

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт

институт

Кафедра теплотехники и гидрогазодинамики

кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ В.А. Кулагин

подпись      инициалы, фамилия

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 г.

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Повышение энергоэффективности при автоматизации

центральных тепловых пунктов

тема

13.04.01. Теплоэнергетика и теплотехника

код – наименование направления

13.04.01.01 Энергетика теплотехнологий

код – наименование магистерской программы

Руководитель

\_\_\_\_\_   
подпись, дата

доцент, канд. техн. наук   
должность, ученая степень

А.Ю. Радзюк

инициалы, фамилия

Выпускник

\_\_\_\_\_   
подпись, дата

В.В. Кожанов

инициалы, фамилия

Рецензент

\_\_\_\_\_   
подпись, дата

Начальник РТС-2 Филиала

«Красноярская теплосеть»

должность

И.Л. Кочнов

инициалы, фамилия

Красноярск 2024

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Повышение эффективности при автоматизации центральных тепловых пунктов» содержит 77 страницы текстового документа, 16 источников информации.

АВТОМАТИЗАЦИЯ, ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ, РЕКОМЕНДАЦИИ, МОДЕРНИЗАЦИЯ, ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ТЕПЛОВОЙ ПУНКТ

Объект выпускной квалификационной работы – Повышение эффективности при автоматизации центральных тепловых пунктов

Цели выпускной квалификационной работы:

- замещение существующего малоэффективного и устаревшего оборудования;
- повышение качества и надежности теплоснабжения.

Центральные тепловые пункты играют важную роль в обеспечении теплоснабжения зданий и сооружений, их эффективная работа напрямую влияет на комфорт и безопасность людей, а также на экономию ресурсов и снижение негативного воздействия на окружающую среду. В данной курсовой работе будет проведен анализ современных методов автоматизации ЦТП, изучены интеллектуальные системы автоматизации и системы автоматического регулирования, направленные на улучшение комфорта и снижение энергопотребления зданий.

Таким образом, автоматизация центральных тепловых пунктов является важным шагом на пути к повышению энергоэффективности зданий и снижению негативного воздействия на окружающую среду. Дальнейшие исследования в этой области могут способствовать развитию новых технологий и методов, которые помогут сделать нашу жизнь более комфортной, безопасной и экологически чистой.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Эффективность автоматизации ЦТП: анализ существующих систем.....	6
Эксплуатационный персонал и автоматизация ЦТП.....	7
Системы автоматического регулирования в ЦТП.....	8
Преимущества и недостатки автоматизации ЦТП.....	10
План мероприятий по внедрению автоматизации в ЦТП.....	12
Описание существующего оборудования.....	14
Основные мероприятия по модернизации центральных тепловых пунктов (ЦТП).....	15
Примеры повышения энергоэффективности при автоматизации центральных тепловых пунктов.....	25
Центральный тепловой пункт 1.....	25
Центральный тепловой пункт 2.....	32
Центральный тепловой пункт 3.....	39
Центральный тепловой пункт 4.....	46
Центральный тепловой пункт 5.....	53
Центральный тепловой пункт 6.....	60
Центральный тепловой пункт 7.....	67
Заключение.....	74
Список источников.....	75

## **ВВЕДЕНИЕ**

В современном мире вопросы энергоэффективности и экологической устойчивости занимают центральное место в общественном дискурсе. Одним из ключевых направлений в этой области является повышение энергоэффективности при автоматизации центральных тепловых пунктов (ЦТП). Эта тема становится все более актуальной в условиях стремительного развития городов, увеличения количества зданий и повышения потребления энергии.

Центральные тепловые пункты играют важную роль в обеспечении теплоснабжения зданий и сооружений, их эффективная работа напрямую влияет на комфорт и безопасность людей, а также на экономию ресурсов и снижение негативного воздействия на окружающую среду. В данной работе будет проведен анализ современных методов автоматизации ЦТП, изучены интеллектуальные системы автоматизации и системы автоматического регулирования, направленные на улучшение комфорта и снижение энергопотребления зданий.

Основные темы, которые будут освещены в работе, включают в себя изучение современных средств автоматизации в центральных тепловых пунктах, анализ преимуществ и недостатков таких систем, оценку влияния автоматизации на энергоэффективность зданий, оптимизацию комфортности условий в зданиях через автоматизацию, а также разработку рекомендаций по повышению энергоэффективности ЦТП через автоматизацию. Также будет рассмотрено влияние автоматизации на эксплуатационный персонал и предложены планы мероприятий по внедрению автоматизации в ЦТП.

Цель данной работы заключается в выявлении наиболее эффективных методов повышения энергоэффективности ЦТП с использованием современных технологий автоматизации, что позволит не только снизить

энергопотребление зданий, но и улучшить условия их эксплуатации. В результате исследования предполагается выработать практические рекомендации, способствующие более эффективному использованию ресурсов и снижению негативного воздействия на окружающую среду.

## **Эффективность автоматизации ЦТП: анализ существующих систем**

Автоматизация центральных тепловых пунктов (ЦТП) играет ключевую роль в повышении энергоэффективности зданий и обеспечении комфортных условий для жильцов. Анализ существующих систем автоматизации ЦТП позволяет выявить их эффективность и оптимизировать процессы для достижения наилучших результатов.

Исследование, проведенное на ООО "Кузбасский скарабей", показало, что автоматизация ЦТП способствует значительной экономии энергоресурсов и повышению эффективности работы системы. Процесс автоматизации тепловых пунктов начинается с анализа объекта и разработки технического задания, что позволяет определить необходимые шаги для внедрения автоматизированных систем.

Экономический эффект от автоматизации ЦТП подтверждается исследованием, проведенным на другом объекте, где применение автоматизированных систем обеспечивает высокую эффективность работы системы и существенную экономию ресурсов. Таким образом, автоматизация ЦТП является не только средством оптимизации энергопотребления зданий, но и способом повышения экономической эффективности функционирования системы.

Изучение существующих систем автоматизации ЦТП позволяет выявить их преимущества и недостатки, что важно для выбора оптимального варианта в каждом конкретном случае. Рекомендации по повышению энергоэффективности ЦТП через автоматизацию могут быть разработаны на основе анализа существующих систем и опыта их применения в различных условиях эксплуатации.

Таким образом, анализ существующих систем автоматизации ЦТП является важным этапом для оптимизации работы системы, повышения энергоэффективности зданий и обеспечения комфортных условий для жильцов. Опираясь на результаты исследований и практический опыт, можно разработать план мероприятий по внедрению автоматизации в ЦТП, который будет способствовать достижению поставленных целей и задач.

### **Эксплуатационный персонал и автоматизация ЦТП**

Эксплуатация центральных тепловых пунктов (ЦТП) играет ключевую роль в обеспечении эффективного управления теплоснабжением зданий. ЦТП выполняет важные функции по приему и распределению тепловой энергии, что делает его неотъемлемой частью системы централизованного теплоснабжения зданий. Для обеспечения экономичности, надежности и качественного управления важно использовать современные средства автоматизации и иметь соответствующий квалифицированный персонал.

Эксплуатация ЦТП осуществляется оперативным или оперативно-ремонтным персоналом, который отвечает за включение и выключение систем теплопотребления, а также за установление расхода теплоносителя. Важно, чтобы персонал обладал необходимыми знаниями и навыками для эффективной работы с оборудованием ЦТП и системами автоматизации. Только грамотное взаимодействие между персоналом и автоматизированными системами позволяет добиться оптимальной работы ЦТП и обеспечить комфортные условия в зданиях при минимальном энергопотреблении.

Использование современных технических средств автоматизации в ЦТП позволяет значительно повысить эффективность управления теплоснабжением. Автоматизированные системы контроля и управления позволяют оперативно реагировать на изменения в потреблении тепла,

оптимизировать работу оборудования, а также предотвращать возможные аварийные ситуации. Благодаря автоматизации процессов в ЦТП можно добиться существенного снижения энергопотребления и повышения общей энергоэффективности зданий.

Таким образом, внедрение современных средств автоматизации и обеспечение квалифицированного персонала для работы с ними являются важными шагами в повышении энергоэффективности ЦТП. Грамотное сочетание технологий автоматизации и профессиональных навыков персонала способствует оптимизации работы систем теплоснабжения, снижению энергопотребления зданий и улучшению комфортных условий для жильцов и работников.

### Системы автоматического регулирования в ЦТП

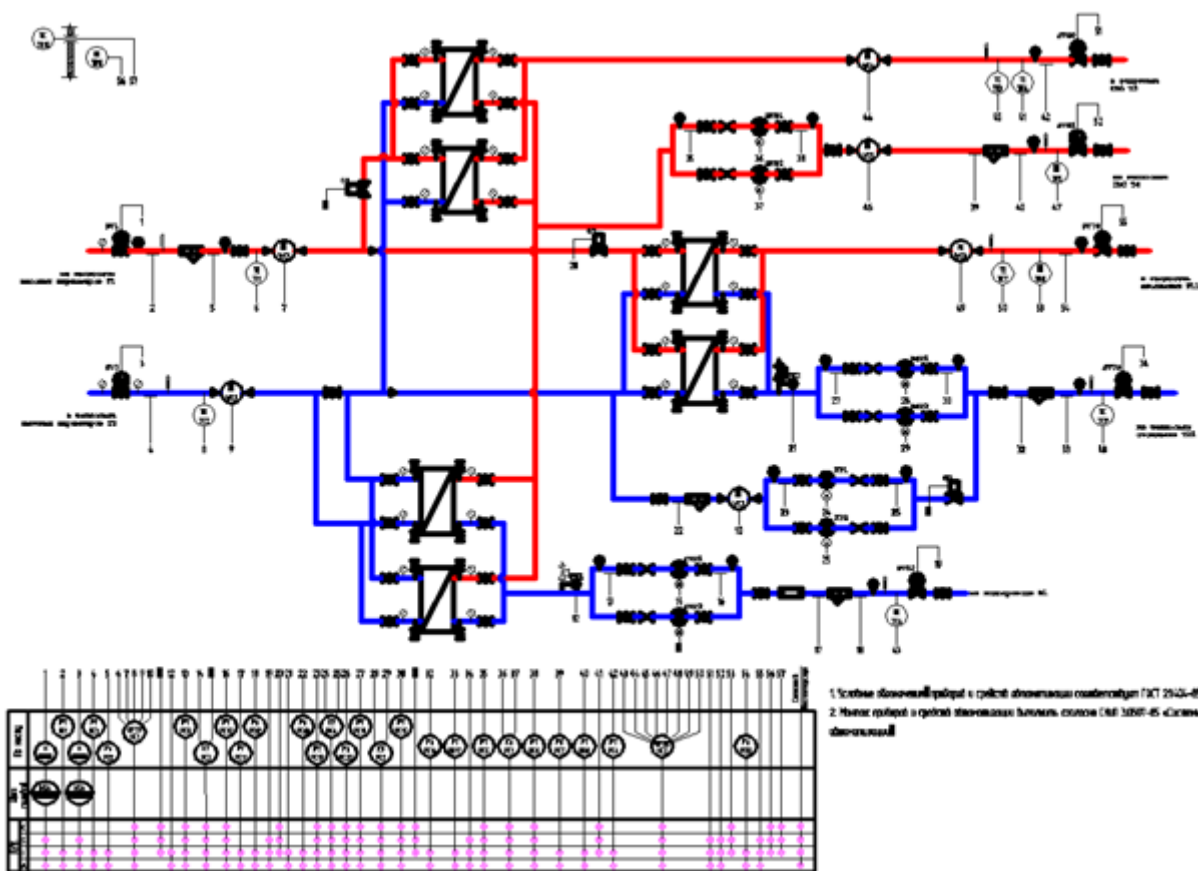


Рисунок 1 – Схема ЦТП и автоматического регулирования.



Системы автоматического регулирования в центральных тепловых пунктах (ЦТП) играют ключевую роль в обеспечении эффективной работы теплоснабжения зданий. Они включают в себя комплекс автоматических устройств и систем, предназначенных для поддержания оптимальных технологических параметров отопления и горячего водоснабжения. Функциональная схема автоматизации типового ЦТП представляет собой сложную систему, включающую в себя различные блоки управления и контроля.

Особенности автоматизации центральных тепловых пунктов (ЦТП) отличаются от автоматизации индивидуальных тепловых пунктов (ИТП). Важно учитывать специфику ЦТП, где необходимо обеспечить стабильную работу и оптимальное потребление энергоресурсов для поддержания комфортных условий в зданиях. Автоматизация ЦТП направлена на эффективное управление процессами подачи тепла и горячей воды, а также на минимизацию потерь энергии.

Объектами управления автоматизированных систем теплоснабжения являются как центральные (ЦТП), так и индивидуальные тепловые пункты (ИТП). ЦТП играют важную роль в общей системе теплоснабжения, поэтому особое внимание уделяется автоматизации их работы для обеспечения надежности и эффективности процессов теплоснабжения.

Использование современных средств автоматизации в ЦТП позволяет значительно повысить энергоэффективность системы. Интеграция интеллектуальных систем автоматизации в области энергоэффективности способствует оптимизации работы ЦТП и снижению энергопотребления зданий. Таким образом, автоматизация ЦТП является неотъемлемой частью стратегии по совершенствованию теплоснабжения и повышению его эффективности.

## Преимущества и недостатки автоматизации ЦТП

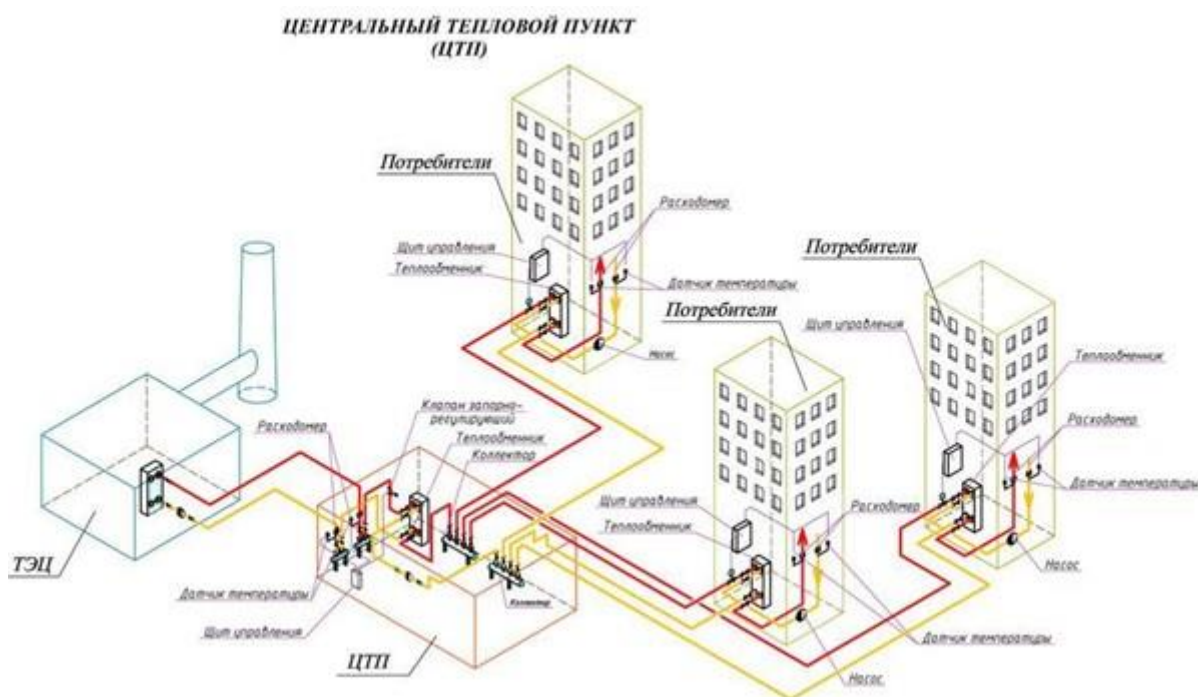


Рисунок 2 – Схема движения теплоносителя

Автоматизация центральных тепловых пунктов (ЦТП) представляет собой важный этап в повышении энергоэффективности зданий и сооружений. Рассмотрим преимущества и недостатки данного процесса.

Одним из ключевых преимуществ автоматизации ЦТП являются низкие затраты на обслуживание. Это связано с тем, что автоматизированные системы способны самостоятельно контролировать и регулировать процессы в ЦТП, что снижает необходимость в постоянном присутствии обслуживающего персонала и уменьшает риск человеческого фактора.

Другим важным преимуществом автоматизации ЦТП является меньший объем запасных частей. Благодаря автоматизированным системам, которые могут оперативно реагировать на изменения в работе ЦТП, уменьшается

необходимость в большом запасе деталей и оборудования, что в свою очередь снижает издержки на их хранение и обновление.

Высокая надежность является еще одним преимуществом автоматизации ЦТП. Современные системы автоматизации обладают возможностью мониторинга и диагностики оборудования в реальном времени, что позволяет выявлять и устранять возможные неисправности на ранних этапах, предотвращая аварийные ситуации и обеспечивая бесперебойную работу системы.

Однако, следует также учитывать недостатки автоматизации ЦТП. Один из них - средний температурный режим для всех. В случае центральных тепловых пунктов, автоматизированные системы могут иметь ограничения в индивидуальной настройке температурного режима для различных потребителей, что может привести к неудовлетворенности некоторых пользователей.

Также стоит отметить, что автоматизация крышных котельных, хотя и обладает преимуществами в экономии места и сокращении затрат на строительство, имеет свои недостатки. К ним можно отнести повышенный уровень шума и вибрации, что может создавать дополнительные неудобства для окружающих, а также более сложную организацию эксплуатации и обслуживания, что требует специализированных знаний и навыков у персонала.

Таким образом, несмотря на некоторые недостатки, автоматизация ЦТП остается важным инструментом для повышения энергоэффективности зданий и обеспечения комфортных условий для пользователей.

## План мероприятий по внедрению автоматизации в ЦТП

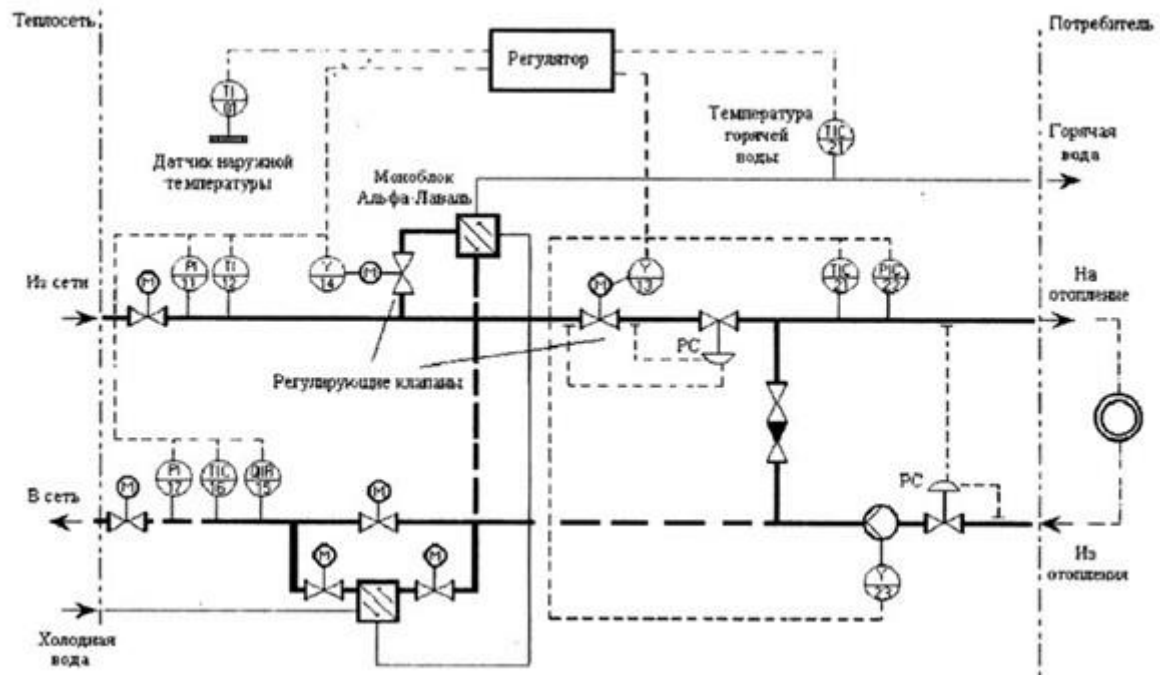


Рисунок 3 – Системы автоматического регулирования в ЦТП

План мероприятий по внедрению автоматизации в центральных тепловых пунктах (ЦТП) является ключевым этапом для успешной реализации проекта. При разработке плана необходимо учитывать не только технические аспекты, но и организационные моменты, чтобы обеспечить эффективное функционирование системы автоматизации.

Первым этапом планирования является анализ текущего состояния ЦТП и выявление основных проблем, требующих решения. Необходимо определить цели и задачи автоматизации, которые могут включать в себя повышение энергоэффективности, улучшение надежности работы системы, сокращение затрат на обслуживание и ремонт.

Далее следует разработка технического задания на внедрение системы автоматизации. В нем должны быть четко сформулированы требования к оборудованию, программному обеспечению, а также квалификация персонала, необходимая для работы с новой системой.

После утверждения технического задания проводится выбор поставщиков оборудования и программного обеспечения. Важно учитывать опыт и репутацию компаний, а также соответствие предлагаемых решений поставленным задачам. После заключения договоров начинается этап поставки и монтажа необходимого оборудования.

Одновременно с этим необходимо проводить подготовку персонала, который будет работать с новой системой автоматизации. Обучение сотрудников позволит эффективно использовать все возможности автоматизированной системы и оперативно реагировать на возможные сбои или неисправности.

После внедрения системы автоматизации необходимо провести пуско-наладочные работы и тестирование оборудования. Важно удостовериться в правильной работе всех компонентов системы и их взаимодействии для исключения возможных проблем в будущем.

После успешного завершения всех предыдущих этапов происходит запуск системы в промышленную эксплуатацию. Однако важно помнить, что внедрение автоматизации - это не конечная цель, а лишь начало. Следует внимательно мониторить работу системы, проводить ее регулярное обслуживание и обновление, чтобы обеспечить стабильную и эффективную работу ЦТП в долгосрочной перспективе.

Таким образом, план мероприятий по внедрению автоматизации в центральных тепловых пунктах является комплексным процессом, требующим внимательной проработки каждого этапа для достижения поставленных целей и обеспечения эффективной работы системы на протяжении всего периода эксплуатации.

### **Описание существующего оборудования.**

Обычно ЦТП представляет собой отдельно стоящее здание, внутри которого устанавливается необходимое оборудование и коммуникации. Сооружение может быть быстровозводимым и модульным на базе металлокаркаса.

Основные элементы ЦТП:

1. Теплообменник. Этот узел представляет собой аналог котла, функционирующий в качестве теплового генератора. В этом устройстве осуществляется прогрев теплоносителя для систем отопления и горячего водоснабжения, но не путём сжигания горючего, а благодаря передаче тепла от носителя в первичную сеть.

2. Насосный агрегат. Насос предназначен для увеличения и контроля давления в магистралях. В зависимости от типа ЦТП, насосный агрегат может быть циркуляционным, смесительным, подпиточным или увеличительным.

3. Клапанные регуляторы. Используются для изменения рабочих параметров центрального теплового пункта, в частности, температуры воды и давления.

4. Фильтрующие устройства. Устанавливаются на входе и выходе магистралей из ЦТП и предназначены для очистки жидкости от загрязнений.

5. Запорная арматура. Эта часть представляет собой комплект кранов, используемых при необходимости перекрытия магистралей и трубопроводов.

6. Системы электроснабжения, автоматизации и диспетчеризации. Правильная работа этих узлов позволит обеспечить эффективную работу ЦТП, а также своевременно определить неисправность.

7. Системы учёта и контроля расхода теплоносителя.

8. Комплект датчиков и контроллеров.

### **Основные мероприятия по модернизации центральных тепловых пунктов (ЦТП).**

Теперь рассмотрим мероприятия по энергосбережению непосредственно в ЦТП.

Большинство энергосберегающих мероприятий в тепловых пунктах направлены на экономию энергоресурсов у конечных потребителей.

К основным мероприятиям по модернизации ЦТП относятся следующие:

- использование оборудования частотно-регулируемого привода на насосах холодного и горячего водоснабжения (ХВС и ГВС);
- автоматизация ЦТП;
- диспетчеризация;
- замена кожухотрубных теплообменников на пластинчатые;
- внедрение систем автоматического регулирования зависимых систем отопления

Рассмотрим подробнее каждый из этих пунктов.

Частотно-регулируемый привод

Частотно-регулируемый привод (частотно-управляемый привод (ЧУП) - система управления частотой вращения ротора асинхронного (или синхронного) электродвигателя. Состоит из собственно электродвигателя и частотного преобразователя. Частотный преобразователь - это устройство, состоящее из выпрямителя (моста постоянного тока), преобразующего переменный ток промышленной частоты в постоянный, и инвертора

(преобразователя), преобразующего постоянный ток в переменный требуемых частоты и амплитуды.

Гораздо более интересны в плане энергосбережения электродвигатели насосных агрегатов. Электроприводы потребляют до 65% электроэнергии и осуществляют практически все технологические процессы, связанные с движением. Считается, что сегодня сэкономить единицу энергетических ресурсов, например, 1 т топлива в условном исчислении, вдвое дешевле, чем её добыть. А если учесть, что насосные агрегаты, установленные во времена СССР, имели большой запас мощности, направленный на дальнейшее развитие инфраструктуры, то их регулирование либо замена должны дать большой выигрыш в экономии энергии. Тем более что большая часть инфраструктуры того времени сохранилась. Известно, что средняя загрузка электродвигателя (отношение мощности, потребляемой рабочим органом машины к номинальной мощности электродвигателя) в отечественной промышленности составляет 0,3-0,4 (в европейской практике эта величина составляет 0,6). Это значит, что двигатель работает с КПД значительно ниже номинального. Завышенная «на всякий случай» мощность двигателя часто приводит к незаметным на первый взгляд, но очень существенным отрицательным последствиям в обслуживаемой электроприводом технологической сфере, например, к излишнему напору в гидравлических сетях, связанному с ростом потерь, снижению надёжности и т.п.

Если в нерегулируемом электроприводе доминировал и продолжает доминировать асинхронный двигатель, то в регулируемом приводе до недавнего времени применялся почти исключительно двигатель постоянного тока. В последние годы, в связи с появлением надёжных и приемлемых по цене преобразователей частоты, ситуация кардинально изменилась. В Европе к 2000 году лишь 15% регулируемых электроприводов укомплектовано двигателями постоянного тока. Поэтому актуально рассматривать проблему энергосбережения главным образом применительно к асинхронному



электроприводу, в том числе частотно-регулируемому. Рассмотрим решение этой проблемы на примере электродвигателей насосов.

#### Энергоэффективные двигатели (ЭД)

ЭД — это асинхронные ЭД с короткозамкнутым ротором, в которых за счёт увеличения массы активных материалов, их качества, а также за счёт специальных приёмов проектирования удаётся поднять на 1-2% (мощные двигатели) или на 4-5% (небольшие двигатели) номинальный КПД при некотором увеличении цены двигателя. Этот подход может приносить пользу, если нагрузка меняется мало, регулирование скорости не требуется и двигатель правильно выбран.

Вышеуказанные направления касаются энергосбережения, собственно, в приводе и преследуют цель сократить потери на преобразование электрической энергии в механическую и повысить энергетические показатели электропривода. Автоматизированный электропривод даёт более широкие возможности по энергосбережению вплоть до создания новых энергосберегающих технологий.

Поэтому основной путь энергосбережения средствами электропривода — это подача в каждый момент времени конечному потребителю необходимой мощности именно в этот момент, что может быть достигнуто посредством управления координатами (то есть скоростью и моментом) электропривода в регулируемом электроприводе. Данный процесс стал в последние годы основным в развитии электропривода, и ожидается, что переход от нерегулируемого электропривода к регулируемому в технологиях, где это требуется, позволит сократить до 30% электроэнергии.

Однако энергоэффективные двигатели — это, скорее, чисто западное явление. В России пока такие двигатели не пользуются спросом ввиду их высокой стоимости, которая обуславливается тем, что в России такие двигатели не производят, а импорт их также требует определённых вложений. Плюс ко всему, обслуживание этих агрегатов требует привлечения зарубежных специалистов, что также зачастую считается нерентабельным.

Конечно, работы в этом направлении ведутся и в отечественной промышленности, но они, как правило, сводятся к снижению потерь на охлаждение и усовершенствование подшипниковых механизмов, то есть уменьшение потерь на трение при вращении ротора двигателя. Правильный выбор двигателя по мощности связан, прежде всего, с тем, что такая практика при проектировании, как в советские времена, никуда не исчезла, и стремление «подстраховаться» при подборе агрегатов также присутствует в проектировании. Поэтому, как уже говорилось выше, зачастую установленная мощность двигателя превышает требуемую, поскольку задачи экономии энергоресурсов не было.

Наилучшим выбор электродвигателя считается в том случае, когда при минимальном удельном расходе электроэнергии на подачу воды достигается требуемая подача и напор насоса. Подача и напор зависят от характеристик системы водоснабжения, где установлен насос, поэтому паспортные данные выбранного насоса должны максимально совпадать с сопротивлением трубопроводов системы водоснабжения.

#### Автоматизация и диспетчеризация ЦТП

Автоматизация ЦТП сама по себе уже подразумевает наличие частотно-регулируемых приводов, так как они являются одной из подсистем управления оборудованием теплового пункта.

Системы автоматизации ЦТП предназначены для эффективного управления его технологическим оборудованием. Модернизация системы подразумевает выполнение следующих условий:

- автоматическое поддержание заданного давления воды в прямом и обратном трубопроводе;
- дистанционное управление работой насосов и задвижек;
- визуализация технологического процесса на рабочем месте оператора;
- сбор, обработка и выдача статистических данных об объёмах перекачанной воды и статусе насосных агрегатов;

- заданная температура в системе отопления в зависимости от температуры окружающего воздуха.

Система разрабатывается как единый аппаратно-программный комплекс распределённой архитектуры, оборудование которого представлено в виде трёхуровневой иерархии:

1. Уровень управления технологическими агрегатами (датчики давления и расхода воды, регулируемый и нерегулируемый электропривод насосов и задвижек).

2. Уровень управления технологическим процессом (программируемый логический контроллер).

3. Уровень оперативно-административного управления (рабочая станция оператора на базе персонального компьютера с принтером).

Для управления скоростью работы насосных агрегатов предлагается использовать частотно-регулируемые преобразователи, рассмотренные ранее. Также в состав системы включаются устройства плавного пуска.

Реализация алгоритмов функционирования насосов и электрозадвижек возлагается на промышленные контроллеры.

Следует учитывать и необходимость замены старых приборов измерения на новые с цифровыми выходами, которая обусловлена следующим:

1. В отопительной технике используются чугунные нагревательные приборы (радиаторы). Их допустимое давление не превышает 0,6 МПа. Превышение указанного предела может привести к авариям в отопительных установках. Это существенно снижает надёжность и усложняет эксплуатацию систем теплоснабжения крупных городов, так как при большой протяжённости тепловых сетей и большом числе присоединённых абонентских установок с разнородной тепловой нагрузкой расходы воды в сети и связанные с ними потери давления могут изменяться в широких пределах. При этом уровень давлений в сети может превысить предел, допустимый для абонентских установок.

В тех случаях, когда разность между допустимым давлением в теплопотребляющих приборах и расчётным давлением в тепловой сети невелика, даже небольшие повышения давления в тепловой сети, вызванные, например, аварийным отключением насоса на подстанции или произвольным перекрытием клапана в сети, могут привести к разрыву приборов в отопительных установках абонентов. Чтобы осуществлять контроль за изменением давления в трубах, необходима замена манометров.

2. Датчики температуры будут использованы для отслеживания температуры воды в прямой трубе, обратной трубе и после подмешивания к горячей воде подающей линии охлаждённой воды обратной линии. Необходимость этого заключается в том, что благодаря знаниям температуры воды можно будет избежать аварий, связанных с пределом температуры воды для отопительных установок. Также датчик температуры будет установлен на трубу горячего водоснабжения после того, как вода пройдёт через теплообменник. С помощью регулятора температуры и для датчиков температуры станет возможным распределение по корпусу воды определённой температуры.

3. Клапаны и вентили, задвижки, применяющиеся для регулирования основных параметров воды, не все имеют электрический привод, и поэтому их следует заменить. При этом все устройства запорной регулирующей аппаратуры необходимо адаптировать для автоматизированного управления при помощи механизмов исполнительных электрического типа. Они предназначены для перемещения регулирующих органов арматуры в системах автоматического регулирования производственными процессами в соответствии с командными сигналами, поступающими от регулирующих и управляющих устройств. Механизмы изготавливаются с датчиком обратной связи (блоком сигнализации положения выходного вала) для работы в системах автоматического регулирования или без датчиков обратной связи с блоком конечных выключателей для режима ручного управления. Принцип действия основан на преобразовании электрического командного сигнала,

поступающего от регулирующего или управляющего устройства во вращательное перемещение выходного вала.

Внедрение систем автоматического регулирования зависимых систем отопления

При автоматизации процесса работы ЦТП одной из поставленных задач является регулирование температуры теплоносителя в зависимости от температуры окружающей среды. Этот процесс является относительно новым на ЦТП и его следует рассмотреть более подробно.

Система регулирования температуры теплоносителя в зависимости от температуры окружающей среды работает в межсезонье (весной и осенью), когда ЦТП не в состоянии оперативно отреагировать на изменение температуры наружного воздуха и вовремя снизить температуру теплоносителя. Система компенсирует перепады температуры, одновременно поддерживая гидравлический баланс системы отопления.

Регулирование реализуется по заданному температурному графику отопления с учётом реальных измеренных значений температур наружного воздуха. При этом система автоматически производит коррекцию выбранного температурного графика.

Замена кожухотрубных теплообменников на пластинчатые

Про преимущества пластинчатых теплообменников над кожухотрубчатыми сказано достаточно много в различных источниках. Тем не менее укажем основные из них.

Компактность. Основным фактором при размещении и компоновке оборудования является его компактность. Компактность достигается за счет того, что в пластинчатом теплообменнике коэффициент теплопередачи имеет более высокое значение. Теплопередающая поверхность пластины составляет 99,0-99,8% от общей площади пластины. Присоединительные порты находятся на одной стороне теплообменника, что упрощает монтаж теплообменника и его подключение. Кроме того, при проведении ремонтных работ требуется ремонтная площадка гораздо меньшей площади.

Малая величина недогрева. Протекание среды тонким слоем с сильной турбулизацией потока обеспечивает высокую теплопередающую способность теплообменника. Гофрированная поверхность пластины позволяет получить турбулентный поток при сравнительно невысоких скоростях протекания потока. Величина недогрева при расчётных режимах может достигать 1-2°C. Для лучших образцов кожухотрубных теплообменников эта величина составляет 5-10°C.

Низкие потери давления в теплообменнике. Конструкция пластинчатых теплообменников позволяет плавно менять общую ширину канала. Снижение максимальной величины допустимых гидравлических потерь может быть достигнуто путём увеличения количества каналов в теплообменнике. Снижение гидравлического сопротивления позволяет снизить расход электрической энергии на насосах.

Низкие трудозатраты при ремонте оборудования. Проведение периодических ремонтов всегда связано с проведением разборно-сборочных работ. Разбор кожухотрубного теплообменника является весьма сложным инженерным мероприятием. Извлечение трубного пучка возможно только с использованием подъёмных механизмов и занимает достаточно длительный период времени. При проведении ремонтных работ пластинчатого теплообменника нет необходимости применения подъёмных механизмов. Проведение ремонта осуществляется бригадой из 2-3 человек и занимает достаточно короткий промежуток времени.

Ввиду устаревшего на данный момент оборудования, используемого в ЦТП, данная мера будет очень эффективна.

Есть и ещё более радикальная мера. Она заключается во внедрении инновационного типа теплообменников - пароструйных типа «Коссет». «Коссет» - альтернативная замена кожухотрубных и пластинчатых теплообменников. Он представляет собой сетевой смесительный теплообменник, принцип действия которого основан на подаче паровой струи непосредственно в поток нагреваемой воды. Внутренняя энергия пара

полностью передаётся нагреваемой воде. В результате реальный КПД установки доходит до 99% и сохраняется в течение всего срока эксплуатации. Производителем заявлен довольно короткий срок окупаемости - до 2-х месяцев, достигаемый за счет экономии энергоресурсов. Данный момент немаловажен при проведении модернизации тепловых пунктов и порой может играть решающую роль.

Такие теплообменники подойдут практически для любых систем, вне зависимости от источника тепла, будь то ТЭЦ, паровые котельные либо любые промышленные объекты, на которых используется пар (в системах химводоподготовки и ГВС). Они предназначены для нагрева сетевой воды в системах тепло- и водоснабжения промышленных объектов и городского хозяйства с условием использования полной энтальпии пара и отсутствием сброса конденсата.

#### Примеры использования оборудования «Коссет»

Уже есть положительные отзывы о внедрении таких систем. К примеру, выполняя план энергосбережения, на ТЭЦ-9 г. Москвы ТГК-3 успешно запущен теплообменник «КОССЕТ-<sup>^</sup>-100», используется как пиковый нагреватель сетевой воды. Внедрение теплообменника позволит экономить 5135019 рублей ежегодно.

На Челябинском тракторном заводе в системе теплоснабжения отказались от использования целого ряда кожухотрубных теплообменников в пользу 1 единицы - "КОССЕТ VII-100". Суммарная тепловая мощность установки - 10,5 МВт. Расчётный экономический эффект 2750000 рублей ежегодно. Новый теплообменник взял на себя половину потребляемой предприятием тепловой мощности.

В системе отопления РУП «Завод Камертон» г. Пинск Республика Беларусь взамен кожухотрубных подогревателей запущен теплообменник КПВН-С (Коссет-С-<sup>^</sup>-100), тепловой мощностью 9 МВт. Экономия от внедрения КОССЕТ составит свыше 1984329 рублей ежегодно.

На Ново-Зиминской ТЭЦ (Иркутскэнерго) успешно введены в эксплуатацию два контактных струйных теплообменника «КОССЕТ Ш-100» в системе химводоподготовки взамен кожухотрубных. Суммарная тепловая мощность - до 12,8 МВт; расход воды - до 500 т/час. Расчётный экономический эффект 6700000 рублей в год. Окупаемость установки - 2 месяца. Внедрение установки позволило вывести из эксплуатации 3 кожухотрубных теплообменника.

В каждом случае внедрение теплообменника «КОССЕТ» позволило предприятиям существенно снизить затраты на ППР и капремонт, вывести из эксплуатации систему возврата конденсата, максимально использовать внутреннюю энергию пара. Габаритные размеры КОССЕТов меньше каждого из заменённых кожухотрубных теплообменников. Установки работают без накипи; отсутствуют гидроудары и вибрации. Стабильная работа КОССЕТов зависит только от перепада давления между водой и паром на входе в установку. Пределы регулирования по расходу воды составляют 25-100%.

Результаты запусков подтверждают, что, если предприятие использует пар покупной или собственный (отопление, ГВС или технология), применение данных теплообменников даст неизбежную экономию.



## **ПРИМЕРЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ ЦЕНТРАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ**

Рассмотрим автоматизацию центральных тепловых пунктов с зависимой и независимой схемой присоединения к тепловой сети.

### **Центральный тепловой пункт 1.**

Центральный тепловой пункт выполняет следующие функции:

1. Изменения рабочих параметров – давления и температуры.
2. Контролирует расход теплоносителя.
3. Управляет расходом воды.
4. Защищает тепловые сети от превышения рабочих показателей.

Центральный тепловой пункт 1 с зависимой схемой присоединения к тепловой сети, необходим для уменьшения давления подающего трубопровода 2-го контура, относительно давления подающего трубопровода 1-го контура, запорно-регулирующей арматурой оперативным персоналом, который находится на ЦТП круглосуточно.

Также на ЦТП 1 установлены три насосных агрегата, которые выполняют одновременно две функции.

1. Смешивания – для регулирования температуры подающего трубопровода 2-го контура.
2. Циркуляции – для циркуляции теплоносителя 2-го контура.

Третий насосный агрегат необходим для циркуляции теплоносителя в летний период, при высоком давлении обратного трубопровода первого контура.

Все три насосных агрегата без частотного регулирования, запуск и остановку насосных агрегатов осуществляет оперативный персонал.

Также оперативный персонал контролирует регулировку параметров теплоносителя второго контура, правильную и рациональную работу теплового пункта, насосных агрегатов, всего оборудования и немедленно реагирует при возникновении нестандартных ситуаций.

Схема теплового пункта подразумевает работу одного насосного агрегата в отопительно зимний период, второй насосный агрегат находится в резерве.

Рассмотрим характеристики насосных агрегатов

Циркуляционный насос ПНО-1 марки Д 630-90: производительность - 630 м<sup>3</sup>/ч, напор - 90 м.в.ст., электродвигатель марки АМНЗ15М4У2, мощность - 250 кВт; число оборотов - 1500 об/мин.

Циркуляционный насос ПНО-2 марки Д630-90: производительность - 630 м<sup>3</sup>/ч, напор - 90 м.в.ст., электродвигатель марки АМНЗ15М4У2, мощность - 250 кВт; число оборотов - 1500 об/мин.

Циркуляционный насос ПНО-3 марки Д200-36: производительность - 200 м<sup>3</sup>/ч, напор - 36 м.в.ст., электродвигатель марки 5А200М4, мощность - 37 кВт; число оборотов - 1500 об/мин.

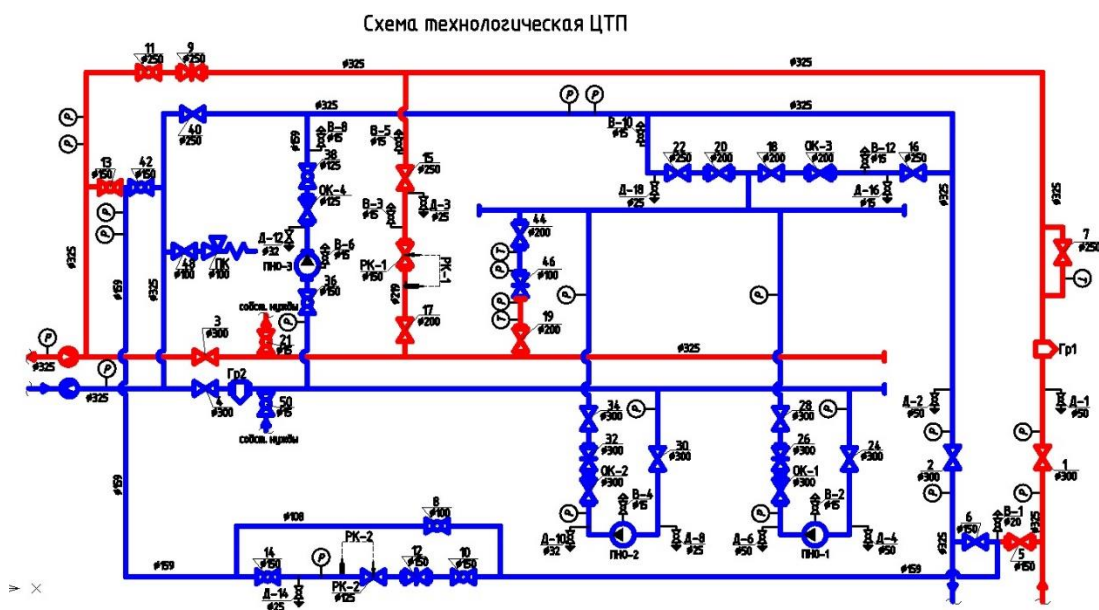


Рисунок 4 – Схема теплового пункта 1 до автоматизации

Для повышения энергоэффективности теплового пункта 1 и реализации данного мероприятия предусматривается разработка проектно-сметной документации, замена трех насосных агрегата на четыре новых насосных агрегата с меньшей мощностью электродвигателей и установкой на все четыре электродвигателя частотных преобразователей для экономически

целесообразной работы теплового пункта. Необходимо также запланировать установку датчиков для отбора давления и температуры, и установку контроллера для управления режимом работы теплового пункта и дистанционным управление. Необходимо установить регулирующий клапан на подающем трубопроводе для регулирования давления трубопровода второго контура и регулирующий клапан на обратном трубопроводе второго контура для регулирования давления обратного трубопровода в аварийных ситуациях.

Два насосных агрегата необходимы для циркуляции теплоносителя второго контура. Один насосный агрегат находится в работе, другой находится в резерве. Маркировка Willo IL 150/335-45/4: производительность - 400 м<sup>3</sup>/ч, напор - 30 м.в.ст., электродвигатель мощностью - 45 кВт.

Два насосных агрегата для смешивания обратного теплоносителя второго контура по рециркуляционному трубопроводу с теплоносителем подающего трубопровода второго контура Один насосный агрегат находится в работе, другой находится в резерве. Маркировка Willo IL 150/335-45/4: производительность - 100 м<sup>3</sup>/ч, напор - 30 м.в.ст., электродвигатель мощностью - 15 кВт.

Данным проектом предусмотреть установку регулирующей арматуры с электроприводом:

Поворотный дисковый затвор Ду 250 мм - 2 шт.

Электрический привод рек. Т=2000 Н\*м - 2 шт.

Стоимость каждой позиции отображена в таблице

Таблица 1.

поз.	Наименование	кол-во, шт.	Цена в рубл, с НДС 20%	Стоимость, руб.
ЦТП - 1				
1	Циркуляционный насос	2	903 504	1 807 008,00

Продолжение таблицы 1.

2	Смешивающий насос	2	278 124,00	556 248,00
3	Поворотный дисковый затвор	2	71 266,00	142 532, 00
4	Электрический привод	2	155 000,00	310 000,00
5	ЧРП для насоса	2	689 982,00	1 379 964,00
6	ЧРП для насоса	2	281 630,00	563 260,00
Итого			4 759 012,00	

После монтажа и пуско-наладки всего данного оборудования постоянное нахождение оперативного персонала не требуется.

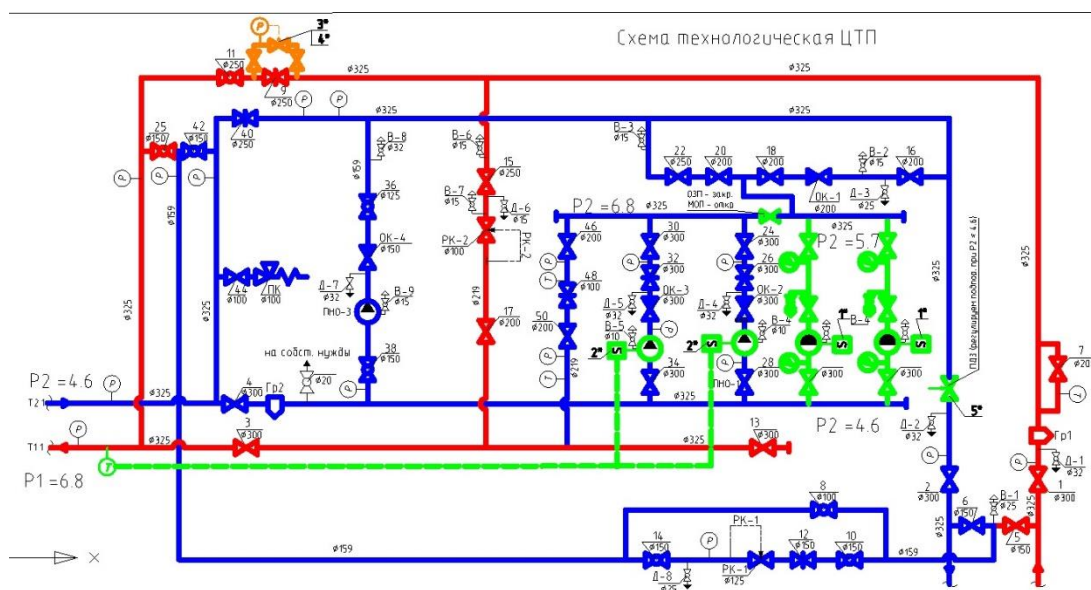


Рисунок 5 – Схема теплового пункта 1 после автоматизации.

Повышение энергоэффективности от реализации данного мероприятия заключается в сокращении расходов на потребление электроэнергии (далее ЭЭ), путём установки насосных агрегатов, имеющих меньшую мощность электродвигателя в сравнении с существующим,

ориентировочно на 618447 кВт., который складывается из разницы фактического расхода на ЭЭ по ЦТП в 2020 году, составивший 937662 кВт и расхода ЭЭ после реализации проекта 319215 кВт. При средней цене электроэнергии для ЦТП 2020 года в размере 4,6 руб. за 1 кВт, экономия в денежном выражении составит:

Таблица 2.

Поз.	Название	Затраты ЭЭ в 2020 г. , кВт	Планируемые затраты ЭЭ, кВт	Разница в потреблении ЭЭ, кВт
1	ЦТП - 1	937662	319215	618447

Кроме того, при реализации данного проекта планируется сокращение затрат на отопление, горячее и холодное водоснабжение, а также водоотведение:

Таблица 3.

Поз.	Название	ХВС, руб.	Стоки, руб.	ХН на воду, руб.	ХН на отопление, руб.	ИТОГО
1	ЦТП - 1	1679,94	6435,63	2372,77	55776,42	66264,76

Эффект от оптимизации численности персонала, связанный с автоматизацией производственного процесса.

Таблица 4.

Поз.	Название	Кол.	ФОТ в год, руб.
1	ЦТП - 1	2	940656,98

При этом, суммарная величина экономии при реализации проекта за один год оставит:

$$618\,447 * 4,6 + 66264,76 + 940\,656,98 = 3\,851\,777,94 \text{ руб.}$$

Мы видим, что улучшение энергоэффективности существенно снижает расходы на работу ЦТП. Теперь рассчитаем экономический эффект от автоматизации ЦТП, возможно повышение энергоэффективности может понизить затраты на эксплуатацию ЦТП.

Годовой экономический эффект можно рассчитать по формуле

$$\mathcal{E} = \Pi - K * E_n, \quad (1)$$

Где  $\mathcal{E}$  – годовой экономический эффект (руб.);

$\Pi$  – годовая экономия (или годовой прирост) (руб.);

$K$  – единовременные затраты (руб.)

$E_n$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений (значение  $E_n$  принимаем 0.2).

Произведение  $K * E_n$  следует рассматривать как нормативную прибыль, которая должна быть получена от автоматизации ЦТП.

Экономия на электроэнергии, затрат на отопление, горячее и холодное водоснабжение, а также водоотведение и от оптимизации численности персонала, связанной с автоматизацией производственного процесса будет составлять:

$$\Pi = 3\,851\,777,94 \text{ руб.}$$

Единовременные затраты на покупку и монтаж оборудования будут составлять:

$$K = 4\,759\,012,00 \text{ руб.}$$

Коэффициент эффективности капитальных затрат рассчитаем по определенной формуле:

$$E_p = \Pi / K, \quad (2)$$

Где  $E_p$  – коэффициент эффективности капитальных затрат.

$$E_p = 3\,851\,777,94 / 4\,759\,012 = 0,80$$

Срок окупаемости затрат на автоматизацию ЦТП будет рассчитан по формуле:

$$T = K / П \quad (3)$$

Где T – срок окупаемости расходов на автоматизацию ЦТП (мес.)

$$T = 4\,759\,012 / 3\,851\,777,94 = 1,2 \text{ года (14,4 мес.)}$$

## Центральный тепловой пункт 2.

Центральный тепловой пункт выполняет следующие функции:

1. Изменения рабочих параметров – давления и температуры.
2. Контролирует расход теплоносителя.
3. Управляет расходом воды.
4. Защищает тепловые сети от превышения рабочих показателей.

Центральный тепловой пункт 2 с зависимой схемой присоединения к тепловой сети, необходим для уменьшения давления подающего трубопровода 2-го контура, относительно давления подающего трубопровода 1-го контура, запорно-регулирующей арматурой оперативным персоналом, который находится на ЦТП круглосуточно.

Также на ЦТП 2 установлены три насосных агрегата, которые выполняют одновременно две функции.

1. Смешивания – для регулирования температуры подающего трубопровода 2-го контура.
2. Циркуляции – для циркуляции теплоносителя 2-го контура.

Третий насосный агрегат необходим для циркуляции теплоносителя в летний период, при высоком давлении обратного трубопровода первого контура.

Все три насосных агрегата без частотного регулирования, запуск и остановку насосных агрегатов осуществляет оперативный персонал.

Также оперативный персонал контролирует регулировку параметров теплоносителя второго контура, правильную и рациональную работу теплового пункта, насосных агрегатов, всего оборудования и немедленно реагирует при возникновении нештатных ситуаций.

Схема теплового пункта подразумевает работу одного насосного агрегата в отопительно зимний период, второй насосный агрегат находится в резерве.

Рассмотрим характеристики насосных агрегатов



Циркуляционный насос ПНО-1 марки Д 630-90: производительность - 630 м<sup>3</sup>/ч, напор - 90 м.в.ст., электродвигатель марки 5АНЗ15М4, мощность - 250 кВт; число оборотов - 1500 об/мин.

Циркуляционный насос ПНО-2 марки Д630-90: производительность - 630 м<sup>3</sup>/ч, напор - 90 м.в.ст., электродвигатель марки 5АНЗ15В4,, мощность - 250 кВт; число оборотов - 1500 об/мин.

Циркуляционный насос ПНО-3 марки Д200-36Б: производительность - 180 м<sup>3</sup>/ч, напор - 36 м.в.ст., электродвигатель марки АИР180S4Уз,, мощность - 22 кВт; число оборотов - 1500 об/мин

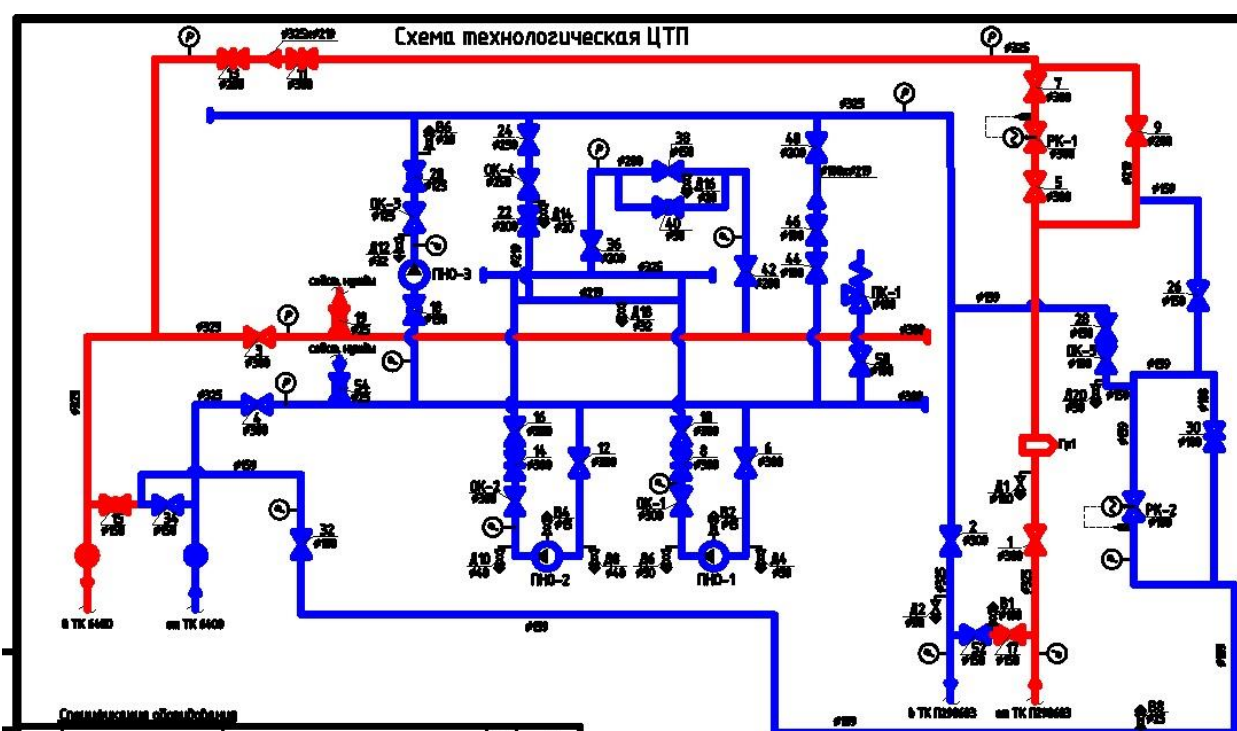


Рисунок 6 – Схема теплового пункта 2 до автоматизации

Для повышения энергоэффективности теплового пункта 2 и реализации данного мероприятия предусматривается разработка проектно-сметной документации, замена трех насосных агрегата на четыре новых насосных агрегата с меньшей мощностью электродвигателей и установкой на все четыре электродвигателя частотных преобразователей для экономически целесообразной работы теплового пункта. Необходимо также запланировать установку датчиков для отбора давления и температуры, и установку

контроллера для управления режимом работы теплового пункта и дистанционном управлении. Необходимо установить регулирующий клапан на подающем трубопроводе для регулирования давления трубопровода второго контура и регулирующий клапан на обратном трубопроводе второго контура для регулирования давления обратного трубопровода в аварийных ситуациях.

Два насосных агрегата с маркировкой Willo IL 150/335-45/4 G=400 м<sup>3</sup>/ч, H=30 м, N=45 кВт. необходимы для циркуляции теплоносителя второго контура. Один насосный агрегат находится в работе, другой находится в резерве.

Два насосных агрегата с маркировкой Willo IL 80/170-15/2 G=100 м<sup>3</sup>/ч, H=30 м, N=15 кВт. необходимы для смешивания обратного теплоносителя второго контура по рециркуляционному трубопроводу с теплоносителем подающего трубопровода второго контура.

Режим работы ЦТП предусматривает совместную работу одного перекачивающего насоса и одного насоса смешения на систему отопления и систему горячего водоснабжения, два насоса находятся в резерве. Всего необходимо 4 насоса.

Данным проектом предусмотреть установку регулирующей арматуры с электроприводом:

Поворотный дисковый затвор Ду 250 мм - 2 шт.

Электрический привод рек. T=2000 Н\*м - 2 шт.

Стоимость каждой позиции отображена в таблице

Таблица 5.

поз.	Наименование	кол-во, шт.	Цена в рубл, с НДС 20%	Стоимость, руб.
ЦТП - 2				
1	Циркуляционный насос	2	903 504	1 807 008,00

Продолжение таблицы 5.

2	Смешивающий насос	2	278 124,00	556 248,00
3	Поворотный дисковый затвор	2	71 266,00	142 532, 00
4	Электрический привод	2	155 000,00	310 000,00
5	ЧРП для насоса	2	689 982,00	1 379 964,00
6	ЧРП для насоса	2	281 630,00	563 260,00
Итого			4 759 012,00	

После монтажа и пуско-наладки всего данного оборудования постоянное нахождение оперативного персонала не требуется.

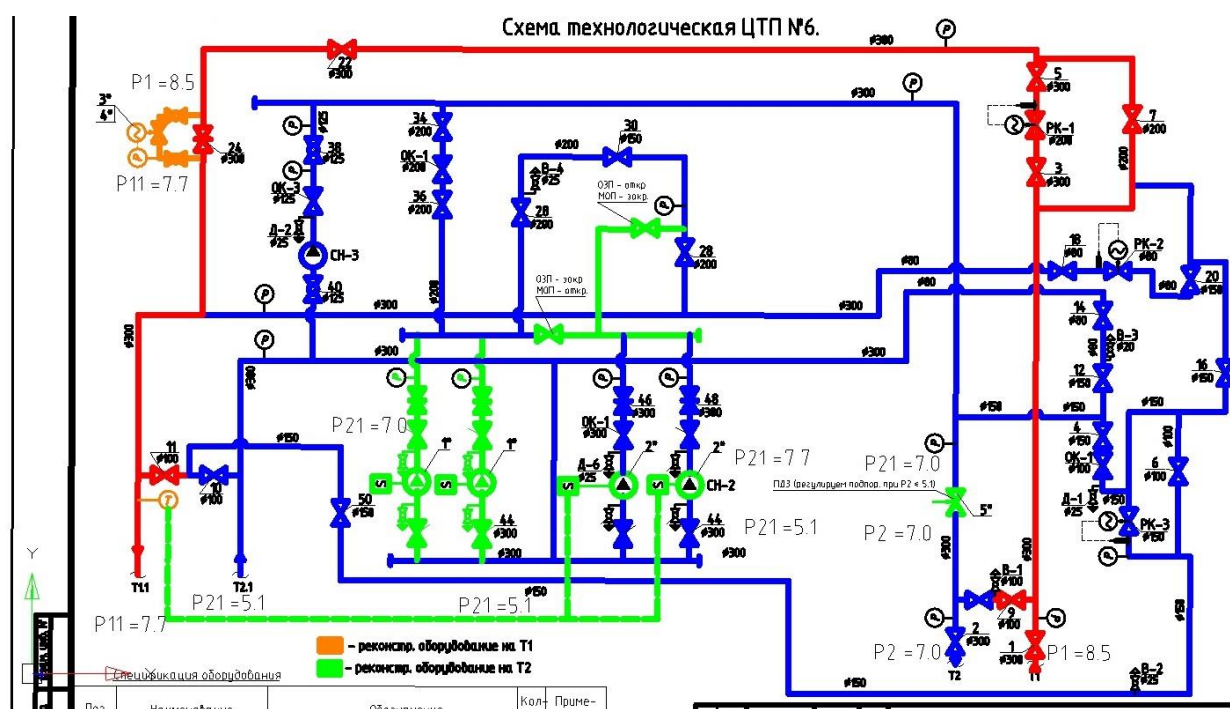


Рисунок 7 – Схема теплового пункта 2 после автоматизации

Повышение энергоэффективности от реализации данного мероприятия заключается в сокращении расходов на потребление электроэнергии (далее ЭЭ), путём установки насосных агрегатов, имеющих меньшую мощность электродвигателя в сравнении с существующим, ориентировочно на 643736 кВт., который складывается из разницы фактического расхода на ЭЭ по ЦТП в 2020 году, составивший 962951 кВт и расхода ЭЭ после реализации проекта 319215 кВт. При средней цене электроэнергии для ЦТП 2020 года в размере 4,6 руб. за 1 кВт, экономия в денежном выражении составит

Таблица 6.

Поз.	Название	Затраты ЭЭ в 2020 г. , кВт	Планируемые затраты ЭЭ, кВт	Разница в потреблении ЭЭ, кВт
1	ЦТП - 2	962951	319215	643736

Кроме того, при реализации данного проекта планируется сокращение затрат на отопление, горячее и холодное водоснабжение, а также водоотведение:

Таблица 7.

Поз.	Название	ХВС, руб.	Стоки, руб.	ХН на воду, руб.	ХН на отопление, руб.	ИТОГО
1	ЦТП - 2	935,66	3700,56	1184,03	27286,08	33106,31

Эффект от оптимизации численности персонала, связанный с автоматизацией производственного процесса.

Таблица 8.

Поз.	Название	Кол.	ФОТ в год, руб.
1	ЦТП - 2	2	940656,98

При этом, суммарная величина экономии при реализации проекта за один год оставит:

$$643\,736 * 4,6 + 33106,31 + 940\,656,98 = 3\,934\,948,89 \text{ руб.}$$

Мы видим, что улучшение энергоэффективности существенно снижает расходы на работу ЦТП. Теперь рассчитаем экономический эффект от автоматизации ЦТП, возможно повышение энергоэффективности может понизить затраты на эксплуатацию ЦТП.

Годовой экономический эффект можно рассчитать по формуле

$$\text{Э} = \text{П} - \text{К} * \text{Ен}, \quad (4)$$

Где Э – годовой экономический эффект (руб.);

П – годовая экономия (или годовой прирост) (руб.);

К – единовременные затраты (руб.)

Ен – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений (значение Ен принимаем 0.2).

Произведение  $\text{К} * \text{Ен}$  следует рассматривать как нормативную прибыль, которая должна быть получена от автоматизации ЦТП.

Экономия на электроэнергии, затрат на отопление, горячее и холодное водоснабжение, а также водоотведение и от оптимизации численности персонала, связанной с автоматизацией производственного процесса будет составлять:

$$\text{П} = 3\,934\,948,89 \text{ руб.}$$

Единовременные затраты на покупку и монтаж оборудования будут составлять:

$$\text{К} = 4\,759\,012,00 \text{ руб.}$$

Коэффициент эффективности капитальных затрат рассчитаем по определенной формуле:

$$E_p = \Pi / K, \quad (5)$$

Где  $E_p$  – коэффициент эффективности капитальных затрат.

$$E_p = 3\,934\,948,89 / 4\,759\,012 = 0,82$$

Срок окупаемости затрат на автоматизацию ЦТП будет рассчитан по формуле:

$$T = K / \Pi \quad (6)$$

Где  $T$  – срок окупаемости расходов на автоматизацию ЦТП (мес.)

$$T = 4\,759\,012 / 3\,934\,948,89 = 1,2 \text{ года (14,4 мес.)}$$

### **Центральный тепловой пункт 3.**

Центральный тепловой пункт выполняет следующие функции:

1. Изменения рабочих параметров – давления и температуры.
2. Контролирует расход теплоносителя.
3. Управляет расходом воды.
4. Защищает тепловые сети от превышения рабочих показателей.

Центральный тепловой пункт 3 с независимой схемой присоединения к тепловой сети, необходим для передачи тепловой энергии от теплоносителя 1-го контура к теплоносителю 2-го контура. Для этого на ЦТП установлены теплообменники. Так же на ЦТП необходим подпитывающий трубопровод, для поддержания необходимого давления на подающем трубопроводе 2-го контура. На этом трубопроводе необходим регулирующий клапан, которым оперативный персонал вручную регулирует давление подающего трубопровода 2-го контура, который находится на ЦТП круглосуточно.

Также на ЦТП 3 установлены два насосных агрегата, которые выполняют одну функцию.

1. Циркуляции – для циркуляции теплоносителя 2-го контура.

Один из насосных агрегатов с частотным регулированием, второй насосный агрегат без частотного регулирования.

Из-за того на одном насосном агрегате есть частотное регулирование, именно этот насосный агрегат и находится в работе. Второй насосный агрегат включается в период текущего ремонта первого. Из-за этого появляется неравномерный износ насосных агрегатов и неправильное распределение время работы насосных агрегатов.

Только один насосных агрегата без частотного регулирования, запуск и остановку насосных агрегатов осуществляет оперативный персонал.

Также оперативный персонал контролирует регулировку параметров теплоносителя второго контура, правильную и рациональную работу

теплового пункта, насосных агрегатов, всего оборудования и немедленно реагирует при возникновении нештатных ситуаций.

Схема теплового пункта подразумевает работу одного насосного агрегата круглый год, второй насосный агрегат находится в резерве.

Рассмотрим характеристики насосных агрегатов

Циркуляционный насос ПНО-1 марки КМ100-65-200: производительность - 100 м<sup>3</sup>/ч, напор - 50 м.в.ст., электродвигатель марки АИР180М2ЖУ2, мощность - 30 кВт; число оборотов - 3000 об/мин.

Циркуляционный насос ПНО-2 марки КМ100-65-200: производительность - 100 м<sup>3</sup>/ч, напор - 50 м.в.ст., электродвигатель марки АИР180М2ЖУ2, мощность - 30 кВт; число оборотов - 3000 об/мин.

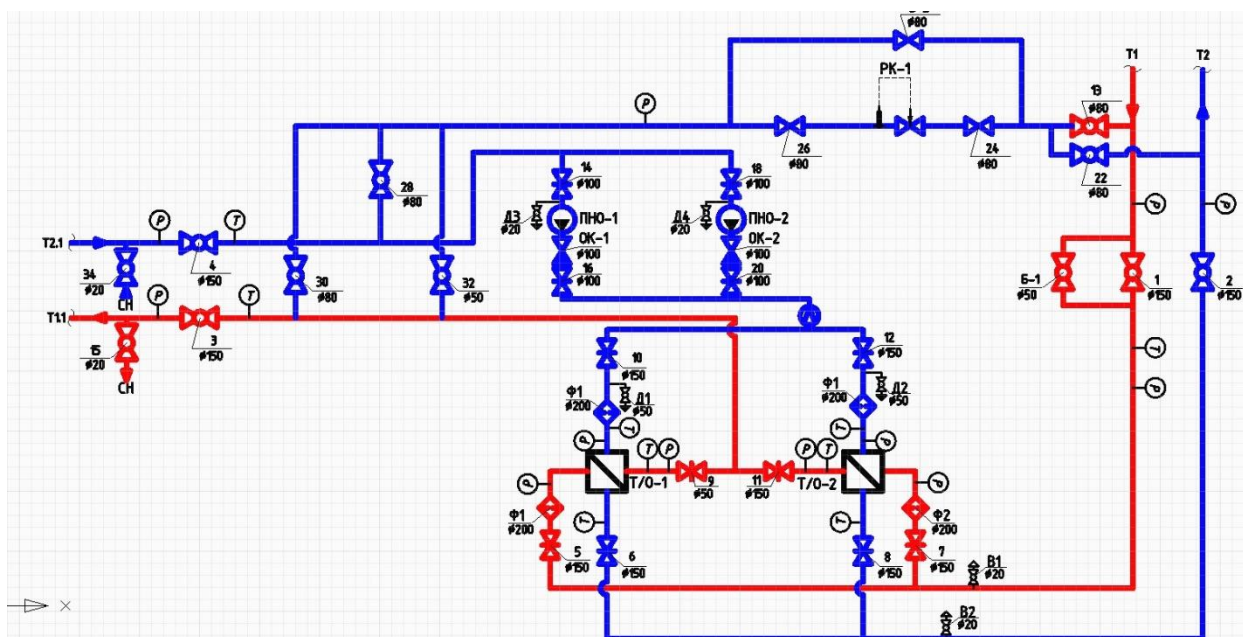


Рисунок 8 – Схема теплового пункта 3 до автоматизации

Для повышения энергоэффективности теплового пункта 3 и реализации данного мероприятия предусматривается разработка проектно-сметной документации, замена двух насосных агрегата на два новых насосных агрегата с меньшей мощностью электродвигателей и установкой на все два электродвигателя частотных преобразователей для экономически



целесообразной работы теплового пункта. Необходимо также запланировать установку датчиков для отбора давления и температуры, и установку контроллера для управления режимом работы теплового пункта и дистанционным управление. Необходимо установить регулирующий клапан на подпитывающем трубопроводе для регулирования давления трубопровода 2-го контура и регулирующие клапана на подающем трубопроводе для регулирования расхода теплоносителя 1-го контура перед входом в теплообменники и регулирования температуры подающего трубопровода 2-го контура.

Два насосных агрегата с маркировкой NB 65-160/173 AF2ABAQE G=130 м<sup>3</sup>/ч, H=30 м, N=15 кВт. необходимы для циркуляции теплоносителя второго контура. Один насосный агрегат находится в работе, другой находится в резерве.

Все вновь установленные насосы необходимо установить с ЧРП (частотно регулирующийся преобразователь).

Данным проектом предусмотреть установку регулирующей арматуры с электроприводом:

Регулятор давления (после себя) Ду65, Kvs = 60м<sup>3</sup>/ч – 1 шт.

Регулирующий клапан Ду50; Kvs = 40м<sup>3</sup>/ч + электроприводом – 1 шт;

з/а Ду 65 - 4 шт; датчик температуры погружной - 4 шт.

Датчик температуры наружного воздуха - 1 шт., контроллер

Стоимость каждой позиции отображена в таблице

Таблица 9.

поз.	Наименование	кол-во, шт.	Цена в рубл, с НДС 20%	Стоимость, руб.
ЦТП - 3				
1	Циркуляционный насос	2	245 952,00	491 904,00

Продолжение таблицы 9.

2	Регулирующий блок	1	74 281,20	74 281,20
3	Регулирующий клапан	1	219 433,20	219 433,20
4	Регулирующий клапан	2	75 392,52	150 785,04
5	Электрический привод	2	63 932,40	127 864,80
6	ЧРП для насоса	2	281 630,00	563 260,00
Итого			1 627 528,24	

После монтажа и пуско-наладки всего данного оборудования постоянное нахождение оперативного персонала не требуется.

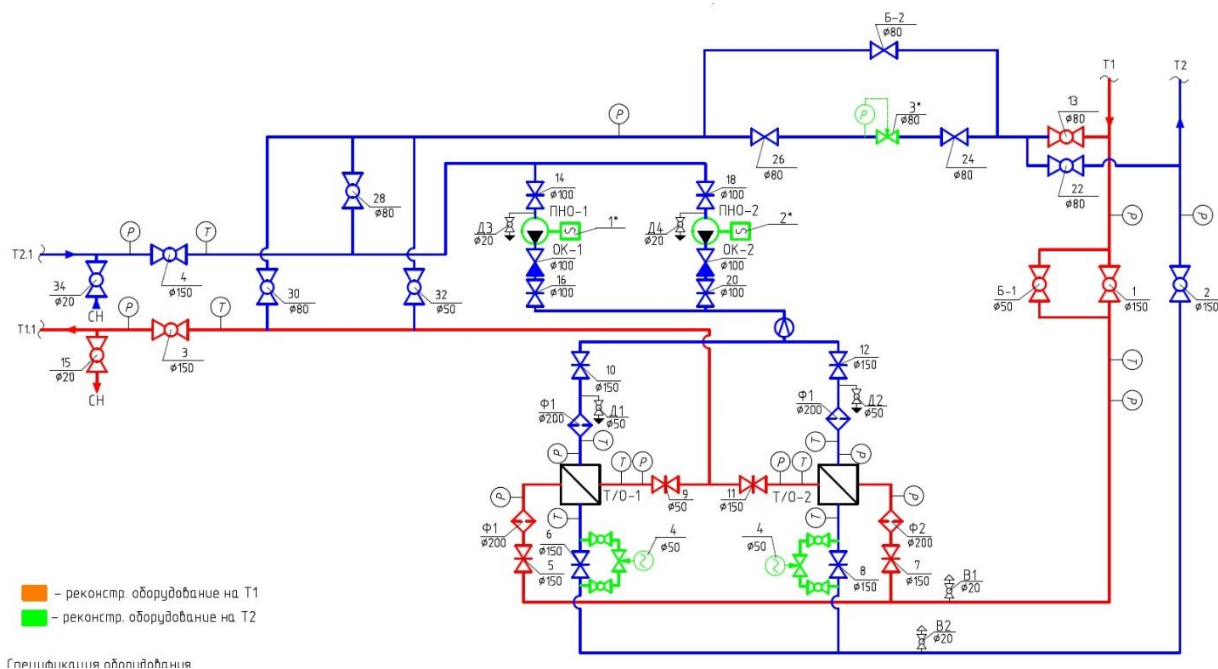


Рисунок 8 – Схема теплового пункта 3 после автоматизации

Повышение энергоэффективности от реализации данного мероприятия заключается в сокращении расходов на потребление

электроэнергии (далее ЭЭ), путём установки насосных агрегатов, имеющих меньшую мощность электродвигателя в сравнении с существующим, ориентировочно на 42523 кВт., который складывается из разницы фактического расхода на ЭЭ по ЦТП в 2020 году, составивший 80346 кВт и расхода ЭЭ после реализации проекта 37823 кВт. При средней цене электроэнергии для ЦТП 2020 года в размере 4,6 руб. за 1 кВт, экономия в денежном выражении составит

Таблица 10.

Поз.	Название	Затраты ЭЭ в 2020 г. , кВт	Планируемые затраты ЭЭ, кВт	Разница в потреблении ЭЭ, кВт
1	ЦТП - 3	80346	37823	42523

Кроме того, при реализации данного проекта планируется сокращение затрат на отопление, горячее и холодное водоснабжение, а также водоотведение:

Таблица 11.

Поз.	Название	ХВС, руб.	Стоки, руб.	ХН на воду, руб.	ХН на отопление, руб.	ИТОГО
1	ЦТП - 3	1148,31	7455,54	2341,15	45370,66	56315,66

Эффект от оптимизации численности персонала, связанный с автоматизацией производственного процесса.

Таблица 12.

Поз.	Название	Кол.	ФОТ в год, руб.
1	ЦТП - 3	2	940656,98

При этом, суммарная величина экономии при реализации проекта за один год оставит:

$$42\,523 * 4,6 + 56\,315,66 + 940\,656,98 = 1\,192\,578,44 \text{ руб.}$$

Мы видим, что улучшение энергоэффективности существенно снижает расходы на работу ЦТП. Теперь рассчитаем экономический эффект от автоматизации ЦТП, возможно повышение энергоэффективности может понизить затраты на эксплуатацию ЦТП.

Годовой экономический эффект можно рассчитать по формуле

$$\mathcal{E} = \Pi - K * E_n, \tag{7}$$

Где  $\mathcal{E}$  – годовой экономический эффект (руб.);

$\Pi$  – годовая экономия (или годовой прирост) (руб.);

$K$  – единовременные затраты (руб.)

$E_n$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений (значение  $E_n$  принимаем 0.2).

Произведение  $K * E_n$  следует рассматривать как нормативную прибыль, которая должна быть получена от автоматизации ЦТП.

Экономия на электроэнергии, затрат на отопление, горячее и холодное водоснабжение, а также водоотведение и от оптимизации численности персонала, связанной с автоматизацией производственного процесса будет составлять:

$$\Pi = 1\,192\,578,44 \text{ руб.}$$

Единовременные затраты на покупку и монтаж оборудования будут составлять:

$$K = 1\,627\,528,24 \text{ руб.}$$

Коэффициент эффективности капитальных затрат рассчитаем по определенной формуле:

$$E_p = \Pi / K, \quad (8)$$

Где  $E_p$  – коэффициент эффективности капитальных затрат.

$$E_p = 1\,192\,578,44 / 1\,627\,528,24 = 0,73$$

Срок окупаемости затрат на автоматизацию ЦТП будет рассчитан по формуле:

$$T = K / \Pi \quad (9)$$

Где  $T$  – срок окупаемости расходов на автоматизацию ЦТП (мес.)

$$T = 1\,627\,528,24 / 1\,192\,578,44 = 1,36 \text{ года (16, 3 мес.)}$$

#### **Центральный тепловой пункт 4.**

Центральный тепловой пункт выполняет следующие функции:

1. Изменения рабочих параметров – давления и температуры.
2. Контролирует расход теплоносителя.
3. Управляет расходом воды.
4. Защищает тепловые сети от превышения рабочих показателей.

Центральный тепловой пункт 4 с зависимой схемой присоединения к тепловой сети, необходим для уменьшения давления подающего трубопровода 2-го контура, относительно давления подающего трубопровода 1-го контура, регулирующим клапаном, которым оперативный персонал вручную регулирует давление подающего трубопровода 2-го контура и запорно-регулирующей арматурой регулирует давление обратного трубопровода 2-го контура, который находится на ЦТП круглосуточно.

Также на ЦТП 4 установлены два насосных агрегата, которые выполняют одну функцию.

1. Смешивания – для регулирования температуры подающего трубопровода 2-го контура.

Один из насосных агрегатов с частотным регулированием, второй насосный агрегат без частотного регулирования.

Из-за того на одном насосном агрегате есть частотное регулирование, именно этот насосный агрегат и находится в работе. Второй насосный агрегат включается в период текущего ремонта первого. Из-за этого появляется неравномерный износ насосных агрегатов и неправильное распределение время работы насосных агрегатов.

Только один насосных агрегата без частотного регулирования, запуск и остановку насосных агрегатов осуществляет оперативный персонал.

Также оперативный персонал контролирует регулировку параметров теплоносителя второго контура, правильную и рациональную работу теплового пункта, насосных агрегатов, всего оборудования и немедленно реагирует при возникновении нештатных ситуаций.

Схема теплового пункта подразумевает работу одного насосного агрегата в отопительно зимний период, второй насосный агрегат находится в резерве.

Рассмотрим характеристики насосных агрегатов

Циркуляционный насос ПНО-1 марки КМ125-100-160/2: производительность - 160 м<sup>3</sup>/ч, напор - 30 м.в.ст., электродвигатель марки АИР180S2Ж, мощность - 22 кВт; число оборотов - 3000 об/мин.

Циркуляционный насос ПНО-2 марки КМ125-100-160/2: производительность - 160 м<sup>3</sup>/ч, напор - 30 м.в.ст., электродвигатель марки АИР180S2У2, мощность - 22 кВт; число оборотов - 3000 об/мин.

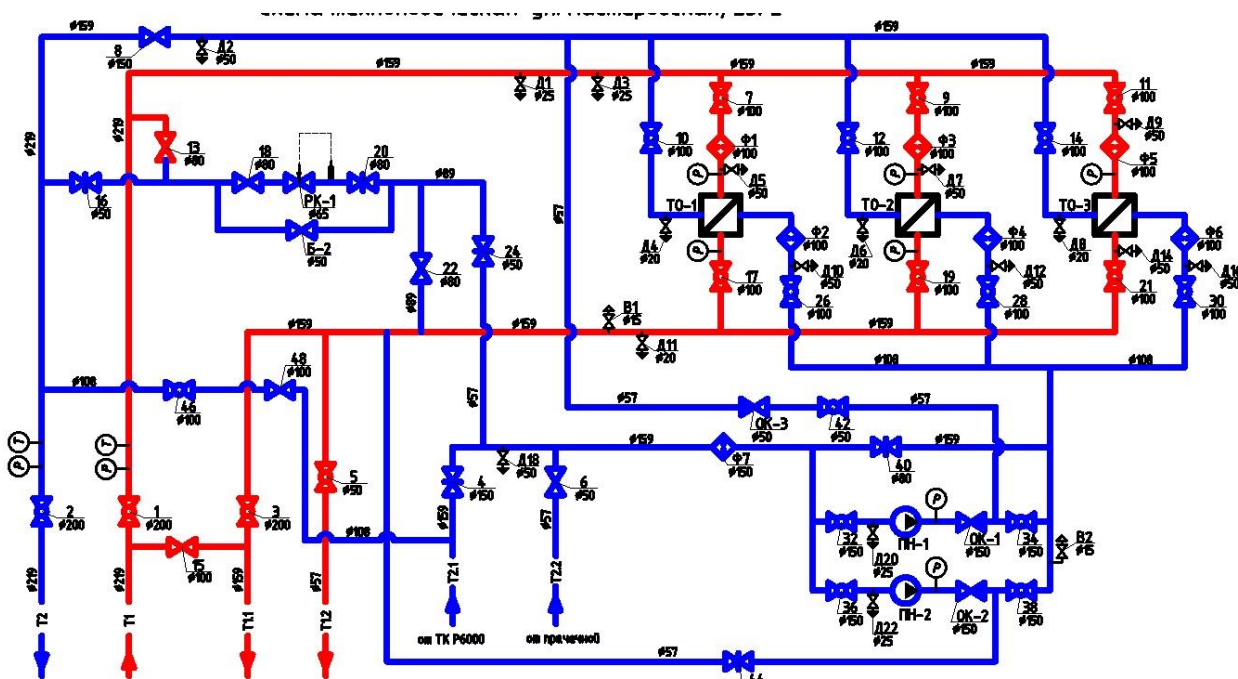


Рисунок 9 – Схема теплового пункта 4 до автоматизации

Для повышения энергоэффективности теплового пункта 4 и реализации данного мероприятия предусматривается разработка проектно-сметной документации, замена двух насосных агрегата на два новых насосных агрегата с меньшей мощностью электродвигателей и установкой на все два электродвигателя частотных преобразователей для экономически целесообразной работы теплового пункта. Необходимо также запланировать

установку датчиков для отбора давления и температуры, и установку контроллера для управления режимом работы теплового пункта и дистанционном управлением. Необходимо установить регулирующий клапан на подающем трубопроводе для регулирования давления трубопровода 2-го контура и регулирующий клапан на обратном трубопроводе для регулирования давления обратного трубопровода 2-го контура.

Два насосных агрегата с маркировкой ИЛ 65/160-5,5/2; G=35 м<sup>3</sup>/ч, H=30 м, N=5.5 кВт. необходимы для регулирования температуры теплоносителя второго контура. Один насосный агрегат находится в работе, другой находится в резерве.

Все вновь установленные насосы необходимо установить с ЧРП (частотно регулирующий преобразователь).

Данным проектом предусмотреть установку регулирующей арматуры с электроприводом:

Регулятор давления (после себя) VFG 2, DN 100, KVS 125. + AFD (3-12 бар) – 1 шт.

Регулятор давления (до себя) VFG 2, DN 100, KVS 125. + AFA (3-12 бар) – 1 шт.

Стоимость каждой позиции отображена в таблице

Таблица 13.

поз.	Наименование	кол-во, шт.	Цена в рубл, с НДС 20%	Стоимость, руб.
ЦТП - 4				
1	Корректирующий насос	2	182 448,00	364 896,00



Продолжение таблицы 13.

2	Регулирующий блок	1	74 281,20	74 281,20
3	Регулирующий клапан	2	384 422,64	768 845,28
4	Регулирующий блок	1	119 963,76	119 963,76
5	ЧРП для насоса	2	163 828,00	327 656,00
Итого			1 655 642	

После монтажа и пуско-наладки всего данного оборудования постоянное нахождение оперативного персонала не требуется.

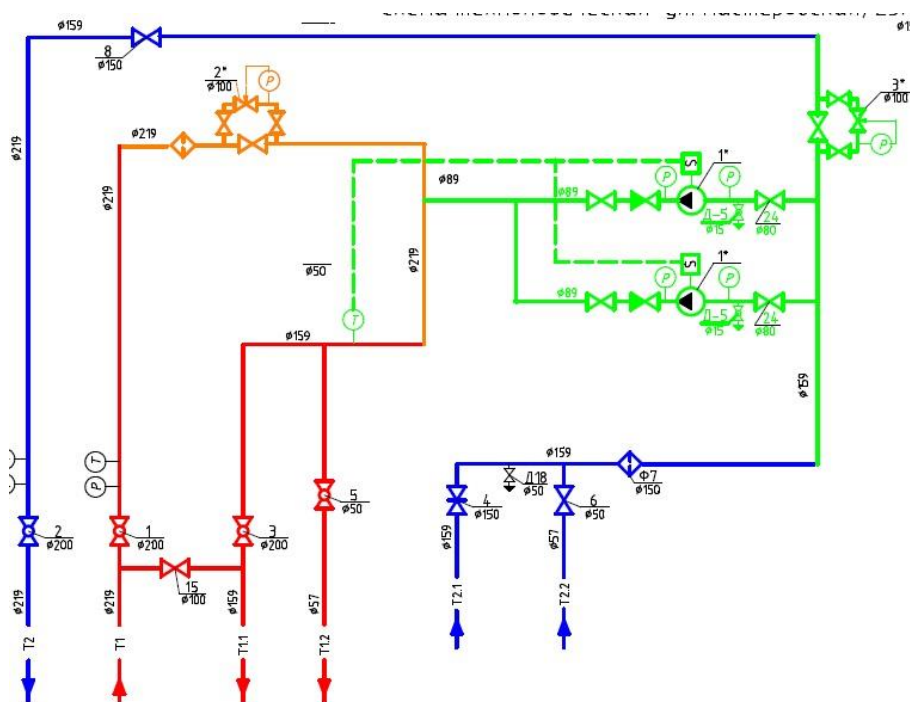


Рисунок 10 – Схема теплового пункта 4 после автоматизации

Повышение энергоэффективности от реализации данного мероприятия заключается в сокращении расходов на потребление электроэнергии (далее ЭЭ), путём установки насосных агрегатов, имеющих

меньшую мощность электродвигателя в сравнении с существующим, ориентировочно на 29693кВт., который складывается из разницы фактического расхода на ЭЭ по ЦТП в 2020 году, составивший 54731 и расхода ЭЭ после реализации проекта 25038 кВт. При средней цене электроэнергии для ЦТП 2020 года в размере 4,6 руб. за 1 кВт, экономия в денежном выражении составит:

Таблица 14.

Поз.	Название	Затраты ЭЭ в 2020 г. , кВт	Планируемые затраты ЭЭ, кВт	Разница в потреблении ЭЭ, кВт
1	ЦТП - 4	54731	25038	29693

Кроме того, при реализации данного проекта планируется сокращение затрат на отопление, горячее и холодное водоснабжение, а также водоотведение:

Таблица 15.

Поз.	Название	ХВС, руб.	Стоки, руб.	ХН на воду, руб.	ХН на отопление, руб.	ИТОГО
1	ЦТП - 4	935,6	7741,25	2364,78	44835,7	55877,39

Эффект от оптимизации численности персонала, связанный с автоматизацией производственного процесса.

Таблица 16.

Поз.	Название	Кол.	ФОТ в год, руб.
1	ЦТП - 4	2	940656,98

При этом, суммарная величина экономии при реализации проекта за один год оставит:

$$29\,693 * 4,6 + 55\,877,39 + 940\,656,98 = 1\,133\,122,17 \text{ руб.}$$

Мы видим, что улучшение энергоэффективности существенно снижает расходы на работу ЦТП. Теперь рассчитаем экономический эффект от автоматизации ЦТП, возможно повышение энергоэффективности может понизить затраты на эксплуатацию ЦТП.

Годовой экономический эффект можно рассчитать по формуле

$$\mathcal{E} = \Pi - K * E_n, \quad (10)$$

Где  $\mathcal{E}$  – годовой экономический эффект (руб.);

$\Pi$  – годовая экономия (или годовой прирост) (руб.);

$K$  – единовременные затраты (руб.)

$E_n$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений (значение  $E_n$  принимаем 0.2).

Произведение  $K * E_n$  следует рассматривать как нормативную прибыль, которая должна быть получена от автоматизации ЦТП.

Экономия на электроэнергии, затрат на отопление, горячее и холодное водоснабжение, а также водоотведение и от оптимизации численности персонала, связанной с автоматизацией производственного процесса будет составлять:

$$\Pi = 1\,133\,122,17 \text{ руб.}$$

Единовременные затраты на покупку и монтаж оборудования будут составлять:

$$K = 1\,655\,642 \text{ руб.}$$

Коэффициент эффективности капитальных затрат рассчитаем по определенной формуле:

$$E_p = \Pi / K, \quad (11)$$

Где  $E_p$  – коэффициент эффективности капитальных затрат.

$$E_p = 1\,133\,122,17 / 1\,655\,642,24 = 0,68$$

Срок окупаемости затрат на автоматизацию ЦТП будет рассчитан по формуле:

$$T = K / П \quad (12)$$

Где T – срок окупаемости расходов на автоматизацию ЦТП (мес.)

$$T = 1\,655\,642 / 1\,133\,122,17 = 1,46 \text{ года (17, 5 мес.)}$$

## Центральный тепловой пункт 5.

Центральный тепловой пункт выполняет следующие функции:

1. Изменения рабочих параметров – давления и температуры.
2. Контролирует расход теплоносителя.
3. Управляет расходом воды.
4. Защищает тепловые сети от превышения рабочих показателей.

Центральный тепловой пункт 5 с зависимой схемой присоединения к тепловой сети, необходим для уменьшения давления подающего трубопровода 2-го контура, относительно давления подающего трубопровода 1-го контура, запорно-регулирующей арматурой, которой оперативный персонал вручную регулирует давление подающего трубопровода 2-го контура, который находится на ЦТП круглосуточно и регулирует давление обратного трубопровода 2-го контура запорно-регулирующей арматурой.

На ЦТП выделена система ГВС 2-го контура в отдельный подающий и обратный трубопровод.

Также на ЦТП 5 установлены четыре насосных агрегата, которые выполняют одну функцию.

1. Корректирования – для регулирования температуры подающего трубопровода 2-го контура и регулирования температуры подающего трубопровода ГВС.

Все четыре насосных агрегата без частотного регулирования, запуск и остановку насосных агрегатов осуществляет оперативный персонал.

Также оперативный персонал контролирует регулировку параметров теплоносителя второго контура, правильную и рациональную работу теплового пункта, насосных агрегатов, всего оборудования и немедленно реагирует при возникновении нештатных ситуаций.

Схема теплового пункта подразумевает работу одного насосного агрегата в отопительно зимний период, другие насосные агрегаты находятся в резерве.

Рассмотрим характеристики насосных агрегатов

Корректирующий насос СН-1 марки Д 200-36: производительность - 200 м<sup>3</sup>/ч, напор - 36 м.в.ст., электродвигатель марки 5АМН180М4, мощность - 37 кВт; число оборотов - 1500 об/мин.

Корректирующий насос СН-2 марки Д200-36: производительность - 200 м<sup>3</sup>/ч, напор - 36 м.в.ст., электродвигатель марки 5АМН180М4, мощность - 37 кВт; число оборотов - 1500 об/мин

Корректирующий насос СН-3 марки Д320-50: производительность - 320 м<sup>3</sup>/ч, напор - 50 м.в.ст., электродвигатель марки 4АМН225М4, мощность - 75 кВт; число оборотов - 1500 об/мин

Корректирующий насос СН-4 марки КМ 80-65-160: производительность - 50 м<sup>3</sup>/ч, напор - 32 м.в.ст., электродвигатель марки АИР112М2Ж, мощность – 7.5 кВт; число оборотов - 3000 об/мин

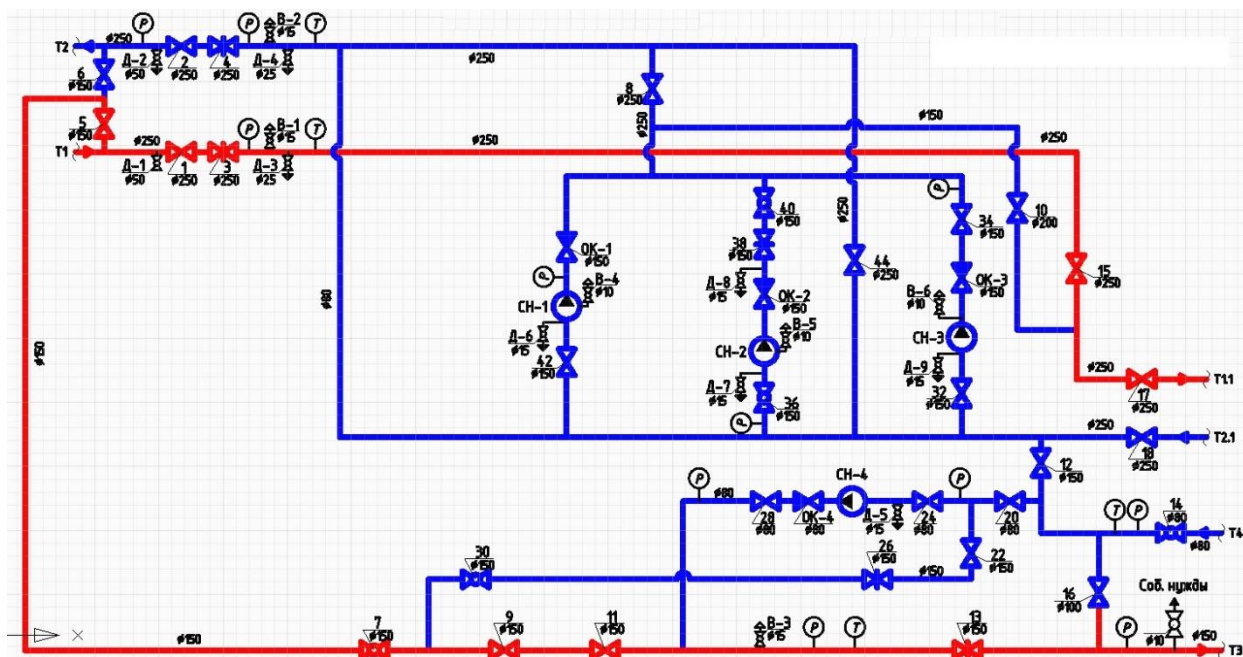


Рисунок 11 – Схема теплового пункта 5 до автоматизации

Для повышения энергоэффективности теплового пункта 5 и реализации данного мероприятия предусматривается разработка проектно-сметной документации, замена четырех насосных агрегата на четыре новых насосных агрегата с меньшей мощностью электродвигателей и установкой на все четыре электродвигателя частотных преобразователей для экономически целесообразной работы теплового пункта. Необходимо также запланировать установку датчиков для отбора давления и температуры, и установку контроллера для управления режимом работы теплового пункта и дистанционным управлением. Необходимо установить регулируемую арматуру и электроприводы к ней на подающем трубопроводе для регулирования давления трубопровода 2-го контура и регулируемую арматуру на обратном трубопроводе для регулирования давления обратного трубопровода 2-го контура.

Четыре насосных агрегата с маркировкой Willo IL 40/200-7,5/2 G=10-30 м<sup>3</sup>/ч, H=28 м, N=7,5 кВт. необходимы для регулирования температуры теплоносителя и ГВС второго контура. Два насосных агрегата находятся в работе в трубопроводы 2-го контура, другие два находятся в резерве.

Все вновь установленные насосы необходимо установить с ЧРП (частотно регулирующей преобразователь).

Данным проектом предусмотреть установку регулирующей арматуры с электроприводом:

Поворотный дисковый затвор LD ПДЗ.П.Э.200.025.02 Ду 200 мм – 2 шт.

Электрический привод Auma SQ 12.2 (рек. T=1200 Н\*м) - 2 шт.

Регулирующий клапан VFM2 Ду65; Kvs = 63 – 1 шт.

Электрический привод АМЕ 655 – 1 шт.

Стоимость каждой позиции отображена в таблице

Таблица 17.

поз.	Наименование	кол-во, шт.	Цена в рубл, с НДС 20%	Стоимость, руб.
<b>ЦТП - 5</b>				
1	Корректирующий насос	4	174 216,00	696 864,00
2	Поворотный дисковый затвор	2	53 917,00	107 834,00
3	Электрический привод	2	155 000,00	310 000,00
4	Регулирующий клапан	1	131 383,56	131 383,56
5	Электрический привод	1	150 148,32	150 148,32
6	ЧРП для насоса	4	199 513,00	798 052,00
<b>Итого</b>			<b>2 194 282</b>	

После монтажа и пуско-наладки всего данного оборудования постоянное нахождение оперативного персонала не требуется.

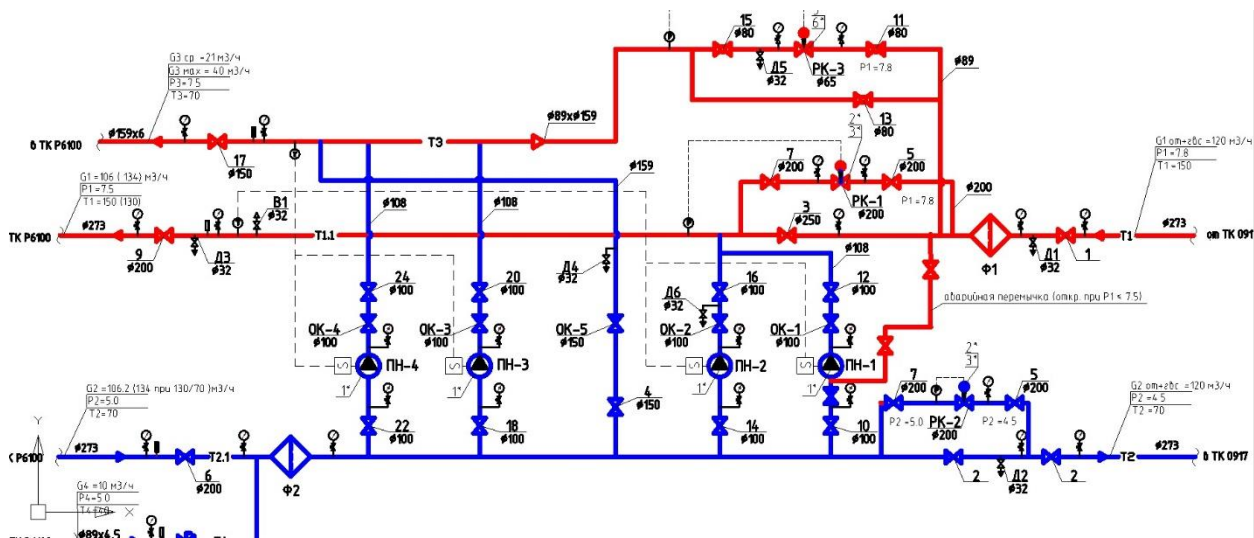


Рисунок 12 – Схема теплового пункта 5 после автоматизации



Повышение энергоэффективности от реализации данного мероприятия заключается в сокращении расходов на потребление электроэнергии (далее ЭЭ), путём установки насосных агрегатов, имеющих меньшую мощность электродвигателя в сравнении с существующим, ориентировочно на 48668 кВт., который складывается из разницы фактического расхода на ЭЭ по ЦТП в 2020 году, составивший 84540 и расхода ЭЭ после реализации проекта 35872 кВт. При средней цене электроэнергии для ЦТП 2020 года в размере 4,6 руб. за 1 кВт, экономия в денежном выражении составит:

Таблица 18.

Поз.	Название	Затраты ЭЭ в 2020 г. , кВт	Планируемые затраты ЭЭ, кВт	Разница в потреблении ЭЭ, кВт
1	ЦТП - 5	84540	35872	48668

Кроме того, при реализации данного проекта планируется сокращение затрат на отопление, горячее и холодное водоснабжение, а также водоотведение:

Таблица 19.

Поз.	Название	ХВС, руб.	Стоки, руб.	ХН на воду, руб.	ХН на отопление, руб.	ИТОГО
1	ЦТП - 5	212,6	6911,34	2365,25	49593,71	59082,95

Эффект от оптимизации численности персонала, связанный с автоматизацией производственного процесса.

Таблица 20.

Поз.	Название	Кол.	ФОТ в год, руб.
1	ЦТП - 5	2	940656,98

При этом, суммарная величина экономии при реализации проекта за один год оставит:

$$48\ 668 * 4,6 + 59\ 082,95 + 940\ 656,98 = 1\ 223\ 612,73 \text{ руб.}$$

Мы видим, что улучшение энергоэффективности существенно снижает расходы на работу ЦТП. Теперь рассчитаем экономический эффект от автоматизации ЦТП, возможно повышение энергоэффективности может понизить затраты на эксплуатацию ЦТП.

Годовой экономический эффект можно рассчитать по формуле

$$\mathcal{E} = \Pi - K * E_n, \tag{13}$$

Где  $\mathcal{E}$  – годовой экономический эффект (руб.);

$\Pi$  – годовая экономия (или годовой прирост) (руб.);

$K$  – единовременные затраты (руб.)

$E_n$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений (значение  $E_n$  принимаем 0.2).

Произведение  $K * E_n$  следует рассматривать как нормативную прибыль, которая должна быть получена от автоматизации ЦТП.

Экономия на электроэнергии, затрат на отопление, горячее и холодное водоснабжение, а также водоотведение и от оптимизации численности персонала, связанной с автоматизацией производственного процесса будет составлять:

$$\Pi = 1\ 223\ 612,73 \text{ руб.}$$

Единовременные затраты на покупку и монтаж оборудования будут составлять:

$$K = 2\ 194\ 282 \text{ руб.}$$

Коэффициент эффективности капитальных затрат рассчитаем по определенной формуле:

$$E_p = \Pi / K, \quad (14)$$

Где  $E_p$  – коэффициент эффективности капитальных затрат.

$$E_p = 1\,223\,612,73 / 2\,194\,282 = 0,55$$

Срок окупаемости затрат на автоматизацию ЦТП будет рассчитан по формуле:

$$T = K / \Pi \quad (15)$$

Где  $T$  – срок окупаемости расходов на автоматизацию ЦТП (мес.)

$$T = 1\,655\,642,24 / 1\,133\,122,17 = 1,79 \text{ года (21, 4 мес.)}$$

## **Центральный тепловой пункт 6.**

Центральный тепловой пункт выполняет следующие функции:

1. Изменения рабочих параметров – давления и температуры.
2. Контролирует расход теплоносителя.
3. Управляет расходом воды.
4. Защищает тепловые сети от превышения рабочих показателей.

Центральный тепловой пункт 6 с независимой схемой присоединения к тепловой сети, необходим для передачи тепловой энергии от теплоносителя 1-го контура к теплоносителю 2-го контура. Для этого на ЦТП установлены теплообменники. Так же на ЦТП необходим подпитывающий трубопровод, для поддержания необходимого давления на подающем трубопроводе 2-го контура. На этом трубопроводе необходим регулирующий клапан, которым оперативный персонал вручную регулирует давление подающего трубопровода 2-го контура, который находится на ЦТП круглосуточно.

Также на ЦТП 6 установлены четыре насосных агрегата, которые выполняют одну функцию.

2. Циркуляции – для циркуляции теплоносителя 2-го контура.

Три насосных агрегата с частотным регулированием, четвертый насосный агрегат без частотного регулирования.

Из-за того, что на трех насосных агрегатов есть частотное регулирование, именно эти насосные агрегаты и находится в работе. Четвертый насосный агрегат включается в период текущего ремонта трех. Из-за этого появляется неравномерный износ насосных агрегатов и неправильное распределение времени работы насосных агрегатов.

Только один насосных агрегата без частотного регулирования, запуск и остановку всех насосных агрегатов осуществляет оперативный персонал.

Также оперативный персонал контролирует регулировку параметров теплоносителя второго контура, правильную и рациональную работу

теплового пункта, насосных агрегатов, всего оборудования и немедленно реагирует при возникновении нештатных ситуаций.

Схема теплового пункта подразумевает работу двух насосных агрегатов в отопительно зимний период, одного в летний период, другие насосные агрегаты находятся в резерве.

Рассмотрим характеристики насосных агрегатов

Циркуляционный насос ПНО-1 марки Д 320-50: производительность - 320 м<sup>3</sup>/ч, напор - 50 м.в.ст., электродвигатель марки 5АИ25054У2, мощность - 75 кВт; число оборотов - 1500 об/мин.

Циркуляционный насос ПНО-2 марки Д320-50: производительность - 320 м<sup>3</sup>/ч, напор - 50 м.в.ст., электродвигатель марки АИР250S4У2, мощность - 75 кВт; число оборотов - 1500 об/мин.

Циркуляционный насос ПНО-3 марки Д320-50: производительность - 320 м<sup>3</sup>/ч, напор - 50 м.в.ст., электродвигатель марки 5АМ250S4, мощность - 75 кВт; число оборотов - 1500 об/мин.

Циркуляционный насос ПНО-4 марки Д320-50: производительность - 320 м<sup>3</sup>/ч, напор - 50 м.в.ст., электродвигатель марки АИР250S5У2, мощность - 75 кВт; число оборотов - 1500 об/мин.

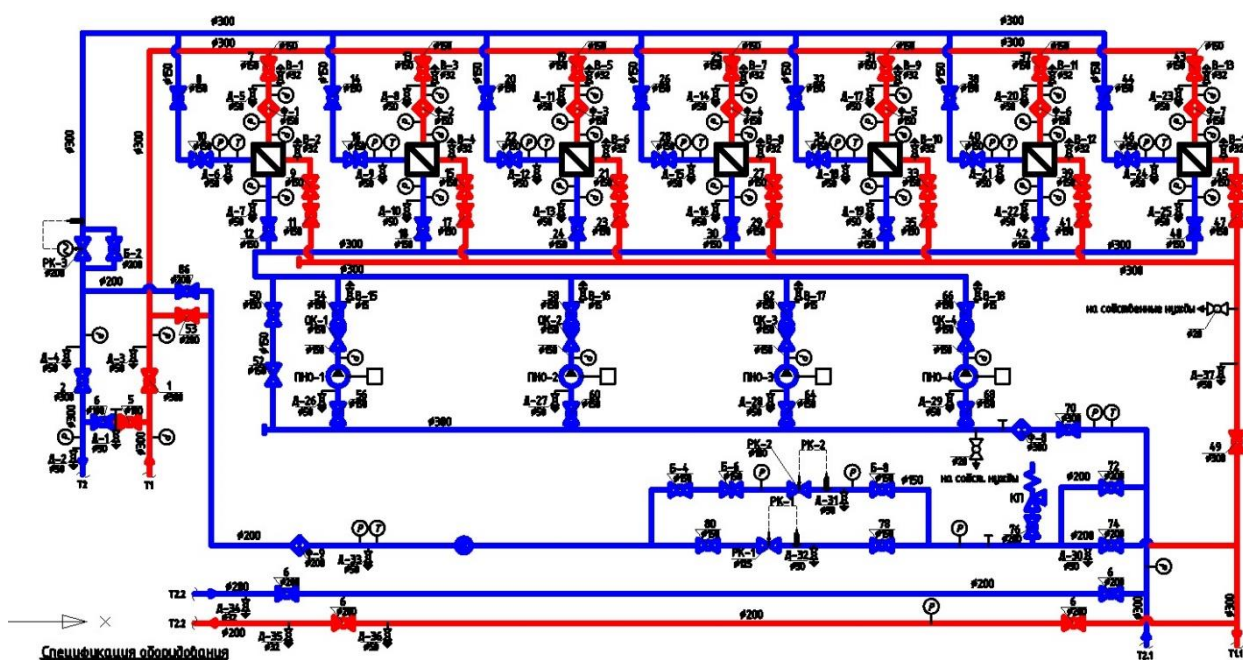


Рисунок 13 – Схема теплового пункта б до автоматизации

Для повышения энергоэффективности теплового пункта 6 и реализации данного мероприятия предусматривается разработка проектно-сметной документации, замена четырех насосных агрегата на четыре новых насосных агрегата с меньшей мощностью электродвигателей и установкой на все четыре электродвигателя частотных преобразователей для экономически целесообразной работы теплового пункта. Необходимо также запланировать установку датчиков для отбора давления и температуры, и установку контроллера для управления режимом работы теплового пункта и дистанционным управлением. Планируется перейти с независимой схемы работы теплового пункта на зависимую. Для этого необходимо купить два циркуляционных насосных агрегата и два корректирующих.

Два насосных агрегата с маркировкой Willo IL 150/335-45/4  $G=400$  м<sup>3</sup>/ч,  $H=30$  м,  $N=45$  кВт. необходимы для циркуляции теплоносителя второго контура. Один насосный агрегат находится в работе, другой находится в резерве.

Два насосных агрегата с маркировкой Willo IL 80/170-15/2  $G=100$  м<sup>3</sup>/ч,  $H=30$  м,  $N=15$  кВт. необходимы для смешивания обратного теплоносителя второго контура по рециркуляционному трубопроводу с теплоносителем подающего трубопровода второго контура.

Все вновь установленные насосы необходимо установить с ЧРП (частотно регулирующийся преобразователь).

Данным проектом предусмотреть установку регулирующей арматуры с электроприводом:

Поворотный дисковый затвор Ду 200 мм – 1 шт.

Электрический привод рек.  $T=1200$  Н\*м - 1 шт.

Электрический привод Блок отказобезопасности – 1 шт.

Стоимость каждой позиции отображена в таблице

Таблица 21.

поз.	Наименование	кол-во, шт.	Цена в рубл, с НДС 20%	Стоимость, руб.
ЦТП - 6				
1	Циркуляционный насос	2	903 504	1 807 008,00
2	Корректирующий насос	2	278 124,00	556 248,00
3	Поворотный дисковый затвор	2	53 917,00	107 834,00
4	Электрический привод	2	155 000,00	310 000,00
5	Блок отказобезопасности	1	819 263,95	819 263,95
6	ЧРП для насоса	2	689 982,00	1 379 964,00
7	ЧРП для насоса	2	281 630,00	563 260,00
Итого			5 543 578	

После монтажа и пуско-наладки всего данного оборудования постоянное нахождение оперативного персонала не требуется.

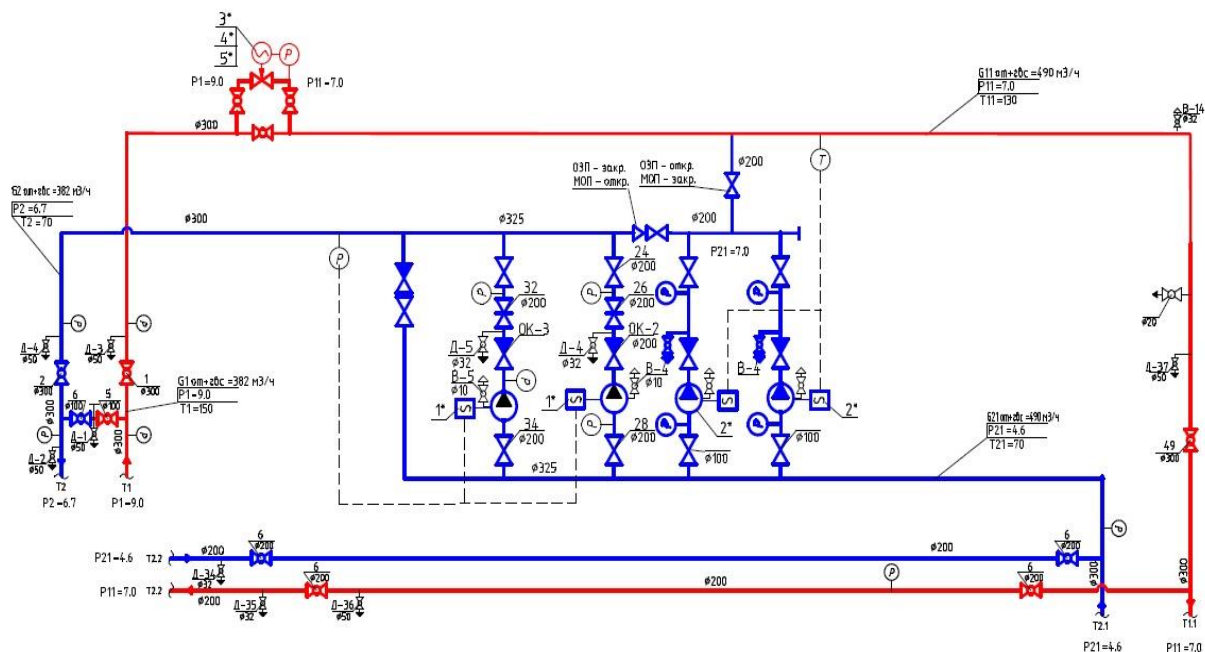


Рисунок 14 – Схема теплового пункта б после автоматизации

Повышение энергоэффективности от реализации данного мероприятия заключается в сокращении расходов на потребление электроэнергии (далее ЭЭ), путём установки насосных агрегатов, имеющих меньшую мощность электродвигателя в сравнении с существующим, ориентировочно на 196270 кВт., который складывается из разницы фактического расхода на ЭЭ по ЦТП в 2020 году, составивший 421211 кВт и расхода ЭЭ после реализации проекта 224941 кВт. При средней цене электроэнергии для ЦТП 2020 года в размере 4,6 руб. за 1 кВт, экономия в денежном выражении составит

Таблица 22.

Поз.	Название	Затраты ЭЭ в 2020 г. , кВт	Планируемые затраты ЭЭ, кВт	Разница в потреблении ЭЭ, кВт
1	ЦТП - 6	421211	224941	196270



Кроме того, при реализации данного проекта планируется сокращение затрат на отопление, горячее и холодное водоснабжение, а также водоотведение:

Таблица 23.

Поз.	Название	ХВС, руб.	Стоки, руб.	ХН на воду, руб.	ХН на отоплени е, руб.	ИТОГО
1	ЦТП - 6	786,81	7278,68	2350,74	53126,25	63542,48

Эффект от оптимизации численности персонала, связанный с автоматизацией производственного процесса.

Таблица 24.

Поз.	Название	Кол.	ФОТ в год, руб.
1	ЦТП - 6	2	940656,98

При этом, суммарная величина экономии при реализации проекта за один год оставит:

$$196\,270 * 4,6 + 63\,542,48 + 940\,656,98 = 1\,907\,043,46 \text{ руб.}$$

Мы видим, что улучшение энергоэффективности существенно снижает расходы на работу ЦТП. Теперь рассчитаем экономический эффект от автоматизации ЦТП, возможно повышение энергоэффективности может понизить затраты на эксплуатацию ЦТП.

Годовой экономический эффект можно рассчитать по формуле

$$\mathcal{E} = \Pi - K * E_n, \tag{16}$$

Где  $\mathcal{E}$  – годовой экономический эффект (руб.);

$\Pi$  – годовая экономия (или годовой прирост) (руб.);

$K$  – единовременные затраты (руб.)

$E_n$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений (значение  $E_n$  принимаем 0.2).

Произведение  $K * E_n$  следует рассматривать как нормативную прибыль, которая должна быть получена от автоматизации ЦТП.

Экономия на электроэнергии, затрат на отопление, горячее и холодное водоснабжение, а также водоотведение и от оптимизации численности персонала, связанной с автоматизацией производственного процесса будет составлять:

$$П = 1\,907\,043,46 \text{ руб.}$$

Единовременные затраты на покупку и монтаж оборудования будут составлять:

$$К = 5\,543\,578 \text{ руб.}$$

Коэффициент эффективности капитальных затрат рассчитаем по определенной формуле:

$$E_p = П / К, \tag{17}$$

Где  $E_p$  – коэффициент эффективности капитальных затрат.

$$E_p = 1\,907\,043,46 / 5\,543\,578 = 0,34$$

Срок окупаемости затрат на автоматизацию ЦТП будет рассчитан по формуле:

$$T = К / П \tag{18}$$

Где  $T$  – срок окупаемости расходов на автоматизацию ЦТП (мес.)

$$T = 5\,543\,578 / 1\,907\,043,46 = 2,9 \text{ года (34, 8 мес.)}$$

## Центральный тепловой пункт 7.

Центральный тепловой пункт выполняет следующие функции:

1. Изменения рабочих параметров – давления и температуры.
2. Контролирует расход теплоносителя.
3. Управляет расходом воды.
4. Защищает тепловые сети от превышения рабочих показателей.

Центральный тепловой пункт 7 с независимой схемой присоединения к тепловой сети, необходим для передачи тепловой энергии от теплоносителя 1-го контура к теплоносителю 2-го контура. Для этого на ЦТП установлены теплообменники. Так же на ЦТП необходим подпитывающий трубопровод, для поддержания необходимого давления на подающем трубопроводе 2-го контура. На этом трубопроводе необходим регулирующий клапан, которым оперативный персонал вручную регулирует давление подающего трубопровода 2-го контура, который находится на ЦТП круглосуточно.

Также на ЦТП 7 установлены два насосных агрегата, которые выполняют одну функцию.

1. Циркуляцион – для циркуляции теплоносителя 2-го контура.

Два насосных агрегата без частотного регулирования, запуск и остановку насосных агрегатов осуществляет оперативный персонал.

Также оперативный персонал контролирует регулировку параметров теплоносителя второго контура, правильную и рациональную работу теплового пункта, насосных агрегатов, всего оборудования и немедленно реагирует при возникновении нештатных ситуаций.

Схема теплового пункта подразумевает работу одного насосного агрегата в отопительно зимний период и летний период, другие насосные агрегаты находятся в резерве.

Рассмотрим характеристики насосных агрегатов

Циркуляционный насос ПНО-1 марки К80-50-200: производительность - 50 м<sup>3</sup>/ч, напор - 50 м.в.ст., электродвигатель марки АИР160S2, мощность - 15 кВт; число оборотов - 1500 об/мин.

Циркуляционный насос ПНО-1 марки КМ80-50-200: производительность - 50 м<sup>3</sup>/ч, напор - 50 м.в.ст., электродвигатель марки АИР160S2Ж, мощность - 15 кВт; число оборотов - 1500 об/мин.

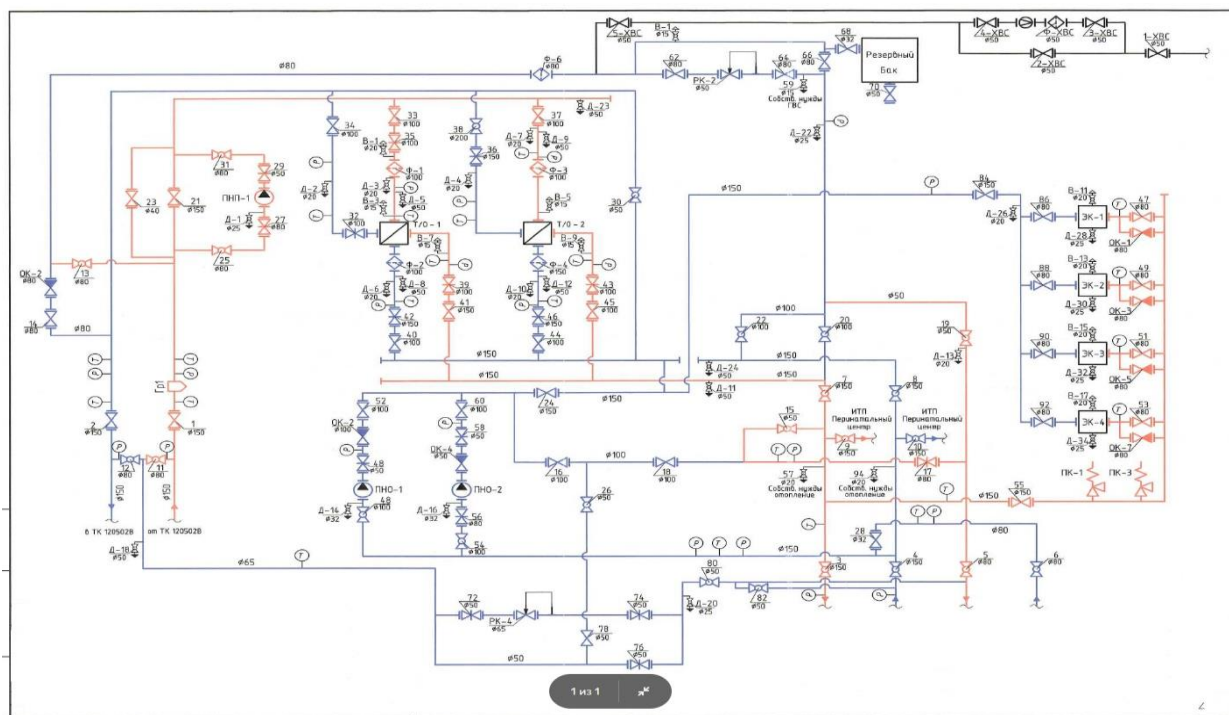


Рисунок 15 – Схема теплового пункта 7 после автоматизации

Для повышения энергоэффективности теплового пункта 7 и реализации данного мероприятия предусматривается разработка проектно-сметной документации, замена двух насосных агрегата на два новых насосных агрегата с меньшей мощностью электродвигателей и установкой на все два электродвигателя частотных преобразователей для экономически целесообразной работы теплового пункта. Необходимо также запланировать установку датчиков для отбора давления и температуры, и установку контроллера для управления режимом работы теплового пункта и дистанционным управлением. Необходимо установить регулирующий клапан

на подпитывающем трубопроводе для регулирования давления трубопровода 2-го контура и регулирующие клапана на подающем трубопроводе для регулирования расхода теплоносителя 1-го контура перед входом в теплообменники и регулирования температуры подающего трубопровода 2-го контура.

Два насосных агрегата с маркировкой NB 65-160/173 AF2ABAQE G=130 м<sup>3</sup>/ч, H=30 м, N=15 кВт. необходимы для циркуляции теплоносителя второго контура. Один насосный агрегат находится в работе, другой находится в резерве.

Все вновь установленные насосы необходимо установить с ЧРП (частотно регулирующийся преобразователь).

Данным проектом предусмотреть установку регулирующей арматуры с электроприводом:

Регулятор давления (после себя) Ду65, Kvs = 60м<sup>3</sup>/ч – 1 шт.

Регулирующий клапан Ду50; Kvs = 40м<sup>3</sup>/ч + электроприводом – 2 шт;

Стоимость каждой позиции отображена в таблице

Таблица 25.

поз.	Наименование	кол-во, шт.	Цена в рубл, с НДС 20%	Стоимость, руб.
ЦТП - 7				
1	Циркуляционный насос	2	245 952,00	491 904,00
2	Регулирующий клапан	1	219 433,20	219 433,20
3	Регулирующий клапан	2	75 392,52	150 785,04
4	Электрический привод	2	63 932,40	127 864,80
5	ЧРП для насоса	2	281 630,00	563 260,00

Продолжение таблицы 25.

Итого	1 627 528,24
-------	--------------

После монтажа и пуско-наладки всего данного оборудования постоянное нахождение оперативного персонала не требуется.

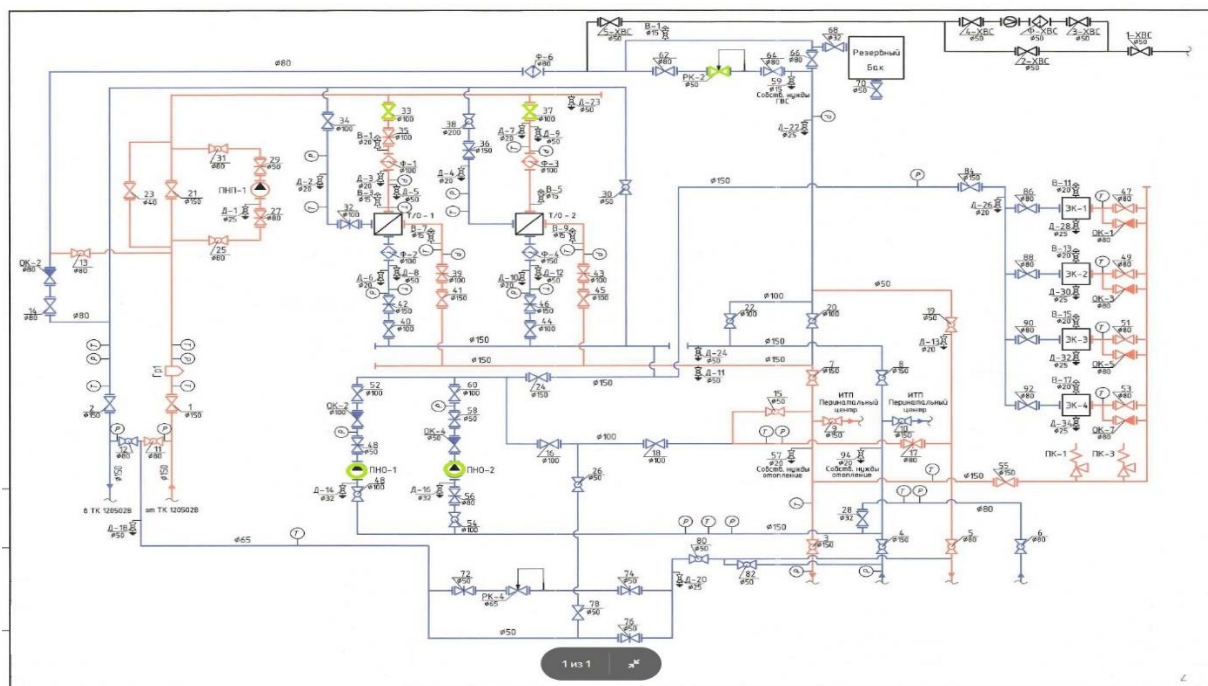


Рисунок 16 – Схема теплового пункта 7 после автоматизации

Повышение энергоэффективности от реализации данного мероприятия заключается в сокращении расходов на потребление электроэнергии (далее ЭЭ), путём установки насосных агрегатов, имеющих меньшую мощность электродвигателя в сравнении с существующим, ориентировочно на 41673 кВт., который складывается из разницы фактического расхода на ЭЭ по ЦТП в 2020 году, составивший 84238 кВт и расхода ЭЭ после реализации проекта 42565 кВт. При средней цене электроэнергии для ЦТП 2020 года в размере 4,6 руб. за 1 кВт, экономия в денежном выражении составит:

Таблица 26.

Поз.	Название	Затраты ЭЭ в 2020 г. , кВт	Планируемые затраты ЭЭ, кВт	Разница в потреблении ЭЭ, кВт
1	ЦТП - 7	84238	42565	41673

Кроме того, при реализации данного проекта планируется сокращение затрат на отопление, горячее и холодное водоснабжение, а также водоотведение:

Таблица 27.

Поз.	Название	ХВС, руб.	Стоки, руб.	ХН на воду, руб.	ХН на отоплени е, руб.	ИТОГО
1	ЦТП - 7	1448,31	4555,54	2141,15	47370,66	55515,66

Эффект от оптимизации численности персонала, связанный с автоматизацией производственного процесса.

Таблица 28.

Поз.	Название	Кол.	ФОТ в год, руб.
1	ЦТП - 7	2	940656,98

При этом, суммарная величина экономии при реализации проекта за один год оставит:

$$42\,565 * 4,6 + 55\,515,66 + 940\,656,98 = 1\,191\,971,64 \text{ руб.}$$

Мы видим, что улучшение энергоэффективности существенно снижает расходы на работу ЦТП. Теперь рассчитаем экономический эффект от автоматизации ЦТП, возможно повышение энергоэффективности может понизить затраты на эксплуатацию ЦТП.

Годовой экономический эффект можно рассчитать по формуле

$$\mathcal{E} = \Pi - K * E_n, \quad (19)$$

Где  $\mathcal{E}$  – годовой экономический эффект (руб.);

$\Pi$  – годовая экономия (или годовой прирост) (руб.);

$K$  – единовременные затраты (руб.)

$E_n$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений (значение  $E_n$  принимаем 0.2).

Произведение  $K * E_n$  следует рассматривать как нормативную прибыль, которая должна быть получена от автоматизации ЦТП.

Экономия на электроэнергии, затрат на отопление, горячее и холодное водоснабжение, а также водоотведение и от оптимизации численности персонала, связанной с автоматизацией производственного процесса будет составлять:

$$\Pi = 1\,191\,971,64 \text{ руб.}$$

Единовременные затраты на покупку и монтаж оборудования будут составлять:

$$K = 1\,627\,528,24 \text{ руб.}$$

Коэффициент эффективности капитальных затрат рассчитаем по определенной формуле:

$$E_p = \Pi / K, \quad (20)$$

Где  $E_p$  – коэффициент эффективности капитальных затрат.

$$E_p = 1\,192\,578,44 / 1\,627\,528,24 = 0,73$$

Срок окупаемости затрат на автоматизацию ЦТП будет рассчитан по формуле:

$$T = K / \Pi \quad (21)$$

Где  $T$  – срок окупаемости расходов на автоматизацию ЦТП (мес.)



$$T = 1\,627\,528,24 / 1\,192\,578,44 = 1,36 \text{ года (16, 3 мес.)}$$

## Заключение

В ходе исследования современных методов повышения энергоэффективности при автоматизации центральных тепловых пунктов было выявлено, что использование интеллектуальных систем автоматизации и систем автоматического регулирования способствует значительному улучшению работы ЦТП. Анализ преимуществ и недостатков автоматизации ЦТП позволил выделить ключевые моменты, которые необходимо учитывать при внедрении подобных систем.

Одним из главных выводов работы является то, что автоматизация ЦТП позволяет не только снизить энергопотребление зданий, но и повысить комфортность условий пребывания людей внутри помещений. Это особенно важно в условиях современного мира, где вопросы энергосбережения и экологической безопасности становятся все более актуальными.

Рекомендации по повышению энергоэффективности ЦТП через автоматизацию, разработанные в рамках данной работы, могут стать основой для разработки конкретных планов мероприятий по внедрению автоматизации в центральных тепловых пунктах. Эти рекомендации охватывают как технические аспекты, так и вопросы обучения эксплуатационного персонала, что позволит максимально эффективно использовать потенциал автоматизации для достижения поставленных целей.

Таким образом, автоматизация центральных тепловых пунктов является важным шагом на пути к повышению энергоэффективности зданий и снижению негативного воздействия на окружающую среду. Дальнейшие исследования в этой области могут способствовать развитию новых

технологий и методов, которые помогут сделать нашу жизнь более комфортной, безопасной и экологически чистой.

## Список использованных источников

1. Правила технической эксплуатации тепловых энергоустановок. Утверждены приказом Министерства энергетики РФ от 24.03.2003 № 115
2. ГОСТ 12.1.019-79. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. М.: ИПК Издательство стандартов, 1987.7с.
3. Богуславский, Л. Д. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха [Текст] / Л. Д. Богуславский, В. И. Ливчак. – М.: Стройиздат, 1990.
4. Шичков Л.П. Электрический привод: учебник для вузов. - М.: Колос, 2006. – 279 с.
5. Бородин И.Ф., Судник Ю.А. Автоматизация технологических процессов. - М.: КолосС, 2005. – 350 с.
6. Герасенков А.А., Шавров А.А., Липа О.А. Автоматика: основ-ные понятия, терминология и условные обозначения: справ. пособие / А.А. Герасенков, А.А. Шавров, О.А. Липа: Рос. гос. аграр.заоч.ун-т; – М.: 2008. – 104 с.
7. СНиП 3.05.07-85 «Технологическое оборудование и технологические трубопроводы»
8. СНиП 3.05.07-85 «Системы автоматизации»
- 9.ПБ 10-573-03 «Правила устройства безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды»
- 10.СП 42-102-2004 «Проектирование и строительство газопроводов из металлических труб»
11. Воронцовский, А. В. Оценка рисков : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / А. В. Воронцовский. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 179 с.
12. Дабдина О. А., Даниленко А. Г. О реализации государственных программ по энергоэффективности и энергосбережению // Технологии техносферной безопасности. – 2012. – № 42. – 2. – С. 9.
13. Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные

законодательные акты Российской Федерации» [Электронный ресурс] :  
Федеральный закон от 23.11.2009 №261 (ред. от 26.01.2020). URL:  
[http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_93978/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/)

14. Использование частотно-регулируемого привода для насосов  
[Электронный ресурс] // интернет-сайт. URL:  
[https://knowledge.allbest.ru/physics/2c0b65635a3bc79b5d53a89421216c26\\_0.htm](https://knowledge.allbest.ru/physics/2c0b65635a3bc79b5d53a89421216c26_0.htm)  
1

15. ГОСТ Р 50369-92. Электроприводы. Термины и определения  
[Электронный ресурс] : Государственный стандарт Российской Федерации.  
URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-50369-92>

16. Циркуляционные насосы для систем отопления: технические  
характеристики и правила выбора [Электронный ресурс] // интернет-сайт.  
URL: <http://met-all.org/nasosy/nasos-tsirkulyatsionnyj-dlya-sistem-otopleniyatehnicheskie-harakteristiki.html>

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт

институт

Кафедра теплотехники и гидрогазодинамики

кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

В.А. Кулагин

инициалы, фамилия

подпись

«26» июня 2024 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Повышение энергоэффективности при автоматизации

центральных тепловых пунктов

тема

13.04.01. Теплоэнергетика и теплотехника

код – наименование направления

13.04.01.01 Энергетика теплотехнологий

код – наименование магистерской программы

Руководитель

подпись, дата

доцент, канд. техн. наук

должность, ученая степень

А.Ю. Радзюк

инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата

19.06.24

В.В. Кожанов

инициалы, фамилия

Рецензент

подпись, дата

Начальник РТС-2 Филиала

«Красноярская теплосеть»

должность

И.Л. Кочнов

инициалы, фамилия

Красноярск 2024