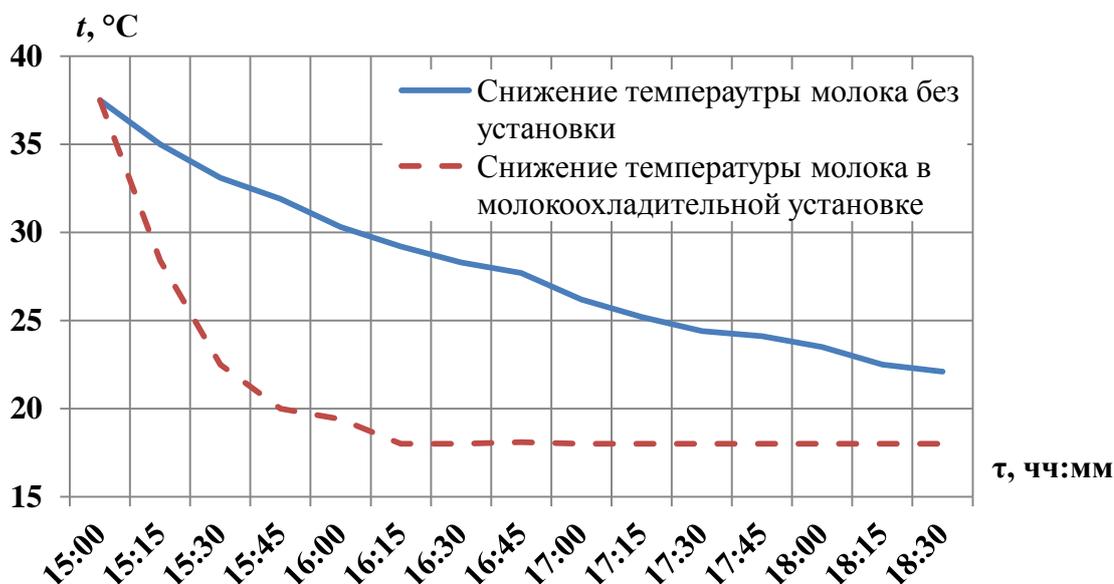


Рисунок 41 – Зависимость температуры молока от времени охлаждения с установкой и без установки (11 октября 2018 г.)

Проверочные работы по снижению температуры молока, при комнатной температуре в  $18^\circ\text{C}$  и при температуре наружного воздуха  $14-16^\circ\text{C}$ , без установки и с нашей экспериментальной установкой, показали следующие результаты. Продолжительность процесса охлаждения молока до  $23^\circ\text{C}$  составила 3,5 часа (рисунок 41). При включении насоса Н2 установки температура молока понизилась до комнатной температуры за 1 час 15 минут.

Из результатов проведенных опытов можно увидеть, что охлаждение молока без использования установки возможно, но продолжительность

процесса превышает допустимые нормы времени, что приведет к порче молока и сделает его непригодным для дальнейшей переработки. Опыты были проведены 11 октября 2018 года в г. Алматы.

Была произведена проверка работоспособности радиатора [132]. Наблюдения за температурой этиленгликоля на выходе из радиатора показали, что она циклически изменяется в течение часа. Данное поведение было обусловлено циркуляцией воздуха по замкнутому гидравлическому контуру.

Чтобы показать, что радиатор охлаждается за счет теплового излучения в космическое пространство, проведен следующий эксперимент.

В соответствии с рисунком 42 представлены данные за 16-ое ноября 2018 года, показывающие, что радиатор имеет температуру на 2°C ниже атмосферного воздуха. Так как поверхность радиатора имеет температуру ниже, чем у атмосферного воздуха, можно утверждать, что тепловое излучение происходит.

Конкретное значение снижения температуры излучающей поверхности по отношению к атмосферному воздуху зависит от конструкции и материала излучающей поверхности, а также от метеорологических условий. Над совершенствованием радиаторов работает множество зарубежных [67-108] и Казахстанских [59-64] ученых.

Удельная теплоемкость воздуха увеличивается с ростом его температуры. При температуре -5°C она составляет 1007 Дж/кг·град [131].

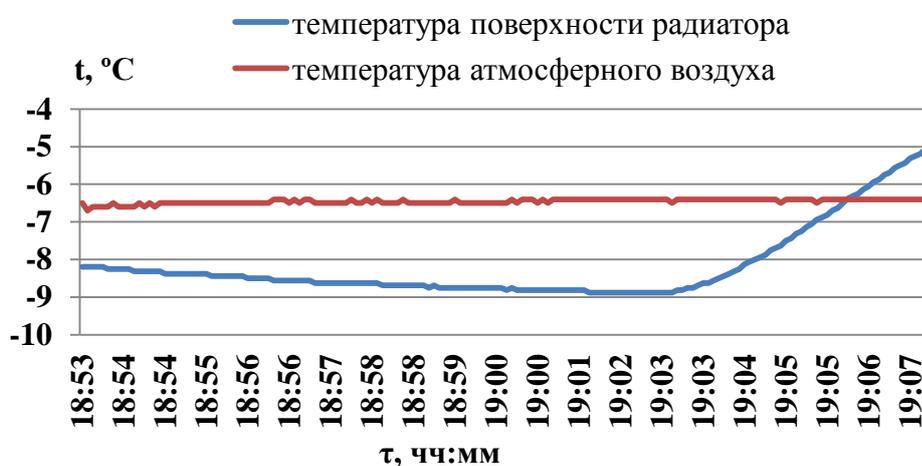


Рисунок 42 – Зависимость температуры атмосферного воздуха и поверхности радиатора от времени (6 февраля 2019 г.)

В следующем эксперименте было проведено исследование микробиологических показателей молока (КМАФАнМ – количества мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов или общей бактериальной обсемененности).

Сырое молоко имело начальное значение общей бактериальной обсемененности  $3 \cdot 10^5$  КОЕ/г ( $\text{см}^3$ ). После его охлаждения до 4°C в

экспериментальной установке в течение 2 часов, значение общей бактериальной обсемененности увеличилось до  $3,5 \cdot 10^5$  КОЕ/г ( $\text{см}^3$ ).

Указанное значение не превышает допустимую нормативную величину ( $5 \cdot 10^5$  КОЕ/г ( $\text{см}^3$ )) по ГОСТ 9225-84). Протокол испытаний представлен в Приложении В. Таким образом, разработанная установка соответствует гигиеническим требованиям.

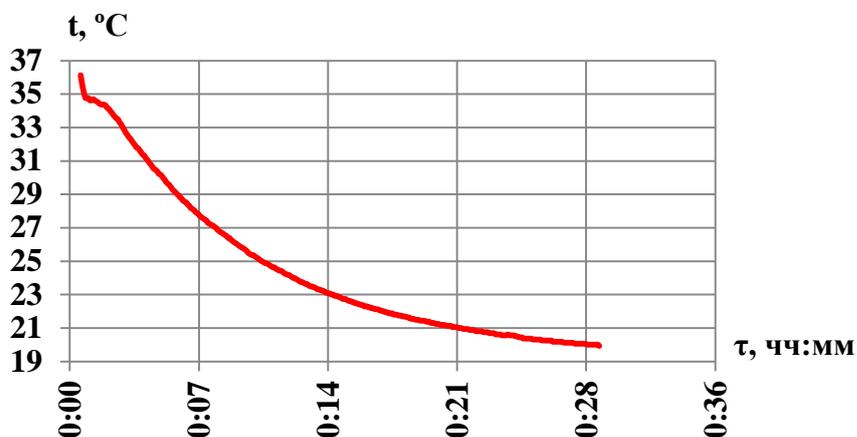


Рисунок 43 – Зависимость температуры воды от времени охлаждения

Следующий эксперимент был проведен для сравнения теплофизических свойств молока и воды, путем измерения продолжительности их охлаждения. В эксперименте сравнивается сырое коровье молоко жирностью 2,5% и обычная водопроводная вода.

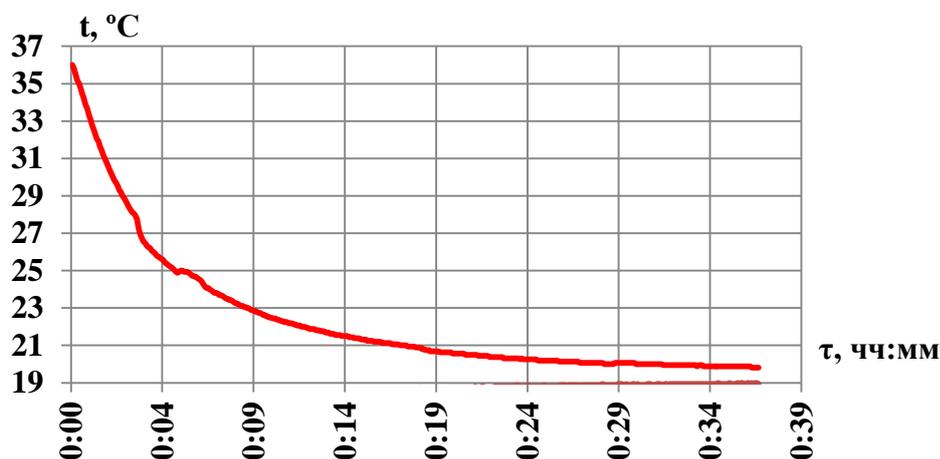


Рисунок 44 – Зависимость температуры молока от времени

Сравниваем полученные результаты экспериментов. Установка охлаждает отепленную воду с  $36^\circ\text{C}$  до  $20^\circ\text{C}$  за 27 минут (рисунок 43), как и молоко (рисунок 44).

Из полученных результатов можно сделать вывод, что небольшие различия теплофизических свойств воды и молока практически не повлияли

на продолжительность охлаждения. Поэтому в дальнейшей работе вместо молока будет использоваться вода, что не должно значительно отразиться на результатах экспериментов.

Далее рассмотрим полученные данные из экспериментальных исследований в осеннее, зимнее, весеннее и летнее время года при разных температурах атмосферного воздуха [133].

В соответствии с рисунком 45 представлены данные, полученные в период с 21:30 17 ноября до 11:30 18 ноября 2018 года. Из графика следует, что до включения насоса Н1 температура поверхности радиатора была ниже температуры атмосферного воздуха на  $2^{\circ}\text{C}$ .

После подключения насоса температура поверхности радиатора становится выше температуры атмосферного воздуха на  $4^{\circ}\text{C}$ . Затем устанавливается средняя разность температур  $3^{\circ}\text{C}$ .

В утренние часы повышается температура атмосферного воздуха и соответственно радиатора и процесс охлаждения воды в аккумуляторе холода останавливается. Таким образом, в ночной период происходит охлаждение воды в аккумуляторе холода от  $6^{\circ}\text{C}$  до  $0^{\circ}\text{C}$ .

Повышение температуры радиатора после восхода солнца подтверждает, что при появлении солнечной радиации поток теплового излучения снижается.

Однако в связи с инерционностью системы и низким значением температуры в аккумуляторе холода, температура поверхности радиатора поддерживается ниже температуры атмосферного воздуха.

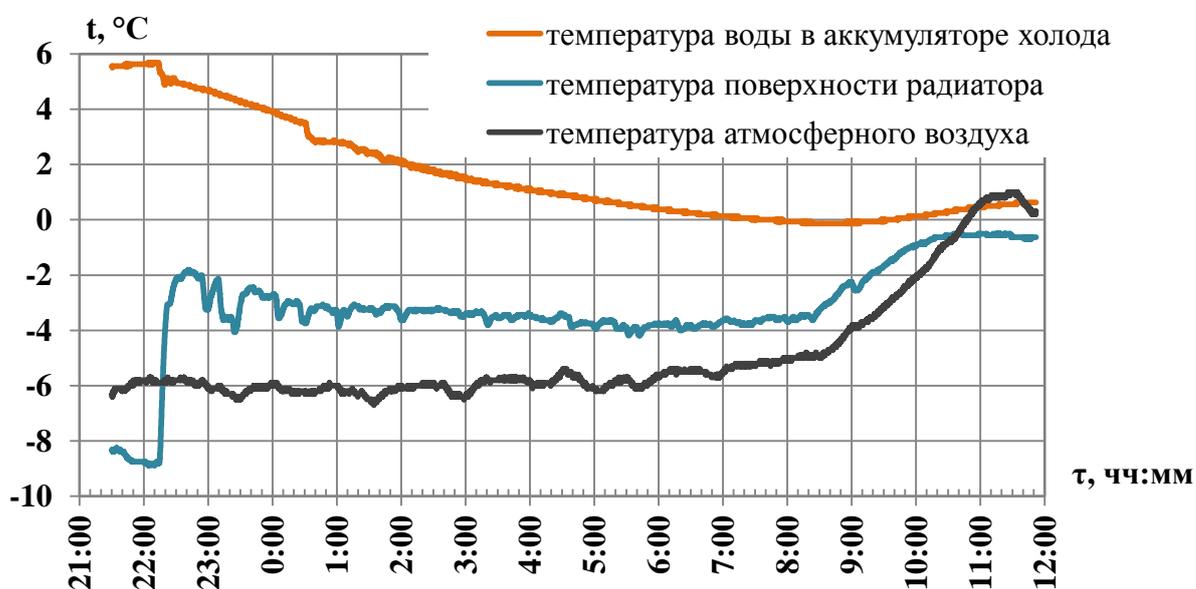


Рисунок 45 – Зависимость температуры от времени охлаждения (17-18 ноября 2018 г.)

В результате проведенных исследований установлено, что экспериментальная установка для охлаждения молока с тепловым излучением работоспособна. Все физические и теплообменные процессы,

которые должны происходить согласно теоретическим и экспериментальным исследованиям проведенными другими авторами подтверждаются.

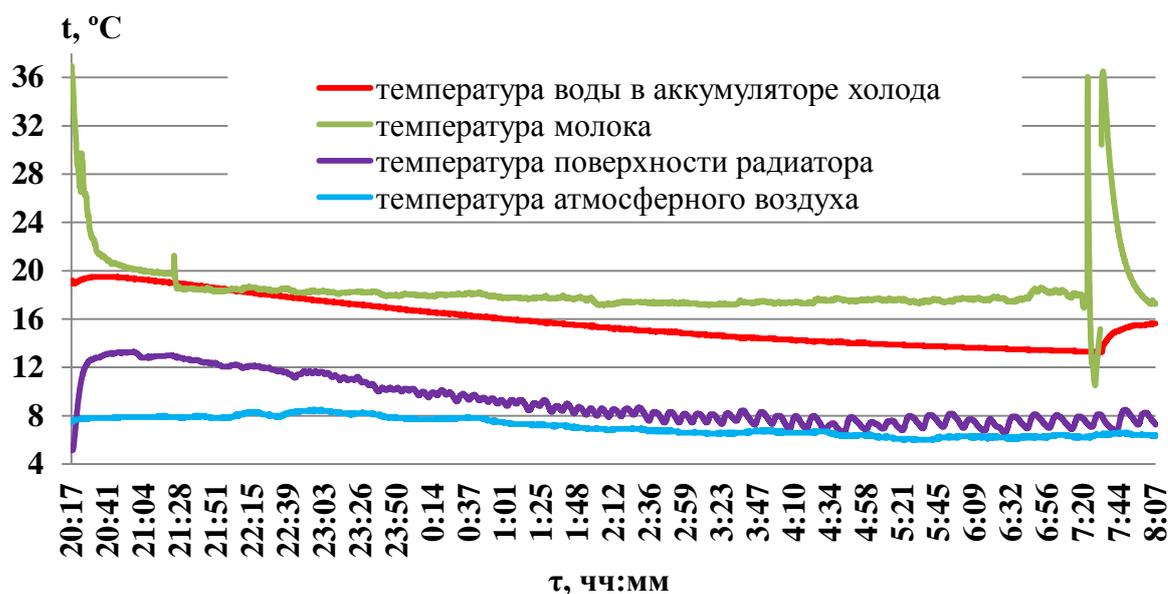


Рисунок 46 – Зависимость температур в установке от времени (10-11 ноября 2018 г.)

Испытание экспериментальной молокоохладительной установки было проведено 10 ноября (после заката) с 20:17 ч. до 07:31 ч. (до рассвета) 11 ноября 2018 года (рисунок 46). Температура наружного воздуха изменяется, от 8 до 6 °С. Влажность воздуха составляла 55-70%.

В начале эксперимента до включения насоса радиатор имеет температуру +5°С, которая ниже температуры атмосферного воздуха (+8°С) на 3°С.

Экспериментальное исследование установки показало, что температура молока снизилась с 37°С до 20°С за 46 минут, а охлаждающая вода в аккумуляторе холода при этом имела температуру 18-19°С.

За всю ночь температура воды в аккумуляторе холода снизилась с 20°С до 13°С, при этом температура поверхности радиатора составляет 8°С. Молоко в конце охлаждения имело температуру 17-18°С.

Теперь рассмотрим динамику изменения температуры радиатора и воды в аккумуляторе холода при отрицательной температуре наружного воздуха (рисунок 47) за 15 ноября 2018 года.

Наружная температура воздуха находилась в диапазоне минус 9...11°С. В начальный момент температура воды в аккумуляторе холода составляла +8°С. В процессе охлаждения на трубках теплообменника образовался лед. Лед образовался при минус 3°С и дальше процесс охлаждения воды приостановился.

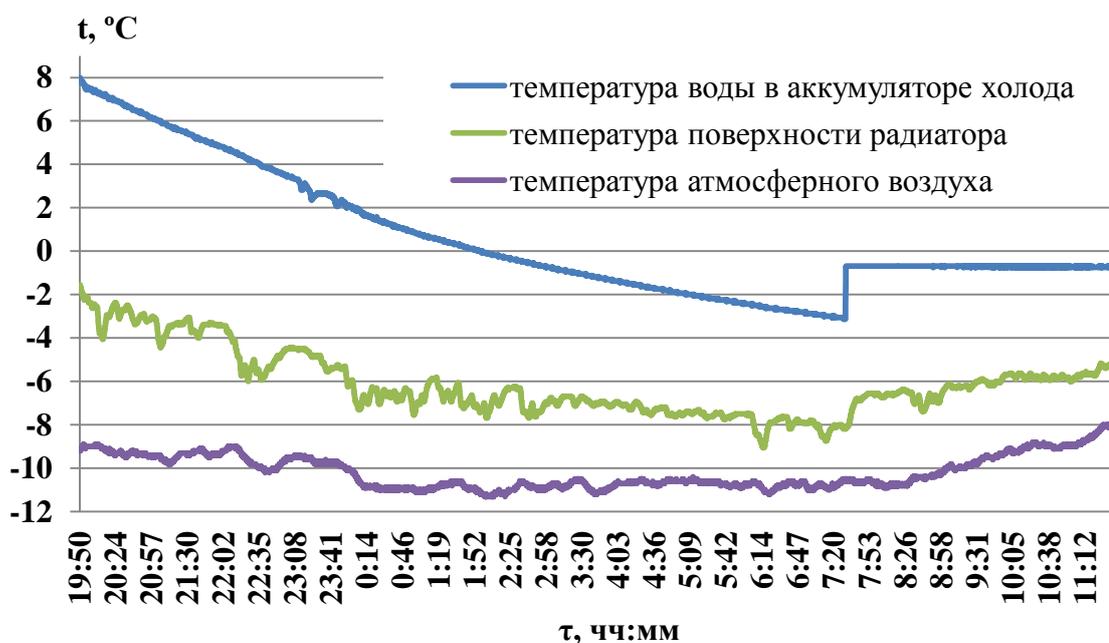


Рисунок 47 – Зависимость температуры от времени (15-16 ноября 2018 г.)

При положительной температуре воздуха в помещении на уровне +24°C, температура воды в аккумуляторе холода остается почти неизменной до конца дня. Это доказывает высокое качество теплоизоляции аккумулятора холода.

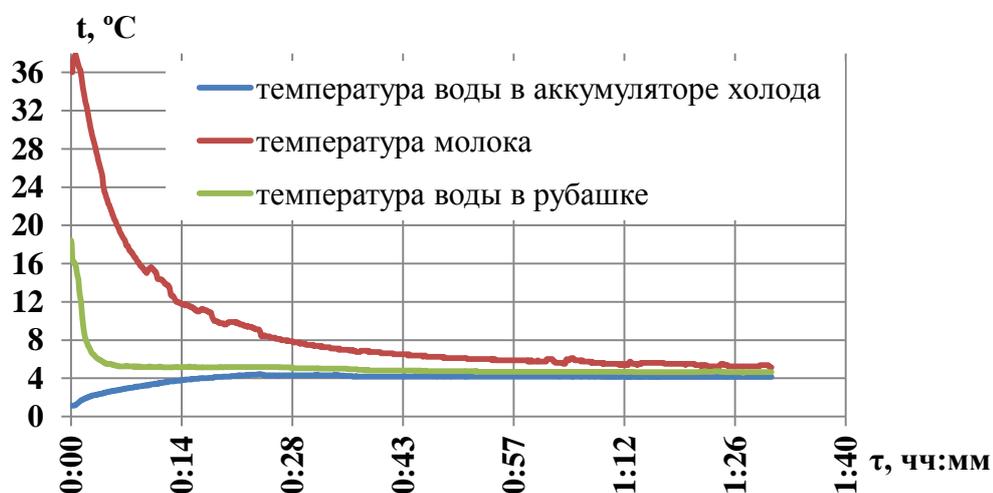


Рисунок 48 – Зависимость температур в установке от времени (16 ноября 2018 г.)

В конце дня 16 ноября был произведен эксперимент по охлаждению молока при помощи аккумулялированной ледяной воды. Весь процесс понижения температуры молока представлен в соответствии с рисунком 48.

Молоко с начальной температурой +37°C охладилось до +10°C за 18 минут, а до 5°C за 52 минуты. Вода в аккумуляторе холода нагрелась на 3°C.

Из результатов эксперимента следует, что молоко охлаждается стабильно и за более короткий период, когда в аккумуляторе холода присутствует запас льда.

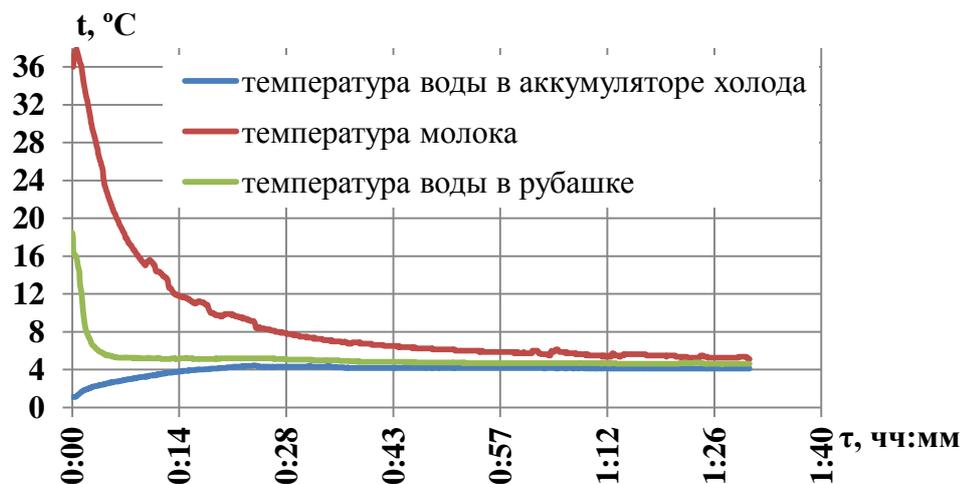


Рисунок 49 – Зависимость температур в установке от времени (16 ноября 2018 г.)

Следующее экспериментальное исследование по накоплению охлажденной воды было проведено в зимнее время года в ночь с 9 на 10 января 2019 года (рисунок 50).

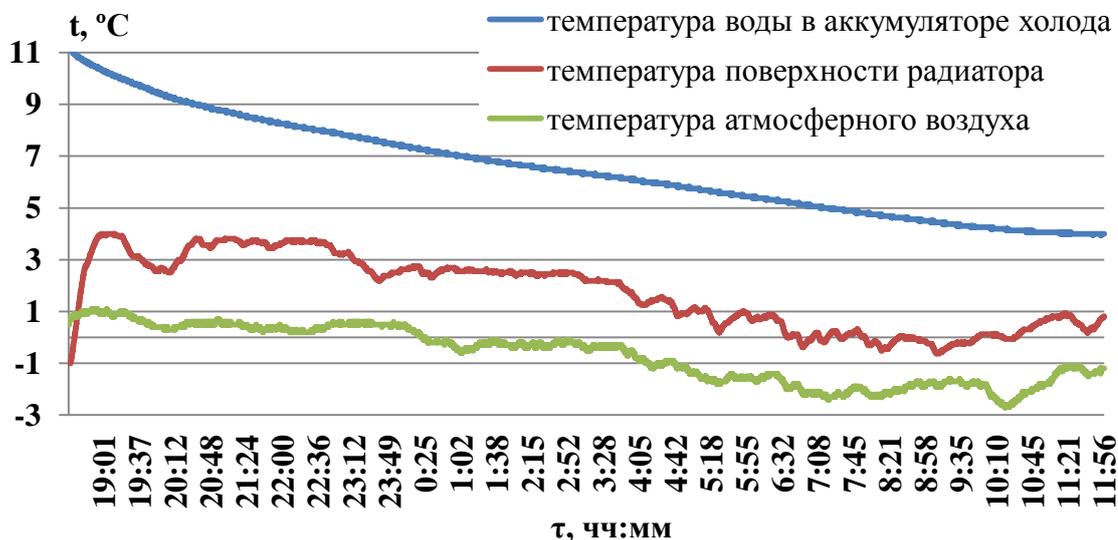


Рисунок 50 – Зависимость температуры от времени (9-10 января 2019 г.)

10 января в дневное время был проведен опыт для определения равномерности распределения температур в баке-охладителе в процессе охлаждения.

Датчики температуры были установлены посередине и у стенки бака-охладителе (рисунок 51). Так как разность между записанными значениями

температур незначительная (не более 1°C), было решено не устанавливать мешалку для небольших объемов бака.

К концу процесса охлаждения температура в центре бака и температура у его стенки практически совпадают и имеют значение +10°C.

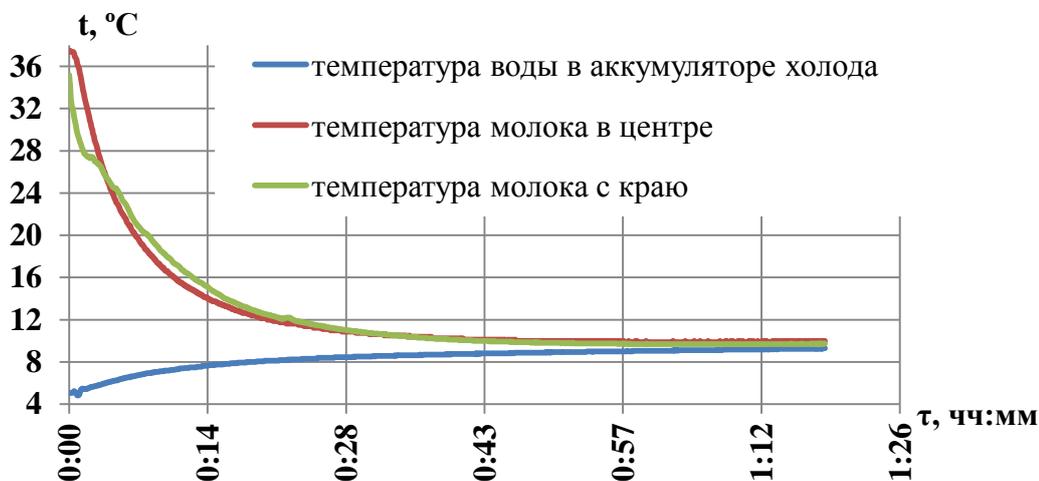


Рисунок 51 – Зависимость снижения температуры молока в двух точках (в центре и с краю) от времени (10 января 2019 г.)

Данные, полученные в весеннее и летнее время представлены в соответствии с рисунками 52 и 53.

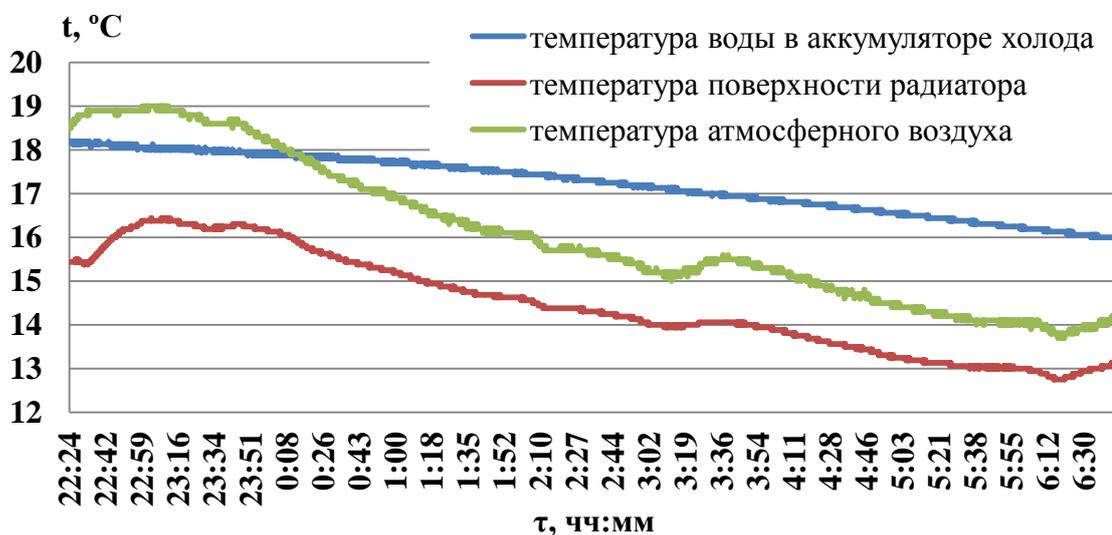


Рисунок 52 – Зависимость температуры воды в аккумуляторе холода от времени за ночь (от заката до рассвета) (28-29 мая 2019 г.)

Из рисунка следует, что температура охлаждаемой воды за ночь приблизилась к температуре наружного воздуха, за счет низкой температуры поверхности радиатора.

Из графика, полученного в весенний период, можно увидеть, что температура молока с 37°C до 20°C снижается за 25 минут. При этом вода в аккумуляторе холода нагревается на 2°C от начального значения.

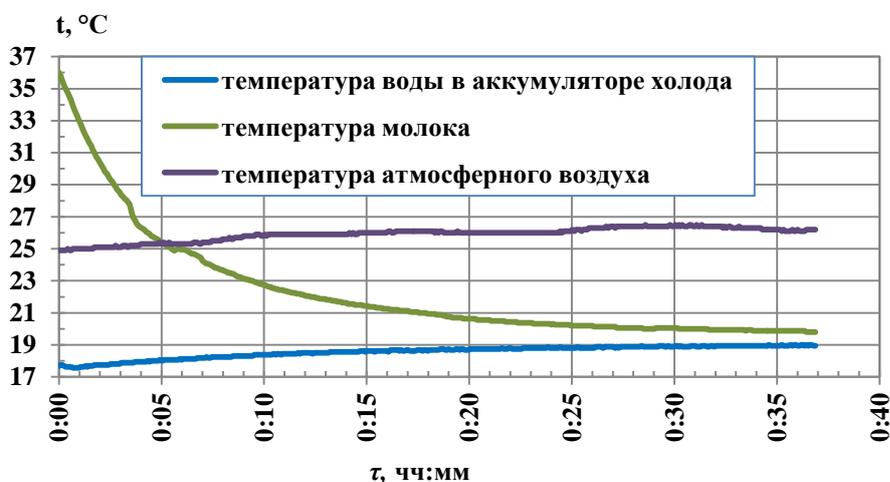


Рисунок 53 – Зависимость температур в установке от времени (30 мая 2019 г.)

В следующем эксперименте представлены результаты, полученные в летнее время года за всю ночь и при охлаждении молока на следующий день соответственно (рисунки 54 и 55).

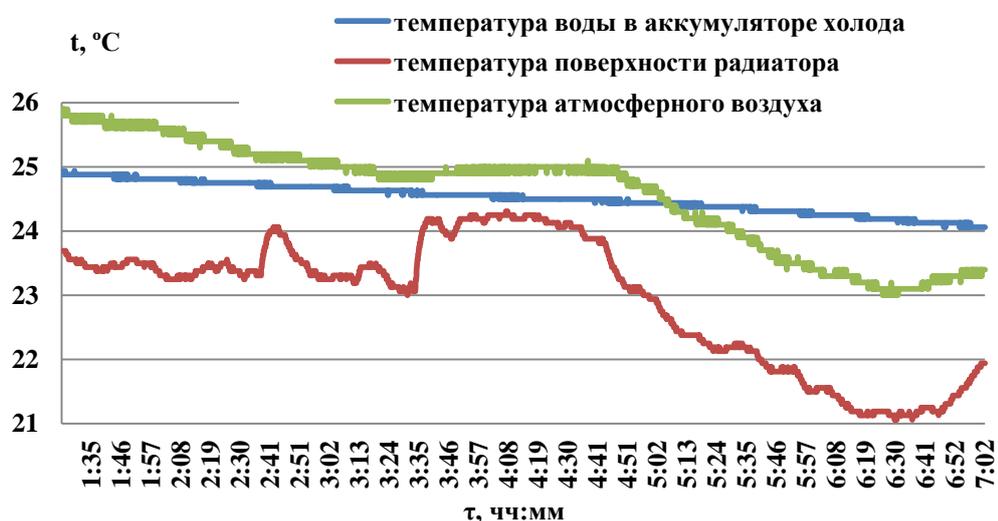


Рисунок 54 – Зависимость температуры воды от времени за ночь (15-16 июля 2019 г.)

Результаты исследований за летний период показывают, что температура воды в аккумуляторе холода ниже атмосферного воздуха. В конце охлаждения температура воды в АХ и температура атмосферного воздуха совпадают.

Экспериментальные данные подтверждают, что при помощи радиатора можно получить температуру ниже атмосферного воздуха. Отметим, что интенсивное охлаждение (ниже температуры атмосферного воздуха) можно получить в жаркий период года.

В жаркое летнее время, когда температура атмосферного воздуха находилась в пределах 30°C и 31,5°C, удалось снизить температуру молока с 38°C до 26,5°C за 30 минут, при этом имея температуру воды в аккумуляторе холода 25°C. В процессе охлаждения вода в аккумуляторе холода нагрелась на 1°C, понизив температуру молока на 11,5°C.

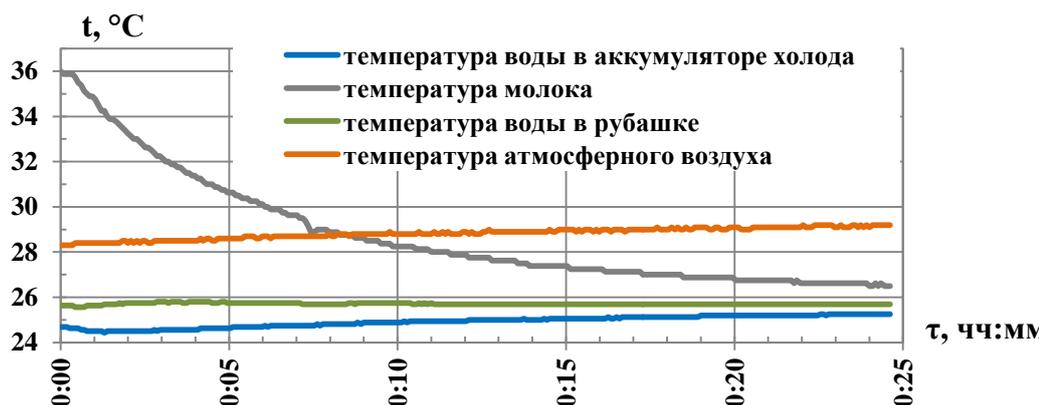


Рисунок 55 – Зависимость температуры молока от времени охлаждения (16 июля 2019 г.)

На основе полученных результатов построен график зависимости продолжительности охлаждения молока от средне ночного значения температуры атмосферного воздуха (рисунок 56).

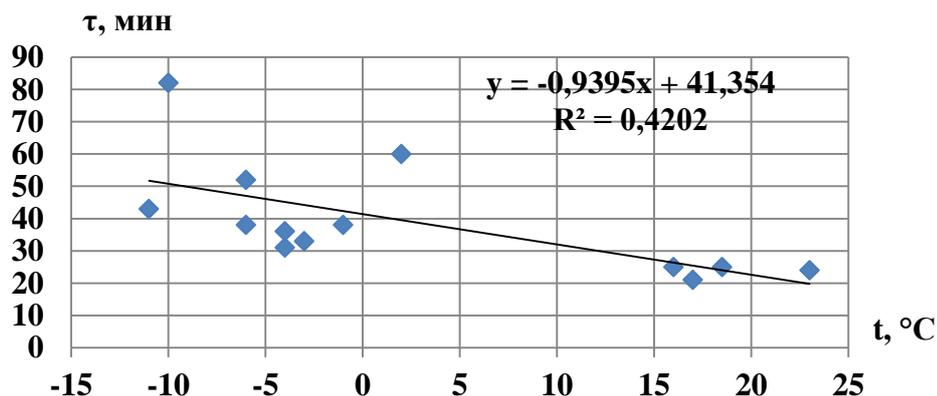


Рисунок 56 – Зависимость времени охлаждения молока от средненочной температуры атмосферного воздуха

На основе графика при помощи регрессионного анализа получена зависимость продолжительности охлаждения от средней температуры

атмосферного воздуха в виде:  $y = -0,939x + 41$ , при величине достоверности аппроксимации  $R^2 = 0,420$ .

Также сопоставим конечную температуру молока в ходе эксперимента с средненочной температурой атмосферного воздуха (рисунок 57).

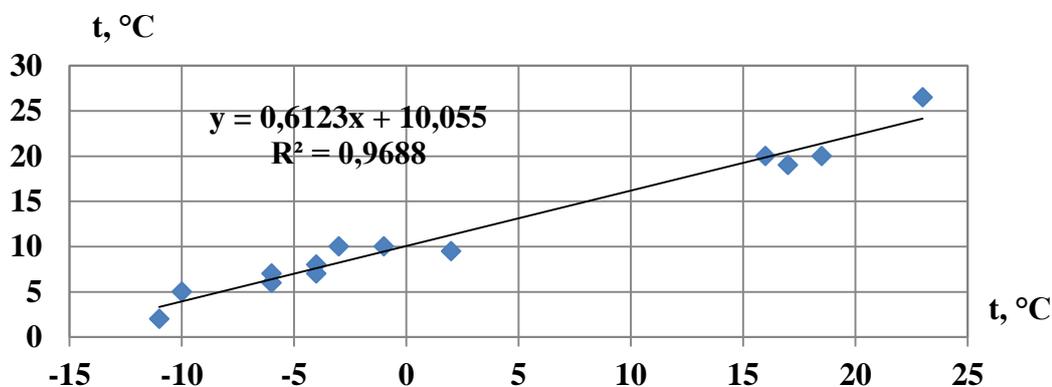


Рисунок 57 – Зависимость конечной температуры молока от средненочной температуры атмосферного воздуха

На основе графика можно наблюдать линейную зависимость между рассматриваемыми параметрами в виде  $y = 0,612x + 10,05$  при величине достоверности аппроксимации  $R^2 = 0,968$ .

На основе полученных результатов построен график зависимости конечной температуры молока от средненочной температуры ночного неба (рисунок 58).

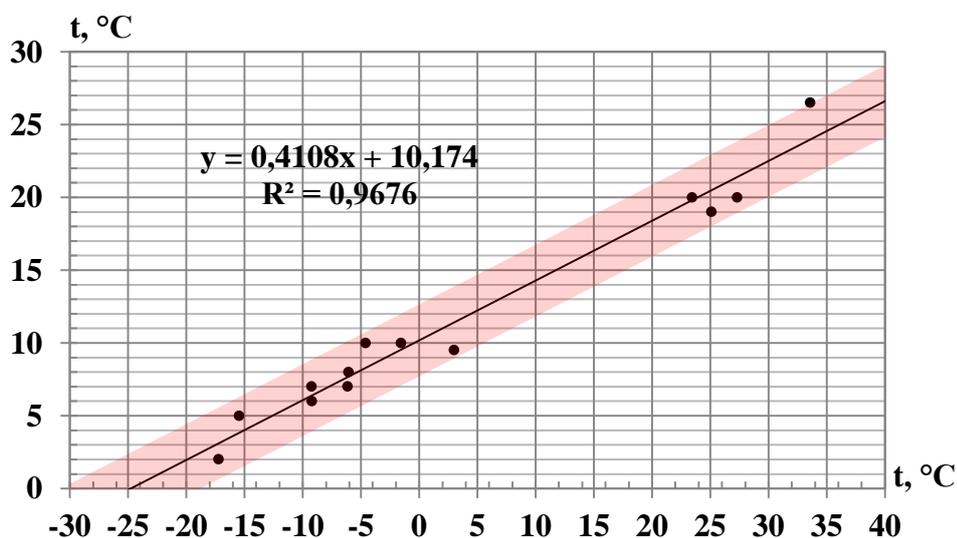


Рисунок 58 – Зависимость конечной температуры молока от температуры ночного неба

При помощи регрессионного анализа на основе построенного графика получена зависимость конечной температуры молока от температуры

ночного неба в виде:  $y = 0,410x + 10,17$  при величине достоверности аппроксимации  $R^2 = 0,967$ .

Здесь под условной температурой ночного неба понимается температура некоторой воображаемой поглощающей тепловое излучение плоской поверхности, расположенной над излучающей поверхностью радиатора.

При этом температура данной плоской поверхности имеет такое значение, что количество тепла, передаваемое от излучающей поверхности к поглощающей поверхности, точно соответствует количеству тепла, отводимому от излучающей поверхности, расположенной под ночным небом при заданных метеорологических параметрах.

Условная температура ночного неба может быть рассчитана в соответствии с формулой:

$$t_{\text{HH}} = t_{\text{B}} \cdot (Ca \cdot \varepsilon_{\text{H}})^{0,25} \quad (48)$$

где:  $Ca = 1 + 0,0224 \cdot n - 0,0035 \cdot n^2 + 0,00028 \cdot n^3$ ;

$$\varepsilon_{\text{H}} = 0,711 + 0,56 \cdot \left(\frac{t_{\text{p}}}{100}\right) + 0,73 \cdot \left(\frac{t_{\text{p}}}{100}\right)^2; \quad (49)$$

$n$  – общий уровень облачности, от 0 до 10 баллов;  
 $t_{\text{B}}$  – температура атмосферного воздуха в приземном слое, °С;  
 $t_{\text{p}}$  – температура точки росы атмосферного воздуха при земном слое, °С.

Построен график зависимости коэффициента полезного действия от средненочной температуры атмосферного воздуха.

Установлено, что между средней температурой атмосферного воздуха за ночь и коэффициентом полезного действия нет явной взаимосвязи (рисунок 59).

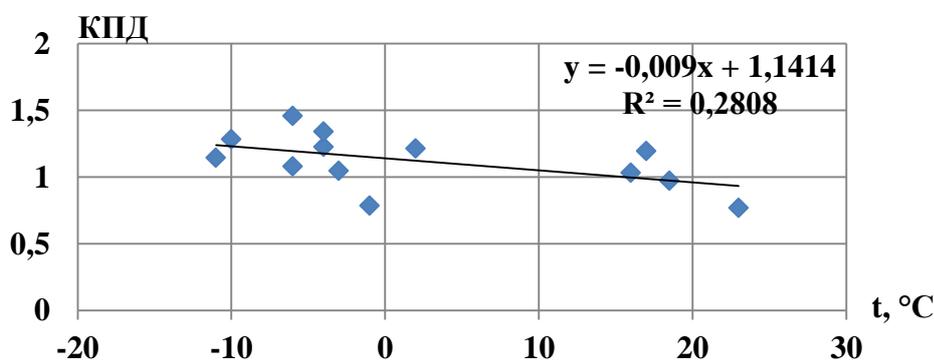


Рисунок 59 – Зависимость коэффициента полезного действия от средненочной температуры атмосферного воздуха

### **Выводы по третьему разделу**

На основе экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

- экспериментальная установка позволяет производить охлаждение за счет использования теплового излучения в космическое пространство, аккумулируя в ночное время холодную воду (в теплое время года) или намораживая лед (в холодное время года) в аккумуляторе холода. С аккумулированная вода используется для охлаждения молока в дневное время;

- в результате процесса теплового излучения температура поверхности радиатора была ниже атмосферного воздуха на 2-3°C, что подтверждает его работоспособность, как и у в других исследованиях;

- получена экспериментальная зависимость продолжительности охлаждения молока от температуры атмосферного воздуха;

- получена зависимость конечной температуры молока от средненочной температуры атмосферного воздуха. График зависимости показывает, что при температуре атмосферного воздуха (-10°C), молоко охлаждается до требуемой температуры +4°C;

- получена зависимость конечной температуры молока от температуры ночного неба;

- при отрицательной температуре атмосферного воздуха (минус 9...11°C), в процессе охлаждения воды теплоносителем, на трубах теплообменника образовывался лед. Процесс охлаждения молока ледяной водой проходит стабильно и интенсивно.

Проведенные экспериментальные исследования при различных температурах, влажности, облачности наружного воздуха показывают возможность отвода тепла с 29 до 100 % от молока, в климатических условиях города Алматы.

Все данные экспериментальных исследований за осенний, зимний, весенний и летний периоды показаны в таблице (Приложение Г).

Экспериментальные исследования проводились в разные времена года. Полученные данные в осеннее и зимнее время (в холодные периоды) показали, что молоко можно охлаждать с 37°C до 10°C и ниже, а в летнее и весеннее время (в очень жаркие и теплые периоды) можно снижать температуру молока до 20...26 °C.

Перепад температур между молоком и охлаждающей водой в аккумуляторе холода в конце процесса охлаждения составляет от 1 до 4°C.

Время охлаждения молока в холодные периоды составляет от 33 до 82 минут, длятся дольше по времени чем в теплые периоды, поскольку молоко охлаждается до конечной температуры 4°C.

В теплые периоды время охлаждения молока составляет от 21 до 25 минут до температуры порядка 20...25°C после чего включается ПКХМ и молоко до охлаждается до требуемой температуры 4°C.

Построена зависимость продолжительности охлаждения молока от температуры атмосферного воздуха, из которой следует, что чем больше температура атмосферного воздуха, тем меньше время охлаждения молока.

## 4 КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ МОЛОКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В КОСМИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО

### 4.1 Объект моделирования

Объект моделирования включает в себя емкость с молоком 1 (внутренний бак-охладитель), внешняя рубашка для охлаждения молока 2, аккумулятор холода (АХ) 3, радиатор для теплового излучения в космическое пространство (ТИВКП) 4, систему искусственного охлаждения на базе холодильной машины (СИО) 5 и циркуляционные насосы 6 и 7 (рисунок 60).

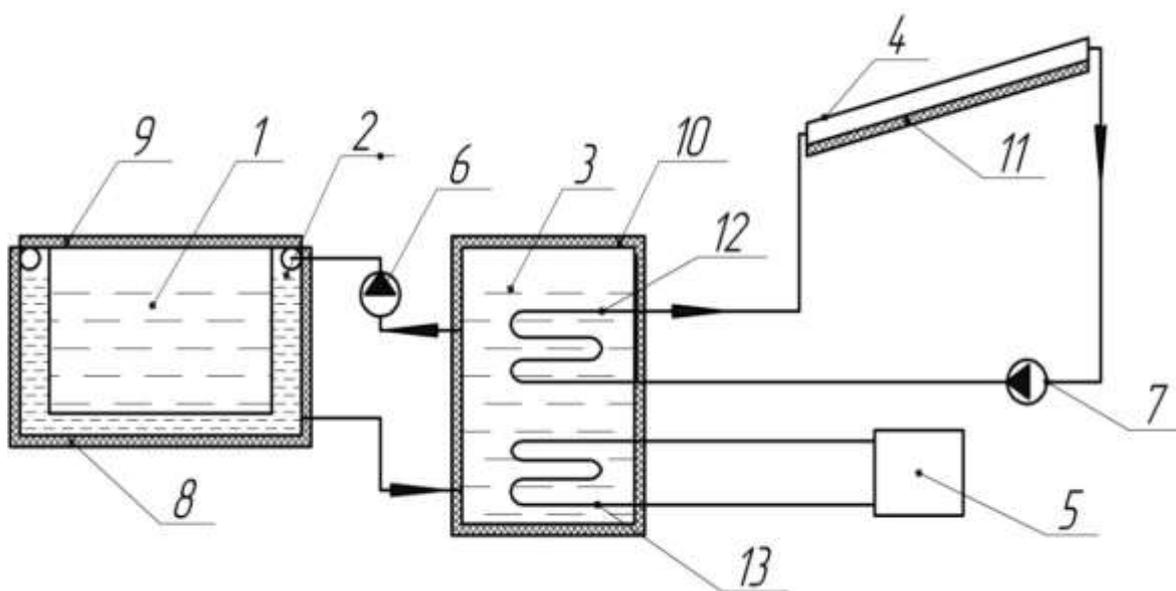


Рисунок 60 – Объект исследования для моделирования

СИО обеспечивает охлаждение в теплое время года, когда нужно довести температуру молока до требуемых значений, а температура охлаждающей жидкости (воды) для этого недостаточна низкая.

При использовании аккумулятора холода с ледяной водой можно выровнять пики потребления электроэнергии и использовать ночные тарифы на электроэнергию.

В молочной промышленности используется в основном вода (ледяная вода). Это обусловлено тем, что вода безопасна для продуктов питания. Вода более дешевый хладоноситель, по сравнению с семейством гликолевых и солевых растворов.

Она позволяет аккумулировать холод в виде льда с теплотой фазового перехода 335 кДж/кг. Ледяная вода имеет высокую теплоемкость, что позволяет использовать ее в качестве энергоэффективного хладоносителя.

Для минимизации теплопритоков из окружающей среды устанавливается тепловая изоляция на корпус и крышку молокоохладителя, соответственно 8 и 9, стенки емкости с АХ 10 и нижнюю часть радиатора 11.

В змеевиковом теплообменнике системы ТИВКП 12 теплоносителем является незамерзающая при 0°С жидкость, например в нашем случае (для экспериментальных исследований) был выбран этиленгликоль (в промышленных установках рекомендуется использовать другие виды теплоносителей, которых можно использовать в пищевой промышленности). Испаритель 13 СИО 5 расположен непосредственно в объёме бака АХ 3.

В ночное время суток за счет технологии ТИВКП при циркуляции незамерзающего теплоносителя в контуре 12 происходит охлаждение воды в АХ 3 до максимально низкой температуры.

Ранее моделирование теплового излучения в космическое пространство рассматривались в работах [134-136].

#### **4.2 Алгоритм работы установки**

Алгоритм работы установки для охлаждения молока следующий:

1. На первом этапе происходит охлаждение воды в АХ 3. Наиболее оптимальным с энергетической точки зрения будет охлаждение воды в ночное время суток при помощи технологии ТИВКП за счет циркуляции теплоносителя по змеевиковому теплообменнику 12, с помощью насоса 7.

В этом случае могут быть использованы такие факторы, как низкая температура атмосферного воздуха в ночное время, и дополнительный отвод тепла за счет теплового излучения в космическое пространство.

В теплое время года при недостаточном охлаждении воды в АХ, даже в ночное время суток будет подключена СИО, которая доведет температуру воды в АХ до требуемых значений.

2. На втором этапе происходит заполнение емкости с молоком, полученным после дойки.

3. На третьем этапе включают насос 6 и прокачивают охлажденную воду через теплообменник-охладитель молока 2. Процесс охлаждения проводят до достижения требуемой температуры молока.

Работа молокоохладителя может происходить в двух режимах:

- в первом случае запасенного холода достаточно для охлаждения молока до требуемой температуры. Этот режим реализуется при низкой температуре атмосферного воздуха и благоприятных условиях для теплового излучения (отсутствии облачности и низкой влажности атмосферного воздуха);

- во втором случае, в теплое время года, молоко охлаждается до некой промежуточной температуры, а затем требуется работа СИО для доведения температуры молока до требуемых значений.

При такой постановке задачи предполагается, что запасенного холода в АХ 3 достаточно для охлаждения расчетного количества молока в емкости 1.

Алгоритм математического моделирования годового цикла работы установки представлен в приложении Д. При моделировании описываются, теплофизические процессы, происходящие внутри установки, исходный код компьютерной модели представлен в Приложении Е.

Для компьютерной реализации алгоритма использована среда программирования Sci-Lab 6.0 для операционной системы Microsoft Windows 7. Программа Sci-Lab 6.0 один из самых полных общедоступных альтернатив MatLab. Это пакет прикладных математических программ предоставленное для инженерных (технических) и научных расчетов.

#### 4.3 Климатические данные для компьютерного моделирования

В результате моделирования получаем данные об изменении температуры и тепловых потоков в системе за каждый из дней в году, сохраняемые в виде таблиц формата CSV, обработка которых производится в программе Microsoft Excel 2010 (Версия 14.0.7190.5000 (32-разрядная)).

В математической модели были произведены расчеты для трех городов Казахстана: Алматы, Костанай и Усть-Каменогорск.

Выбор был остановлен именно на этих городах, так как необходимо было знать эффективность использования нашей установки в климатических условиях северного Казахстана (Костанай) и южного Казахстана (Алматы).

Усть-Каменогорск был выбран из-за наличия в нем предприятий по производству молока, так как он является одним из крупных центров производства молока и молочных продуктов в Казахстане.

В математической модели для городов были использованы такие данные, как температура атмосферного воздуха, относительная влажность, облачность за весь 2018 год, с января по декабрь [131].

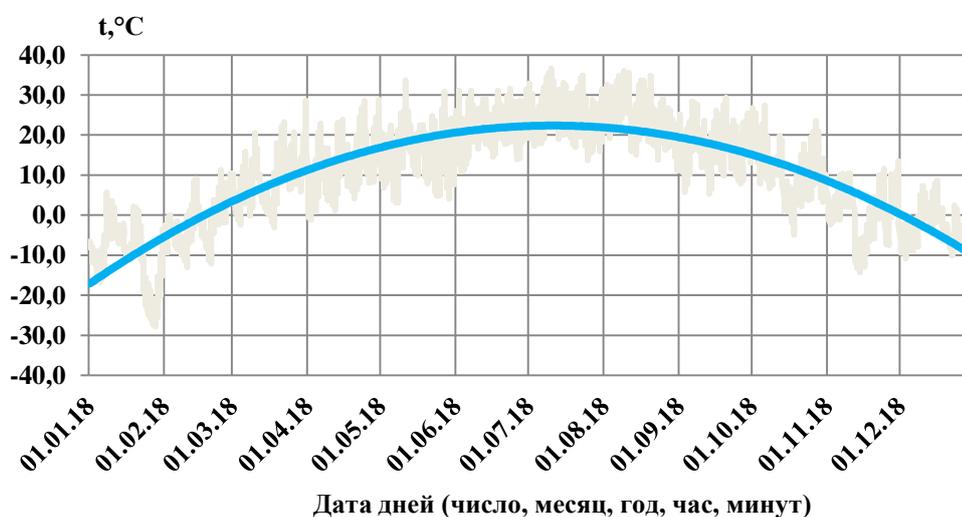


Рисунок 61 – График изменения температуры атмосферного воздуха для города Алматы за 2018 год (с января по декабрь)

Температурный режим и климатические данные для города Алматы в целом гораздо мягче среднего по Казахстану, за счёт относительно высоких температур в зимний период. Средняя многолетняя температура воздуха равна +10°C, что значительно выше показателей Москвы и Нур-Султана.

Тем не менее, из-за высотной поясности и расположения в сердце материка, быстро остывающего зимой, климат Алматы прохладней

расположенных на той же 43-й параллели Тбилиси, Софии, Барселоны и других средиземноморских городов.

Температура самого холодного месяца (января) равна минус 4,7 °С, самого тёплого месяца (июль) составляет плюс 23,8 °С. Заморозки в среднем начинаются с 14 октября, заканчиваются 18 апреля. Устойчивые морозы держатся в среднем 67 суток - с 19 декабря по 23 февраля. Погода с температурой более +30°С наблюдается в среднем 36 суток в году [131].

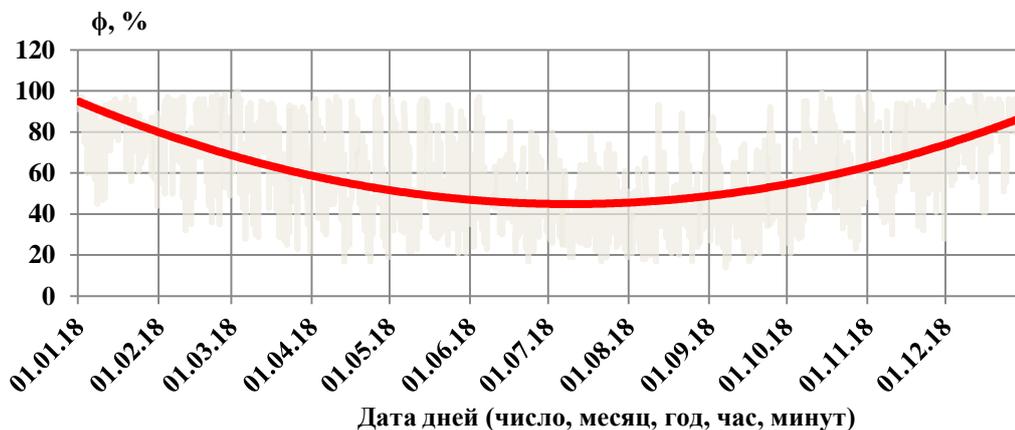


Рисунок 62 – График изменения относительной влажности воздуха для города Алматы за 2018 год (с января по декабрь)

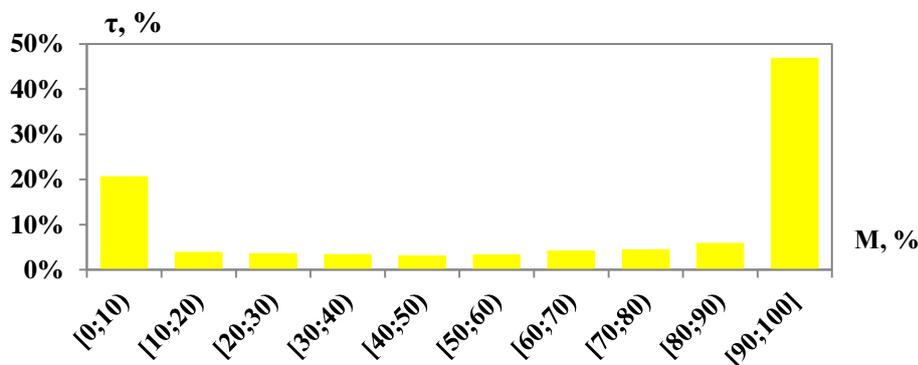


Рисунок 63 – Часть времени от общей продолжительности года, когда общий уровень облачности находился в заданном диапазоне в Алматы за 2018 год

Климат города Усть-Каменогорск резко континентальный с неустойчивым увлажнением. Холодный период в Усть-Каменогорске длится пять месяцев, с ноября по март. Зафиксированный рекордный минимум температуры воздуха в январе составил минус 49°С, а максимум плюс 43°С в июле.

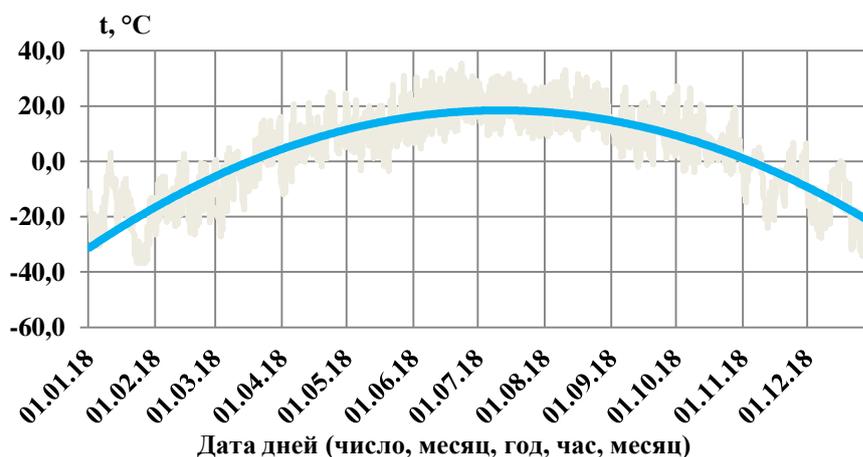


Рисунок 64 – График изменения температуры атмосферного воздуха для города Усть-Каменогорск за 2018 год (с января по декабрь)

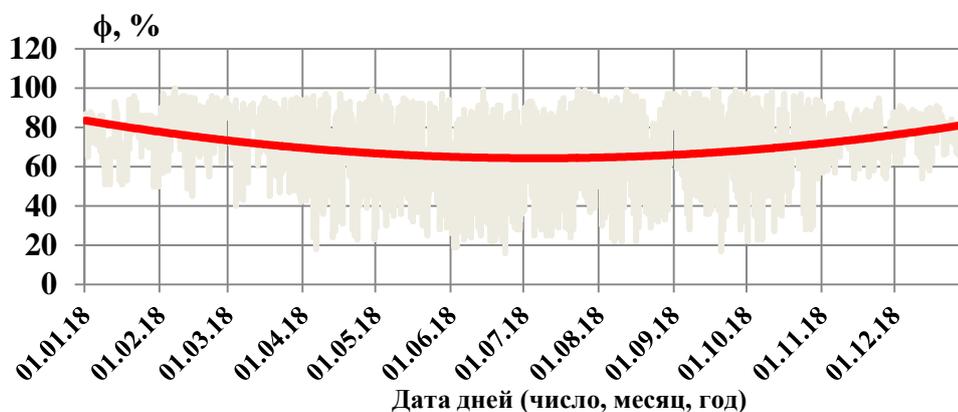


Рисунок 65 – График изменения относительной влажности воздуха для города Усть-Каменогорск за 2018 год (с января по декабрь)

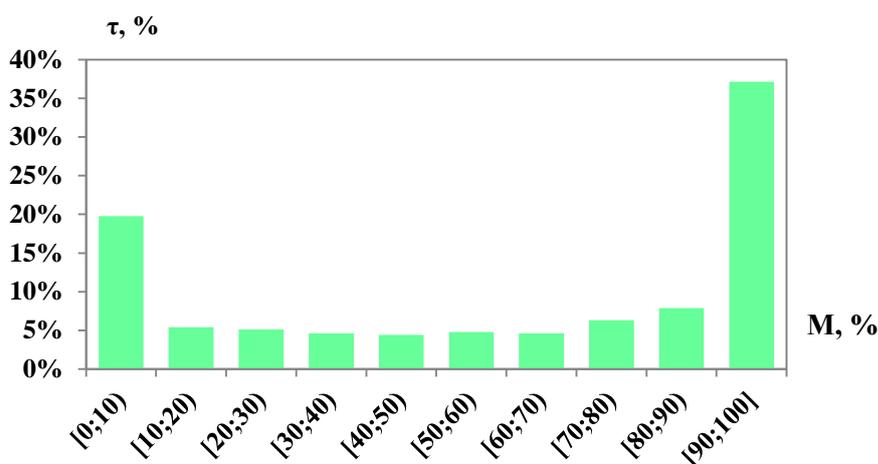


Рисунок 66 – Часть времени от общей продолжительности года, когда общий уровень облачности находился в заданном диапазоне в Усть-Каменогорске за 2018 год

Климат города Костанай считается резко континентальным, с жарким сухим летом и холодной малоснежной зимой. Средняя температура летом в июле достигает плюс 20,9°С, а зимой в январе минус 14,5°С.

Характерны резкие перепады температур в течение дня. Средняя скорость ветра достигает 3,2 м/с. В среднем влажность воздуха за год 71% [131].

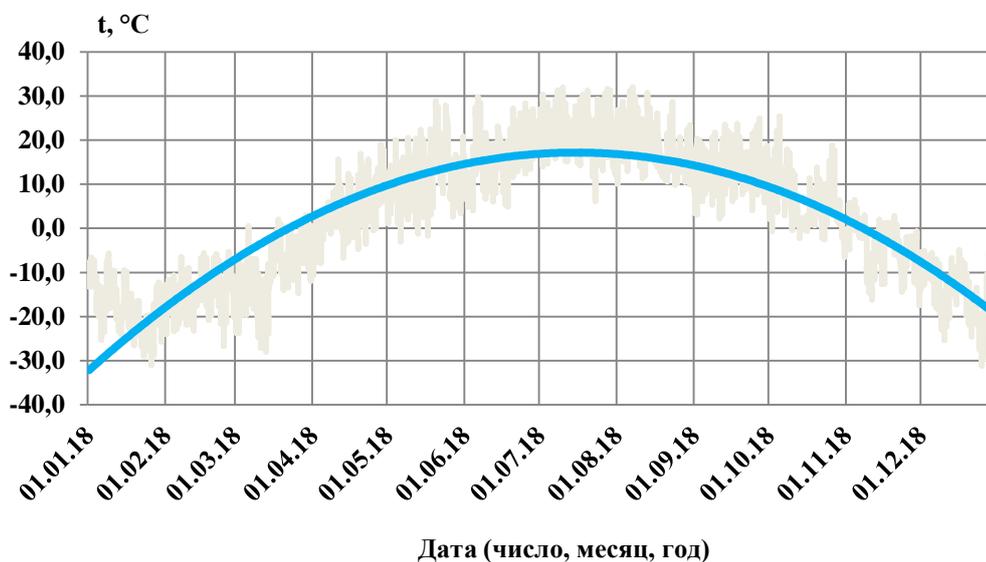


Рисунок 67 – График изменения температуры атмосферного воздуха для города Костанай за 2018 год (с января по декабрь)

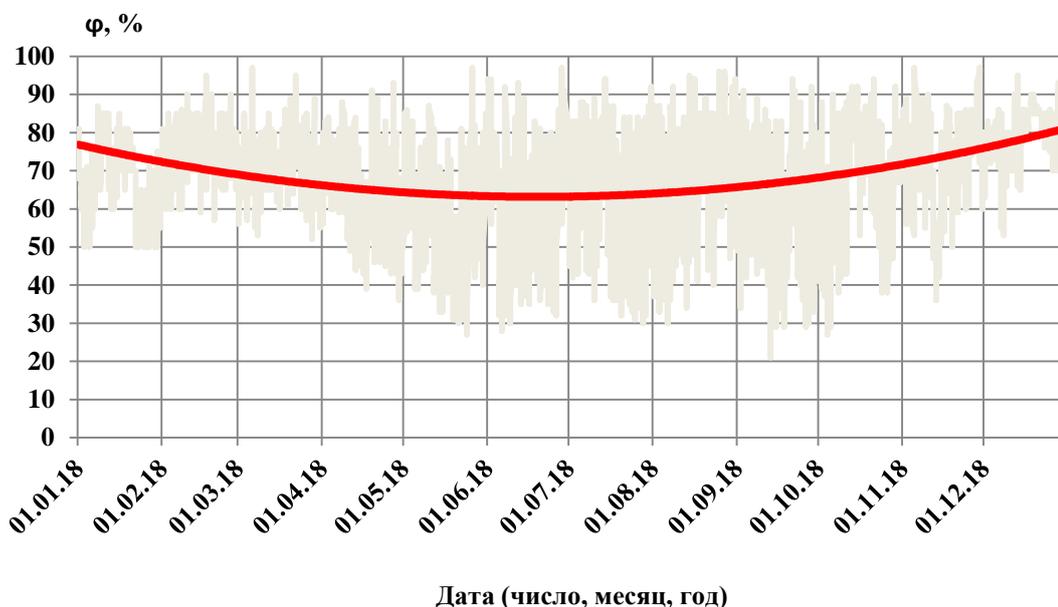


Рисунок 68 – График изменения относительной влажности воздуха для города Костанай за 2018 год (с января по декабрь)

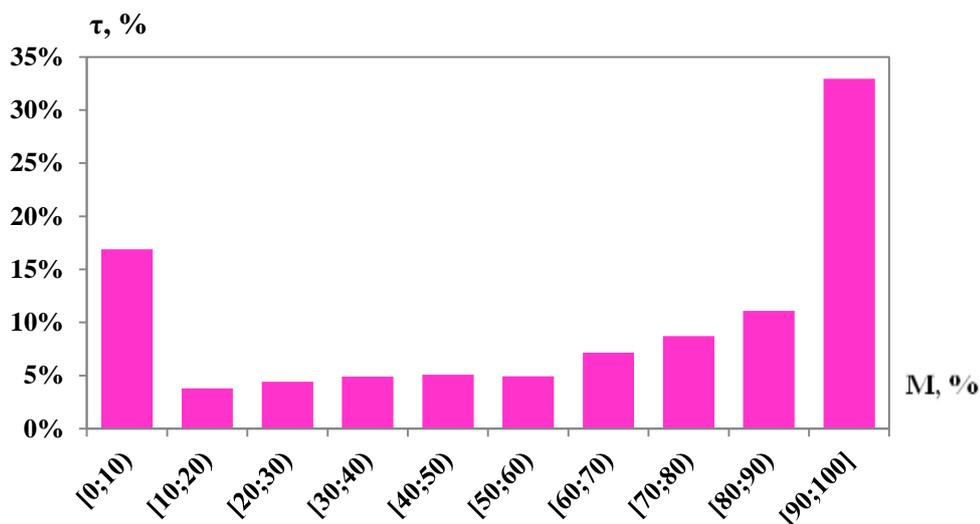


Рисунок 69 – Часть времени от общей продолжительности года, когда общий уровень облачности находился в заданном диапазоне в Костанае за 2018 год

#### 4.4 Анализ результатов компьютерного моделирования

После ввода климатических данных в компьютерной модели рассчитываем основные параметры установки для охлаждения молока с использованием теплового излучения.

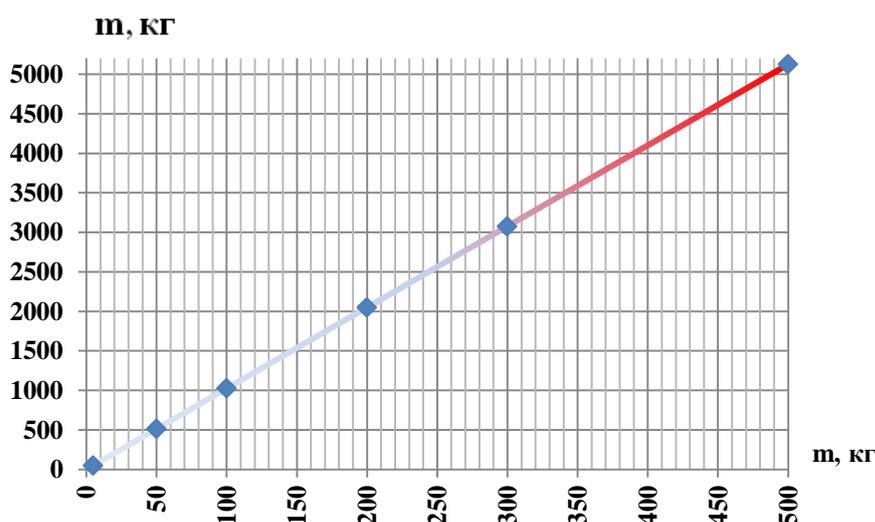


Рисунок 70 – Зависимость массы воды от массы молока

В соответствии с рисунками 70, 71 и 72 представлены результаты моделирования на графиках, основных параметров установки, графики подтверждаются полученными данными в соответствии с таблицей (Приложение Ж).

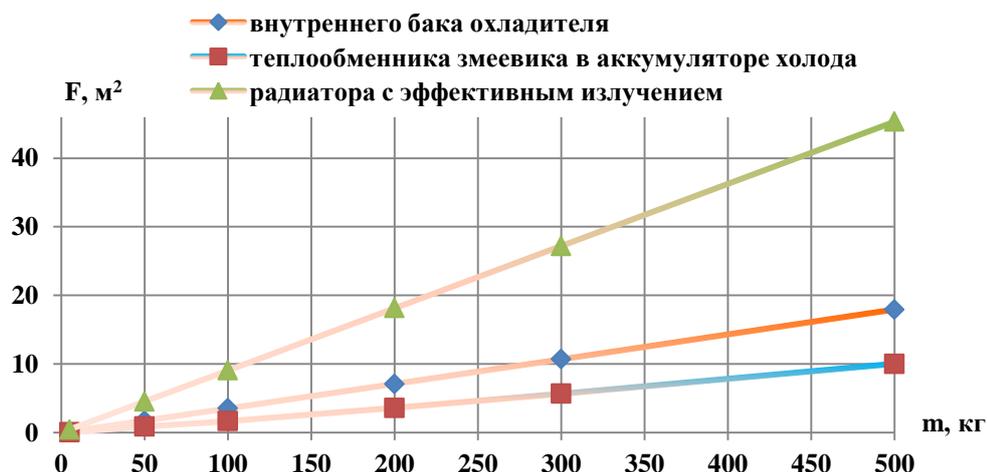


Рисунок 71 – Зависимость площади теплообменной поверхности бака-охладителя от массы охлаждаемого молока

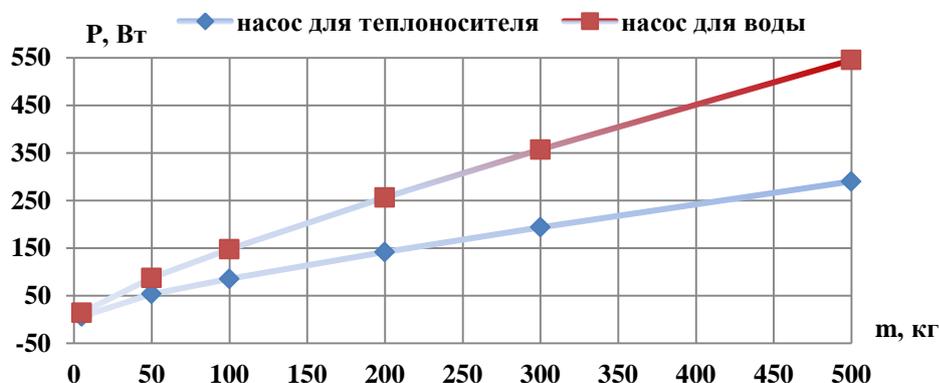


Рисунок 72 – Зависимость потребляемой мощности от массы молока

Рассчитываем количество теплоты, которое необходимо отвести от 1 кг охлаждаемого молока в соответствии с формулой:

$$\begin{aligned}
 Q_M &= (t_{MH} - t_{MK}) \cdot c_M \cdot m_M = \\
 &= (+37,5 - 4) \cdot 3900 \cdot 1 = 130650 \text{ Дж.}
 \end{aligned}
 \tag{50}$$

Сравним эффективность разработанной системы охлаждения с традиционным решением, в котором молоко охлаждается через стенку испарителя кипящим хладагентом, подаваемым из одноступенчатой парокомпрессионной холодильной машины (ПКХМ) без регенеративного теплообменника.

Основные параметры цикла ПКХМ представлены ниже:

- температура кипения:  $-10^{\circ}\text{C}$ ;
- перегрев хладагента:  $10^{\circ}\text{C}$ ;
- температура конденсации:  $+40^{\circ}\text{C}$ ;
- переохлаждение:  $5^{\circ}\text{C}$ ;
- хладагент: R404.

Важно отметить, что указанный хладагент R404 не обеспечивает наивысший уровень энергоэффективности по сравнению с другими хладагентами, но широко используется в молокоохладительных установках из-за его эксплуатационных свойств (высокого давления кипения).

Далее необходимо определить количество энергии, которое потребила бы ПКХМ в течение годового цикла работы. Для этого на основе термодинамического анализа цикла определим следующие параметры:

- удельная холодопроизводительность:  $q_0 = 116,98$  кДж/кг;
- удельная работа сжатия:  $l_{км} = 30,36$  кДж/кг.

Мощность, затрачиваемая электродвигателем компрессора на сжатие 1 кг хладагента рассчитывается в соответствии с формулой:

$$N_{км} = \frac{l_{км}}{\eta_{об}} = \frac{30,36}{0,65} = 46,7 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}, \quad (51)$$

где  $\eta_{об}$  – общий КПД компрессора холодильной машины.

Теоретическое значение холодильного коэффициента ПКХМ имеет вид в соответствии с формулой:

$$\varepsilon = \frac{q_0}{l_{км}} \cdot \eta_{об} = \frac{116,98}{30,36} \cdot 0,65 = 2,5. \quad (52)$$

Важно, что фактическое значение холодильного коэффициента реальной холодильной машины будет зависеть от конструкции компрессора. Также на него значительное влияние оказывает размер компрессора, так как малые холодильные компрессора обладают пониженным холодильным коэффициентом. Энергопотреблением вентилятора конденсатора пренебрегаем.

Указанное значение холодильного коэффициента согласуется с расчетными данными от производителей поршневых компрессоров средней холодопроизводительности. Например, согласно данным расчета в программе «BitzerSoftwareOnline» для поршневого полугерметичного компрессора «Bitzer4DES-5Y-40S» в заданном температурном режиме холодильный коэффициент составляет 2,53.

Другие конструкции компрессоров могут быть менее эффективными. Например, для спирального компрессора Bitzer ESH743Y-40S холодильный коэффициент составляет всего 1,74. Однако в данной работе мы будем рассматривать работу холодильной машины с наиболее эффективными современными поршневыми компрессорами.

В соответствии с таблицей 16 представлены данные о холодильном коэффициенте компрессоров разной холодопроизводительности, полученном в заданном температурном режиме. Указанные значения требуемой холодопроизводительности получены из условия охлаждения молока за один час.

Количество электроэнергии, потребляемое ПКХМ за год определяется в соответствии с формулой, кВт · ч:

$$E_{\text{ПКХМ.г}} = \sum_{i=1}^n \frac{Q_m}{3,6 \cdot 10^6 \cdot \varepsilon}, \quad (53)$$

где  $n$  – число дней в году.

Таблица 16 – Потребление электроэнергии компрессорами ПКХМ при охлаждении при заданной массе молока

Масса молока, кг	Требуемая хол.производ. ПКХМ, Вт	Компрессор	Хол. коэфф.	Кол-во эл.эн. за год, кВт·ч
1	2	3	4	5
5	181,5	Danfoss TL4DL	1,57	42,1
10	362,9	Danfoss TL4DL	1,57	84,1
25	907,3	Danfoss MLY90RAa	1,90	173,8
50	1 814,6	Danfoss SC18MLX3	1,97	335,3
75	2 721,9	Danfoss MS26TG	2,10	471,8
100	3 629,2	Danfoss VTZ038	2,15	614,4
200	7 258,3	Danfoss MTZ050-4	2,46	1 074,0
300	10 887,5	Danfoss MTZ072-4	2,39	1 658,2
500	18 145,8	Danfoss MTZ125-7	2,35	2 810,7
1 000	36 291,7	Bitzer 4NES-14Y-40P	2,63	5 022,9
1 500	54 437,5	Bitzer 6JE-25Y-40P	2,70	7 339,0
2 000	72 583,3	Bitzer 6HE-28Y-40P	2,63	10 045,8
2 500	90 729,2	Bitzer 6FE-44Y-40P	2,54	13 002,1
3 000	108 875,0	Bitzer 8GE-60Y-40P	2,41	16 444,2
4 000	145 166,7	Bitzer HSK7461-80-40P	2,51	21 052,1
5 000	181 458,3	Bitzer HSK7471-90-40P	2,49	26 526,4
6 000	217 750,0	Bitzer HSK8551-110-40P	2,53	31 328,5
8 000	290 333,3	Bitzer HSK8571-140-40P	2,58	40 961,8
10 000	362 916,7	Bitzer HSK8571-140-40P	2,58	51 202,2
12 000	435 500,0	Bitzer HSK8571-140-40P	2,58	61 442,6
16 000	580 666,7	Bitzer HSK8571-140-40P	2,58	81 923,5
20 000	725 833,3	Bitzer HSK8571-140-40P	2,58	102 404,4

Изменением холодильного коэффициента ПКХМ в зависимости от условий окружающей среды пренебрегаем, а также считаем, что каждый день в молокоохладитель заправляется одинаковое количество молока со стандартной начальной температурой 37°C.

Приблизительное количество электроэнергии, расходуемое на охлаждение 1 кг молока, считается в соответствии с формулой, кВт · ч:

$$E = \frac{Q_M}{\varepsilon} = \frac{130650}{2,5} = 52260 \text{ Дж} = 0,0145. \quad (54)$$

Так как за счет эффективного излучения невозможно поддерживать температуру охлаждаемого молока в требуемом диапазоне в течение всего года, в составе установки для охлаждения молока требуется дополнительная парокомпрессионная холодильная машина.

Таблица 17 – Характеристики дополнительной ПКХМ для доохлаждения, в зависимости от массы охлаждаемого молока

Масса молока, кг	Требуемая хол. производ., Вт	Потреб. мощность, Вт
1	2	3
5	15,1	9,6
10	30,2	19,3
50	151,2	96,3
75	226,8	144,5
100	302,4	192,6
200	604,9	318,3
300	907,3	477,5
500	1512,2	767,6
1000	3024,3	1406,7
1500	4536,5	2110,0
2000	6048,6	2573,9
2500	7560,8	3217,3
3000	9072,9	3449,8
4000	12097,2	4599,7
5000	15121,5	5749,6
6000	18145,8	6720,7
8000	24194,4	9199,4
10000	30243,1	11906,7
12000	36291,7	14288,1
16000	48388,9	17921,8
20000	60486,1	22402,3

Поэтому теперь рассчитываем энергопотребление энергосберегающей установки для охлаждения молока с использованием теплового излучения в космическое пространство.

При этом холодопроизводительность дополнительной ПКХМ может быть подобрана из условия создания в аккумуляторе необходимого запаса холода для охлаждения всей порции молока за 12 часов без учета работы радиаторов холодильной установки (таблица 17).

Холодопроизводительность дополнительной ПКХМ в составе установки для охлаждения молока с использованием теплового излучения составляет всего 8% требуемой холодопроизводительности обычной ПКХМ, используемой для охлаждения молока.

Количество энергии, затрачиваемое дополнительной ПКХМ на охлаждение молока за один цикл:

$$E_{\text{ПКХМ}} = \left[ \frac{m_{\text{м}} \cdot c_{\text{м}} \cdot \Delta t_{\text{ПКХМ},i}}{3,6 \cdot 10^6 \cdot \varepsilon} \right], \quad (55)$$

где  $\Delta t_{\text{ПКХМ},i}$  – разница между температурой молока, полученной за счет первичного охлаждения водой из аккумулятора холода и требуемой температурой молока.

Суммарное количество энергии, затрачиваемое дополнительной ПКХМ за год:

$$E_{\text{ПКХМ}} = \sum_{i=1}^n \frac{m_{\text{м}} \cdot c_{\text{м}} \cdot \Delta t_{\text{ПКХМ},i}}{3,6 \cdot 10^6 \cdot \varepsilon} = \left[ \frac{m_{\text{м}} \cdot c_{\text{м}}}{3,6 \cdot 10^6 \cdot \varepsilon} \right] \cdot \sum_{i=1}^n (\Delta t_{\text{ПКХМ},i}), \quad (56)$$

где  $\sum_{i=1}^n (\Delta t_{\text{ПКХМ},i})$  – сумма градусов охлаждения молока при помощи ПКХМ за год.

Суммарное количество электроэнергии, потребляемое всеми элементами установки для охлаждения молока, кВт · ч:

$$E_{\text{МО}} = N_{\text{Н1}} \cdot \sum_{i=1}^n \tau_{\text{Н1},i} + N_{\text{Н2}} \cdot \sum_{i=1}^n \tau_{\text{Н2},i} + \left[ \frac{m_{\text{м}} \cdot c_{\text{м}}}{3,6 \cdot 10^6 \cdot \varepsilon} \right] \cdot \sum_{i=1}^n (\Delta t_{\text{ПКХМ},i}), \quad (57)$$

где  $N_{\text{Н1}}, N_{\text{Н2}}$  – потребляемая мощность насосов Н1 и Н2 соответственно, кВт · ч;

$\tau_{\text{Н1}}, \tau_{\text{Н2}}$  – продолжительность работы за сутки насоса Н1 и Н2 соответственно, часов.

Изменением потребляемой мощности насосов в течение года пренебрегаем.

На основе результатов компьютерного моделирования работы установки для охлаждения молока получены параметры, которые представлены в соответствии с таблицей 18.

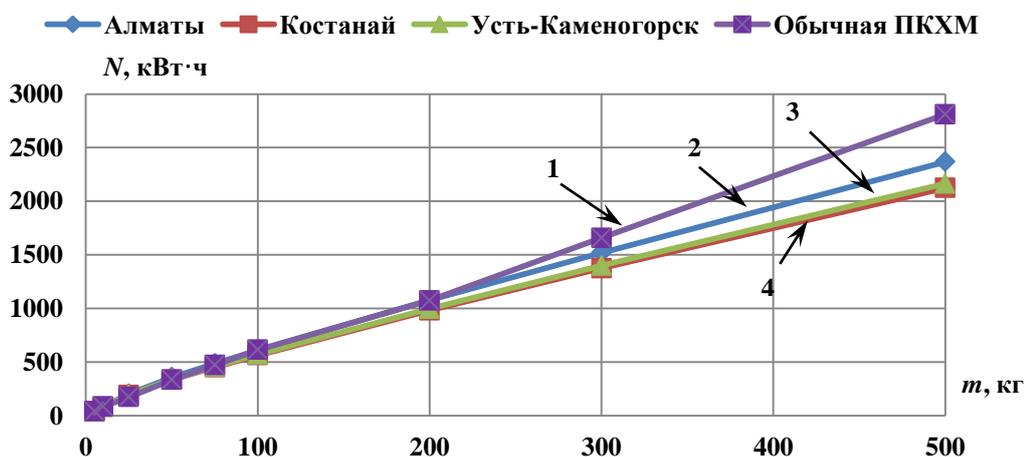
Произведен расчет количества электроэнергии, потребляемого молокоохладительной установкой в заданных городах.

Таблица 18 – Суммарные за год параметры работы установки для охлаждения молока

Параметр		Алматы	Костанай	Усть-Каменогорск
Продолжительность работы насоса Н1 (подает теплоноситель в радиатор), часов	$\Sigma(\tau_{н1.i})$	4285,1	4257,6	4268,8
Продолжительность работы насоса Н2 (подает воду в охлаждающую рубашку для молока), часов	$\Sigma(\tau_{н2.i})$	484,2	555,17	543,1
Сумма градусов охлаждения дополнительной ПКХМ за год, К	$\Sigma(\Delta t_{ПКХМ.i})$	3980,1	2711,3	2908,7

Из таблицы следует, что в связи с низкой эффективностью малых циркуляционных насосов, молокоохладительные установки, рассчитанные на охлаждение 5...200 л молока, в условиях климата города Алматы, потребляют количество энергии, равное количеству энергии, потребляемому обычной ПКХМ. Существенная экономия электроэнергии наблюдается только при охлаждении более 300 л молока (Приложение И).

В предельном случае при охлаждении 20 000 л молока в условиях климата города Костанай возможно сокращение потребления электроэнергии до уровня 58,5% от энергопотребления обычной ПКХМ.



1 – обычная ПКХМ; 2 – энергосберегающая установка для охлаждения молока в условиях климата города Алматы; 3 – энергосберегающая установка для охлаждения молока в условиях климата города Усть-Каменогорск; 4 – энергосберегающая установка для охлаждения молока в условиях климата города Костанай

Рисунок 73 – График потребления электроэнергии за год в зависимости от массы охлаждаемого молока, лист 1

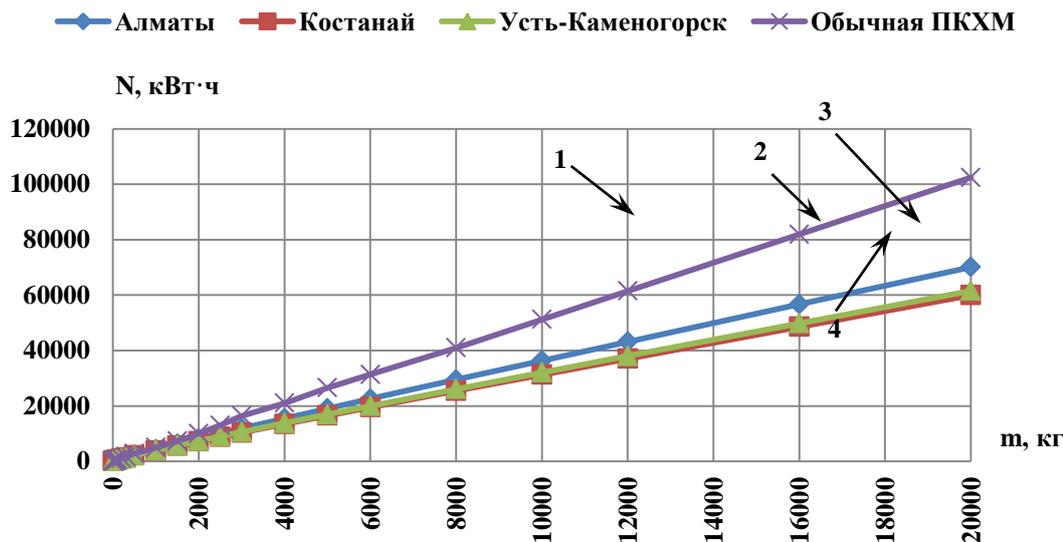


Рисунок 73, лист 2

Полученные в результате компьютерного моделирования параметры (изменения температуры воды в аккумуляторе холода, температуры молока, суммарное потребление электроэнергии, зависимость температуры молока от температуры атмосферного воздуха) представлены ниже в соответствии с рисунками 74 до 85.

В соответствии с рисунками 74 – 77 представлены результаты для города Алматы за 2018 год.

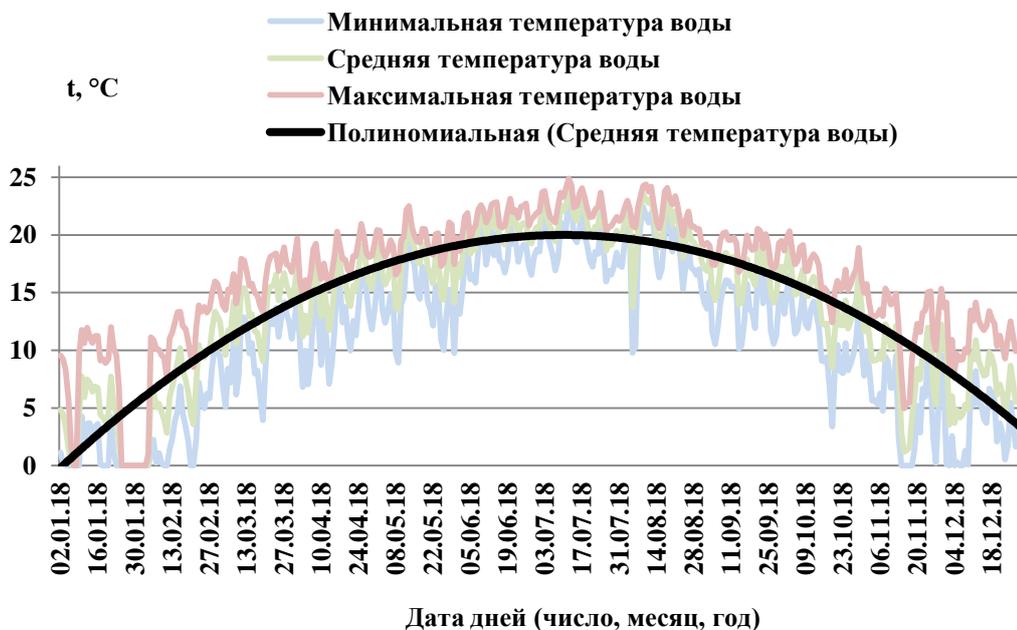


Рисунок 74 – График зависимости изменения температуры воды в аккумуляторе холода от времени года

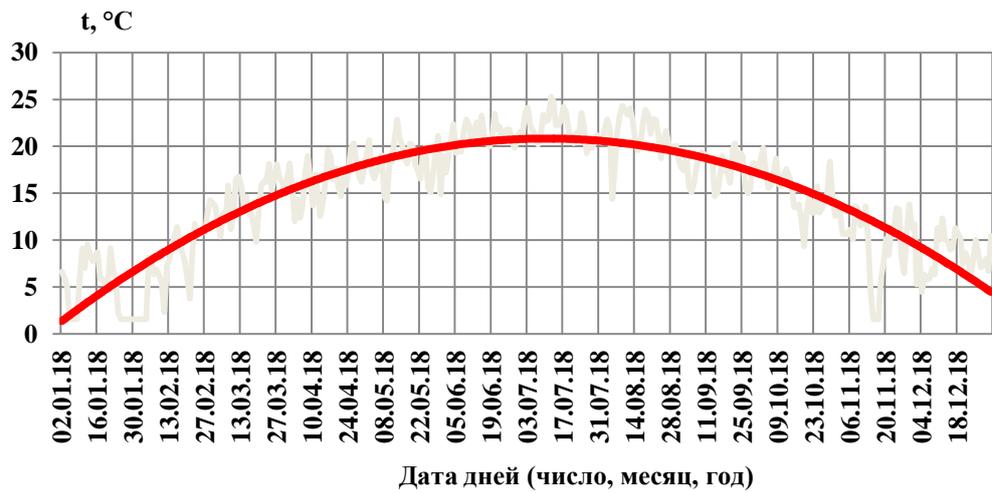


Рисунок 75 – График зависимости изменения температуры молока в конце процесса охлаждения от времени года

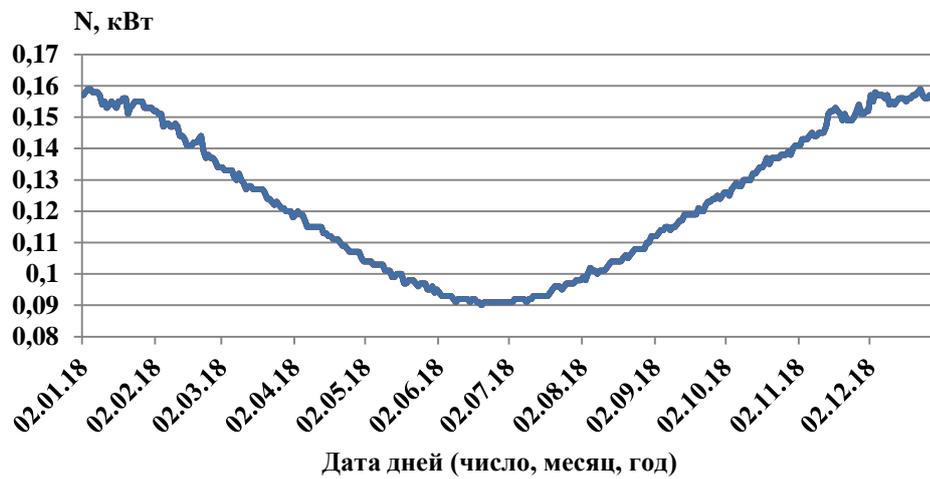


Рисунок 76 – График зависимости потребления электроэнергии установкой для охлаждения молока от времени года

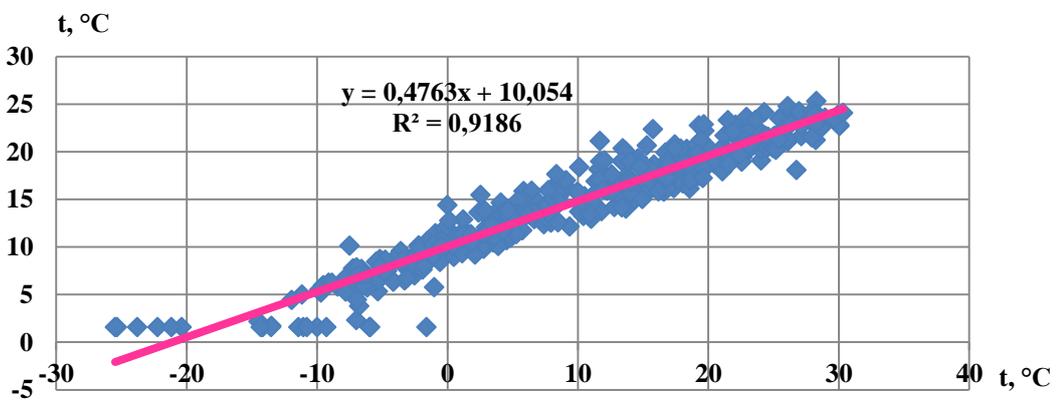


Рисунок 77 – График зависимости конечной температуры молока от температуры атмосферного воздуха

В соответствии с рисунками 78 по 81 представлены результаты компьютерного моделирования для города Усть-Каменогорск за 2018 год, с января по декабрь.



Рисунок 78 – График зависимости изменения температуры воды в аккумуляторе холода от времени года

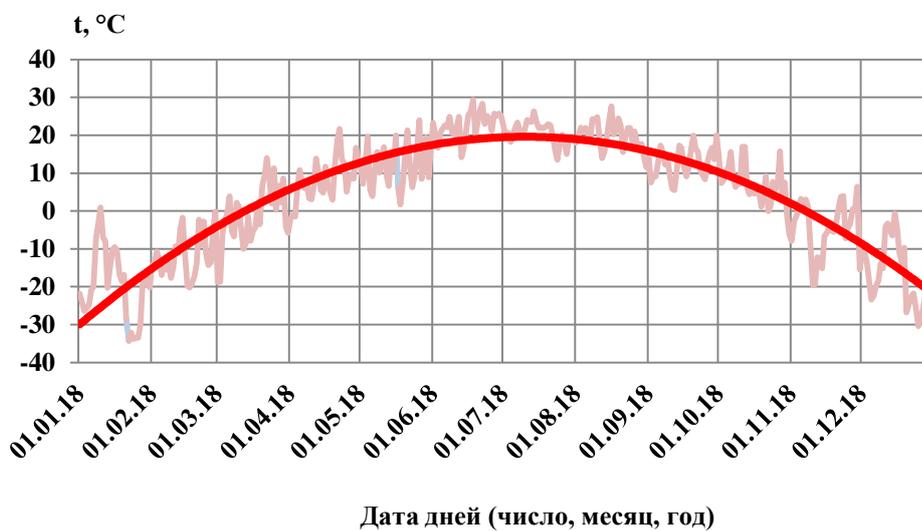


Рисунок 79 – График зависимости изменения температуры молока в конце процесса охлаждения от времени года

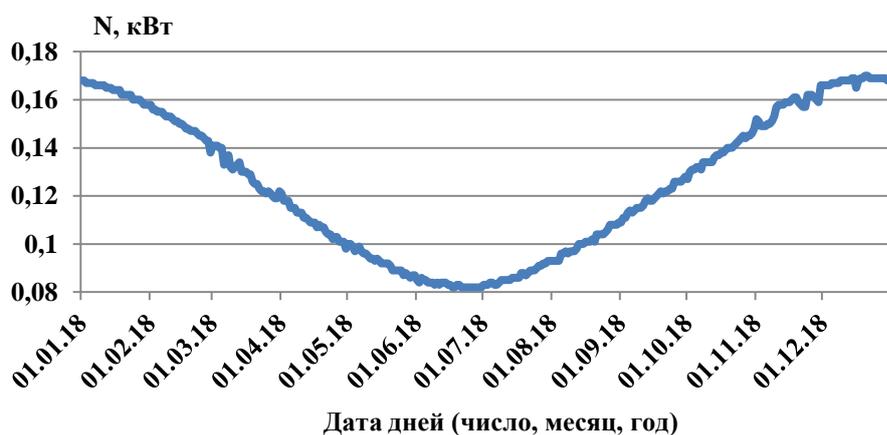


Рисунок 80 – График зависимости потребления электроэнергии установкой для охлаждения молока от времени года

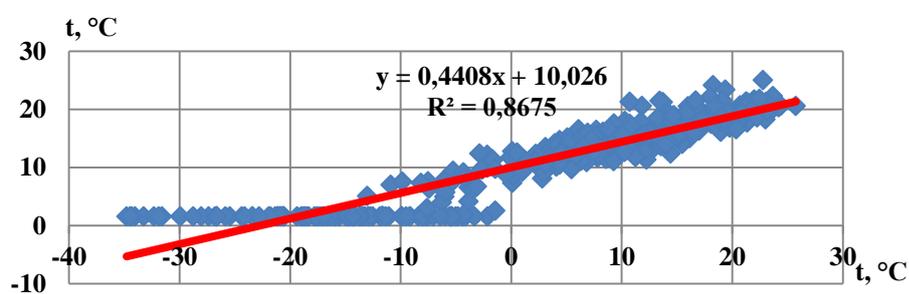


Рисунок 81 – График зависимости конечной температуры молока от температуры атмосферного воздуха

В соответствии с рисунками 82 по 85 представлены результаты компьютерного моделирования для города Костанай за 2018 год, с января по декабрь.

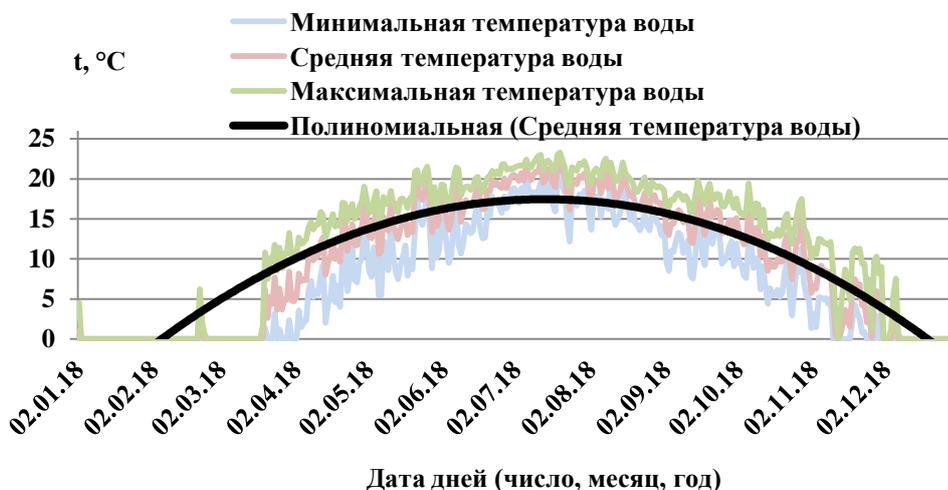


Рисунок 82 – График зависимости изменения температуры воды в аккумуляторе холода от времени года

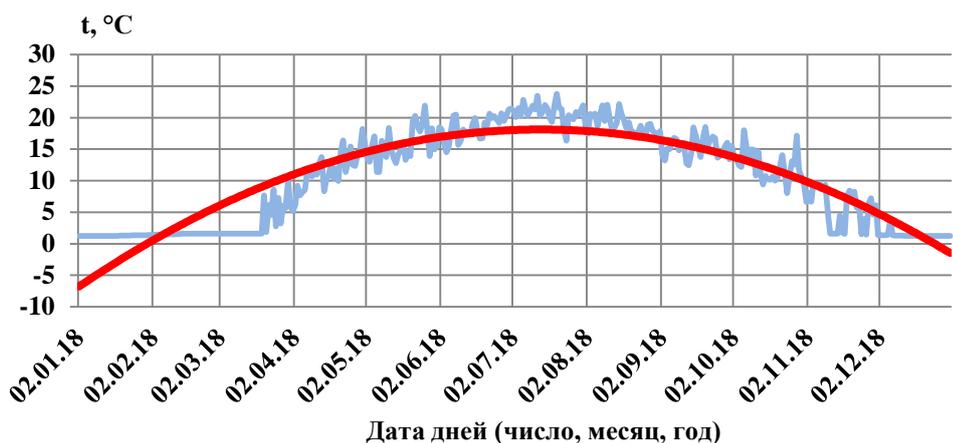


Рисунок 83 – График зависимости изменения температуры молока в конце процесса охлаждения от времени года

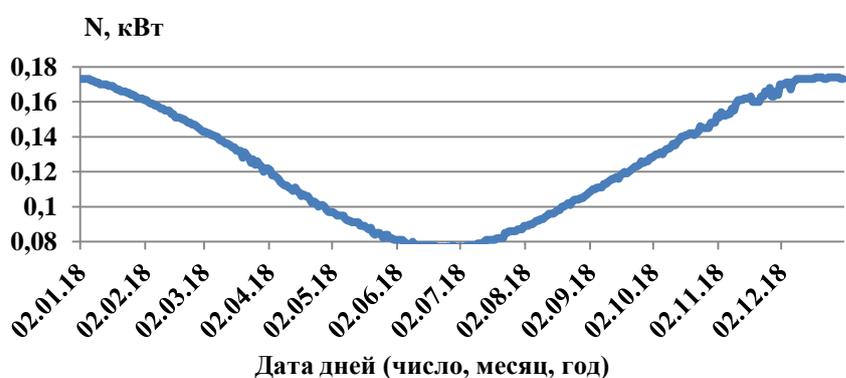


Рисунок 84 – График зависимости потребления электроэнергии установкой для охлаждения молока от времени года

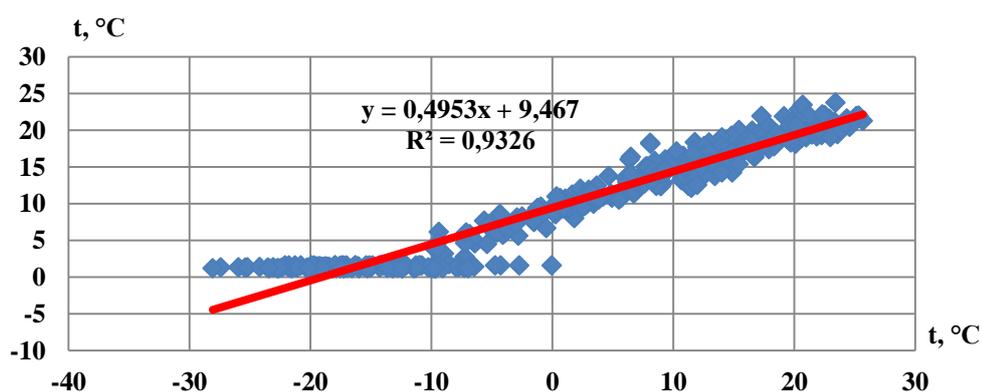


Рисунок 85 – График зависимости конечной температуры молока от температуры атмосферного воздуха

Получены результаты снимаемой тепловой нагрузки установкой для охлаждения молока с использованием теплового излучения (Приложение К).

Пренебрегаем электрической энергией, потребляемой насосами и самой ПКХМ системой (рисунок 86).

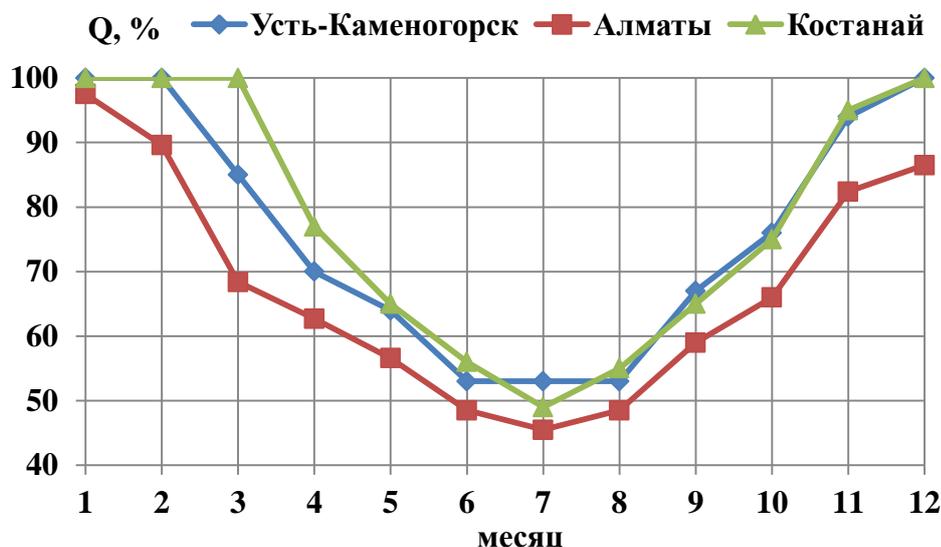


Рисунок 86 – График снимаемой тепловой нагрузки установкой для охлаждения молока с использованием теплового излучения

#### Выводы по четвертому разделу

Была разработана методика и алгоритм компьютерного моделирования годового цикла работы установки для охлаждения молока с использованием теплового излучения в космическое пространство. Введены метеоданные с разными климатическими условиями в трех городах Казахстана.

Определены конструктивные параметры установок, в зависимости от количества поступающего на охлаждение молока от 5 до 20000 кг.

Построены графики зависимости массы воды с аккумулятора холода от массы охлаждаемого молока. Зависимость площади теплообменной поверхности внутреннего бака охладителя, теплообменника змеевика в аккумуляторе холода и радиатора с тепловым излучением.

Построены графики зависимости конечной температуры молока от температуры атмосферного воздуха для трех городов Казахстана: Алматы, Усть-Каменогорск, Костанай.

Рассчитана зависимость потребления электроэнергии за год от массы поступающего на охлаждение молока. В результате установлено, что чем больше масса охлаждаемого молока (больше 300кг молока), тем выгоднее использовать установку для охлаждения молока с использованием теплового излучения в космическое пространство по сравнению с обычной ПКХМ.

Если считать что ПКХМ потребляет 100% электроэнергии, то установка для охлаждения молока с использованием ТИВКП потребляет в климатических условиях города Алматы 68%, для города Усть-Каменогорск 60%, а в городе Костанай 58% электроэнергии.

Из этого следует, что энергоэффективность разработанной установки составляет для города Алматы 32%, для города Усть-Каменогорск 40%, для города Костанай 42%.

Определена снимаемая тепловая нагрузка разработанной установкой в трех городах Казахстана. Результаты расчетов показывают, что в климатических условиях города Костанай 4 месяца можно работать без ПКХМ. Охлаждая молоко до требуемой температуры с разработанной установкой.

## 5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Экономический эффект от применения энергосберегающей установки для охлаждения молока с использованием возобновляемого источника энергии в линиях первичной обработки молока образуется за счёт уменьшения эксплуатационных расходов, сокращения потребления электроэнергии при первичной обработке молока [137, 138].

Экономический эффект в сфере эксплуатации и производства определяется путём сопоставления приведённых затрат на охлаждение молока энергосберегающей установки для охлаждения молока (новый вариант) и установкой охлаждения молока с использованием только искусственного холода (базовый вариант) [139, 140]:

$$\mathcal{E} = \mathcal{Z}_Б - \mathcal{Z}_Н \quad (58)$$

где  $\mathcal{Z}_Б$  и  $\mathcal{Z}_Н$  – приведенные затраты, соответственно по базовому и новому варианту, тенге.

Приведенные затраты определяются в соответствии с формулами [141-146]:

$$\mathcal{Z}_Б = E_Н \cdot K_Б + I_Б \quad (59)$$

$$\mathcal{Z}_Н = E_Н \cdot K_Н + I_Н \quad (60)$$

где  $E_Н$  – нормативный коэффициент,  $E_Н = 0,15$ ;

$K_Б$  и  $K_Н$  – капитальные вложения соответственно по базовому и новому варианту, тенге;

$I_Б$  и  $I_Н$  – полные эксплуатационные издержки соответственно по базовому и новому варианту, тенге.

В полные эксплуатационные издержки входят амортизационные отчисления на полное восстановление и капитальный ремонт, отчисления на текущий ремонт, затраты на электроэнергию и заработную плату.

Приведенные затраты по базовому варианту определяем стоимостью новой парокомпрессионной холодильной машины, в зависимости от тепловой нагрузки. Тепловую нагрузку рассчитываем в зависимости от массы охлаждаемой жидкости – молока за сутки, берем среднее значение из определенных расчетов в разделе математической модели, 2000кг молока.

Для такого количества молока, потребляемая электроэнергия парокомпрессионной холодильной машиной составляет 10 045,8 кВт·ч за год. Стоимость парокомпрессионной холодильной машины, которая удовлетворяет этим требованиям, равна 3 800 000 тенге [147].

Затраты по новому варианту определяем, рассчитывая капитальные вложения (стоимость использованных материалов) и полные эксплуатационные издержки (затраты на электроэнергию и заработная плата).

Капитальные вложения:

$$K_H = AX + P + BO + H \quad (61)$$

где  $AX$  – затраты на изготовление аккумулятора холода с встроенным теплообменником;

$P$  – затраты на изготовление радиатора;

$BO$  – затраты на изготовление бака охладителя;

$H$  – стоимость насосов, используемая в системе.

Для аккумуляирования холодной воды используем цилиндрическую полимерную ёмкость. Стоимость такого пластикового  $AX$  зависит главным образом от его объема, необходимого для накопления воды в количестве:

$$m_B = m_M \cdot \frac{c_M}{c_B} \cdot \frac{\Delta t_M}{\Delta t_B}, \quad (62)$$

где  $m_M$  и  $m_B$  – соответственно масса молока и масса воды в молокоохладительной установке, кг;

$c_M$  и  $c_B$  – соответственно теплоёмкость молока и теплоёмкость воды, Дж/(кг·К);

$\Delta t_M$  – изменение температуры молока в процессе её охлаждения водой, К;

$\Delta t_B$  – изменение температуры воды за счет тепла, поступающего от молока, К.

Считаем, что молоко охлаждается от +37 до +4°С. Поэтому при  $\Delta t_M = 33\text{К}$  и величине нагрева воды  $\Delta t_B = 6\text{К}$  имеем:

$$\frac{\Delta t_M}{\Delta t_B} = 5,5 \quad (63)$$

Тогда масса воды в  $AX$  в соответствии с формулой (62) будет:

$$m_B = 2000 \cdot 0,932 \cdot 5,5 = 10\,252 \text{ кг}$$

Стоимость пластиковой емкости для указанного количества воды составляет 504 000 тенге [148].

Стоимость теплообменника в аккумуляторе холода главным образом будет зависеть от длины и диаметра трубы, из которой он изготовлен.

Принимаем наружный диаметр трубы равным 0,01 м. Исходя из требуемой площади теплообменной поверхности 47,55 м<sup>2</sup>, рассчитаем требуемую длину 1514 м трубы. При стоимости алюминиевой трубы 89 тенге за метр [149], стоимость теплообменника составит 134 746 тенге.

Также вклад в стоимость аккумулятора холода вносит его теплоизоляция из минеральной ваты. При площади наружной поверхности аккумулятора холода 41,5 м, и требуемой толщине теплоизоляции 50 мм, при

стоимости 297 тенге за м<sup>2</sup>, весь теплоизоляционный материал будет стоить 12 235 тенге [150].

Стоимость работ по монтажу теплоизоляции составит дополнительно 20 500 тенге. Итого теплоизоляция аккумулятора холода будет стоить 32 735 тенге.

Итого общая стоимость аккумулятора холода с теплообменником 671 481 тенге.

Для изготовления радиаторов, с общей площадью теплообменной поверхности  $F_p = 181,46 \text{ м}^2$ , потребуется 1814,6 м алюминиевой трубы.

Используем трубу алюминиевую, так как она имеет малый вес, устойчива к коррозии и агрессивной внешней среде и допущена к использованию в пищевой промышленности.

Стоимость алюминиевой трубы с наружным диаметром 10 мм составляет 89 тенге за метр [149], а её общая стоимость составляет 161 499 тенге.

Излучающая поверхность радиатора изготавливается из алюминиевого листа толщиной 0,5 мм со стоимостью 2200 тенге за м<sup>2</sup> [151]. Общая стоимость излучающей поверхности радиатора составит 399 212 тенге.

Излучающая поверхность радиатора должна быть окрашена. Для окраски используем эмаль ПФ-115, расход которой составляет в данном случае около 0,25 кг/м<sup>2</sup>. Общая масса краски для покрытия радиаторов составит 45 кг, а при цене 400 тенге за кг [150], она составит 18 000 тенге к стоимости радиатора.

Теплоизолирующим материалом радиатора выбираем минеральную вату толщиной 50 мм, общей стоимостью 53 893 тенге.

Трудозатраты на изготовление одного радиатора при серийном производстве составляют 4 рабочих часа на 1 м<sup>2</sup> излучающей поверхности. При стоимости работ 500 тенге за час, общая стоимость работ по изготовлению радиаторов составит 362 920 тенге. Таким образом, стоимость радиаторов составит 995 524 тенге.

Бак охладитель состоит из двух цилиндрических емкостей (внутренний и внешней). Объем внутренней ёмкости должен вмещать 2000 кг молока.

Внешняя ёмкость должна быть немного больше внутренней по диаметру. Диаметр внутренней ёмкости составляет 1,35 м, её стоимость 126 400 тенге.

Стоимость внешней ёмкости составит 151 680 тенге. Теплоизоляция бака-охладителя площадью 9,9 м<sup>2</sup> из вспененного каучука толщиной 13 мм при цене 2273 тенге за м<sup>2</sup>, имеет общую стоимость 22 502 тенге. Работа по монтажу теплоизоляции оценивается в 4950 тенге.

Распределительный коллектор изготовлен из стальной трубы с наружным диаметром 159 мм и толщиной стенки 3 мм, стоимостью 15 551 тенге за метр [151]. Коллектор длиной 4,2 м имеет стоимость 65 314 тенге.

Общая стоимость бака-молокоохладителя составит 370 846 тенге.

В системе используется два насоса, один для прокачивания воды в бак охладитель, его потребляемая мощность 908 Вт, а второй используется для

прокачивания теплоносителя (хладоносителя) в замкнутом контуре теплообменника, его потребляемая мощность составляет 1777,5 Вт. Цена первого центробежного насоса составляет 127 000 тенге, а второго 295 000 тенге [152].

Стоимость дополнительной парокомпрессионной холодильной машины холодопроизводительностью 6048 Вт для установки, составит 1 290 415 тенге [147].

Ориентировочно стоимость щита управления установкой составляет 250 000 тенге.

В итоге капитальные вложения в соответствии с формулой (61):

$$K_H = AX + P + BO + H = 671\,481 + 995\,524 + 370\,846 + 127\,000 + 295\,000 + 100\,000 + 1\,290\,415 = 3\,850\,301 \text{ тенге.}$$

Полные эксплуатационные издержки на базовый вариант (затраты на электроэнергию и заработная плата) рассчитываются в соответствии с формулой:

$$I_B = Z_{ээ} + Z_з \quad (64)$$

где  $Z_{ээ}$  – затраты на электроэнергию;  
 $Z_{зп}$  – затраты на заработную плату.

Количество электроэнергии, потребляемой парокомпрессионной холодильной машиной (базовый вариант), составляет 10 045,8 кВт·ч за год. Затраты составляют 174 395 тенге в год.

Полные эксплуатационные издержки на новый вариант (затраты на электроэнергию и заработная плата) рассчитываются в соответствии с формулой:

$$I_H = Z_{ээ} + Z_з \quad (65)$$

где  $Z_{ээ}$  – затраты на электроэнергию;  
 $Z_{зп}$  – затраты на заработную плату.

Затраты на электроэнергию составляют 142 367 тенге для города Алматы.

Затраты на заработную плату считается в соответствии с формулой:

$$Z_{зп} = Z_{П_{АХ}} + Z_{П_{Р}} + Z_{П_{Б0}} = 70000 + 300000 + 50000 = 420000 \text{ тенге} \quad (66)$$

Таблица 19 – Техничко-экономическая эффективность

	Общая стоимость, тг	Энергоэффективность, тг	Срок окупаемости, год
Б	3 800 000	174 395	-
Н	3 850 301	142 367	1,6

Рассчитываем эффективность системы в соответствии с формулой (58):

$$\mathcal{E} = \mathcal{Z}_B - \mathcal{Z}_H = 174\,395 - 142\,367 = 32\,028 \text{ тенге}$$

Теперь рассчитываем срок окупаемости в соответствии с формулой:

$$CO = \frac{3\,850\,301 - 3\,800\,000}{174\,395 - 142\,367} = 1,6 \text{ года} \quad (67)$$

Срок окупаемости установки для охлаждения молока с использованием теплового излучения в космическое пространство составил 1,6 года. Расчет велся для установки, количеством 2000 кг молока.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведенный анализ показал, что одним из наиболее перспективных направлений развития энергосберегающих видов технологических машин и оборудования, является разработка энергоэффективных установок для охлаждения молока с использованием возобновляемых источников энергии.

2. Были разработаны конструкции установок для охлаждения молока с использованием теплового излучения в космическое пространство (3 варианта). Новизна двух установок подтверждается патентами на полезную модель РК.

3. Проведен расчетно-теоретический анализ разработанной установки. Выбрана одна из наиболее эффективных установок на основе расчетов и в зависимости от сложности конструкции. Выявлены конструктивные параметры системы. Изготовлена экспериментальная установка.

4. Произведено экспериментальное исследование её работы в течение года. На основе экспериментальных исследований, получена зависимость конечной температуры молока в разработанной установке, от среднenoчной температуры атмосферного воздуха. Установлено, что при температуре атмосферного воздуха  $-10^{\circ}\text{C}$  (при температуре ночного неба  $-15^{\circ}\text{C}$ ), молоко охлаждается до требуемой температуры  $+4^{\circ}\text{C}$ . Получена зависимость продолжительности охлаждения молока от температуры атмосферного воздуха, на основе экспериментальных исследований. Разработанная установка, при различных температурах, влажности, облачности наружного воздуха обоснованно экспериментальными исследованиями доказывают возможность отведения за счет теплового излучения от 29 до 100% от общей тепловой нагрузки молока.

5. Разработана методика, алгоритм расчета и компьютерная модель. Компьютерное моделирование позволяет определять в зависимости от количества охлаждаемого молока и климатических условий конструктивные параметры разработанной установки, массу аккумулируемой воды, площади теплообменных поверхностей, потребляемую мощность насосов и массовый расход теплоносителя.

6. Разработанная установка обладает повышенной энергоэффективности по сравнению с обыкновенной молокоохладительной установкой на основе парокомпрессионной холодильной машины. Её использование в течение годового цикла приводит к экономии электроэнергии: в г. Алматы 32%, в г. Усть-Каменогорск 40%, в г. Костанай 42%.

7. Срок окупаемости разработанной установки для охлаждения 2000 кг молока составляет 1,6 года.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Назарбаев Н.А. Новые возможности развития в условиях четвертой промышленной революции: Дальнейшее развитие ресурсного потенциала. Послание Президента Республики Казахстан Н.Назарбаева народу Казахстана. 5 октября. 2018 г. Официальный сайт президента Республики Казахстан. <https://www.akorda.kz> (дата обращения 23.10.2018г.).
- 2 Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан: Агропромышленный комплекс Казахстана. Официальный сайт Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан. <https://moa.gov.kz/ru/documents/1> (дата обращения 23.10.2018г.).
- 3 Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой. Принят 16 сентября 1987 г. – Монреаль: ЮНЕП, 1987. – 64с.
- 4 Квашенников В.И., Козловцев А.П., Коровин Г.С., Шахов В.А. Инновационный метод охлаждения сельскохозяйственных продуктов // Сборник научных трудов ГНУВНИИМЖ. – Оренбург, 2013. – №2. – 383с.
- 5 Коршунов Б.П., Учеваткин А.И., Марьяхин Ф.Г., Коршунов А.Б., Мультан А.А. Повышение эффективности систем охлаждения и хранения молока на фермах // Техника в сельском хозяйстве. – 2010. – №2. – С. 6-8.
- 6 Каппаров Н. К 2050 году дефицит воды в Казахстане может увеличиться в 3 раза. <https://www.zakon.kz/> (дата обращения 25.10.2018г.).
- 7 Сапожников В.Б. Молоку – надежный холод // Молочная промышленность. – 2004. – №7 – С. 26-30.
- 8 Бушуева И.Г. Delaval: большому молоку на Владимирской земле - быть! // Молочная промышленность. – 2005. – №9 – С. 28-29.
- 9 Туников Г.М. и др. Рекомендации по производству молока соответствующего ГОСТу Р 52054-2003 Молоко натуральное - коровье сырье: монография. – Рязань, 2006. – 132с.
- 10 Медведев Д.А. Российскому мясу и молоку все труднее проложить дорогу на рынок // Экономика сельского хозяйства России. – 2007. – №6. – С. 4–5.
- 11 Уве Кафтун. Здоровое вымя, оптимальные условия и правильная первичная обработка молока - основы для высокого качества молока // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: труды международной научно-практической конференции. – Казань: Казанский ГАУ, 2014. – С. 207–214.
- 12 Иванов Ю.А. Качество молока и эффективность его производства // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2012. – №2. – С. 22-24.
- 13 Горбатова К.К. Биохимия молока и молочных продуктов // – Спб.: ГИОРД, - 2001. – 320с.
- 14 ГОСТ 9225-84. Молоко и молочные продукты. Методы микробиологического анализа. – М.: Издательство стандартов, 1987. – С. 25.
- 15 Харитонов В.Д., Шепелев Е.В. Приемка и первичная обработка молока. – М.: Молочная промышленность, 1997. – 54 с.

16 Гусев М.Р. Эффективные технологии мгновенного охлаждения и хранения молока // Техника и оборудование для села. – 2009. – №11 (149). – С. 13.

17 Новикова Г.В., Пономарев А.Н. Установка для сверхвысокочастотного обеззараживания молока // Вестник ФГОУ ВПО Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева. – 2011. – № 2. – С. 123-127.

18 Новикова Г.В., Белова М.В., Пономарев А.Н.. Установка для обеззараживания молока в электромагнитном поле сверхвысокой частоты: монография – Чебоксары: ФГБОУ ВПО «Чувашский ГУ им. И.Н. Ульянова», 2014. – С. 166.

19 Новикова Г.В., Белова М.В., Родионова А.В. Установка для обеззараживания молока комплексным воздействием электрофизических факторов: монография. – Чебоксары: ФГБОУ ВПО «Чувашский ГУ им. И.Н. Ульянова», 2014. – 140с.

20 ГОСТ 13264-88. Молоко коровье. Требования при заготовках. – М.: Изд-во стандартов, 1998. – 7с.

21 Бородин И.Ф. Основные направления сбережения электрической энергии в сельском хозяйстве // Энергосбережение в сельском хозяйстве: труды 2-ой Международной научно-технической конференции. – М.: ВИЭСХ, 2000. - Ч. 1. – С. 15-18.

22 BP: прогноз развития мировой энергетики до 2030 г. // Britishpetroleum. – Лондон, 2013. – С 86.

23 Городов Р.В., Губин В.Е., Матвеев А.С. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2009. – 294с.

24 О поддержке использования возобновляемых источников энергии: закон Республики Казахстан (с изменениями и дополнениями по состоянию на 29.12.2014 г.). – Астана: ИС Параграф, 2015. – <http://online.zakon.kz> (дата обращения 14.03.2018г.)

25 Национальная программа развития местных и возобновляемых энергоисточников на 2011-2015 годы: (утв. Совмином 29.02.2012, №194: в ред. Совмина от 08.10.2013, №892). – Минск: Совет Министров Республики Беларусь, 2013.

26 Шевцова С.В., Жолудь Д.С. Анализ зарубежного опыта использования альтернативных видов энергии // Энергосбережение. Энергетика. Энерго аудит. – 2010. – № 6 (76). – С. 49–53.

27 Романовский Н.В., Пржетишевский Ю.Б., Коршунов А.Б., Учеваткин А.И., Марьяхин Ф.Г., Коршунов Б.П. Резервы повышения эффективности систем охлаждения молока для сельскохозяйственных предприятий и фермерских хозяйств // Холодильная техника. – 2007. – №10. – С. 32-33.

28 Забодалова Л.А., Евстигнеева Т.Н. Технология цельномолочных продуктов и мороженого: учеб. пособие – изд. 2-е, доп. и перер. - 2015. – 303 с.

- 29 UNI EN 13732-2009. Food processing machinery. Bulk milk coolers on farms. Requirements for performance, safety and hygiene. – 2009. - P. 15.
- 30 ГОСТ Р 50803-2008. Резервуары для охлаждения и хранения молока на молочно-товарных фермах и приемных пунктах. – Введ. 01.01.2012. – М.: Стандартиформ, 2009. – 39 с.
- 31 Квашенников В.И., Козловцев А.П., Коровин Г.С. Энергосберегающий метод охлаждения молочной продукции // Известия ОГАУ – 2013. – №3. – С. 97-99.
- 32 Явнель Б.К. Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха: учеб. и учеб. пособие для техникумов – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1989. – 223 с.
- 33 Алимкешова А.Х., Цой А.П., Абдумасаров Б.А. Молочное производство с новыми технологиями охлаждения // VII Международная научно-техническая конференция «Казахстан-Холод 2017». - Алматы: АТУ, 2017. - С. 252-256.
- 34 Кормановский Л.П. Энергосбережение – первостепенная задача в предстоящем столетии // Техника в сельском хозяйстве. – 2005. – № 4.– С. 2-3.
- 35 Босин И.Н. Охлаждение молока на комплексах и фермах // – М.: Колос, 1993. – 46 с.
- 36 Draaijer J. 2002. Milk collection, processing and marketing. In FAO. Milk Producer Group Resource Book: a practical guide to assist milk producer groups, chapter 4. Rome, FAO. <http://www.fao.org/docrep/> (дата обращения 12.11.2017 г.).
- 37 FAO 2010. Dairy sector study of Nepal. Puchowk, Nepal. <ftp://ftp.fao.org/CPF/> (дата обращения 12.11.2017 г.).
- 38 FAO 2015с. Milk and dairy products, post-harvest losses and food safety in sub-Saharan Africa and the Near East (PFL). <http://www.fao.org/ag/ags/post-harvest-management/milk-dairy/> (дата обращения 12.11.2017 г.).
- 39 FAO & IDF 2004. Guide to good dairy farming practice. Animal Production and Health Guidelines No. 8. Rome, FAO and International Dairy Federation (IDF). <http://www.fao.org/docrep/> (дата обращения 12.11.2017 г.).
- 40 Мусин А.М., Марьяхин Ф.Г., Учеваткин А.И., Бойко А.Я., Марков А.В. Изготовление и использование установок естественного холода для охлаждения молока. – М.: Росагропромиздат, 1991. – 28 с.
- 41 Цой Ю.А. Процессы и оборудование доильно-молочных отделений животноводческих ферм. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2010.– 424 с.
- 42 Завражнов А.И., Козловцев А.П., Квашенников В.И. и др. Круглогодичное использование природного холода в условиях молочно-товарных ферм Южного Урала: рекомендации. – Мичуринск: Издательство Мичуринского ГАУ. - 2016. – 61 с.
- 43 Патент №2486750 РФ. Энергосберегающая аккумуляционная установка для охлаждения молока / Ф. Г. Марьяхин, А. И. Учеваткин, Б. П. Коршунов и др. - №2011122222/13, заявл. 10.12.2012, Бюл. №19.

44 Патент № 2153134 РФ. Приемник естественного холода с водоэжекторным распылителем / Ф. Г. Марьяхин, А. И. Учеваткин, Б. П. Коршунов и др. – № 99124833/13; заявл. 30.11.1999; опубл. 20.07.2000, Бюл. № 20.

45 Патент № 2185055 РФ. Холодильная установка с использованием естественного холода для ферм / А. Б. Коршунов, Ф. Г. Марьяхин, А. И. Учеваткин и др. – № 2000118112/13 ; заявл. 11.07.2000 ; опубл. 20.07.2002, Бюл. № 20.

46 Босин И.Н. Аккумулятор естественного холода // Сельский механизатор – 1997. – № 4. – 32 с.

47 Цой Ю.А. Механико-технологическое обоснование повышения эффективности механизированных поточных линий доения и первичной обработки молока: автореф. ... док. тех. н. – М., 1988. – 38 с.

48 Цой Ю.А. Молочные линии животноводческих ферм и комплексов. - М.: Колос, 1982. – 222 с.

49 Севернев М.Н., Буляк О.Н. Использование естественного холода на фермах // Техника в сельском хозяйстве. – 1999. – №4. – 35 с.

50 Melken A.A. Kuhlen futtem entmisten aufstallen // Alfa-Laval Komplet. – 1991. – P. 36 – 46.

51 Rmderwelt. Eisspeicher - muchkuhlung bringt vorteile. – 1994. – Bd.19. № 5. – P. 29.

52 Fullwood modern milking // Dairy Farmer. – 1994. – Vol.41, № 6. – P. 01-06.

53 FAO 2015b. Dairy production and products: The dairy chain. <http://www.fao.org/agriculture/dairygateway/> (дата обращения 25.10.2018г.).

54 FAO 2015a. Dairy production and products: Milk preservation. <http://www.fao.org/agriculture/dairygateway/milk-processing/> (дата обращения 25.10.2018г.).

55 Филатов А.С., Грановский А.С., Цой А.П. Разработка системы охлаждения с использованием охлаждающего эффекта небосвода // Республиканская конференция молодых ученых «Наука. Образование. Молодежь». – Алматы, 2012. – С. 277-278.

56 А.П. Цой, А.С. Грановский, А.Я. Эглит, И.А. Ким. Экспериментальная холодильная система, использующая эффективное излучение // Материалы международной научно-практической конференции «Инновационное развитие пищевой, легкой промышленности и индустрии гостеприимства». – Алматы, 2013. – С. 266-268.

57 Цой А.П., Грановский А.С., Ким И.А. Холодильная система, использующая охлаждающий эффект космического пространства в технологиях потребляющих холод // IX Международная научно-техническая конференция «Современные проблемы холодильной техники и технологии». – Одесса, 2013. – С. 98-100.

58 Цой А.П., Грановский А.С., Бараненко А.В., Эглит А.Я. Анализ холодильных систем, использующих тепловое излучение земной

поверхности в космическое пространство // Алматы технологиялык университетінің хабаршысы. – Алматы, 2013. - №1. – С. 57-59.

59 Цой А.П., Грановский А.С., Цой Д.А. Применение холодильных систем, использующих эффективное излучение в космическое пространство в кондиционировании // Известия научно-технического общества «КАХАК». – Алматы, 2013. - №3 (42). – С. 77-82.

60 Цой А.П., Ташимбетова А.Т., Грановский А.С. Разработка инновационной холодильной системы с использованием эффективного излучения в космос // Международная научно-методическая конференция «Актуальные вопросы естественно-научных дисциплин». – Алматы, 2014. – С. 67-70.

61 Цой А.П., Грановский А.С., Бараненко А.В., Эглит А.Я. Расчет величины эффективной холодопроизводительности холодильной системы, использующей охлаждающий эффект небосвода // Вестник МАХ: энергетическое, металлургическое и химическое машиностроение. – Спб., 2014.- №3 – С. 35-40.

62 Цой А.П., Грановский А.С., Цой Д.А., Бараненко А.В. Влияние климата на работу холодильной системы, использующей эффективное излучение в космическое пространство // Холодильная техника: альтернативные способы получения холода. – Спб., 2014. - №12. - С. 36-41.

63 Цой А.П., Грановский А.С., Цой Д.А., Бараненко А.В. Влияние климата на работу холодильной системы, использующей эффективное излучение в космическое пространство // Холодильная техника. Наука: техника и технологии. – Спб., 2015. - №1. - С. 43-46.

64 Цой А.П., Грановский А.С., Мачуев Ю.И., Филатов А.С. Обзор проведенных экспериментальных исследований эффективного излучения холодильной системы в космическое пространство // Вестник МАХ: энергетическое, металлургическое и химическое машиностроение. – Спб., 2015. - №3. – С. 28-33.

65 Алимкешова А.Х. Эффективность использования радиатора в трех городах Казахстана // IV Міжнародна конференція «інноваційні підходи і сучасна наука». - Київ: Центр наукових публікацій, збірник наукових публікацій «Велес», 2018. - С. 64-68.

66 Алимкешова А.Х. Физико-химические свойства радиатора для теплового излучения для отражения солнечной энергии // 4 Международная Российско-Казахстанская Научно-практическая Конференция «Химические технологии функциональных материалов». V Международные фарабиевские чтения. - Алматы: КазНУ им. Аль-Фараби, 2018. - С. 99-102.

67 Hamza A. Ali H., Taha I.M.S., Ismail I.M. Cooling of water flowing through a night sky radiator // Elsevier Science Ltd. Solar energy. – 1995. - Vol. 55, №4. – P. 235-253.

68 Aaswath P. Raman, Marc AbouAnoma, Linxiao Zhu, Eden Rephaeli1, Shanhui Fan. Passive radiative cooling below ambient airtemperature under direct sunlight // Nature. - 2014. - Vol 515, №27. – P. 540-551.

- 69 Atul Sharma, Tyagi V.V., Chen C.R., Buddhi D. Review on thermal energy storage with phase changematerials and applications // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2009. - №13. – P. 318–345.
- 70 Ali A.H.H. Passive cooling of water at night in uninsulated opentank in hot arid areas // *Energy Convers. Manag.* - 2007. - Vol. 48, № 1. - P.93-100.
- 71 Korshunov B.P., Uchevatkin A.I., Maryakhin F.G., Korshunov A.B. Energy-saving equipment for cold accumulation and effective use of ice energy // *Research in Agricultural Electric Engineering*. - 2013. – Vol. 1(1). - P. 31-38.
- 72 Veerakumar C., Sreekumar A. Phase change material based cold thermal energy storage: Materials, techniques and applications – A review // *Elsevier. International journal of refrigeration*. – 2016. - №67. – P. 271-289.
- 73 Leo Samuel D.G., Shiva Nagendra S.M., Maiya M.P. Passive alternatives to mechanical air conditioning of building:A review // *Building and Environment*. - 2013. - №66. - P. 54-64.
- 74 Dobson R.T. Thermal modelling of a night sky radiation cooling system // *Journal of Energy in Southern Africa*. - 2005. - Vol. 16, № 2. - P. 20-31.
- 75 Eden Rephaeli, Aaswath Raman, Shanhui Fan Ultrabroadband. Photonic Structures To Achieve High-Performance Daytime Radiative Cooling // *Nano Lett.* – 2013. - №13. – P. 1457–1461.
- 76 Bosholm F., López-Navarro A., Gamarra M., Corberán J.M., Payá J. Reproducibility of solidification and melting processes in a latent heat thermal storage tank // *Elsevier. International journal of refrigeration*. - 2016. - №62. – P. 85-96.
- 77 Jiri Simaa, Ondrej Sikulaa, Katarina Kosutovaa, Josef Plaseka. Theoretical evaluation of night sky cooling in the Czech Republic // *International Conference on Solar Heating and Cooling for Buildings and Industry. Energy Procedia*. – Freiburg, Germany, 2014. - №48. – P. 645 – 653.
- 78 Ferrer Tevar J.A., Castano S., Garrido Marijuan A., Heras M.R., Pistono J. Modelling and experimental analysis of three radioconvective panels for night cooling // *Energy and Buildings*. – 2015. - №107. – P. 37–48.
- 79 Hongxia Zhou, Catalina Vasilescu, Carlos Infante Ferreira. Heat transfer and flow characteristics during the formation of TBAB hydrate slurry in a coil heat exchanger // *Elsevier. International journal of refrigeration*. - 2016. №64. – P. 130-142.
- 80 Melinder A., Ignatowicz M. Properties of seawater with ice slurry use in focus // *Elsevier. International journal of refrigeration*. – 2015. - №52. – P. 51-58.
- 81 Hollick J. Nocturnal Radiation Cooling Tests // *Energy Procedia. Elsevier B.V.* - 2012. - Vol. 30. - P. 930-936.
- 82 Sonnenrein G., Elsner A., Baumhogger E., Morbach A., Fieback K., Vrabec J. Reducing the power consumption of household refrigerators through the integration of latent heat storage elements in wire-and-tube condensers // *Elsevier. International journal of refrigeration*. – 2015. - №51. – P. 154-160.
- 83 Kimball B. A. Cooling performance and efficiency of night sky radiators // *Elsevier Science Ltd. Solar Energy*. - 1985. - Vol. 34, №1. - P. 19-33.

84 Meir M. G., Rekstad J. B., Lovvik O. M. A study of a polymer-based radiative cooling system // *Solar Energy*. – 2002. - Vol. 73, №6. - P. 403–417.

85 Macedon D. Moldovana, Ion Visaa, MirceaNeagoa, Bogdan G. Burduhosa. Solar heating & cooling energy mixes to transform low energybuildings in nearly zero energy buildings // *International Conference on Solar Heating and Cooling for Buildings and Industry. Energy Procedia*. – Freiburg, Germany, 2013. - №48. – P. 924–937.

86 Mark Chalom, Bristol Stickney, Kate Snider. Potentialsof night sky radiation to save water and energy in the state of New Mexico: report // *Governor Richardson’s water innovation fund*. - New Mexico, 2006. – P. 100.

87 Parker D.S. Theoretical evaluation of the nightcool nocturnal radiation cooling concept // *Florida Solar Energy Center: Clearlake Rd*. - 2005. – 44 p.

88 Rupinder Pal Singh, Ashwani Kumar Sharma, Sethi V. P. Theoretical investigation of Nocturnal cooling potential for Composite type climate of Punjab, India // *Journal of Material Science and Mechanical Engineering*. – 2015. - Vol. 2, №6. - P. 68 – 71.

89 Mellari S. Experimental investigations of ice slurry flows in horizontal pipe based on monopropylene glycol // *Elsevier. International journal of refrigeration*. – 2016. - №65. – P. 27-41.

90 Sutyaginsky M.A., Maksimenko V.A., PotapovYu.A., Suvorov A.P., Dubok V.N. The use of low-temperature potential of the environment in energy-efficient refrigeration supply technologies of the enterprises of GC «Titan» // *Elsevier. International Conference on Oil and Gas Engineering, OGE-2016. Procedia Engineering*. – 2016. - №152. - P. 361-365.

91 Salah Larbia, Adel El Hella. Thermo-fluid aspect analysis of passive cooling system caseusing solar chimney in the south regions of Algeria // *Terra green 13 International Conference. Energy Procedia*. – 2013. - №36. - P. 628 – 637.

92 Shuo Zhang, Jianlei Niu. Cooling performance of nocturnal radiative cooling combined with microencapsulated phase change material slurry storage // *Energy and Buildings*. – 2012. - № 54. - P. 122–130.

93 Ursula Eicker, Antoine Dalibard. Photovoltaic–thermal collectors for night radiative cooling of buildings // *Solar Energy*. – 2011. – Vol. 85. - P.1322-1335.

94 Friess Y., Koffler M., Kauffeld M. Density modification of ice particles in ice slurry // *Elsevier. International journal of refrigeration*. – 2016. - №62. – P. 97-105.

95 Yi Mana, Hongxing Yangb, Yunxia Qua, Zhaohong Fanga. A Novel Nocturnal Cooling Radiator Used for Supplemental Heat Sink of Active Cooling System // *Elsevier. 9th International Symposium on Heating, Ventilation and Air Conditioning and the 3<sup>rd</sup> International Conference on Building Energy and Environment. Procedia Engineering*. – 2015. - №121. – P. 300 – 308.

96 Zhang Qingyuana, Liu Yub. Potentials of Passive Cooling for Passive Design of Residential Buildings in China // *2013 ISES Solar World Congress. Energy Procedia*. – 2014. - №57. – P. 1726–1732.

97 Bokhoven T.P., Van Dam J. and Kratz P. Resent Experience with Large Solar Thermal System in the Netherlands // Solar Energy. – 2001. - Vol. 61, №2. - P. 97-105.

98 Golaka A.R.T., Exell R.H.B. Night radiative cooling and underground water storage in a hot humid climate: a preliminary investigation // Proceedings of the 2-nd Regional Conference on Energy Technology Towards a Clean Environment. - Phuket, Thailand, 2003. - Vol. 012. - P.10-16. <https://www.researchgate.net/publication/267299862> (дата обращения 19.11.2017)

99 Eleftherios Bourdakis, Ongun B. Kazanci, Bjarne W. Olesen, Grossule F. Simulation Study of Discharging PCM Ceiling Panels through Night - time Radiative Cooling // 2016 ASHRAE Annual Conference - St. Louis, 2016. <https://www.researchgate.net/publication/295778060> (дата обращения 19.11.2017)

100 Zhiguang Zhou, Xingshu Sun, Peter Bermel. Radiative cooling for thermophotovoltaic systems // Infrared Remote Sensing and Instrumentation XXIV. - San Diego, California, 2016. <https://www.researchgate.net/publication/308131410> (дата обращения 19.11.2017)

101 Imroz Sohel M., Zhenjun Ma, Paul Cooper, Jamie Adams, Lloyd Niccol, Stefan Gschwander. A feasibility Study of Night Radiative Cooling of BIPVT in Climatic Conditions of Major Australian Cities // 2014 Asia – Pacific solar research conference. – 2014.. <https://www.researchgate.net/publication/269398451> (дата обращения 19.11.2017)

102 Habibullo I. Abdussamatov, Alexander I. Bogoyavlenskii, Sergey I. Khankov, Yevgeniy V. Lapovok. Modeling of the Earth`s Planetary Heat Balance with Electrical Circuit Analogy // Scientific Research. Journal Electromagnetic Analysis & Applications. – 2010. - №2. – P.133-138.

103 Habibullo I. Abdussamatov, Alexander I. Bogoyavlenskii, Sergey I. Khankov, Yevgeniy V. Lapovok. The influence of the Atmospheric Transmission for the Solar Radiation and Earth`s Surface Radiation on the Earth`s Climate // Scientific Research. Journal of Geographic Information System. – 2010. - №2. – P. 194-200.

104 Habibullo I. Abdussamatov, Sergey I. Khankov, Yevgeniy V. Lapovok. The Thermal Inertia Characteristics of the System Ocean-Atmosphere // Scientific Research. Journal of Geographic Information System. – 2012. - №4. – P. 479-482.

105 Thibault Q. Pean, Luca Gennari, Ongun B. Kazanci, Eleftherios Bourdakis, Bjarne W. Olesen. Influence of the environmental parameters on nocturnal radiative cooling capacity of solar collectors // 12th REHVA World Congress CLIMA. - At Aalborg, 2016. – P. 228-234.

106 Xiaolong Xu, Runping Niu, Guohui Feng. An Experimental and Analytical Study of a Radiative Cooling System with Flat Plate Collectors // the 9th International Symposium on Heating, Ventilation and Air Conditioning joint with the 3rd International Conference on Building Energy and Environment. Procedia Engineering. - Tianjin, 2015. – Vol. 121. - P. 1574-1581.

107 Mohammed Mumtaz A. Khan, Nasiru I. Ibrahim, Saidur Rahman, I. M. Mahbubul, Fahad A. Al-Sulaiman. Performance assessment of a solar powered ammonia–water absorption refrigeration system with storage units // *Energy Conversion and Management*. – 2016. - P.316-328.

108 Sutyaginsky M.A., Maksimenko V.A., Potapov Yu. A., Suvorov A.P., Dubok V.N. The use of low-temperature potential of the environment in energy-efficient refrigeration supply technologies of the enterprises of GC «Titan» // Elsevier. International Conference on Oil and Gas Engineering, OGE-2016. *Procedia Engineering*. – 2016. - №152. - P. 361-365.

109 Цой А.П., Ким И.А. Холодильная техника и технология потребителей холода: учебное пособие. – Алматы, 2012. – 510 с.

110 Alimkeshova A.H., Tsoy A.P., Granovskiy A.S. / Cooling process modeling of a periodically incoming liquid, using night radiation cooling // *AIP Conference Proceedings: published by the American Institute of Physics*. – USA, 2018. - article number 030066. P. 1-12.

111 Titlov A.S., Osadchuk E., Tsoy A.P., Alimkeshova A.H., Jamasheva R.A. Development of cooling systems on the basis of absorption water-ammonia refrigerating machines of low refrigeration capacity // *Eastern European Journal of Enterprise Technologies*. - 2019. - Vol. 2, Iss. 8-98. - P. 57-67.

112 Титлов А.С., Осадчук Є.О., Цой А.П., Алимкешова А.Х., Джамашева Р.А. Розробка автономних систем охолодження з урахуванням відновлювальних інепридатнихджерел теплової енергії // *Холодильна техніка та технологія*. - 2019. – Vol. 2, №55. - С. 84-97.

113 Титлов А.С., Цой А.П., Алимкешова А.Х., Джамашева Р.А. Разработка автономных систем охлаждения с использованием возобновляемых тепловой энергии // XII Всеукраїнська Науково-Технічна Конференція «Современные проблемы холодильной техники и технологии». - Одесса: ОНАПТ, 2019. - С. 164-167.

114 Титлов А.С., Цой А.П., Алимкешова А.Х., Джамашева Р.А. Разработка систем охлаждения на базе возобновляемых источников тепловой энергии // *Інновації в суднобудуванні та океанотехніці: Матеріали X міжнародної науково-технічної конференції*. - Миколаїв: Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, 2019. – Т. 1. - С. 426-433.

115 Титлов А.С., Цой А.П., Алимкешова А.Х., Джамашева Р.А. Разработка систем охлаждения на базе возобновляемых источников тепловой энергии // *Інновації в суднобудуванні та океанотехніці: Матеріали X міжнародної науково-технічної конференції*. - Миколаїв: Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, 2019. – Т. 2. - С. 426-433.

116 Патент РК на ПМ №4408. Установка для охлаждения молока / Цой А.П., Титлов А.С., Джамашева Р.А., Алимкешова А.Х., Грановский А.С. бюл. №45 от 08.11.2019г.

117 Патент РК на ПМ №3797. Энергосберегающая установка с радиационным охлаждением / Цой А.П., Алимкешова А.Х., Грановский А.С. бюл. №13 от 29.03.2019г.

118 Цой А.П., Алимкешова А.Х. Установка для охлаждения молока на ферме, использующая эффективное излучение Земли // Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева. – Астана, 2019. - №3 (128). - С. 111-121.

119 Алимкешова А.Х. Эксергетический анализ установки для охлаждения молока с тепловым излучением // IV Глобальная наука и инновации 2019: Центральная Азия. Международная научно-практическая конференция. – Астана, 2019. - С.66-69.

120 Берман С.С. Расчет теплообменных аппаратов // – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1962. – 240 с.

121 Лебедев Д.П., Уваров В.В., Жабо В.В. и др. Справочник по теплоснабжению сельскохозяйственных предприятий. – М.: Колос, 1983. – 320 с.

122 Банных О.П. Основные конструкции и тепловой расчет теплообменников: учеб. пособие // – СПб.: СПбНИУ ИТМО, 2012 – 42 с.

123 Григорьев В.А., Колач Т.А.. Краткий справочник по теплообменным аппаратам / под редак. П.Д. Лебедева. – Л., 1962. – 256 с.

124 Теплопроводность алюминия <https://www.termalinfo.com> (дата обращения 29.03.2019г.).

125 Тананайко Ю.М., Воронцов Е.Г.. Методы расчета и исследования пленочных процессов. - Киев: Техника, 1975. – 311 с.

126 Баскаков А.П., Берг Б.В., Витт О.К. и др. / Теплотехника: учеб. для вузов / под ред. А. П. Баскакова. - 2-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1991. - 224 с.

127 Коэффициент объемного расширения газа [http://www.techgidravlika.ru/view\\_post.php?id=18](http://www.techgidravlika.ru/view_post.php?id=18) (дата обращения 15.12.2018г.).

128 Объемный расход <https://www.amazon.com/Brushless-Magnetic-Water-Thread-Zc-a40> (дата обращения 18.12.2018г.)

129 Продолжительность ночи в летние и зимние периоды <https://voshod-solnca.ru/sun/> (дата обращения 22.11.2018г.).

130 Цой А.П., Титлов А.С., Алимкешова А.Х. Экспериментальная молокоохладительная установка с радиационным охлаждением // IX Международная научно-техническая конференция «Казахстан-Холод 2019». - Алматы: АТУ, 2019. - С. 9-14.

131 Погодные условия <https://www.rp3.kz> (дата обращения 2.11.2018г.).

132 Цой А.П., Титлов А.С., Алимкешова А.Х. Экспериментальное исследование теплового излучения для молокоохладителей // Вестник Алматинского технологического университета. - 2019. - №1 (122). - С. 21-25.

133 Цой А.П., Алимкешова А.Х. Исследование экспериментальной молокоохладительной установки с тепловым излучением // Вестник КазНУ. - 2019. - №5 (135). - С. 320-325.

134 Цой А.П., Грановский А.С., Керымакын А., Бараненко А.В., Эглит А.Я. Моделирование и математическая программа расчета холодильной системы, использующей эффективное излучение в небесную сферу // IV Международная научно-техническая конференция «Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке». – СПб., 2013. – С. 46-48.

135 Цой А.П., Грановский А.С., Бараненко А.В. Моделирование и математическая программа для расчета величины эффективного излучения // Вестник МАХ. Холод: техника и технологии. – СПб., 2014. - №1. – С. 7-10.

136 Цой А.П., Грановский А.С. Математическая модель для расчета теплового баланса радиатора холодильной системы, использующей эффективное излучение в космическое пространство // Вестник МАХ. Энергетическое, металлургическое и химическое машиностроение. – СПб., 2015. - №1. – С. 39-43.

137 Коршунов А.П. Методические рекомендации для определения приведенных затрат на электроэнергию для оценки эффективности электрификации различных процессов сельскохозяйственного производства. – М.: ВИЭСХ, 1977. – 52 с.

138 Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытноконструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. – М.: Колос, 1980. – С. 232.

139 Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. – М.: Энергия, - 1998. – С. 122.

140 Попов А.В., Бабин В.Н. Энергетические затраты различных способов первичного охлаждения молока // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2007. – №10. – С. 115-118.

141 Попов А.В., Бабин В.Н., Оптимальное проектирование установок первичного охлаждения молока // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2007. – №9 (73). – С. 215-216.

142 Учеваткин А.И., Ноздрин Т.А. Метод расчета системы круглогодичного охлаждения молока на фермах с использованием природного холода // Вестник ФГБОУ ВПО МГАУ им. В.П. Горячкина. – 2008. – №3. – С. 55-57.

143 Кишев М.А., Улимбашев М.Б. Снижение энергетических затрат при охлаждении молока // Доклад Российской академии сельскохозяйственных наук. – М., 2011. – С. 58-60.

144 Кудрин М.Р., Ижболдина С.Н., Новых Н.Н. Организация экономически эффективного производства молока на основе современных технологий // Вестник Ижевской ГСХА. – 2014. – №2 (39). – С. 8-11.

145 Калеев Н.Н. Сущность эффективности производства молока // Вестник НГИЭИ. – Н. Новгород, 2011. – №2 (3). – С. 52-58.

146 Воробьев С.П., Воробьева В.В. Экономическая эффективность специализации в молочном скотоводстве алтайского края // Вестник АГАУ. – Барнаул, 2015. – №10 (132). – С. 149-155.

147 Прайс-листы Холодома: стоимость парокомпрессионной холодильной машины <http://holodom.com>. (дата обращения 25.10.2019г.).

148 Магазин профессионального сантехника: стоимость пластиковой емкости <http://mps.kz/category/view> (дата обращения 25.10.2019г.).

149 Flagma: стоимость алюминиевой трубы <http://almaty.flagma.kz> (дата обращения 25.10.2019г.).

150 Леруа Мерлен: стоимость теплоизоляционного материала <https://leroymerlin.kz> (дата обращения 25.10.2019г.).

151 Аламет: стоимость алюминиевого листа <https://alamet.kz/> (дата обращения 25.10.2019г.).

152 Келет: стоимость центробежных насосов <https://kelet.kz/> (дата обращения 25.10.2019г.).

# **ПРИЛОЖЕНИЯ**

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### ПАТЕНТ НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ

РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ПАТЕНТ  
PATENT

№ 4408

ПАЙДАЛЫ МОДЕЛЬГЕ / НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ / FOR UTILITY MODEL



(21) 2019/0303.2

(22) 05.04.2019

Қазақстан Республикасы Пайдалы модельдер мемлекеттік тізілімінде тіркеу күні / Дата регистрации в Государственном реестре полезных моделей Республики Казахстан / Date of the registration in the State Register of Utility Models of the Republic of Kazakhstan: 30.10.2019

(54) Сүтті салқындатуға арналған қондырғы  
Установка для охлаждения молока  
Unit for milk cooling

(73) «Алматы технологиялық университеті» акционерлік қоғамы (KZ)  
Акционерное общество «Алматинский технологический университет» (KZ)  
«Almaty Technological University» Joint-Stock Company (KZ)

(72) Цой Александр Петрович (KZ)  
Титлов Александр Сергеевич (UA)  
Алимкешова Асель Халмаханбетовна (KZ)  
Джамашева Рита Адиловна (KZ)  
Грановский Александр Сергеевич (KZ)

Tsoy Alexandr Petrovich (KZ)  
Titlov Alexandr Sergeevich (UA)  
Alimkeshova Assel Khalmakhanbetovna (KZ)  
Jamasheva Rita Adilovna (KZ)  
Granovsky Alexandr Sergeevich (KZ)



ЭДҚ қол қойылды  
Подписано ЭДЦ  
Signed by EDS

Е. Оспанов  
Y. Ospanov

«Ұлттық интеллектуалдық меншік институты» РМҚ директоры  
Директор РГП «Национальный институт интеллектуальной собственности»  
Director of the «National Institute of Intellectual Property» RSE

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### ПАТЕНТ НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ

РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**ПАТЕНТ**  
**PATENT**

№ 3797

**ПАЙДАЛЫ МОДЕЛЬГЕ / НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ / FOR UTILITY MODEL**



(21) 2018/0701.2

(22) 02.10.2018

Қазақстан Республикасы пайдалы модельдер мемлекеттік тізілімінде тіркеу күні / Дата регистрации в Государственном реестре полезных моделей Республики Казахстан / Date of the registration in the State Register of Utility Models of the Republic of Kazakhstan: 26.03.2019

(54) Радиациялық салқындатуға арналған энергия үнемдеуші қондырғы  
Энергосберегающая установка с радиационным охлаждением  
Energy-saving installation with radiational cooling

(73) «Алматы технологиялық университеті» акционерлік қоғамы (KZ)  
Акционерное общество «Алматынский технологический университет» (KZ)  
«Almaty Technological University» Joint-Stock Company (KZ)

(72) Алимкешова Асель Халмаханбетовна (KZ) Alimkeshova Assel Khalmakhanbetovna (KZ)  
Цой Александр Петрович (KZ) Tsouy Aleksandr Petrovich (KZ)  
Грановский Александр Сергеевич (KZ) Granovskiy Aleksandr Sergeevich (KZ)



*A. Ospanov*

«Ұлттық зияткерлік меншік институты» РМК директорының м.а.  
И.о. директора РИП «Национальный институт интеллектуальной собственности»  
Executive director of RSE «National institute of intellectual property»

## УДОСТОВЕРЕНИЕ АВТОРА

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ

РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

АВТОРДЫҢ КУӘЛІГІ  
УДОСТОВЕРЕНИЕ АВТОРА

№ 107624

Алимкешова Асель Халмаханбетовна (KZ)

және/и Цой Александр Петрович (KZ); Грановский Александр Сергеевич (KZ)

*пайдалы модельдің авторы(лары) болып табылатындығы осымен куәландырылады  
является(ются) автором(ами) полезной модели*

(11) 3797

(54) Радиациялық салқындатуға арналған энергия үнемдеуші қондырғы  
Энергосберегающая установка с радиационным охлаждением

(73) «Алматы технологиялық университеті» акционерлік қоғамы (KZ)  
Акционерное общество «Алматынский технологический университет» (KZ)





Е. Спанов  
«Ұлттық интеллектуалік меншік институты» РМҚ директоры  
Директор РГП «Национальный институт интеллектуальной собственности»

# ПРИЛОЖЕНИЕ В

## ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ



АО «Алматинский Технологический Университет»  
 Научно-исследовательская лаборатория по оценке качества и безопасности  
 продовольственных продуктов  
 050061, г. Алматы, ул. Фурката 348/4, тел. (8727)2774743, e-mail:  
[food\\_safety@mail.ru](mailto:food_safety@mail.ru)

### ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ № 6187 (а) от «20» ноября 2018 г.

Наименование продукции: **Молоко**  
 Регистрационный номер: **6187 (а)**  
 Дата поступления образца: **12.11.2018 г.**  
 Основание для испытаний (акт отбора и пр.):  
 Заявитель: **Алимкешова А.Х.**  
 Изготовитель (страна, фирма, предприятие): -  
 Вид испытаний: **Контрольный**  
 Дата изготовления: -  
 Срок годности: -  
 Дата начала и окончания испытаний: **12.11.2018 г. – 16.11.2018 г.**  
 Обозначение НД на продукцию: **ТР ТС 033/2013 г «Технический регламент на молоко и молочную продукцию», Прил.5**  
 Условия проведения испытания: температура – 21 °С, влажность – 72 %.

Наименование показателей, единицы измерения	Норма по НД	Фактические результаты		НД на методы испытаний
		до охлажд ения	после охлажд ения (2 ч, 4 <sup>0</sup> С)	
1	2	3	4	5
Микробиологические показатели: - КМАФАнМ, КОЕ/г (см <sup>3</sup> ) не более	5*10 <sup>5</sup>	3*10 <sup>5</sup>	3,5*10 <sup>5</sup>	ГОСТ 9225-84

Директор НИИ ПБ \_\_\_\_\_ Козыбаев А.К.  
 Исполнитель \_\_\_\_\_ Шукешева С.Е.  
 \_\_\_\_\_ Усикбаева М.А.

Протокол испытаний распространяется только на образец, подвергнутый испытанию.  
 Частичная или полная переписка протокола испытаний без разрешения Научно-исследовательской лаборатории по оценке качества и безопасности продовольственных продуктов запрещена

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Таблица Г.1 - Результаты экспериментальных исследований за 2018-19 годы

<i>Дата дней проводимых опытов</i>	<i><math>t_{\text{ни}}</math> температура молока начальная, °С</i>	<i><math>t_{\text{мк}}</math> температура молока конечная, °С</i>	<i><math>t_{\text{мк}}</math> повышение температуры воды в АХ после охлаждения молока, °С</i>	<i><math>\tau</math> время охлаждения молока, мин</i>	<i><math>t_{\text{вд}}</math> температура атмосферного воздуха во время охлаждения молока (дневная, средняя)</i>	<i><math>P</math> потребляемая насосом электроэнергия за все время его работы</i>	<i><math>Q</math> холодопроизводительность МОУ (снимаемая тепловая нагрузка)</i>	<i><math>t_{\text{всн}}</math> температура атмосферного воздуха средняя за всю ночь</i>
15-16-ноября	38	5	3	82	-5	540 000	693 000	-10
17-18-ноября	37	7	3	38	-1	432 000	630 000	-6
19-20-ноября	38	10	3	33	4	561 600	588 000	-3
21-22-ноября	37	9,5	3,5	60	3	475 200	577 500	2
25-26-ноября	37	8	4	31	-4,5	496 800	609 000	-4
6-7-января	36	6	3	52	-4	583 200	630 000	-6
7-8-января	36	7	4	36	3	453 600	609 000	-4
9-10-января	37,5	10	4	38	-0,8	734 400	577 500	-1
6-7-февраля	35	2	2	43	-8,5	604 800	693 000	-11
27-28-мая	35	19	2	21	20	280 800	336 000	17
28-29-мая	37	20	2	25	23,5	345 600	357 000	16
29-30-мая	36	20	1,5	25	26	345 600	336 000	18,5
15-16-июля	36	26,5	1	24	29	259 200	199 500	23

## ПРИЛОЖЕНИЕ Д

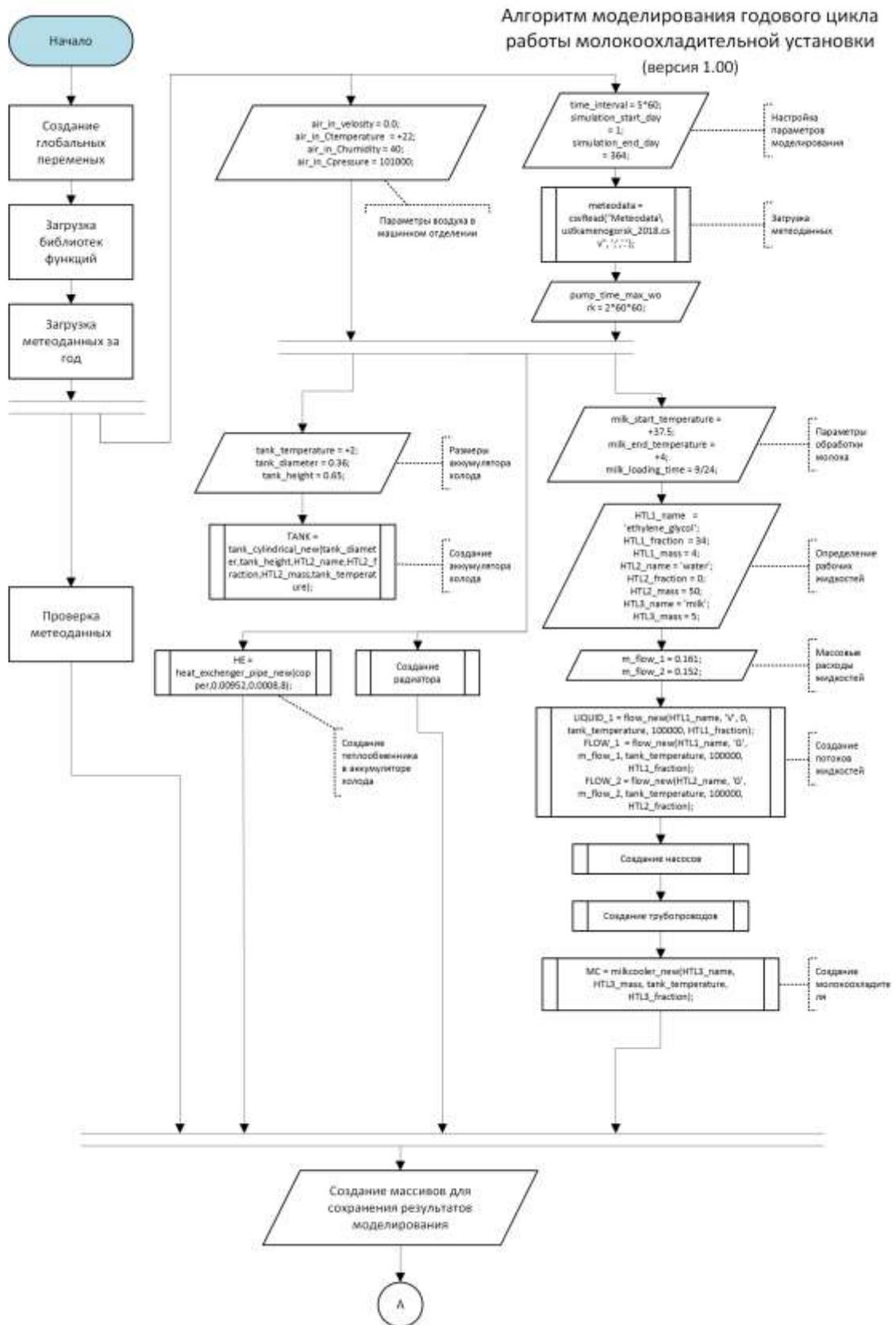


Рисунок Д.1 - Алгоритм моделирования годового цикла работы молокоохладительной установки, лист 1

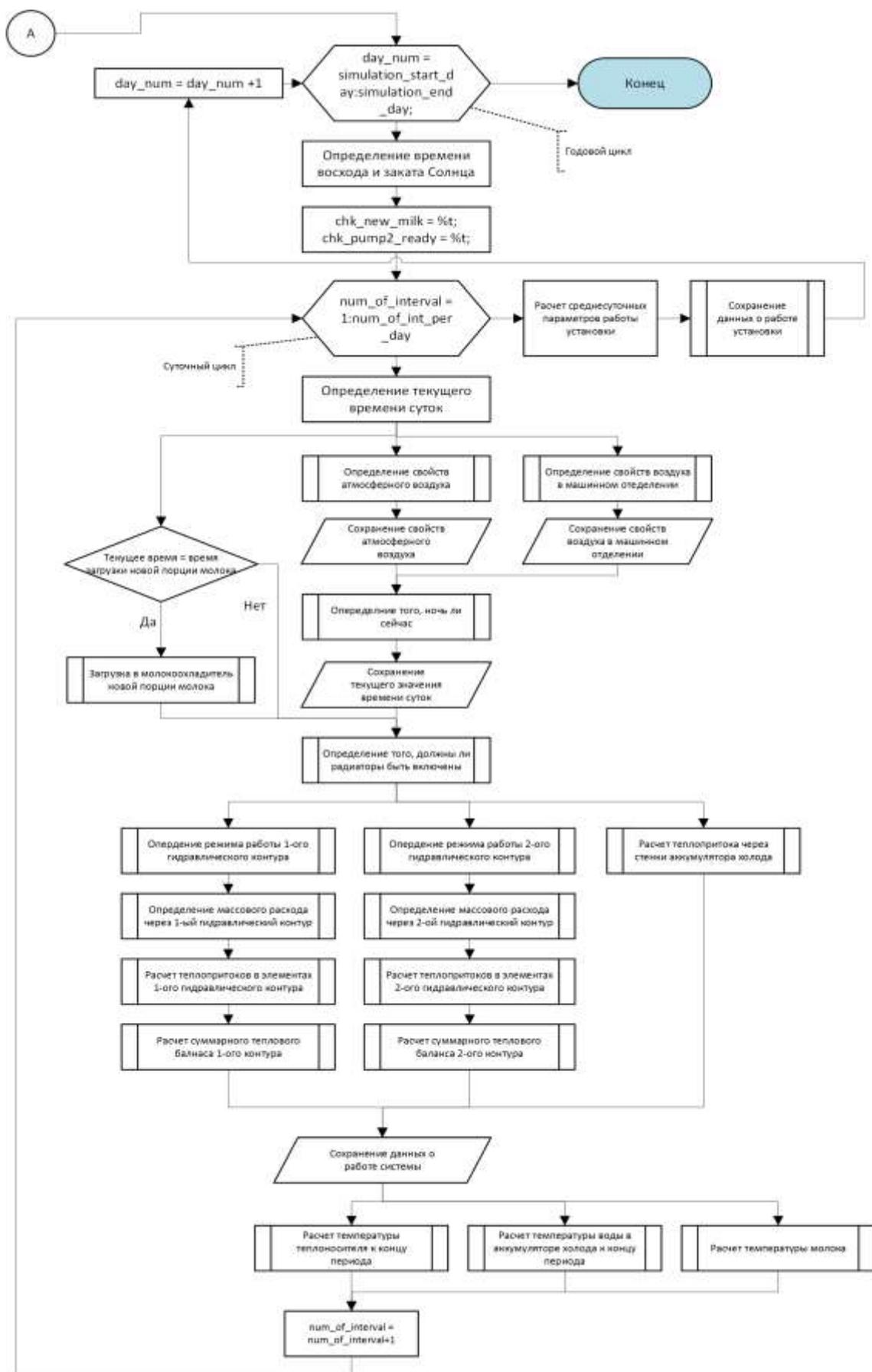


Рисунок Д.1, лист 2

## ПРИЛОЖЕНИЕ Е

### ИСХОДНЫЙ КОД КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ

```
milk_mass=[510255075 100 200 300 500100015002000250030004000500060008
00010000120001600020000];
n=length(milk_mass);
for i=1:n

milk_start_temperature=+37.5;// Начальная температура молока
milk_end_temperature=+4;// Конечная температура молока
milk_mass_cur=milk_mass(i);// масса молока, кг
milk_heat_cap=3900;// теплоемкость молока;
milk_density=1028;// плотность молока, кг/м3;

tau_m=3600;// Продолжительность процесса охлаждения молока, с
dt_water_jacket=0.3;// Изменение температуры воды в рубашке за один
проход, К;

wall_h=0.0015;// толщина стенки рубашки, м;
wall_heat_cond=236;// теплопроводность стенки рубашки;

q_rad=50;// Средняя удельная холодопроизводительность радиатора, Вт/м2;
night_time=8;// Продолжительность работы радиатора, часов;
pump_h1=2.5;
pump_h2=2.0;

d_1=(4/%pi*milk_mass_cur/milk_density)^(1/3);

Q_m=(milk_start_temperature-
milk_end_temperature)*milk_mass_cur*milk_heat_cap;

P_m=Q_m/tau_m;
delta_t_m=dT_med("forward",milk_start_temperature,milk_end_temperature,milk
_end_temperature-7,milk_end_temperature-2);
milk_temperature=(milk_start_temperature+milk_end_temperature)/2;
milk=flow_new("water",'V',0.1,milk_temperature,101000,0);
t_shirt=milk_temperature-5;
HCC_milk_wall=HCC_plate_freeC(milk,t_shirt,d_1,"VERT");

// Массовый расход теплоносителя в рубашке
G_water_jacket=P_m/(4100*dt_water_jacket);

water=flow_new("water",'G',G_water_jacket,+2,101000,0);
```

```

g_rus=G_water_jacket/(%pi*d_1);// Плотностьорошения
RE_jacket=4*g_rus/(water.viscosity_dyn*9.81);
HCC_water_wall2=1.05*water.therm_conductivity*(water.viscosity_kin^2/9.81)^(-1/3)*RE_jacket^(-0.282);

TRC_wall=wall_h/wall_heat_cond;
HTC_wall=THERM_htc_Fwall2(TRC_wall,HCC_milk_wall,HCC_water_wall2);
//mprintf("HTC_wall: %1.3f.\n",HTC_wall);
F_jacket=P_m/(HTC_wall*delta_t_m);// Требуемая площадь теплообменной
поверхности рубашки

// Аккумуляторхолода
accum_mass=milk_mass_cur*0.932*11;
v_accum=accum_mass/998;// Внутренний объем аккумулятора холода
d_accum=(4/%pi*v_accum)^(1/3);
Q_accum=accum_mass*4182*5;// Запастепла в аккумуляторе, Дж;
P_accum=Q_accum/(night_time*3600);// Мощность,
забираемаяночьюизаккумуляторахолода, Вт;
//mprintf("P_accum: %1.3f Вт.\n",P_accum);

G_rad=P_accum/(3620*0.2);// Массовый расход теплоносителя в радиаторе
hlycol=flow_new("ethylene_glycol",'G',G_rad,0,101000,30);
hlycol_wall=flow_new("ethylene_glycol",'G',G_rad,+2,101000,30);
// Расчет диаметра змеевика
V_rad=G_rad/hlycol.density;// Объемный расход теплоносителя через
радиатор
pipe_d_in=sqrt(4*V_rad/(%pi*2));
pipe_h_wall=0.001;// Толщина стенки змеевика в баке, м;
pipe_d_out=pipe_d_in+pipe_h_wall*2;// Наружный диаметр трубы, из
которой изготовлен змеевик в баке, м

PIPE=HYDR_pipe_new(copper,pipe_d_out,pipe_h_wall,1,copper,0);// Змеевик в
аккумуляторехолода

HCC_heat_ex_in=HCC_pipe(PIPE,hlycol,hlycol_wall);//
Коэффициенттеплоотдачитотгликолявнутреннейстенкетрубы,
HCC_heat_ex_out=HCC_plate_freeC(water,0,pipe_d_out,"VERT");

TRC_heat_exch=pipe_h_wall/copper.heat_tranfer_coef;
HTC_heat_exch=THERM_htc_Fwall2(TRC_heat_exch,HCC_heat_ex_in,HCC_he
at_ex_out);

F_heat_exch=P_accum/(HTC_heat_exch*4);// Площадь поверхности змеевика
при среднем температурном напоре 4К;

```

```

// Расчет площади радиатора
F_rad=Q_m/(q_rad*night_time*3600);

// Насосы

pump_type="wet";
PUMP_1=pump_new(G_rad,hlycol.density,pump_type);// Создаем насос с
мокрым ротором качающий теплоноситель через радиатор
PUMP_1.status='on';

PUMP_2=pump_new(G_water_jacket,water.density,pump_type);// Создаем
насос с мокрым ротором, качающий воду через рубашку
PUMP_2.status='on';

PUMP_1=pump_solve(PUMP_1,hlycol,pump_h1);
PUMP_2=pump_solve(PUMP_2,water,pump_h2);

N_e_pump_1=PUMP_1.N_e_cur;
N_e_pump_2=PUMP_2.N_e_cur;

mprintf("%1.0d;",milk_mass_cur);
mprintf("%1.2f;",accum_mass);
mprintf("%1.3f;",d_1);// Диаметр рубашки
mprintf("%1.3f;",d_accum);
mprintf("%1.3f;",pipe_d_in);// Минимальный внутренний диаметр
трубопровода, образующего змеевик в баке
mprintf("%1.2f;",F_jacket);
mprintf("%1.2f;",F_heat_exch);
mprintf("%1.2f;",F_rad);
mprintf("%1.2f;",G_rad);
mprintf("%1.2f;",G_water_jacket);

mprintf("%1.1f;",N_e_pump_1);
mprintf("%1.1f\n",N_e_pump_2);

```

## ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Таблица Ж.1 - Результаты технических параметров разработанной установки компьютерного моделирования

Масса		Диаметры			Площадь теплообменной поверхности			Массовый расход		Потребляемая мощность	
молока	воды в аккумуляторе холода	Рубашки для молока	аккумулятора холода	внутренний трубы теплообменника в аккумуляторе холода	рубашки	теплообменника в аккумуляторе холода	радиатора	Теплоносителя через радиатор	воды через рубашку молокоохладителя	Насос 1	Насос 2
кг		м			м <sup>2</sup>			кг/с		Вт	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	51,3	0,18	0,40	0,01	0,160	0,06	0,45	0,05	0,15	6,3	14,5
10	102,5	0,23	0,51	0,01	0,350	0,15	0,91	0,10	0,30	12,6	28,9
25	256,3	0,31	0,69	0,01	0,870	0,41	2,27	0,26	0,74	31,5	53,5
50	512,6	0,40	0,87	0,02	1,750	0,89	4,54	0,51	1,48	53,7	87,5
75	768,9	0,45	0,99	0,02	2,640	1,21	6,80	0,77	2,21	70,0	118,6
100	1025,2	0,50	1,09	0,03	3,530	1,67	9,07	1,03	2,95	85,5	148,0
200	2050,4	0,63	1,38	0,04	7,100	3,61	18,15	2,06	5,90	141,9	256,6
300	3075,6	0,72	1,58	0,04	10,700	5,68	27,22	3,08	8,85	193,7	357,0
500	5126,0	0,85	1,87	0,06	17,940	10,04	45,36	5,14	14,75	289,9	545,2
1 000	10252,0	1,07	2,36	0,08	36,210	21,83	90,73	10,28	29,51	509,2	979,3
1 500	15378,0	1,23	2,70	0,10	54,630	34,39	136,09	15,42	44,26	713,1	1386,3
2 000	20504,0	1,35	2,97	0,11	73,170	47,55	181,46	20,56	59,01	908,0	1777,5
2 500	25630,0	1,46	3,20	0,13	91,790	61,08	226,82	25,70	73,76	1096,7	2157,6
3 000	30756,0	1,55	3,40	0,14	110,490	74,95	272,19	30,84	88,52	1280,8	2529,4
4 000	41008,0	1,71	3,74	0,16	148,060	103,52	362,92	41,12	118,02	1638,3	3254,0
5 000	51260,0	1,84	4,03	0,18	185,830	133,00	453,65	51,40	147,53	1985,4	3959,6
6 000	61512,0	1,95	4,28	0,19	223,760	163,22	544,38	61,69	177,03	2324,5	4650,7
8 000	82016,0	2,15	4,71	0,22	300,040	225,64	725,83	82,25	236,04	2984,6	6000,1
10 000	102520,0	2,31	5,08	0,25	376,770	289,91	907,29	102,81	295,05	3626,7	7316,4
12 000	123024,0	2,46	5,39	0,27	453,880	355,81	1088,75	123,37	354,07	4255,1	8683,4
16 000	164032,0	2,71	5,94	0,32	609,020	491,57	1451,67	164,49	472,09	5480,8	11577,9
20 000	205040,0	2,92	6,40	0,35	765,200	613,33	1814,58	205,62	590,11	6675,1	14472,4

## ПРИЛОЖЕНИЕ И

Таблица И.1 - Результаты расчета потребляемой электроэнергии за год

Масса молока, кг	Количество эл.эн. за год потребляемое ПКХМ, кВт·ч	Количество эл.эн. за год потребляемое МОУ с ТИВКП, кВт·ч					
		Алматы	Отношение ПКХМ к МОУ с ТИВКП, %	Костанай	Отношение ПКХМ к МОУ с ТИВКП, %	Усть-Каменогорск	Отношение ПКХМ к МОУ с ТИВКП, %
5	42,1	42,6	<b>98,8</b>	40,7	<b>103,4</b>	41,1	<b>102,4</b>
10	84,1	85,2	<b>98,7</b>	81,4	<b>103,3</b>	82,1	<b>102,4</b>
50	335,3	358,7	<b>93,4</b>	336,0	<b>99,8</b>	339,8	<b>98,6</b>
75	471,8	486,7	<b>96,9</b>	452,0	<b>104,4</b>	457,8	<b>103</b>
100	614,4	610,5	<b>100,6</b>	563,7	<b>109</b>	571,4	<b>107,5</b>
200	1 074,0	1077,2	<b>99,7</b>	981,6	<b>109,7</b>	997,2	<b>107,7</b>
300	1 658,2	1520,3	<b>109</b>	1375,4	<b>120,5</b>	1398,9	<b>118,5</b>
500	2 810,7	2368,6	<b>118,6</b>	2124,4	<b>132,3</b>	2163,8	<b>130</b>
1 000	5 022,9	4380,8	<b>114,6</b>	3886,5	<b>129,2</b>	3965,9	<b>126,6</b>
1 500	7 339,0	6314,0	<b>116,2</b>	5568,1	<b>131,8</b>	5687,6	<b>129</b>
2 000	10 045,8	8200,9	<b>122,5</b>	7202,5	<b>139,5</b>	7362,2	<b>136,4</b>
2 500	13 002,1	10055,9	<b>129,3</b>	8804,4	<b>147,6</b>	9004,4	<b>144,4</b>
3 000	16 444,2	11887,2	<b>138,3</b>	10382,1	<b>158,4</b>	10622,4	<b>155</b>
4 000	21 052,1	15494,6	<b>135,8</b>	13481,3	<b>156,1</b>	13802,4	<b>152,5</b>
5 000	26 526,4	19048,4	<b>139,2</b>	16525,8	<b>160,5</b>	16927,8	<b>156,7</b>
6 000	31 328,5	22560,8	<b>138,8</b>	19528,1	<b>160,4</b>	20011,0	<b>156,5</b>
8 000	40 961,8	29492,1	<b>138,9</b>	25437,5	<b>161</b>	26082,6	<b>157</b>
10 000	51 202,2	36330,3	<b>141</b>	31251,8	<b>163,8</b>	32059,3	<b>159,7</b>
12 000	61 442,6	43134,4	<b>142,4</b>	37036,0	<b>166</b>	38005,0	<b>161,6</b>
16 000	81 923,5	56687,0	<b>144,5</b>	48561,1	<b>168,7</b>	49850,9	<b>164,3</b>
20 000	102 404,4	70104,9	<b>146</b>	59952,4	<b>171</b>	61562,8	<b>166,3</b>

## ПРИЛОЖЕНИЕ К

Таблица К.1 - Снимаемая тепловая нагрузка разработанной установкой для г. Алматы

	Масса молока, кг	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Общая тепловая нагрузка от молока, Q (кДж)	100	12870	12870	12870	12870	12870	12870	12870	12870	12870	12870	12870	12870
	500	64350	64350	64350	64350	64350	64350	64350	64350	64350	64350	64350	64350
	1000	128700	128700	128700	128700	128700	128700	128700	128700	128700	128700	128700	128700
	1500	193050	193050	193050	193050	193050	193050	193050	193050	193050	193050	193050	193050
	2000	257400	257400	257400	257400	257400	257400	257400	257400	257400	257400	257400	257400
Снимае мая нагрузка ТИВКП, P (кДж)	100	12558	11532	8798	8073	7281	6240	5850	6240	7578	8502	10608	11138
	500	62653,5	57661,5	43992	40365	36406,5	31200	29250	30615	37888,5	42510	53040	55692
	1000	125307	115323	87984	80730	72813	62400	58500	61230	75777	85020	106080	111384
	1500	187960,5	172984,5	131976	121095	109219,5	93600	87850	91845	113665,5	127530	159120	167076
	2000	250614	230646	175968	161460	145626	124800	117000	122460	151554	170040	212160	222768

Продолжение таблицы К.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Снимаемая нагрузка с МОУ без использования искусственного холода (без ПКХМ), %	100	97,5	89,6	68,4	62,7	56,6	48,5	45,45	48,48	59	66	82,4	86,5
	500	97,4	89,6	68,4	62,7	56,6	48,5	45,5	47,6	59	66	82,4	86,5
	1000	97,4	89,6	68,4	62,7	56,6	48,5	45,5	47,6	58,9	66	82,4	86,5
	1500	97,4	89,6	68,4	62,7	56,6	48,5	45,5	47,6	59	66	82,4	86,5
	2000	97,4	89,6	68,4	62,7	56,6	48,5	45,5	47,6	58,9	66	82,4	86,5

Таблица К.2 - Снимаемая тепловая нагрузка разработанной установкой для г. Усть-Каменогорск

	Масса молока, кг	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Общая тепловая нагрузка от молока, Q (кДж)	100	12870	12870	12870	12870	12870	12870	12870	12870	12870	12870	12870	12870
	500	64350	64350	64350	64350	64350	64350	64350	64350	64350	64350	64350	64350
	1000	128700	128700	128700	128700	128700	128700	128700	128700	128700	128700	128700	128700
	1500	193050	193050	193050	193050	193050	193050	193050	193050	193050	193050	193050	193050
	2000	257400	257400	257400	257400	257400	257400	257400	257400	257400	257400	257400	257400

Продолжение таблицы К.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Снимаемая нагрузка ТИВКЦ, Р (кДж)	100	13814	13701	10963	9009	8287	6790	6848	7043	8697	9750	12090	13689
	500	69069	68503	54814	45045	41437	33930	34320	35295	43485	48750	60450	68445
	1000	138138	137007	109629	90090	82875	67860	68640	70590	86970	97500	120900	136890
	1500	207207	205510	164443	135135	124312	101790	102960	105885	130455	146250	181350	205335
	2000	276276	274014	219258	180180	165750	135720	137280	141180	173940	195000	241800	273780
Снимаемая нагрузка с МОУ без использования искусственного холода (без ПКХМ), %	100	100	100	85	70	64,4	52,7	53,2	53,2	67	75,7	94	100
	500	100	100	85	70	64,4	52,7	53,2	53,2	67	75,7	94	100
	1000	100	100	85	70	64,4	52,7	53,2	53,2	67	75,7	94	100
	1500	100	100	85	70	64,4	52,7	53,2	53,2	67	75,7	94	100
	2000	100	100	85	70	64,4	52,7	53,2	53,2	67	75,7	94	100

Таблица К.3 - Снимаемая тепловая нагрузка разработанной установкой для г. Костанай

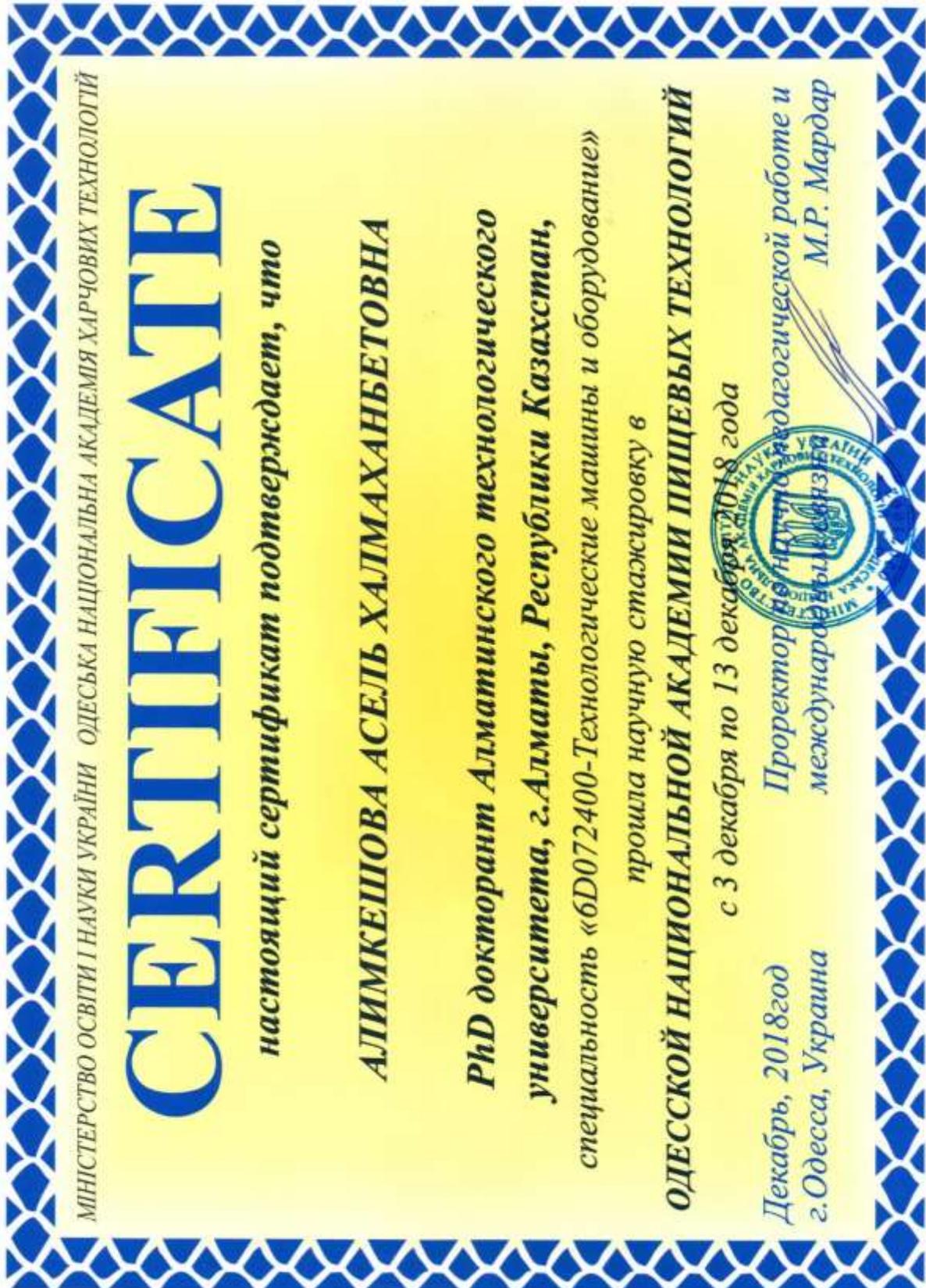
	Масса молока, кг	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Общая теплова я нагрузка от молока, Q (кДж)	100	12870	12870	12870	12870	12870	12870	12870	12870	12870	12870	12870	12870
	500	64350	64350	64350	64350	64350	64350	64350	64350	64350	64350	64350	64350
	1000	128700	128700	128700	128700	128700	128700	128700	128700	128700	128700	128700	128700
	1500	193050	193050	193050	193050	193050	193050	193050	193050	193050	193050	193050	193050
	2000	257400	257400	257400	257400	257400	257400	257400	257400	257400	257400	257400	257400
Снимае мая нагрузка ТИВКП, P (кДж)	100	13923	13833	13182	9945	8307	7254	6279	7020	8424	9633	12207	13923
	500	69615	69166	65910	49725	41535	36270	31395	35100	42120	48165	61035	69615
	1000	139230	138333	131820	99450	83070	72540	62790	70200	84240	96330	122070	139230
	1500	208845	207499	197730	149175	124605	108810	94185	105300	126360	144495	183105	208845
	2000	278460	276666	263640	198900	166140	145080	125580	140400	168480	192660	244140	278460

Продолжение таблицы К.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Снимаемая нагрузка с МОУ без использования искусственного холода (без ПКХМ), %	100	100	100	100	77	64,5	56,4	49	54,5	65,4	75	95	100
	500	100	100	100	77	64,5	56,4	49	54,5	65,4	75	95	100
	1000	100	100	100	77	64,5	56,4	49	54,5	65,4	75	95	100
	1500	100	100	100	77	64,5	56,4	49	54,5	65,4	75	95	100
	2000	100	100	100	77	64,5	56,4	49	54,5	65,4	75	95	100

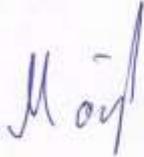
ПРИЛОЖЕНИЕ Л

СЕРТИФИКАТ ЗАРУБЕЖНОЙ СТАЖИРОВКИ



## ПРИЛОЖЕНИЕ М

### СПРАВКА И СЕРТИФИКАТЫ ПОДТВЕРЖДАЮЩИЕ О НАЛИЧИИ ПУБЛИКАЦИИ НА МЕЖДУНАРОДНЫХ КОНФЕРЕНЦИЯХ

<p>ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ ҒЫЛЫМ КОМИТЕТІ «ҰЛТТЫҚ МЕМЛЕКЕТТІК ҒЫЛЫМИ- ТЕХНИКАЛЫҚ САРАПТАМА ОРТАЛЫҒЫ» АКЦИОНЕРЛІК ҚОҒАМЫ</p>		<p>МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН КОМИТЕТ НАУКИ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ГОСУДАРСТВЕННОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ»</p>
<p>050026, Қазақстан Республикасы Алматы қ., Бөгенбай батыр көш., 221 Тел.: +7 (727) 378-05-09 Email: info@ncste.kz http://www.ncste.kz dir@inti.kz</p>	<p>050026, Республика Казахстан г. Алматы, ул. Бөгенбай батыра, 221 Тел.: +7 (727) 378-05-09 Email: info@ncste.kz http://www.ncste.kz dir@inti.kz</p>	
<p>Исх №: <u>2193/10-05</u> <u>« 10 » 09 2018</u></p>		
<p>Алматынский технологический университет</p>		
<p>На 00/1156 от 05.09.2018 г.</p>		
<p>АО «Национальный центр государственной научно-технической экспертизы» предоставляет информацию о наличии публикации докторанта PhD Алимкешовой Асель Халмаибеовны в AIP Conference Proceedings (USA), ISSN 0094-243X, входит в Scopus с 2003 года по настоящее время. CiteScore 2017 года равен 0,26. Предметная область – физика и астрономия.</p>		
<p>Публикация Алимкешовой А.Х.:</p>		
<p>Tsoy A.P., Alimkeshova A.K., Granovskiy A.S. Cooling process modeling of a periodically incoming liquid, using night radiation cooling // AIP Conference Proceedings. – 2018. - V. 2007. – Article number 030066.</p>		
<p>Публикация выявлена в базе Scopus.</p>		
<p>Вице-президент АО «НЦГНТЭ»</p>		<p>А. Маулитов</p>
<p>Байқадыр Г.А. 8 (727) 378-08-35</p>		

Бланк сериеттік нөмірсіз жарамсыз болып табылады. Жоюлу кайтарарда міндетті түрде бланк не және оның аяқталу керек. Бланк бас сериеттік нөмірсіз болып табылады. При тпавле обязательно сохлать на себе № и дату.

004817



ЦЕНТР  
НАУКОВИХ  
ПУБЛІКАЦІЙ

## СЕРТИФІКАТ УЧАСНИКА

IV МІЖНАРОДНА КОНФЕРЕНЦІЯ

«ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ І СУЧАСНА НАУКА»

(30 березня 2018р.)

**Алимкешова Асель Халмаханбетовна**

Голова організаційного комітету





КазАХП

МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ ХОЛОДА  
ОЮЛ «КАЗАХСТАНСКАЯ АССОЦИАЦИЯ  
ХОЛОДИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ»



MAX

Казахстан, 050008, г. Алматы, пр. Абая, 52 «В», офис 302  
Тел.: +7-(727)-392-25-09 | E-mail: teniz@bk.ru | www.maxteniz.kz



# Сертификат

участника IX-ой Международной  
Научно-Технической конференции  
"Казахстан-Холод 2019"

ВЫДАН



Алимкешовой Асель Халмаханбетовне

Секретарь представительства  
Международной Академии Холода  
в Казахстане

Грановский А.С.



# CERTIFICATE OF PARTICIPATION

THIS CERTIFICATE IS PRESENTED TO

*Алимкешова Асель Халмаханбетовна*

FOR ATTENDING

THE FOURTH INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICAL CONFERENCE  
«GLOBAL SCIENCE AND INNOVATIONS 2019: CENTRAL ASIA»

CHAIRMAN OF THE ASSOCIATION OF  
LEGAL ENTITIES «NATIONAL MOVEMENT «BOBEK»»



E.M. ABIYEV

KAZAKHSTAN, ASTANA, 21 JANUARY 2019



КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АЛЬ-ФАРАБИ  
ФАКУЛЬТЕТ ХИМИИ И ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

# ГРАМОТА

присуждается

*Ашикешовой Асель*

за участие на 4-ой Международной Российско-Казахстанской  
научно-практической конференции  
«Химические технологии функциональных материалов»

12-13 апреля 2018 г.



Декан факультета  
ХИМИИ И ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Е.К. Онгарбаев