МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева

Институт энергетики и машиностроения

Кафедра «Энергетика»

Оразымбек Дариға Байғайқызы

Разработка мероприятий по повышению энергоэффективности на предприятии пищевой промышленности

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Специальность 7М07113 – Электротехника и энергетика

Алматы 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева

Институт энергетики и машиностроения

УДК 631.311(574)

На правах рукописи

Оразымбек Дариға Байғайқызы

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

На соискание академической степени магистра

Название диссертации	Разработка мероприятий по повышению энергоэффективности на предприятии пищевой промышленности
Направление подготовки	7М07113 – Электротехника и энергетика

Научный руководитель
Ассоциированный Профессор PhD
_____ Д.Р. Умышев
"31" 05 2022 г.

Рецензент
К.т.н., доцент кафедры «Э и АПУ»
АО «АУЭС» им. Г. Даукеева
_____ К.О. Ғали
"09" 06 2022 г.

Нормоконтроль
Берлибеков А.О.
_____
"09" 06 2022 г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой «Энергетика»,
PhD, ассистент- профессор
_____ Е.А. Сарсенбаев
"09" 06 2022 г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНИТУ им.К.И.Сатпаева»
Институт энергетики
и машиностроения

Алматы 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева

Институт энергетики и машиностроения

Кафедра Энергетики

7М07113 – Электротехника и энергетика

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой Энергетика
PhD, ассистент- профессор
_____ Е.А. Сарсенбаев
"24" 01 2022 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение магистерской диссертации

Магистранту *Оразымбек Дариға Байғайқызы*
Тема: *Разработка мероприятий по повышению энергоэффективности на предприятии пищевой промышленности*
Утверждена приказом Ректора Университета *№916-м* от *"24" 02 2020 г. С внесением изменений в приказ № 395 - м от 22.11.2019 г.*
Срок сдачи законченной диссертации *"31" мая 2022 г.*
Исходные данные к магистерской диссертации: *Данные о потреблении энергоресурсов предоставляемые исследовательской организацией. Использование известного программного обеспечения Avtocad для рисования*
Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов:
а) исследовать текущее состояние предприятия пищевой промышленности
б) провести анализ энергопотребления предприятия, определить ее максимальные и минимальные показатели
в) на основании полученных данных разработать мероприятия по повышению энергоэффективности .
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): *приведены на слайдах*
Рекомендуемая основная литература:

1. *В.Я. Ушаков, Н.Н. Харлов, П.С. Чубик Потенциал энергосбережения*

и его реализация на предприятиях ТЭК Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2015.

2. *Технический редактор Г.М. Каган Тепловой расчет котлов:. Санкт-Петербург 1998;*
3. *Закон РК от 13 января 2012 года №541-IV «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 29.06.2020 г.);*
4. *Пилипенко Н.В., Сиваков И.А. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей. Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2013.*

ГРАФИК

подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	**Сроки представления научному руководителю**	**Примечание**
Исследование текущей состоянии предприятии пищевой промышленности	20.12.2019. – 30.05.2020 г.	**нет**
Проведение анализа использования ТЭР, определить ее максимальные и минимальные показатели	30.05.2020 г. – 14.01.2021 г.	**нет**
На основании полученных данных разработать мероприятия по повышению энергоэффективности	14.01.2022 г. – 31.05.2022 г.	**нет**

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную магистерскую диссертацию с указанием относящихся к ним разделов диссертации

Наименования разделов	Научный руководитель, консультанты	Дата подписа-ния	Подпись
Исследование текущей состоянии предприятии пищевой промышленности	Ассоцированный Профессор PhD Умышев Д.Р.	31.05.22	
Проведение анализа использования ТЭР, определить ее максимальные и минимальные показатели	Ассоцированный Профессор PhD Умышев Д.Р.	31.05.22	
На основании полученных данных разработать мероприятия по повышению энергоэффективности	Ассоцированный Профессор PhD Умышев Д.Р.	31.05.22	
Нормоконтролер	Бердибеков А.О. лектор	09.06.2022	

Научный руководитель _____ Д.Р. Умышев

Задание принял к исполнению обучающаяся _____ Д.Б. Оразымбек

Дата "24" 01 2021 г

АННОТАЦИЯ

Решение вопроса повышения энергоэффективности рационального использования ТЭР в промышленных предприятиях в нашей стране протекает крайне медленно, несмотря на значительное внимание со стороны государственной власти (разрабатываются и внедряются новые нормативные акты, методики, стандарты). В этой магистерской работе был сделан анализ расхода топливно-энергетических ресурсов предприятия пищевого производства. Выявлены прямые и косвенные источники, приводящие к перерасходу электроэнергии и тепловой энергии и неэффективному использованию энергии в промышленности. Был сделан расчет электрических потерь через трансформаторы, на линиях электропередач, в системе учета электроэнергии, также тепловых потерь внутриплощадочными сетями, также тепловых потерь через паропроводы. Была построена структура использования электрической и тепловой энергии. Затем были разработаны мероприятия по повышению энергоэффективности пищевого производства, произведены расчеты, чтобы рекомендовать политические меры, которые повысят эффективную экономию энергии в отрасли.

АҢДАТПА

Біздің елімізде өнеркәсіптік кәсіпорындарда отын-энергетикалық ресурстарды тиімді пайдалану кезінде энергия тиімділігін жоғарылату бойынша мәселенің шешімі мемлекеттік үкіметтің ерекше назарына қарамастан (жаңа нормативтік актілер, әдістемелер, стандарттар дайындалуда және бекітілуде) айтарлықтай төмен болып тұр. Бұл магистрлік жобада тамақ өндірісі кәсіпорнының отын-энергетикалық ресурстар шығынына талдау жасалынған. Өнеркәсіпте энергияны тиімсіз пайдалану және электр мен жылу энергиясының артық шығынына алып келетін тура және жанама көздер анықталды. Трансформаторлар, электр жеткізу желілері, электр энергиясын есепке алу жүйлері арқылы электр шығындарының, сонымен қатар ішкі аудандық желілермен және бу құбырлары арқылы жылулық шығындардың есебі жүргізілді. Электрлік және жылулық энергияны пайдалану құрылымы жасалынды. Сосын тамақ өндірісі тиімділігін жоғарылату бойынша шаралар жасалынды, салада энергияның тиімді үнемділігін жоғарылататын, саяси шараларды ұсыну үшін есептер жүргізілді.

ANNOTATION

The solution of the issue of improving the energy efficiency of rational use of fuel and energy resources in industrial enterprises in our country is proceeding extremely slowly, despite considerable attention from the state authorities (new regulations, methods, standards are being developed and implemented). In this master's thesis, an analysis of the consumption of fuel and energy resources of a food production enterprise was made. Direct and indirect sources leading to overspending of electricity and thermal energy and inefficient use of energy in industry have been identified. The calculation of electrical losses through transformers, on power lines, in the electricity metering system, as well as heat losses by on-site networks, as well as heat losses through steam pipelines was made. The structure of the use of electrical and thermal energy was built. Then measures were developed to improve the energy efficiency of food production, calculations were made to recommend policy measures that will increase effective energy savings in the industry.

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	11
1	Мероприятия по повышению энергоэффективности использования ТЭР на основании разработки энергосберегающих мероприятий	13
2	Роль энергетики в пищевой промышленности	16
3	Общие сведения об объекте исследования	19
3.1	Система электроснабжение предприятия	19
3.1.1	Динамика потребления электрической энергии	20
3.1.2	Расчет потерь электроэнергии на питающих линиях передачи	21
3.1.3	Расчёт потерь электроэнергии в трансформаторах	22
3.1.4	Расчёт потерь электроэнергии в системе учёта	23
3.2	Теплоснабжение предприятия	25
3.2.1	Динамика отпуска тепла	25
3.2.2	Учёт потребления ресурсов	26
3.2.3	Тепловые сети	26
3.2.4	Тепловые потери внутриплощадочными сетями	27
3.2.5	Расчёт тепловых потерь внутриплощадочными тепловыми сетями	30
3.2.6	Тепловые потери тепловой энергии паропроводом	33
3.2.7	Нормативный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию	33
3.2.8	Баланс тепловой энергии	36
4	Паровые системы в пищевом производстве	38
4.1	Роль паровых котлов в пищевой промышленности	38
5	Мероприятия по повышению энергоэффективности	41
5.1	Установка охладителя выпара в систему деаэратора	41
5.1.1	Принцип работы охладителя выпара	42
5.2	Модернизация котельной как мероприятие по повышению энергоэффективности	43
5.2.1	Расчет потребности в резервном топливе для котельной	49
5.2.2	Аэродинамический расчет дымовой трубы парового котла Тансу Е-6,0-1,4 МГДН и парогенератора Clayton SEOG-304-3	50
5.2.3	Аэродинамический расчет дымовой трубы парового котла в условиях работы холодного периода при максимальной температуре окружающего воздуха	52
5.2.4	Расчет воздухообмена котельной	55
5.3	Использование энергии сбросного конденсата для отоплении вспомогательного корпуса и фирменного магазина предприятия.	58
5.4	Применение частотно регулируемых приводов для насосных агрегатов для повышения энергоэффективности	60

5.4.1 Расчёт величины экономического эффекта при регулировании с помощью ЧРП 63
Заключение 67
Список использованной литературы 68

ВВЕДЕНИЕ

Энергетика по очевидным причинам считается основным двигателем любой экономики и двигателем роста, вокруг которого вращаются все секторы экономики. Поэтому, неоспоримым является утверждение, что чем больше энергии потребляет то или иное государство, тем выше уровень развития техники и уровень жизни населения.

Хотя энергетика есть основная движущая сила человеческого и технологического развития, она также способствует ухудшению состояния окружающей среды на местном и уровнях региональном, а в последнее время и глобальным экологическим угрозам.

Каждый виток вверх по спирали исторического развития человечества сопровождается более высоким уровнем потребления энергии. Подсчитано, что за 20-е столетие общее потребление первичных энергоресурсов в мире увеличилось в 13,5 раз, достигнув в 2000 году 13,5 млрд. т у.т. Такие темпы расходования первичных энергоресурсов грозят быстрому истощению природных запасов. Мировой энергетический кризис 70-х годов заставил многие страны пересмотреть свое отношение к потреблению энергоресурсов и вплотную заняться проблемами энергосбережения и рационального использования энергетических ресурсов. Таким образом, становится крайне необходимым, чтобы его развитие, управление и совершенствование имели заранее определенные планы и стратегии, способные вывести экономику на верный путь устойчивого развития. Вопросами эффективного использования энергетических ресурсов и энергии при добыче, производстве, передаче, распределении и потреблении занимается одно из направлений энергетики – энергосбережение.

Один из источников неблагоприятного воздействия энергетики на окружающую среду, это влияние на атмосферу (потребление кислорода, выбросы газов, влаги и твердых частиц), гидросферу (потребление воды, создание искусственных водохранилищ, сбросы загрязненных и нагретых вод, жидких отходов) и на литосферу (потребление ископаемых топлив, изменение ландшафта, выбросы токсичных веществ).

Несмотря на отмеченные факторы отрицательного воздействия энергетики на окружающую среду, рост потребления энергии не вызывал особой тревоги у широкой общественности до того самого энергетического кризиса 70-х годов, когда в руках специалистов оказались многочисленные данные, свидетельствующие о сильном антропогенном давлении на климатическую систему, что таит угрозу глобальной катастрофы при неконтролируемом росте энергопотребления. С тех пор ни одна другая научная проблема не привлекает такого пристального внимания, как проблема настоящих, а в особенности предстоящих изменений климата. И главная причина этому – энергетика. Под энергетикой при этом понимается любая область человеческой деятельности, связанная с производством и

потреблением энергии. Значительная часть энергетики обеспечивается потреблением энергии, освобождающейся при сжигании органического ископаемого топлива (нефти, угля и газа), что, в свою очередь, приводит к выбросу в атмосферу огромного количества загрязняющих веществ. Такой упрощенный подход уже наносит реальный вред мировой экономике и может нанести смертельный удар по экономике тех стран, которые еще не достигли необходимого для завершения индустриальной стадии развития уровня потребления энергии, в том числе Казахстан. В действительности все обстоит гораздо сложнее. Помимо парникового эффекта, ответственность за который, частично лежит на энергетике, на климат планеты оказывает влияние ряд естественных причин, к числу важнейших из которых относятся солнечная активность, вулканическая деятельность, параметры орбиты Земли, автоколебания в системе атмосфера-океан. Корректный анализ проблемы возможен лишь с учетом всех факторов, при этом, разумеется, необходимо внести ясность в вопрос, как будет вести себя мировое энергопотребление в ближайшем будущем, действительно ли человечеству следует установить жесткие самоограничения в потреблении энергии с тем, чтобы избежать катастрофы глобального потепления.

Актуальность темы. Актуальность и востребованность проведения мероприятий по повышению энергоэффективности обусловлена тем, что энергосбережение на предприятии является одной из важнейших проблем современных компаний, так как на энергоресурсы приходится огромная составляющая расходов предприятия. Во первых, это связано с неблагоприятным воздействием энергетики в окружающую среду. Во вторых, постоянным ростом стоимости энергоресурсов и конечно же ограниченностью запасов топливно-энергетических ресурсов. Как известно, энергосберегающие мероприятия позволяют значительно снизить энергозатраты и тем самым положительно сказаться на технико-экономических показателях деятельности предприятия или производства. Повышение энергоэффективности на предприятии увеличивает рентабельность и конкурентоспособность выпускаемой продукции за счет снижения себестоимости.

Цель магистерской работы. Разработка комплексной программы энергосберегающих мероприятий для повышения энергоэффективности на предприятии пищевого производства.

Научная новизна.На сегодняшний день существует множество методов повышения эффективности использования энергоресурсов, однако разработке энергосберегающих мероприятий пищевых предприятии не уделяется должного внимания. В числе разработанных мероприятий есть расчеты модернизации автономной котельной объекта исследования, для повышения эффективности.

1 Мероприятия по повышению энергоэффективности использования ТЭР на основании разработки энергосберегающих мероприятий

Задача активной энергосберегающей политики на пищевых предприятиях заключается в сбережении расходуемых энергоресурсов на всём пути: от источника теплоты, где происходит преобразование первичных энергоресурсов в другие виды энергии; далее в системе транспорта этой энергии, распределения её по потребителям и при использовании.

Для снижения расхода теплоты на выработку единицы продукции необходимо: совершенствовать технологию и оборудование получения и использования теплоты; модернизировать или заменять неэффективное тепловое оборудование; совершенствовать технологические процессы; повышать коэффициент загрузки теплового оборудования; использовать побочные энергетические ресурсы.

При разработке мероприятий по энергосбережению на промышленных предприятиях следует помнить что имеются два направления экономии:

1) Экономия топливно- энергетических ресурсов (ТЭР) путем совершенствования энергоснабжения;

2) Экономия ТЭР путем совершенствования использования энергии.

Если мероприятия первой группы разрабатывается энергетиками, то для разработки мероприятий второй группы необходимо привлекать технологов.

Экономия ТЭР путем совершенствования могут снизить потребления ТЭР на 10-15%. К этой группе мероприятий относят:

1) Снижение потерь энергоносителей в системах энергоснабжения. Основные причины больших потерь энергоносителей в системах энергоснабжения связаны с нерациональным устройством и эксплуатацией этих систем. Низкая загрузка трансформаторов и электрических сетей также увеличивает потери в системах энергоснабжения.

2) Уменьшение числа преобразований энергоносителей. Так как каждое преобразование энергии связано с потерями, то чем меньше последовательных преобразований претерпевает энергия, тем выше общий КПД. Например, экономически целесообразно замена сжатого воздуха электроэнергией всюду, где это возможно по технологическим условиям.

3) Автоматизация энергоснабжающих установок – отопительных агрегатов и бойлерных установок, систем топливо и электроснабжения.

Экономия ТЭР путем совершенствования энергоиспользования. Данные мероприятия могут дать наибольшее снижения потребления ТЭР до 30%, но в основном являются многозатратными.

К этой группе мероприятий относят:

1) Организационно - технические мероприятия, связанные в основном с повышением качества технического обслуживания оборудования и его ремонтов;

2) Выбор наиболее экономичных энергоносителей (например, перевод отопительных котлов на работу от сжиженного углеводородного газа).Многие технологические процессы могут выполняться с различными энергоносителями. Поэтому правильный выбор конечного энергоносителя в технологических процессах дает выигрыш, намного большее, чем внедрение энергосберегающих мероприятий в существующих энергорасточительных технологиях;

3) Совершенствование действующих технологических процессов, модернизацию и реконструкцию оборудования;

4) Внедрение технологических процессов, оборудования, машин и механизмов с улученными и энерготехнологическими характеристиками;

5) Повышение степени использования вторичных энергоресурсов;

6) Утилизацию низкопотенциального тепла.

Ряд мероприятий, как первой, так и второй группы является общеизвестным и может быть рекомендован к внедрению практически на любом предприятии. К общеизвестным мероприятиям относят:

- Внутрений финансовый аудит и определение доли энергозатрат в структуре себестоимости;
- Энергетическое обследование предприятия;
- Составление энергетического паспорта предприятия и его отдельных объектов;
- Составление мероприятий по энергосбережению и повышения энергоэффективности применительно к технологическим условиям деятельности предприятия;
- Разработка положения о материальном стимулировании получения эффекта от проведения мероприятий повышения энергоэффективности и снижения издержек на приобретение энергоресурсов;
- Аудит договоров энергоснабжения предприятия и их оптимизация;
- Планирование и организация технологического учета потребления энергии и энергоресурсов;
- Реализация незатратных организационных мероприятий по энергосбережению;
- Обучение персонала правилам энергосбережения и рационального использования энергоресурсов;
- Информационное обеспечение энергосбережения (регламент совещаний,распространения организационной и технической информации);
- Бизнес – планирование мероприятий повышения энергоэффективности и технического перевооружения со сроками окупаемости свыше 1 года;
- Реализация мероприятий повышения энергоэффективности и технического перевооружения со сроками окупаемости свыше 1 года;
- Мониторинг исполнения внутренних регламентов энергопользования;

- Мониторинг исполнения договоров на поставку энергетических ресурсов;
- Мониторинг исполнения мероприятий энергосбережения и повышения энергоэффективности;
- Организация финансового и бухгалтерского учета при реализации мероприятий по энергоэффективности;

Технические мероприятия по повышению энергоэффективности:

- Установка узлов учета тепла на предприятии и его объектах
- Установка блочных мини- котельных на удаленных объектах (снижает издержки от 2 до 6 раз, окупаемость 1-1,5 года);
- Теплоизоляция наружных теплотрасс;
- Теплоизоляция ограждающих конструкций зданий;
- Внедрение светодиодной системы освещения и автоматизированной системы управления освещением с функцией удаленной диспетчеризации;
- Проведение мероприятий по оптимизации тепловых режимов здания, автоматизация узлов управления системы отопления зданий;
- Установка теплоотражающих экранов за отопительными установками;
- Установка современных автоматических бесконтактных смесителей;
- Применение технологии водо-воздушной промывки;
- Замена металлических труб на полиэтиленовые;
- Применение систем электрохимической защиты стальных трубопроводов;
- Внедрение современной запорно-регулирующей и предохранительной арматуры;

Многие из этих мероприятий не нуждаются в экономическом обосновании, успешный опыт их реализации подтверждается многолетней практикой.

2 Роль пищевой промышленности в энергетике

В большинстве развитых стран пищевая промышленность обеспечивает важное связующее звено между производителем и потребителем. Эта отрасль жизненно важна для обеспечения равномерных поставок продуктов питания в течение всего года. Такие операции, как стерилизация, замораживание и сушка, помогают свести к минимуму потери продукта при транспортировке и хранении. В течение последних нескольких десятилетий внедрение механизации для достижения высокой производительности переработки привело к тому, что пищевая промышленность стала в большей степени зависеть от энергии, получаемой в основном из нефтепродуктов.

Отрасли промышленности обычно используют различные источники энергии, такие как нефть, газ, уголь, солнечная энергия, атомная энергия, древесное топливо и электроэнергия в процессе производства конечного продукта. Пищевая промышленность нуждается в энергии для различного оборудования, такого как газовые печи, сушилки, паровые котлы, электродвигатели, холодильные установки оборудование, системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. В пищевой промышленности основным видом потребления энергии является, в частности, электроэнергия. Две трети потребляемой электроэнергии используется для выработки механической энергии для работы конвейеров, насосов, компрессоров и других установок. Промышленный сектор несет значительную ответственность за истощение запасов ископаемого топлива и выбросы углекислого газа. Экологические проблемы вынуждают разрабатывать политику по сокращению выбросов парниковых газов (ПГ). Таким образом, промышленный сектор реализовал несколько инициатив по смягчению этих проблем. Одна инициатива соответствует реализации стратегий в области энергоэффективности.

Энергоэффективность — один из самых простых и экономически эффективных способов борьбы с изменением климата, снижения затрат на энергию для потребителей и повышения конкурентоспособности предприятий РК. Энергоэффективность также является жизненно важным компонентом в достижении нулевых выбросов углекислого газа за счет декарбонизации.

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ), такие как солнечная энергия и ветер, являются одними из наиболее часто используемых вариантов. Однако ископаемое топливо составляет 80% от общего мирового энергопотребления, а половина всей вырабатываемой электроэнергии поступает от электростанций, работающих на ископаемом топливе.

В частности, пищевая промышленность сильно зависит от ископаемого топлива, и ожидается, что в ближайшие годы спрос на продовольствие значительно вырастет, в связи с прогнозом глобального роста населения. Чтобы удовлетворить этот спрос, необходимо увеличить производство, что требует увеличения потребления энергии. Поэтому разработка стратегий

повышения энергоэффективности промышленного сектора имеет решающее значение. Однако прогнозируемый рост производства энергии недостаточен, а традиционные источники энергии ограничены; следовательно, необходимо стремиться к повышению энергоэффективности в системах производства продуктов питания.

Пищевая промышленность также включает в себя энергоемкие виды деятельности, и затраты, связанные с энергией, среди общих производственных затрат составляют от 20% до 50%. Более того, на пищевую промышленность приходится высокий процент (примерно 12%) от общего объема электроэнергии, потребляемой в промышленном секторе. Однако энергия в пищевом секторе не всегда используется надлежащим образом из-за многих недостатков , наблюдаемых в технологиях обработки пищевых продуктов. Пищевая промышленность также несет ответственность за выбросы парниковых газов (ПГ) , такие как диоксид углерода (CO_2), метан (CH_4) и закись азота (N_2O). Как только ископаемое топливо сжигается для выработки энергии, выделяется углекислый газ. Выбросы делятся на прямые и косвенные выбросы. Прямое использование энергии предназначено для внутрихозяйственных операций при переработке сырья и на различных стадиях производственных процессов, в то время как косвенное использование энергии происходит при хранении, транспортировке и использовании электроэнергии для работы пищевой промышленности.

Энергетический сектор Республики Казахстан является источником 80% всех выбросов, 90% из которых приходится на производство тепловой и электрической энергии. Жилой сектор является третьим по величине потребителем тепловой и электрической энергии в стране после энергетического и производственного секторов.

Пищевая промышленность Казахстана является одной из важных стратегических отраслей промышленности, призванная обеспечить устойчивое снабжение населения необходимыми по количеству и качеству продуктов питания. По данным комитета по статистике РК по состоянию 01 января 2020 года в стране количество предприятий по производству продуктов питания составило 2564 предприятия, на 881 предприятие больше, чем в аналогичном периоде 2015 года. Из них в малом бизнесе функционируют 2400 предприятия, в среднем бизнесе - 115 предприятий, в крупном бизнесе – 49 предприятий.

Проблемы, обсужденные выше, в значительной степени способствовали высокой себестоимости продукции в пищевой промышленности РК. Хотя дополнительные расходы перекладываются на беспомощные потребители, эти продукты теряют конкурентное преимущество при размещении рядом со своими зарубежными аналогами.

3 Общие сведения об объекте исследования

Объектом исследования является крупное промышленное предприятие РК. Деятельность которой является производство майонезов, кетчупов, растительного масла, соусов и горчицы. Завод запущен в эксплуатацию 1962 году и имеет почти полувековой опыт в производстве высококачественной продукции. В компании работает более чем 1000 человек. Это компания с огромнымы объемами выпускаемой продукции, обладающая высокими оценками потребителей, подтвержденными различными наградами, медалями и дипломами, квалифицированными специалистами во всех областях, имеющая новейшее оборудование и использующая передовые технологии для развития производства. Прошедшая в 2010 г. аттестацию на соответствие Международным стандартам качества серии 9000 и серии 22000 в который раз подтвердила высокотехнологичность производственного процесса и конкурентоспособность выпускаемой продукции на предприятии. Компания ежегодно проходит сертификацию своей продукции в Центре стандартизации, метрологии и сертификации. В компании есть своя, аттестованная госорганами, производственная лаборатория, оснащенная современным оборудованием, что позволяет оперативно выявлять несоответсвие качества поступаемого сырья, по установленным нормативам и физико-химическим показателям. Величина каждого показателя поступающего сырья и методы их определения регламентированы ГОСТами РК. Также для поддержания всего производства на высоком санитарно-гигиеническом уровне, обеспечивающем надлежащую бактериалогическую чистоту выпускамой продукции, проводится микробилогический контроль.

На предприятии существует инновационная Технологическая лаборатория занятая разработкой и внедрением новых продуктов и технологии оснащенная современным оборудованием, благодаря чему компания постоянно расширяет свой ассортимент новинками. Гараж предприятии насчитывает 80 единиц транспорта, из них 40 машин оборудованы холодильниками для доставки продукции по городу и регионам. На территории построена своя котельная, что позволяет не зависить от городского теплоснабжения и четко выдерживать технологические параметры по температуре и давлению. Также есть собственная железнодорожная ветка.

3.1 Система электроснабжение предприятия

Предприятие снабжается электричеством от электросетей АО «Алатау Жарық» на основании договора по оказанию услуг по передаче электроэнергии от подстанции 35 кВА. Предприятие имеет свою РП и два ТП – 10/0,4 которые распределяют энергию по всему предприятию. Также на

предприятии действует автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии, которая функционирует с 2016 года.

3.1.1 Динамика потребления электрической энергии

В таблице 3.1 (см. ниже) приведена динамика потребления электрической энергии за последние 5 лет. На рисунке показана динамика потребления электроэнергии в 2020 г.

Таблица 3.1 - Потребление электрической энергии за последние 5 лет

№	Год	Общее потребление, тыс.кВт·ч
1	2016	5754
2	2017	7891
3	2018	8356
4	2019	8169
5	2020	8933

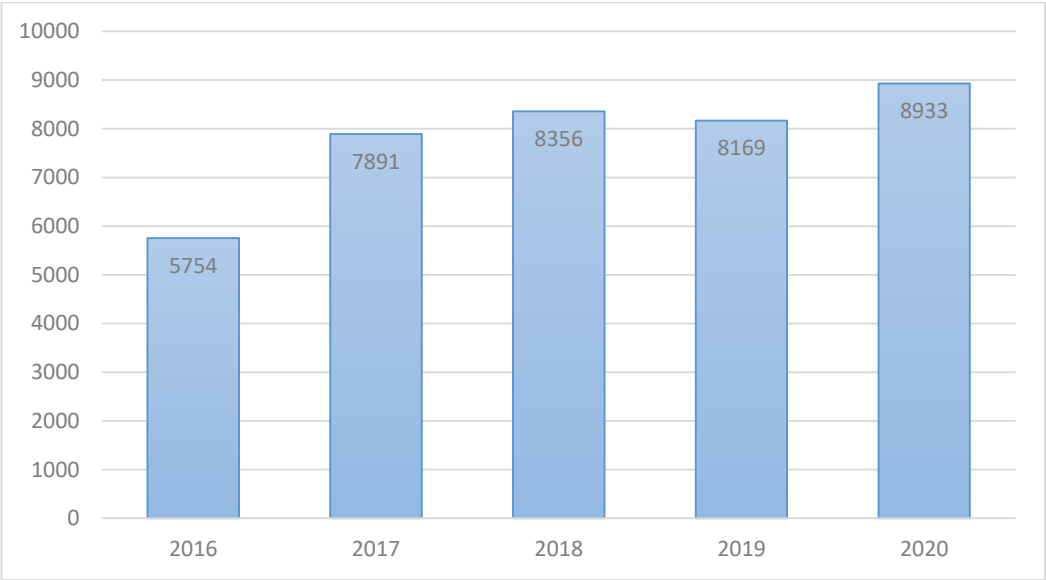

Рисунок 1 - Потребление электроэнергии по годам, тыс.кВт·ч

По анализу данных приведенных в таблице, а также графической информации, показанной на рисунках, показывает что суммарное потребление электрической энергии постепенно увеличивается.

3.1.2 Расчет потерь электроэнергии на питающих линиях передачи

Для расчета потерь электроэнергии в линиях применим поэлементный метод с использованием годового графика нагрузки.

Данные о питающих линиях предприятия приведены в таблице 3.2

Таблица 3.2 – Исходные данные для расчета тепловых потерь на линиях

Наименование показателя	Обозначение	Ед. изм.	Значение
Коэффициент формы графика	$k_ф$		1,025
Удельное сопротивление линии	Rэ	Ом/км	0,625
Длина кабельной линии	Lэ.с	км	1
Годовое время работы электрической сети	$T_г$	час	8760
Потребление электрической энергии за 2020г.		кВт·час	8933000
Среднегодовая активная мощность в линии	W	кВт	1019,75
Линейное напряжение	U	кВ	10
Коэффициент активной мощности	$\cos\varphi$		0,96

Для электрических нагрузок большинства промышленных предприятий Кф обычно находится в пределах 1,01—1,1. Для предприятия, производственная программа и технологический процесс которого достаточно постоянны, Кф меняется в очень незначительных пределах.

Средний эквивалентный ток в линии:

$$I_{сг} = \frac{W_а}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{1019{,}75}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0{,}96} = 61{,}27 \text{ А} \quad (1)$$

Годовые потери в электрических сетях трехфазного тока определяются по формуле:

$$\Delta W_{э.с.г} = 0{,}003 \cdot I_э^2 \cdot R_э \cdot L \cdot k_ф^2 \cdot T_г =$$
$$= 0{,}003 \cdot 61{,}27^2 \cdot 0{,}625 \cdot 1 \cdot 1{,}025^2 \cdot 8760 = 64781 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (2)$$

Наибольшие потери электроэнергии в линиях электропередач связаны с работой основного технологического оборудования. Потери электроэнергии рассчитаны при среднегодовой фактической загрузке.

3.1.3 Расчёт потерь электроэнергии в трансформаторах

Потери мощности в трансформаторах можно разделить на две части: не зависящие и зависящие от нагрузки.

Первая часть - потери мощности в стали трансформатора - зависят только от его мощности и напряжения. Потери активной мощности в стали $\Delta P_{ст.}$ приравниваются потерям холостого хода.

Потери активной мощности в обмотках трансформатора $\Delta P_{м.н..}$ при номинальной нагрузке приравниваются потерям короткого замыкания $\Delta P_{кз.}$

Потери мощности в трансформаторе с номинальной мощностью Sн, кВА; при номинальной нагрузке S ,кВА, составляют:

$$\Delta P_{ст.} = \Delta P_{хх.}, \quad (3)$$

$$\Delta P_{м.н.} = \Delta P_{кз.} \quad (4)$$

Потери энергии в меди трансформатора, кВт, при нагрузке не равной номинальной, определяется по выражению:

$$\Delta W_{м.} = \Delta P_{хх} \cdot T_{р} + \Delta P_{кз} \cdot k_{з}^{2} \cdot T_{р} \quad (5)$$

где Рхх - потери холостого хода, кВт;

Ркз - потери короткого замыкания, кВт;

Кз - коэффициент загрузки;

Т - число часов работы в году, час;

Траб - число часов работы трансформатора.

Сведения о трансформаторах представлены в таблице 3.3 ниже, а данные о величине потерь электроэнергии в трансформаторах, рассчитанные при среднегодовой фактической загрузке, определённой по годовому производственному потреблению электроэнергии.

Таблица 3.3 - Исходные данные и результаты расчета

Тип тр-ра	ТП	ΔРхх	ΔРкз	Траб	к-т загр	кол-во	W нагрузочные потери
ТМЗ 1000/10	ТП-543	1,9	12,2	8100	0,41	1	32 001,6
ТМЗ 1000/10	ТП-543	1,9	12,2	8100	0,47	1	37 219,3
ТМЗ 1000/10	ТП-611	1,9	12,2	8100	0,22	1	20 172,9

3.1.4 Расчёт потерь электроэнергии в системе учёта

Абсолютные потери электроэнергии (тыс.кВт·ч) определяется, обусловленные допустимыми погрешностями системы учета электроэнергии, за базовый период по формуле:

$$\Delta W_{\text{погр.Б}} = 0{,}01 \cdot \sqrt{(\sum_{i=1}^{n} \delta_i^2 \cdot W_i^2 + \sum_{j=1}^{n} \delta_i^2 \cdot W_j^2 + \frac{\delta_3^2}{k_3} \cdot W_3^2 + \frac{\delta_1^2}{k_1} \cdot W_1^2)} \qquad (6)$$

где $\delta_i(\delta_j)$ - погрешность измерительного канала принятой (отданной) активной электроэнергии по электрической сети, %;

$W_i(W_j)$ - прием (отдача) электроэнергии, зафиксированные измерительными каналами активной электроэнергии по электрической сети, тыс. кВт·ч;

n - количество точек учёта, фиксирующих приём электроэнергии, шт.; m - количество точек учета, фиксирующих отдачу электроэнергии, в том числе крупным потребителям, шт.;

k_3 - количество точек учета трехфазных потребителей (за минусом, учтенных в "m"), шт.;

k_1- количество точек учета однофазных потребителей (за минусом, учтенных в "m"), шт.;

W_3 - потребление электроэнергии трехфазными потребителями (за минусом, учтенных в "m"), тыс.кВт·ч;

W_1 - потребление электроэнергии однофазными потребителями (за минусом, учтенных в "m"), тыс.кВт·ч.

Погрешность измерительного канала активной электроэнергии определяется по формуле:

$$\delta = \pm \cdot \sqrt{(\delta_{\text{сч}}^2 + \delta_{\text{тт}}^2 + \delta_{\text{тн}}^2 + \delta_{\text{л}}^2)} \qquad (7)$$

где $\delta_{\text{сч}}$, $\delta_{\text{тт}}$, $\delta_{\text{тн}}$ - основные допустимые погрешности счетчиков, трансформаторов тока, трансформаторов напряжения при нормальных условиях (принимаются по значению классов точности), %;

$\delta_{\text{л}}$ - предел допустимых потерь напряжения в линиях присоединения счетчиков к ТН, принимается равным 0,25 %.

Класс точности всех приборов учёта - 0,5 % . Погрешность измерительного канала активной энергии:

$$\delta = \pm \cdot \sqrt{(\delta_{\text{сч}}^2 + \delta_{\text{тт}}^2 + \delta_{\text{тн}}^2 + \delta_{\text{л}}^2)} = 1{,}1 \cdot \sqrt{(3 \cdot 0{,}5^2 + 0{,}25^2)} = 0.992\ ,$$

$$\Delta W_{\text{погр.Б}} = 0{,}01 \cdot \sqrt{(\sum_{i=1}^{n} \delta_i^2 \cdot W_i^2 + \sum_{j=1}^{n} \delta_i^2 \cdot W_j^2 + \frac{\delta_3^2}{k_3} \cdot W_3^2 + \frac{\delta_1^2}{k_1} \cdot W_1^2)} =$$

$$= 0{,}01 \cdot \sqrt{(0{,}992^2 \cdot 8933^2)} = 88615 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

В результате расчётов потери, обусловленные допустимыми погрешностями системы учёта в 2020г. составили $\Delta W_{\text{погр.Б}}$ ~ 88,6 тыс. кВт.ч Суммарные потери электрической энергии ΔW = 64,78 + 88,6 + 89,39 = 242,77 тыс. кВт·ч. Итого, суммарные нормативные потери электрической энергии в питающих линиях, трансформаторах и системе учёта в 2020 г. Составили 2,75% от общего потребления электроэнергии предприятия.

Таблица 3.4 - Баланс электрической энергии в 2020 году

Источники потребления	Суммарное потребление
Приход	
По данным счетчика	8932,61
Расход	8689,85
Технологическое оборудование, в т.ч.:	2224,68
1) Электропривод, электротермическое оборудование	2080
2) сушилки	8,05
3) прочее	136,63
Насосы	3545,75
Вентиляционное оборудование	181,94
Подъемно- транспортное оборудование	4,71
Компрессоры	920,06
Сварочное оборудование	1,2
Холодильное оборудование	1642,65
Освещение	100,15
Бытовая техника	68,71
Потери	242,77

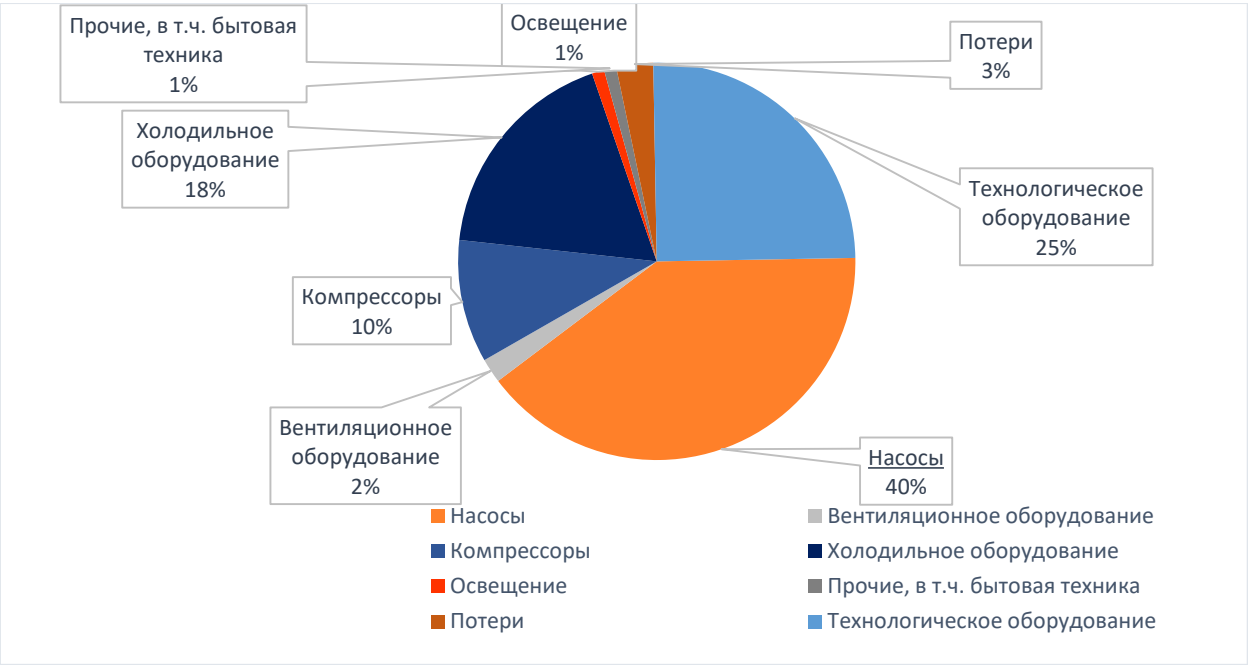

Рисунок 2 - Структура потребления электроэнергии

Из таблицы 3.4 и из рисунка 2 видно, что основную долю в структуре потребления электроэнергии занимает технологическое оборудование, насосы, холодильные оборудование и компрессоры.

3.2 Теплоснабжение предприятия

Потребность в тепловой энергии предприятия покрывается за счет собственной котельной.

Тепловая энергия, генерируемая на собственном источнике теплоснабжения в виде пара и горячей воды, используется на нужды: технологических процессов, отопления, вентиляции, подогрева воды на горячее водоснабжения.

3.2.1 Динамика отпуска тепла

Объем тепловой энергии зависит от температуры наружного воздуха в течение отопительного периода и количества отапливаемых объектов и оъемов производства. Выработанную теплоту предприятие использует только для собственного потребления. Объем отпуска тепла в 2020 году составило – 15841 Гкал. В течение года динамика отпуска не однозначна и носит сезонный характер, что можно увидеть в рисунке 3 см.ниже. Объем потребление природного газа за базовый год составил 2455405 м^3. Рост увеличения потребления газа связан с увеличением выпуска продукции.

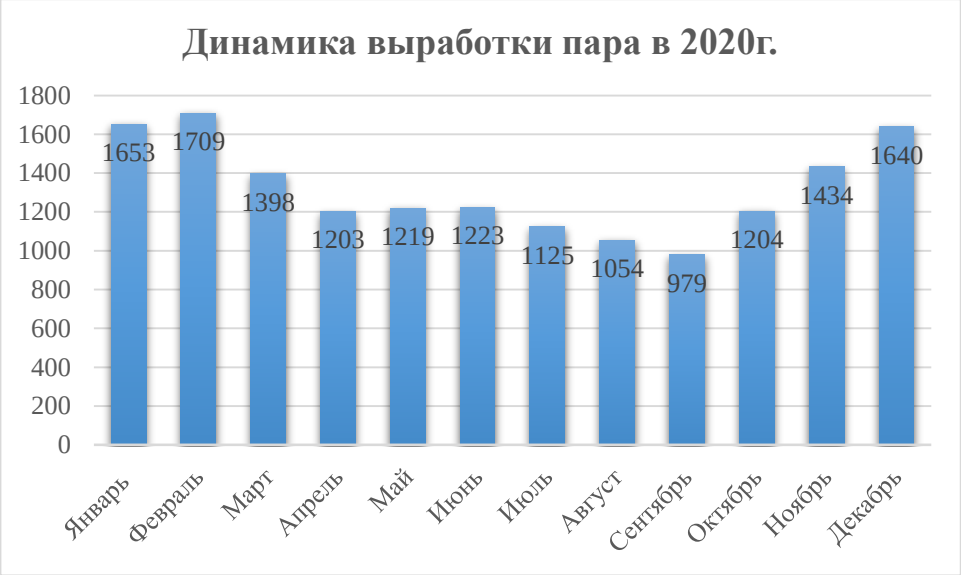

Рисунок 3 - Количество выработки пара по месяцам в 2020 году

3.2.2 Учёт потребления ресурсов

Учёт отпуска тепловой энергии; установлен технический узел учёта природного газа - Proline Prowirl 73 - универсальный измеритель объёмного или массового расхода пара, воды (согласно IAPWS-IF97 ASME), природного газа (согласно AGA NX-19), сжатого воздуха и других жидкостей или газов. Максимальный диапазон использования:

• температура жидкостей от -200 до +400 °C;

• номинальное давление до PN40/Cl300.

3.2.3 Тепловые сети

Система теплоснабжения предприятия закрытая двухтрубная, работает по утверждённому температурному графику 70/55˚С. Протяжённость сетей 653,8 п. м. (в двухтрубном исчислении). Диаметры трубопроводов 150 мм - 50 мм. Способ прокладки надземный. Паспорта на тепловые сети имеются, заполнение ведётся систематически. Гидравлические испытания сетей проводятся ежегодно, температурные испытания не проводятся, производятся гидропневматические промывки тепловых сетей, внутренних систем теплоснабжения. При производстве текущих ремонтов везде соблюдены расчетные диаметры трубопроводов, что положительно сказывается на гидравлическом режиме тепловых сетей.

Система горячего водоснабжения закрытая, подогрев воды осуществляется пластинчатым подогревателем в тепловом пункте производственного здания.

3.2.4 Тепловые потери внутриплощадочными сетями

Эксплуатационные тепловые потери в водяных ТС состоят из двух видов потерь - через теплоизоляционные конструкции и с утечками сетевой воды. Определение нормируемых эксплуатационных тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции осуществляется для ТС на балансе организации, в виде часовых (при среднегодовых условиях работы ТС), МВт(Гкал/ч), и среднемесячных, МВт (Гкал/ч), тепловых потерь по участкам ТС в соответствии с материальной характеристикой, а также месячных и годовых потерь, ГДж (Гкал), в целом по ТС.

Тепловые потери через изоляцию определяются раздельно по видам прокладки вследствие различных алгоритмов их зависимости от температур сетевой воды и окружающей среды. Нормируемые часовые среднегодовые потери по участкам ТС в общем виде определяются выражением:

$$Q_{\text{норм}}^{\text{ср.г}} = q_{\text{н}} \cdot K \cdot L \cdot \beta \qquad (8)$$

Значения удельных (на 1 м длины) часовых тепловых потерь $q_{н}$, Вт/м, ккал/(м·ч), по видам прокладки определяются в зависимости от срока ввода ТС в эксплуатацию:

- к удельным тепловым потерям вводятся поправочные коэффициенты К, полученные на основании расчёта, и - на дополнительные потери тепла арматурой, компенсаторами, опорами;

- нормируемые часовые тепловые потери при среднегодовых условиях работы в целом по ТС на балансе предприятия определяются путём суммирования часовых среднегодовых потерь по участкам (по видам прокладки);

- нормируемые часовые среднемесячные, МВт (Гкал/ч), и месячные Q , ГДж (Гкал), тепловые потери по видам прокладки определяются путем пересчета часовых среднегодовых тепловых потерь на среднемесячные температурные условия работы ТС и число часов работы в данном месяце;

- составляющая ЭХ по тепловым потерям через изоляцию строится в виде графика часовых среднемесячных, МВт (Гкал/ч), и месячных, ГДж (Гкал), тепловых потерь в разрезе года раздельно по видам прокладки для тепловой сети на балансе предприятия.

Энергетическая характеристика водяных ТС по показателю "тепловые потери" определяется путём суммирования нормируемых месячных значений тепловых потерь через тепловую изоляцию и с потерями сетевой воды, а также их годовых значений. Для оценки доли тепловых потерь от количества переданной тепловой энергии определены их относительные значения по месяцам и в целом за год работы ТС.

Определение нормируемых эксплуатационных тепловых потерь с потерями сетевой воды осуществляется только для потерь с нормируемой утечкой в виде годовых тепловых потерь Qг.у.т. [ГДж (Гкал)] по формуле:

$$Q_{\text{ут}}^{\text{г}} = \alpha \cdot V^{\text{ср.г}} \cdot c \cdot \rho^{\text{ср.г}} \left(\frac{t_{\text{п}}^{\text{ср.г}} + t_{o}^{\text{ср.г}}}{2} - t_{x}^{\text{ср.г}} \right) n_{\text{год}} \cdot 10^{-6} \quad (9)$$

При этом:

- нормируемая среднегодовая утечка сетевой воды α [м^3/(ч·м^3)] принимается в размере 0,25% среднегодового объёма (емкости) ТС и систем теплопотребления;

- среднегодовой объем сетевой воды Vср.г (м^3) определяется исходя из объёма ТС и систем теплопотребления в отопительном периоде работы;

- расчёт производится в целом для ТС и подключённых систем теплопотребления на балансе организации;

- определяются нормируемые эксплуатационные месячные тепловые потери с утечкой сетевой воды Qмуг. [ГДж (Гкал)] исходя из сезонных потерь и соответствующих средних температур сетевой и холодной воды и числа часов работы;

составляющая ЭХ по потерям тепла с потерями сетевой воды строится в виде графика месячных тепловых потерь ТС на балансе организации. Удельные часовые тепловые потери определяются по нормам и таблицам и для участков ТС, введенных в эксплуатацию до 01.01.90 г.

Для тепловых сетей с тепловой изоляцией, удельные часовые тепловые потери определяются для подземной прокладки суммарно по подающему и обратному трубопроводам $q_{\text{н}}$, Вт/м [ккал/(м·ч)] по формуле:

$$q_{\text{н}} = q_{\text{н}}^{\text{Т1}} + (q_{\text{н}}^{\text{Т2}} - q_{\text{н}}^{\text{Т1}}) \cdot \frac{\Delta t_{\text{ср}}^{\text{ср.г}} - \Delta t_{\text{ср}}^{\text{Т1}}}{\Delta t_{\text{ср}}^{\text{Т2}} - \Delta t_{\text{ср}}^{\text{Т1}}} \quad (10)$$

где $q_{\text{н}}^{\text{Т1}}$, $q_{\text{н}}^{\text{Т2}}$ удельные часовые тепловые потери суммарно по подающему и обратному теплопроводам каждого диаметра при двух смежных (соответственно меньшем и большем, чем для данной сети) табличных значениях среднегодовой разности температур сетевой воды и грунта, Вт/м [ккал/(м·ч)];

$\Delta t_{\text{ср}}^{\text{ср.г}}$ значение среднегодовой разности температур сетевой воды и грунта для данной тепловой сети, °С;

$\Delta t_{\text{ср}}^{T1}$, $\Delta t_{\text{ср}}^{T2}$ смежные (соответственно меньшее и большее, чем для данной сети) табличные значения среднегодовой разности температур сетевой воды и грунта, °С.

Значение среднегодовой разности температур сетевой воды и грунта (°С) определяется по выражению:

$$\Delta t_{\text{ср}}^{\text{ср.г}} = \frac{t_{\text{п}}^{\text{ср.г}} + t_{o}^{\text{ср.г}}}{2} - t_{\text{гр}}^{\text{ср.г}} \quad (11)$$

$t_{п}^{ср.г}$ и $t_{о}^{ср.г}$ среднегодовая температура сетевой воды соответственно в подающем и обратном трубопроводах для данной тепловой сети, °С;

$t_{гр}^{ср.г}$ среднегодовая температура грунта на глубине заложения трубопроводов, °С;

для надземной прокладки раздельно по подающему и обратному трубопроводам Вт/м [ккал/(м·ч)], по формулам:

$$q_{н.п} = q_{н.п}^{Т1} + (q_{н.п}^{Т2} - q_{н.п}^{Т1}) \cdot \frac{\Delta t_{п}^{ср.г} - \Delta t_{п}^{Т1}}{\Delta t_{п}^{Т2} - \Delta t_{п}^{Т1}}, \quad (12)$$

$$q_{н.о} = q_{н.о}^{Т1} + (q_{н.о}^{Т2} - q_{н.о}^{Т1}) \cdot \frac{\Delta t_{о}^{ср.г} - \Delta t_{о}^{Т1}}{\Delta t_{о}^{Т2} - \Delta t_{о}^{Т1}}. \quad (13)$$

где $q_{н.п}^{Т1}$ и $q_{н.п}^{Т2}$ удельные часовые тепловые потери по подающему трубопроводу для данного диаметра при двух смежных (соответственно меньшем и большем) табличных значениях среднегодовой разности температур сетевой воды и наружного воздуха, Вт/м [ккал/(м·ч)];

$q_{н.о}^{Т1}$ и $q_{н.о}^{Т2}$ удельные часовые тепловые потери по обратному трубопроводу для данного диаметра при двух смежных (соответственно меньшем и большем) табличных значениях среднегодовой разности температур сетевой воды и наружного воздуха, Вт/м (ккал/(м·ч)];

$\Delta t_{п}^{ср.г}$ и $\Delta t_{о}^{ср.г}$ среднегодовая разность температур соответственно сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах и наружного воздуха для данной тепловой сети, °С;

$\Delta t_{п}^{Т1}$ и $\Delta t_{п}^{Т2}$ смежные табличные значения (соответственно меньшее и большее) среднегодовой разности температур сетевой воды в подающем трубопроводе и наружного воздуха, °С;

$\Delta t_{о}^{Т1}$ и $\Delta t_{о}^{Т2}$ смежные табличные значения (соответственно меньшее и большее) среднегодовой разности температур сетевой воды в обратном трубопроводе и наружного воздуха, °С.

Среднегодовые значения разности температур для подающего $\Delta t_{п}^{ср.г}$ и обратного $\Delta t_{о}^{ср.г}$ трубопроводов определяются как разность соответствующих среднегодовых температур сетевой воды $\Delta t_{п}^{ср.г}$ и $\Delta t_{о}^{ср.г}$, также среднегодовой температуры наружного воздуха.

Среднегодовое значение температуры сетевой воды $\Delta t_{п}^{ср.г}$ и $\Delta t_{о}^{ср.г}$ определяется как среднее значение из ожидаемых среднемесячных значений температуры воды по принятому температурному графику регулирования отпуска тепла соответствующих ожидаемым значениям температуры наружного воздуха за весь период работы тепловой сети в течение года. Ожидаемые среднемесячные значения температуры наружного воздуха и

грунта определяются как средние значения из соответствующих статистических климатологических значений за последние 5 лет по данным местной метеорологической станции или по климатологическим справочникам.

Среднегодовое значение температуры грунта $t_{\text{гр}}^{\text{ср.г}}$ определяется как среднее значение из ожидаемых среднемесячных значений температуры грунта на глубине залегания трубопроводов.

3.2.5 Расчёт тепловых потерь внутриплощадочными тепловыми сетями

Средние месячные температуры воздуха и температура сетевой воды приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 - Режим работы тепловых сетей

Месяц	Число часов работы		Температура,˚С				
	отопит период	летний период	грунта на глубине	наружного воздуха	подающего тр-да	обратного тр-да	холодной воды
Январь	744	0	5	-6,5	68,3	53,6	5
Февраль	672	0	5	-2,1	61,5	49,2	5
Март	744	0	5	2	55	45	5
Апрель	384	0	5	10,8	45	38,4	5
Май	0	0	15	16,2	45	38,4	15
Июнь	0	0	15	20,7	-	-	15
Июль	0	0	15	23,5	-	-	15
Август	0	0	15	22,3	-	-	15
Сентябрь	0	0	15	17	-	-	15
Октябрь	0	0	15	9,5	45	38,4	15
Ноябрь	720	0	5	0,9	56,8	46,2	5
Декабрь	744	0	5	-4,5	65,2	51,6	5
Среднесезонные значения	4008	0	5	-0,8	59,8	48,1	5

Таблица 3.6 - Расчет нормативных тепловых потерь теплосети через изоляцию

участок	тип прокладки	D	L	q, ккал/ч·м	β	k	Q, Гкал/час	T	Q,год,Гкал
кот-ТП	Подающий	150	80	28	1,15	1	0,0022	4008	8,868
кот-ТП	Обратный	150	80	19	1,15	1	0,0015	4008	6,017
ТП-ЦФ	Подающий	80	24	25	1,2	1	0,0006	4008	2,479
ТП-ЦФ	Обратный	80	24	17	1,2	1	0,0004	4008	1,685
ТП-масл.ст.	Подающий	80	130	25	1,2	1	0,0033	4008	13,426
ТП-масл.ст.	Обратный	80	130	17	1,2	1	0,0023	4008	9,129
ТП-1,2,3	Подающий	50	70	19	1,2	1	0,0014	4008	5,494
ТП-1,2,3	Обратный	50	70	13	1,2	1	0,0009	4008	3,759
ТП-4	Подающий	50	70	19	1,2	1	0,0014	4008	5,494
ТП-4	Обратный	50	70	13	1,2	1	0,0009	4008	3,759
ТП-5,6,7	Подающий	80	70	25	1,2	1	0,0018	4008	7,229
ТП-5,6,7	Обратный	80	70	17	1,2	1	0,0012	4008	4,916
									72,255

3.2.6 Тепловые потери тепловой энергии паропроводом

На балансе предприятия находятся 63 п.м. паропровода. Диаметр паропровода 150 мм, способ прокладки - надземный, эстакада. Расчёт тепловых потерь сетями абонентов произведён по методике, представленной выше. Результаты расчётов тепловых потерь паропровода представлен в таблице.

Таблица 3.7 - Расчёт теплопотерь паропровода через изоляцию

участок	тип прокладки	D	L	q, ккал/ч·м	β	k	Q, Гкал/ час	T	$Q_{год}$, Гкал
паропровод	Подающий	150	63	88	1,2	1	0,0057	8100	46,284

Таким образом, нормативные потери тепловой энергии тепловыми сетями предприятия составляют 118,54 Гкал.

3.2.7 Нормативный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию

Часовая тепловая нагрузка на отопление рассчитывается по формуле:

$$Q_0 = \alpha \cdot q_0 \cdot V_н \cdot \left(Т_{вн} - Т_{р.о.}\right) \cdot 10^{-6} \text{ МВт} \qquad (14)$$

или за отопительный период:

$$Q_{год} = Q_0 \cdot \frac{Т_{вн} - Т_{ср.оп}}{Т_{вн} - Т_{р.о.}} \cdot 24 \cdot П_0 \cdot 3{,}6 \text{ ГДж} \qquad (15)$$

где α - поправочный коэффициент, учитывающий район строительства здания, принимается в зависимости от температуры наружного воздуха (самой холодной пятидневки), по нижеприведённым данным интерполяцией до нужного значения:

Таблица 3.8 - Поправочный коэффициент на температуру наружного воздуха

$Т_{р.о.}$	0	-5	-10	-15	-20	-25	-26	-30	-35	-40	-45	-50	-55
α	2,05	1,67	1,45	1,29	1,17	1,08	1,06	1	0,95	0,90	0,85	0,82	0,80

где q_o - удельная отопительная характеристика здания при $T_{ро}$ = -25°С для отопления, Вт/м^3 ккал/(м^3· ч·°С);

V - объем здания по наружному обмеру, м;

$T_{вн}$ - расчётная температура воздуха внутри помещений, °С;

$T_{ср.оп}$ - средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °С;

$П_о$ - продолжительность отопительного периода, сут.

Результаты расчёта нормативной потребности в тепловой энергии на нужды отопления представлены в таблице 3.9. В последней колонке таблицы представлены результаты расчётов суммарных удельных расходов тепловой энергии на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение кВтч/м^3· год.

Таблица 3.9 - Нормативная потребность в тепловой энергии зданий предприятия

Здания и сооружения	Q_0,ккал	Vn	ti	tm	to	Zo	knm	a	Qmax,Гкал	Q_0,Гкал
Магазин	0,58	371	20	-1,6	-25	168	1,05	1	0,01	19,68
Административное здание	0,46	2268	20	-1,6	-25	168	1,05	1	0,05	95,40
Производственный корпус	0,23	37116	18	-1,6	-25	168	1,05	1	0,39	708,36
Маслосливная станция	0,3	5735	16	-1,6	-25	168	1,05	1	0,07	128,20
Транспортный участок	0,34	4346	16	-1,6	-28	168	1,05	1	0,07	110,10
Компрессорный участок	0,42	9201	16	-1,6	-28	168	1,05	1	0,18	287,94
Склад	0,23	5328	16	-1,6	-28	168	1,05	1	0,06	91,31
Контрольно-испытательный цех	0,91	307	10	-1,6	-28	168	1,05	1	0,01	13,72
Котельная	0,61	1712	20	-1,6	-28	168	1,05	1	0,05	95,50
Отдел снабжения	0,44	534	16	-1,6	-28	168	1,05	1	0,01	17,51
Суммарно										1567,72

3.2.8 Баланс тепловой энергии

Таблица 3.10 – Баланс тепловой энергии

Статьи прихода/расхода	Характеристики,параметры			Суммарное Потребление	Расчетно-нормативное потерблен ие с учетом нормативных потерь
	Теплоноситель	Давление Р,Мпа	Температура		
Приход:	пар	1,3	195	15841	15841
Собственная котельная	пар	1,3	195	15841	15841
Расход				15841	15841
Технологические расходы					
1) в т.ч. пара из них контактным острым способом	пар			14455,54	14455,54
Отопление и вентиляция, в т. ч. калориферы воздушные	горячая вода			1104,77	1104,77
Горячее водоснабжение	горячая вода			162,15	162,15
Суммарные сетевые потери (нормируемые)	горячая вода			118,54	118,54

Максимальная доля отпуска тепловой энергии приходится на технологическое оборудование (91 процент).

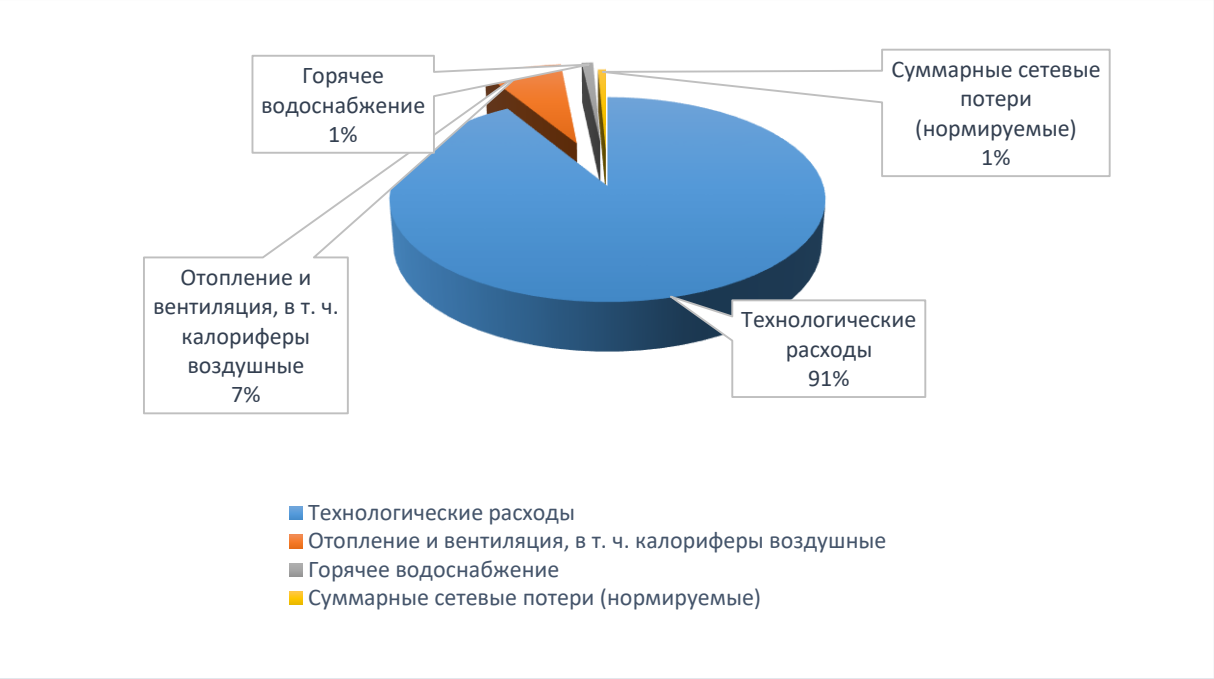

Рисунок 4 - Структура использования тепловой энергии

4 Паровые системы в пищевом производстве

Паровые системы сегодня являются частью почти каждого крупного промышленного процесса. Сектор пищевой промышленности требует различных типов пара для различных целей. Вот некоторые из типов пара, которые помогают обрабатывать пищу:

Заводской пар - другими словами, заводской пар - это обычный пар, образующийся в котлах при сжигании топлива. Пар завода не вступает в прямой контакт с продуктами питания и вместо этого используется для косвенного нагрева.

Кулинарный пар - этот тип пара подается непосредственно на пищу, и, следовательно, он очищается перед использованием.

Чистый пар - не содержит каких-либо загрязненных частиц и обычно используется для целей стерилизации и дезинфекции.Чистый пар должен быть чистым, сухим и не содержать пирогенов. Когда он конденсируется, он должен соответствовать требованиям международной фармакопеи к воде для инъекций. Другими словами, он должен быть достаточно чистым, чтобы его можно было вводить в организм человека без каких-либо побочных эффектов. Опять же, необходима подача высокоочищенной питательной воды с использованием тех же принципов, что и для чистого пара. Затем специальный генератор чистого пара дистиллирует воду один или несколько раз для получения необходимой чистоты пара. Поскольку вы обнаружите, что наиболее чистый пар используется в фармацевтических целях, все оборудование и процессы должны соответствовать требованиям.

4.1 Роль паровых котлов в пищевой промышленности

Поскольку пар имеет первостепенное значение для пищевой промышленности, паровые котлы служат различным целям в этом секторе. Например, сырая пища может содержать вредные бактерии или загрязнения, которые могут представлять угрозу для заболеваний, связанных с пищевыми продуктами. Таким образом, содержание бактерий в сырой пище уничтожается в процессе пастеризации с помощью пара. Также, пар или горячая вода из котла чрезвычайно помогают при приготовлении пищи. Это гарантирует, что пища будет высококачественной, не содержащей вредных веществ и легко усваиваемой.

Процесс сушки требует высокотемпературного пара. Пар жизненно важен для приготовления пищи, а также для стерилизации и дезинфекции технологической установки и сосудов или оборудования, используемых для обработки, чтобы обеспечить чистый и безопасный рабочий цикл. Пар также необходим для процесса упаковки пищевых продуктов. Для упаковки пар в

основном используется для консервированных консервов, которые подвергаются воздействию пара под высоким давлением, чтобы гарантировать стерилизацию банки и продукта, запечатанного внутри.

Существенный рост потребности в энергетических ресурсах, что создает необходимость повышения энергоэффективности действующих тепло-генерирующих установок. Наиболее высокого уровня энергоэффективности котельной можно достигнуть только за счёт комплексного подхода к решению конструктивных, технологических, технико-экономических и экологических проблем.

Требования к котлу для пищевой промышленности:

В то время как паровое тепло служит многим целям в пищевой промышленности, сами котлы часто создают свои собственные проблемы. Большинству производителей продуктов питания не требуется полный пар 24/7, вместо этого спрос на пар варьируется вдоль их производственных линий в разное время суток. Однако большинству обычных котлов требуются часы простоя для прогрева и охлаждения, что означает, что предприятия пищевой промышленности должны поддерживать свои котлы в рабочем состоянии даже при минимальной потребности в паре. Это, конечно, приводит к снижению энергоэффективности, более высоким затратам на топливо и даже к трудностям с соблюдением стандартов выбросов парниковых газов. По этой причине выбор парового котла на заводе может оказать значительное влияние на производительность и эффективность. Вот некоторые из основных требований к паровому котлу для пищевой промышленности:

- *Высокая Энергоэффективность*. Пищевая промышленность становится одной из доминирующих отраслей в мире, и поэтому котлы для пищевой промышленности должны быть самого высокого качества и эффективности для бесперебойных технологических операций. Как уже упоминалось, из-за длительных рабочих циклов и простоев котлы теряют свою энергоэффективность. Поэтому важно убедиться, что котел, выбранный для предприятий пищевой промышленности, обеспечивает высокую энергоэффективность и эффективность использования воды;
- *Устойчивость*. Отрасли с длительными производственными циклами сталкиваются с трудностями, связанными с повышением выбросов парниковых газов, что наносит вред окружающей среде и противоречит нормам экологического законодательства. Паровые котлы с гарантированной устойчивостью значительно помогают в поддержании и снижении вредных выбросов;
- *Прочность.* Чтобы справляться с изменяющимися требованиями. Котлы, которые могут быстро адаптироваться к простою при изменении требований к отоплению и охлаждению, могут оказаться ценным активом для пищевой промышленности. Это позволило бы избежать чрезмерного использования и удорожания топлива, повысить эффективность котла и сократить выбросы парниковых

газов, что позволило бы сэкономить годовой бюджет технологической установки;

- *Простота в обслуживании.* Несомненно, важно, чтобы котлы для пищевой промышленности были безопасными, надежными и простыми в обслуживании в течение более длительного срока службы системы.

5 Мероприятия по повышению энергоэффективности

5.1 Установка охладителя выпара в систему деаэратора

Деаэраторные баки предназначены в основном для аккумулирования запаса питательной воды. Кроме того, в деаэраторном баке заканчивается процесс дегазации воды, то есть осуществляется выделение дисперсных газов и разложенение бикарбонатов. Поэтому установка деаэрационной колонки на баке-аккумуляторе является предпочтительной, как и подвод греющего пара к деаэратору через паровое пространство бака-аккумулятора, что способствует хорошей вентиляции его парового объема и обеспечивает более глубокую деаэрацию воды. Температура пара, подаваемого в бак-аккумулятор, не должна превышать 250˚С. Охладители выпара обеспечивают конденсацию, скопление и вывод пара в деаэрационных установках. На данный момент на предприятии работающий деаэратор не оснащён охладителем выпара.

Для снижение потерь тепловой энергии предлагается установить охладитель выпара деаэратора, который просто незаменим в нормальной работе любой деаэрационной колонки, служит для конденсации пара из выпара устройств. Этот конденсирующий пар, как правило, вместе с агрессивными газами отводиться прямо из колонки деаэратора.

В качестве охлаждающей среды в охладителях выпара деаэратора чаще всего применяется поток специально подготовленной воды, очищенной химическим способом. Охладители выпара деаэратора необходимы для данного вида установок в связи с тем, что обеспечивают нормальную и без аварийную работу всех воздухоотсасывающих устройств.

Параметры пара, поступающего в охладитель выпара из деаэратора:

Давление 0,12МПа. Температура 104 ˚С. Энтальпия 2681,2 кДж/кг

Параметры конденсата после охладителя выпара:

Давление 0,12МПа. Температура 104 ˚С. Энтальпия 436,3 кДж/кг

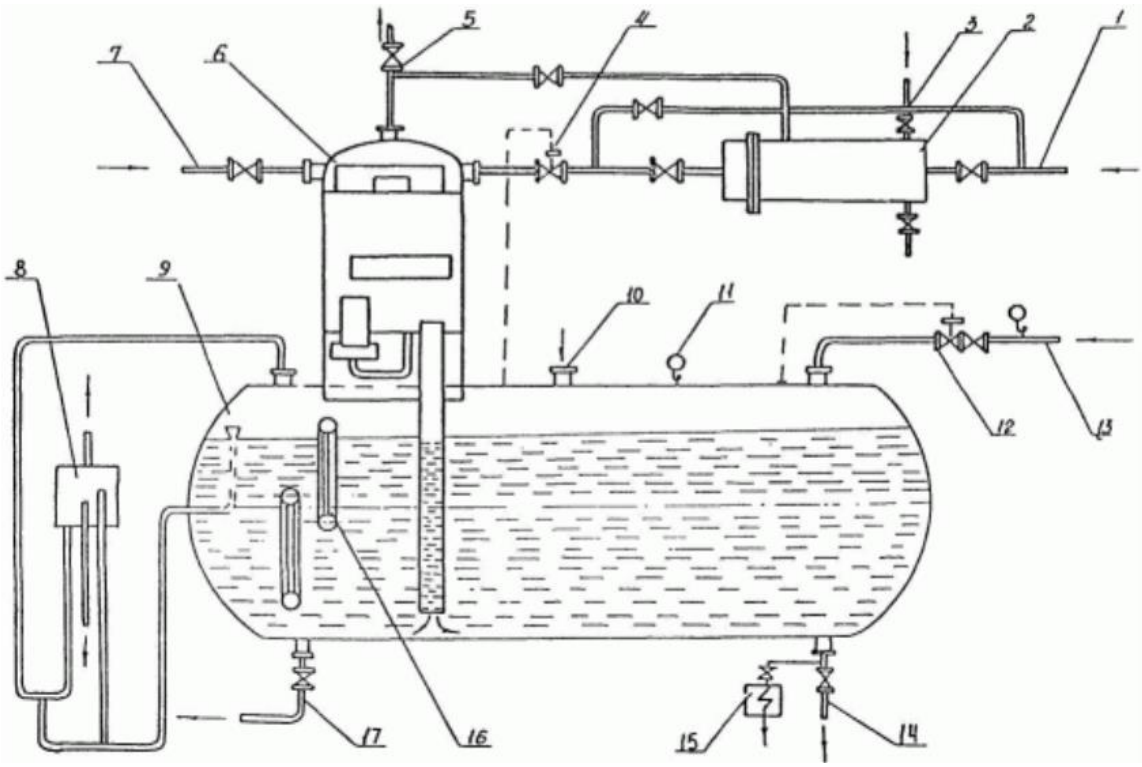

Рисунок 5 - Принципиальная схема включения деаэрационной установки

1 — подвод химочищенной воды; 2 — охладитель выпара; 3, 5 — выхлоп в атмосферу; 4 — клапан регулировки уровня, 6 — колонка; 7 — подвод основного конденсата; 8 — предохранительное устройство; 9 — деаэрационный бак; 10 — подвод деаэрированной воды; 11 — манометр; 12 — клапан регулировки давления; 13 — подвод горячего пара; 14 — отвод деаэрированной воды; 15 — охладитель проб воды; 16 — указатель уровня; 17— дренаж; 18 —мановакуометр.

5.1.1 Принцип работы охладителя выпара

Охладитель выпара представляет собой кожухотрубный теплообменник, состоящий из горизонтального корпуса, в котором размещена трубная система (трубная доска крепится к корпусу с помощью сварки во избежание присосов воздуха). Внутри трубок движется химочищенная вода (часть потока исходной воды), которая затем направляется в деаэратор. Для обеспечения необходимого расхода выпара при всех нагрузках деаэратора расход воды на охладитель выпара должен соответствовать номинальной производительности и поддерживаться постоянным. Конденсат из охладителя выпара отдельным трубопроводом через гидрозатвор возвращается в деаэратор (на переливную (верхнюю) тарелку) или сливается в дренажные баки, с этой целью охладитель наклонен в сторону отвода конденсата (уклон 1:10).

Коэффициент сокращения теплопотребления вследствие поддержания температурных условий в помещении:

$$D_{\text{вып}} = d_{\text{вып}} \times G_d \quad (16)$$

где $d_{\text{вып}}$ = 0,04 коэффициент выпара;

Gd – количество воды на выходе из деаэратора.

Экономический эффект установки охладителя выпара предствлен в таблице 5.1

Таблица 5.1 - Экономический эффект установки охладителя выпара

G_d	$D_{вып}$	Количество теплоты	Количество природного газа	Себестоимость природного газа	Экономический эффект
т/год	т/год	Гкал/год	$м^3$	тенге/$м^3$	тыс.тенге
24553,6	118,1	63,4	11388	29,48	335,71

При применении охладителя выпара в системе деаэрации будет получен скорый экономический эффект – общая окупаемость мероприятия 2,5 года при приблизительных затратах около 839,28 тыс.тенге (стоимость затрат на приобретение и установку уточняется на момент реализации мероприятия).

5.2 Модернизация котельной как мероприятие по повышению энергоэффективности

Как было выше сказано, потребность в тепловой энергии предприятия покрывается за счет собственной котельной.

Тепловая энергия, генерируемая на собственном источнике теплоснабжения в виде пара и горячей воды, используется на нужды:

- технологических процессов;
- отопления;
- вентиляции;
- подогрева воды на горячее водоснабжения предприятии.

Автономная котельная располагается в отдельно стоящем здании, в котором установлены котлы с горелочными устройствами, газоходы, насосная группа, трубопроводы внутренней обвязки, устройства умягчения и химической подготовки воды, система КИПиА, система вентиляции (вытяжные вентиляторы), силовой щит и освещение, приборы учета тепловой энергии и воды. Модернизация автономной паровой котельной предусматривает включение в технологическую схему охладителя выпара ОВА-2 для сохранения энергии пара вторичного вскипания, поступаемого из

деаэратора парогенераторов Clayton и удаляемого в атмосферу. Также предусматривается применение бака-охладителя продувочного выпара, пароводяного подогревателя ГВС, использование двухступенчатой системы ХВО с парной системой фильтров, вместо ступеней с монофильтром, добавление малого парового коллектора и незначительное изменение положения вспомогательного оборудования, относительно основного проекта. Все предусмотренные инженерные решение ведут к повышению энергоэффективности котельной, снижению экономических затрат и количества выбросое В ав SEOG-3 ка SEOG-3 давлени горелка в атмосферу от котельного оборудования.

Главные оборудования автономной котельной это два парогенератора Clayton SEOG 304-3 и один паровой котел Тансу Е-6,0-1,6 МГДН.

В качестве основного и резервного оборудования котельной выступают два парогенератора Clayton SEOG-304-3, сер.№ В7484 и № В7483, 2009 г.в., производительностью Q = 4697 кг/ч, температурой и давлением насыщенного пара t = 204 °С и Р = 1.6 МПа. Парогенераторы снабжены комбинированными горелками, работающими как на природном газе, так и на жидком топливе. Паровой котел Тансу Е-6,0-1,4 МГДН Зав. № 53П, 2008 г.в., производительностью Q = 6.0 т/ч, температурой и давлением насыщенного пара t = 195 °С и Р = 1.4 МПа на момент проектирования является законсервированным и не находится в работе. Котел имеет жидкотопливную горелку Ecostar ECO 8 O(L)C3B, максимальной мощностью Q = 7.116 кВт, при максимальном потреблении топлива Qт = 600 кг/ч. Для повышения КПД работы, котел оснащен экономайзером для догрева питательной воды теплом уходящих дымовых газов.

Рисунок 6 - Парогенераторы Clayton и паровой котел Тансу

Регулирование паропроизводительности котла Тансу и парогенераторов Clayton производится изменением расхода топлива при заданном давлении пара. Текущее давление пара определяется датчиком давления пара. Из котла и парогенераторов полученный пар поступает в главный паровой коллектор, из которого по трубопроводу направляется на технологию. Возврат конденсата с производства - напорный, количество конденсата принято 70% от расхода пара. Часть пара отбирается с главного и малого паровых коллекторов для использования вспомогательного и периферийного оборудования котельной: деаэраторов и пароводяных теплообменников. Для восполнения потерь конденсата используется химочищенная вода, прошедшая обработку в двухступенчатой Na-катонитной установке с парной системой фильтров. Очищенная вода поступает бак запаса хим. очищенной воды. Для повышения КПД работы котельной хим. очищенная вода проходит предварительный нагрев возвращаемым конденсатом с производства, а также циркулируя с помощью насоса Siemens 1LA7083-4AA16-ZN10 через охладитель выпара, производя теплосъем с выпара деаэратора, удаляемого в атмосферу. Далее хим. очищенная вода с помощью двух конденсатных насосов Grundfos TP 32-150/2 A-F-A-BUBE (рабочего и резервного), производительностью Q = 5.8 м3 /ч и напором H = 10 м. поступает в деаэраторы, объемами V = 7 м3 для котла Тансу и V = 5 м3 для парогенераторов Clayton. В деаэраторе происходит деаэрация и догрев воды до 102-104°С, это достигается путем подачи насыщенного пара с парового коллектора котельной через линию подогрева деаэратора паром с редуцированием пара до параметров p = 0,12 МПа (1,2 кгс/см2) и температурой t = 105 °С. Питательная вода для подпитки котла Тансу

поступает из деаэратора с помощью двух насосов MAS KMU 40-10 (рабочего и резервного), производительностью Q=7 м3 /ч и напором H = 185 м. Питательная вода для подпитки парогенераторов Clayton поступает из деаэратора с помощью каскадно включённых насосов. Первым этапом вода попадает в два подпорных насоса Grundfos CR20-02 K-F-A-E-HQQE (рабочий и резервный), производительностью Q=21 м3 /ч и напором H = 31 м. Далее вода направляется через непосредственно два питательных насоса Clayton UH27939 (рабочего и резервного), производительностью Q = 5317 л/ч и напором H = 380 м. Для аварийной подпитки парогенераторов байпасом к подпорным насосам подключен третий насос Clayton UH27939. Оси деаэраторов расположены более, чем на 2 метра выше питательных насосов для исключения эффекта кавитации.

Напорный дренажный поток, получаемый при постоянной и периодической продувке парогенераторов Clayton поступает в бак вторичного вскипания, где вторичный пар из бака направляется в деаэратор для экономии тепла и повышения КПД, а конденсат становится безнапорным. Данный безнапорный конденсат и конденсат, получаемый при продувке котла Тансу, а также опорожнении вспомогательного оборудования, поступает во второй продувочный бак, остаточный третичный пар, получаемый в результате конечного вскипания жидкости удаляется в атмосферу, а полученный конденсат в дренажный колодец, расположенный за зданием котельной.

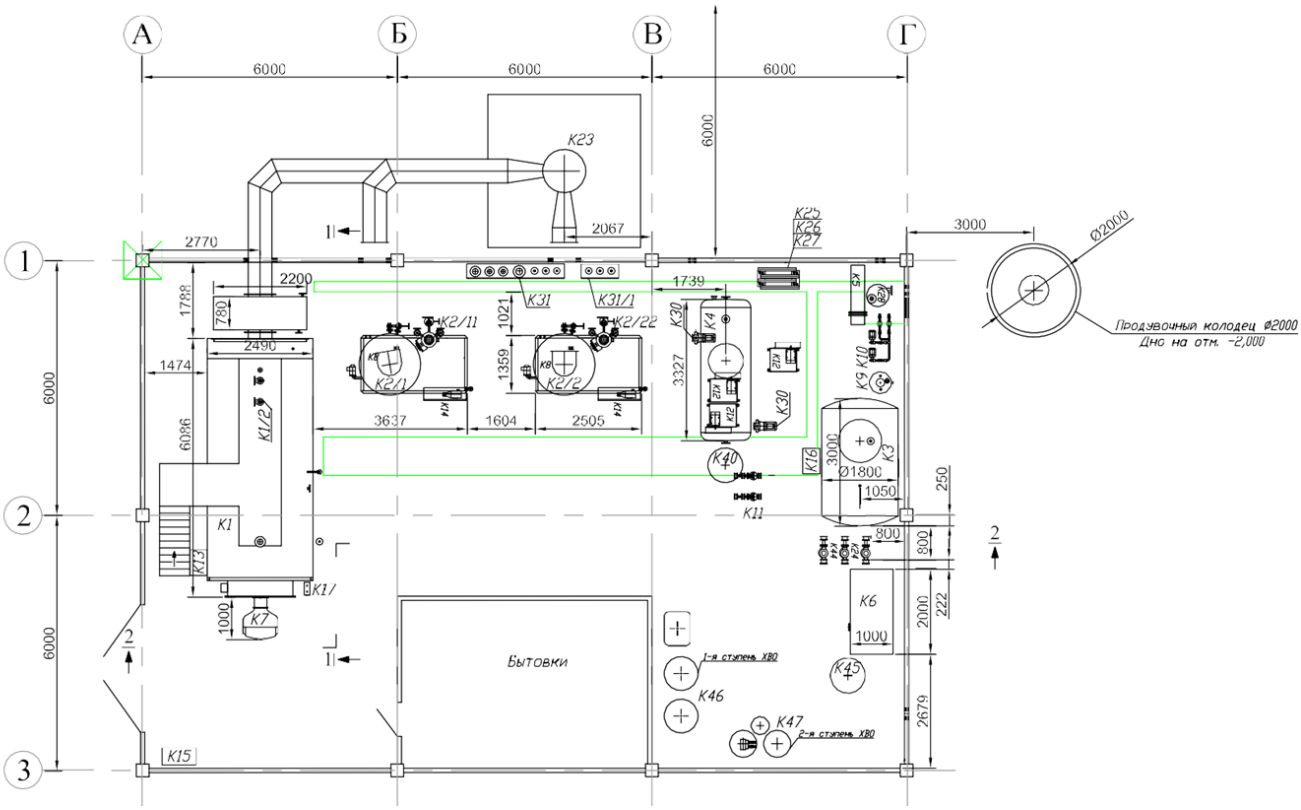

Рисунок 7 - Расположение основного оборудования

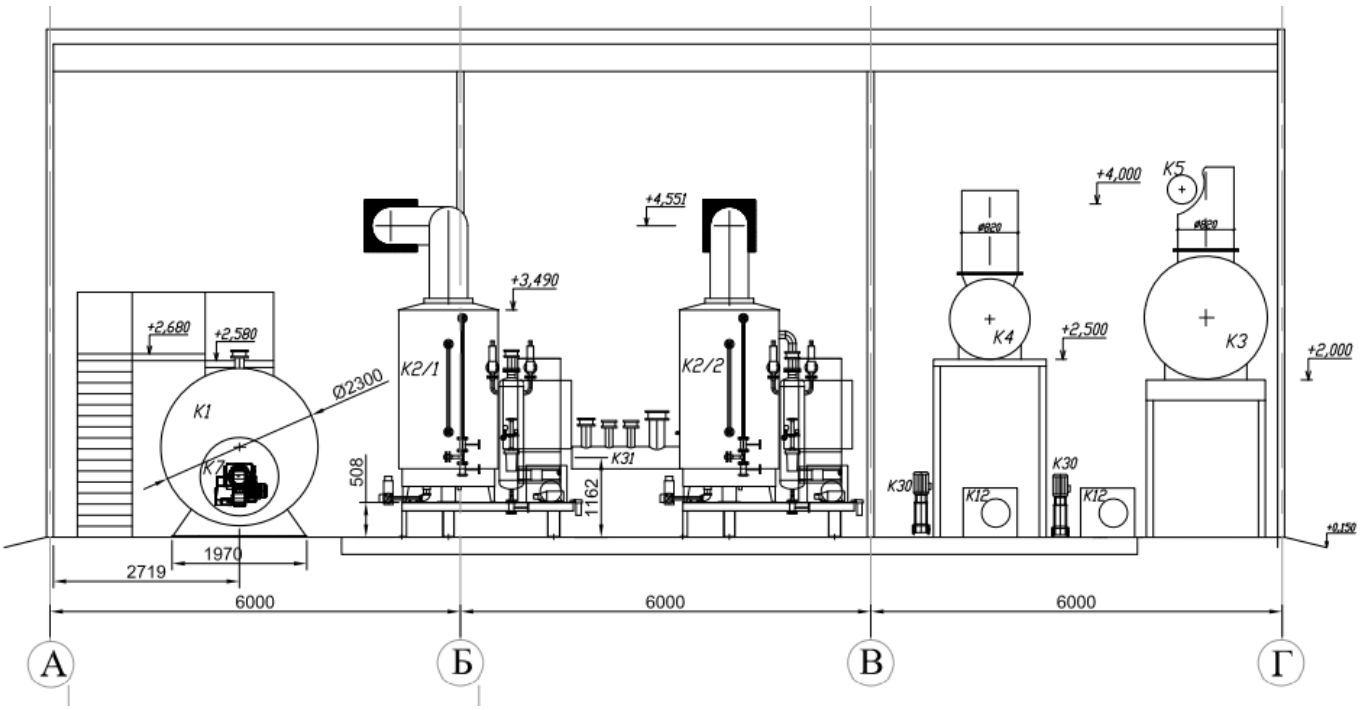

Рисунок 8 - Расположение основного оборудования в котельной. Разрез 1-1

Водоподготовка. Подготовка воды производится в двухступенчатой Na-катонитной установке умягчения воды с парной системой фильтров. Исходная водопроводная вода для снижения жесткости поступает в Na-катионитный фильтр, где жесткость снижается до ≤ 0,030 ммоль/литр (0,03 мг-экв/л). Вода с такой жесткостью используется для восполнения потерь конденсата и направляется в термический питательный деаэратор для удаления растворенных в ней кислорода и углекислого газа. В воде, выходящей из деаэратора отсутствуют нерастворимые соли, образующие накипь и растворенные газы, вызывающие коррозию металла. Величина непрерывной продувки (удаления) части котловой воды для поддержания общего солесодержания котловой воды на разрешенном уровне должна составлять примерно 5,2% от паропроизводительности котла. Удаление образующегося в нижних и застойных точках водяного контура котла вы павшего в осадок шлама производится путем периодического выпуска котловой воды из этих точек (периодическая продувка). Частота и продолжительность (объем сбрасываемой воды) периодической продувки котла определяется во время проведения режимной наладки котла. Показатели качества питательной и котловой воды парового котла Тансу Е-6,0-1,4 МГДН можно увидеть в таблице 5.2, приняты в соответствии с инструкцией по эксплуатации котла.

Таблица 5.2 – Показатели качества питательной и котловой воды

Наименование показателей	Величина
Питательная вода	
Общие требования	бесцветная, прозрачная, без нерастворимых включений и пенообразующих веществ
Значение pH при 25°C	> 9,2
Общая жесткость (Ca+Mg), ммоль/л	< 0,01
Концентрация железа (Fe), мг/л	< 0,3
Концентрация меди (Cu), мг/л	< 0,05
Концентрация диоксида кремня (SiO2), мг/л	не регламентируется
Концентрация кислорода (O2), мг/л	< 0,05
Концентрация масел/жиров, мг/л	< 1
Котловая вода	
Общие требования	бесцветная, прозрачная, без нерастворимых включений и пенообразующих веществ
Электропроводность питательной воды превышает 30 мСм/см	
Удельная электропроводимость при 25°C, µS/см	< 6000
Значение pH при 25°C	от 10,5 до 12,0
Щелочные соединения, ммоль/л	от 1 до 15
Концентрация фосфатов (PO4), мг/л	от 10 до 30
Электропроводность питательной воды не превышает 30 мСм/см	
Удельная электропроводимость при 25°C, µS/см	< 1500
Значение pH при 25°C	от 10 до 11,0
Щелочные соединения, ммоль/л	от 0,1 до 1
Концентрация фосфатов (PO4), мг/л	от 6 до 15

Топливоснабжение. В качестве основного топлива для парового котла Тансу Е-6,0-1,4 МГДН и парогенераторов Clayton SEOG-304-3, принят природный газ по ГОСТ 5542-2014 с теоретической теплотой сгорания Qн = 34,2 (8200) МДж/м3 (ккал/м3). В качестве резервного топлива принято дизельное топливо с Qмин = 42,705 (10 180) МДж/л (ккал/л) и р = 0,86 кг/л. Парогенераторы снабжены комбинированными горелками, работающими как на природном газе, так и на жидком топливе. Котел имеет жидкотопливную горелку Ecostar ECO 8 O(L)C3B, максимальной мощностью Q = 7.116 кВт, при максимальном потреблении топлива Qт = 600 кг/ч. Природный газ из подающего трубопровода среднего давления поступает в газорегуляторную установку шкафного типа, расположенную возле здания котельной, где его давление снижается до 160 мбар, необходимых для работы горелки.

5.2.1 Расчет потребности в резервном топливе для котельной

Таблица 5.3 – Исходные данные для расчета потребности в резервном топливе

№	Наименование показателя	Обозначение	Ед. изм.	Значение
1	Мощность котла Тансу Е-6,0-1,4 МГДН	Q_1	кВт	4070
2	Мощность парогенератора Clayton SEOG-304-3	Q_2	кВт	2946
3	КПД котла	η		0,9
4	Низшая теплота сгорания резервного топлива	$Q_н$	ккал/л	10180

1. Расход потребления резервного топлива котлом:

$$G = \frac{Q_1 + 2 \cdot Q_2}{Q_Н \cdot \eta} = \frac{4070 + 2 \cdot 2946}{10180 \cdot 0.9} = 934{,}875 \text{ л/час} \qquad (17)$$

1. 10-ти суточный запас топлива для одновременной работы всех котлов (согласно СП РК 4.02-105-2013) составит:

$$V = G \cdot 24 \cdot 10 = 224370 \text{ л} = 224{,}37 \text{ м}^3 \qquad (18)$$

Так как в работе постоянно находится лишь 1 парогенератор, то 10-ти суточный запас топлива для работы одного парогенератора Clayton SEOG-304-3 (согласно СП РК 4.02-105- 2013) составит:

$$V_1 = G \cdot 24 \cdot 10 = 224370 \text{ л} = 224{,}37 \text{ м}^3$$

Для нормального функционирования котельной на резервном топливе, необходим склад хранения жидкого топлива РГСЦ75, объемом V = 75,0 м^3 , проектная документация на который, разрабатывается в отдельном проекте.

Газодымоудаление, вентиляция и отопление. Удаление дымовых газов от котла Тансу Е-6,0-1,4 МГДН и парогенераторов Clayton SEOG-304-3 производится в общую отдельно-стоящую трубу, диаметром 1200 мм и высотой 28 м. Условный проход дымовой трубы составляет диаметром 560 мм. Газоходы котла и парогенераторов изготавливается из стали и покрываются тепловой изоляцией толщиной 100 мм для предотвращения образования конденсата и преждевременной коррозии метала. На каждом газоходе, вне здания котельной, располагаются шиберы и взрывные клапана. Далее приведен расчет на эффективность устройства дымоходов, дымовой трубы для

котла Тансу и парогенератора Clayton. Расчет произведен по отдельности для каждого котла.

5.2.2 - Аэродинамический расчет дымовой трубы парового котла Тансу Е-6,0-1,4 МГДН и парогенератора Clayton SEOG-304-3

Таблица 5.4 - Исходные данные

№	*Наименование показателя*	*Обозначение*	*Ед. изм.*	*Значение*
1	Мощность котла Тансу Е-6,0-1,4 МГДН	Q_1	кВт	4070
2	Мощность парогенератора Clayton SEOG-304-3	Q_2	кВт	2946
3	Расчетная минимальная температура наружного воздуха в холодный период	$T_в$	˚С	-37,7
4	Расчетная максимальная температура наружного воздуха в теплый период	$T_н$	˚С	43,4
5	Температура отводимых газов от котла Тансу Е-6,0-1,4 МГДН	$T_{г1}$	˚С	160
6	Температура отводимых газов парогенератора Clayton SEOG-304-3	$T_{г2}$	˚С	220
7	Коэффициент теплопередачи стенок дымохода	$K_{ст}$	кВт/м^2 °С	2,9
8	Высота трубы	H	м	28
9	Длина горизонтального участка котла Тансу Е6,0-1,4 МГДН	L_1	м	8,6
10	Длина горизонтального участка котла Clayton SEOG-304-3	L_2	м	7,6
11	Коэффициент трения для газохода	λ		0,02
12	Аэродинамический коэффициент помещения	a		0,1
13	КПД котла Тансу Е-6,0-1,4 МГДН	η_1		0,93
14	КПД парогенератора Clayton SEOG-304-3	η_2		0,9

15	Диаметр горизонтального участка	$D_г$	м	0,56
16	Диаметр вертикальной трубы	D_m	м	1,2
17	Коэффициент избытка воздуха горелки	α		1,2
18	Объемная теплоемкость дымовых газов	$C_г$	кВт/м^3 °С	5,018
19	Низшая теплота сгорания топлива	$Q_н$	ккал/м^3	8200

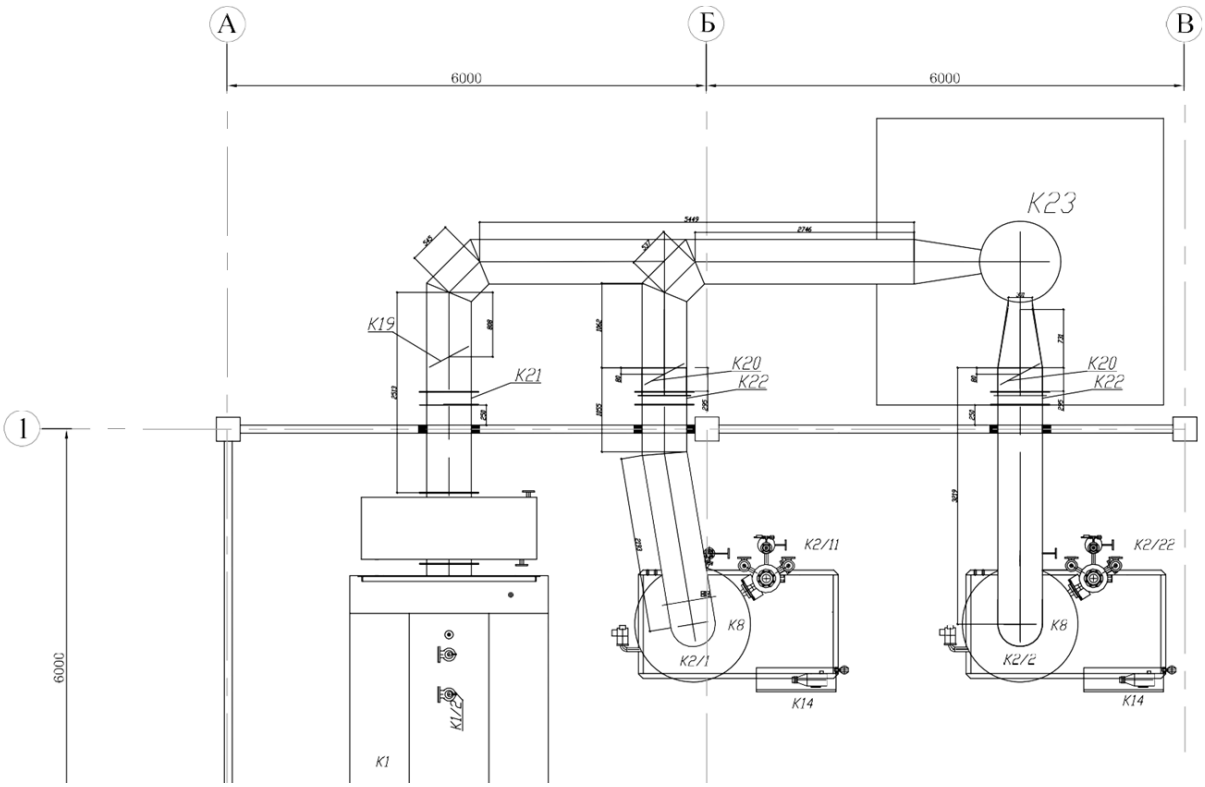

Рисунок 9 - Расположение дымоходов

5.2.3 Аэродинамический расчет дымовой трубы парового котла в условиях работы холодного периода при максимальной температуре окружающего воздуха

1. Расход топлива котельной:

$$G_1 = \frac{Q_1}{Q_н \cdot \eta_1} = 458{,}876 \frac{м^3}{час}, \quad (19)$$

$$G_2 = \frac{Q_2}{Q_н \cdot \eta_2} = 343{,}221 \text{ м}^3/\text{час}$$

2. Удельная потребность в воздухе для горения:

$$V_{\text{в}} = \frac{1.12 \cdot Q_{\text{н}}}{1000} = 9{,}184 \qquad (20)$$

3. Удельный объем продуктов сгорания:

$$V_{\text{пс}} = \alpha \cdot V\text{в} = 11{,}021 \qquad (21)$$

4. Нормативный объем продуктов сгорания:

$$\text{V}_{\text{н.пс.1}} = \text{G}_1 \cdot \text{V}_{\text{пс}} = 5057{,}272 \frac{\text{м}^3}{\text{час}}, \qquad (22)$$

$$\text{V}_{\text{н.пс.2}} = \text{G}_2 \cdot \text{V}_{\text{пс}} = 3782{,}639 \text{м}^3/\text{час}$$

5. Остывание дымовых газов:

$$\Delta t_1 = \frac{T_{\text{г1}} - T_{\text{ов}}}{\frac{C_{\text{в}} \cdot V_{\text{н.пс.1}}}{K_{\text{ст}} \cdot F} + 0{,}5} = 1{,}398\ ^\circ\text{C/м}, \qquad (23)$$

$$\Delta t_2 = \frac{T_{\text{г2}} - T_{\text{ов}}}{\frac{C_{\text{в}} \cdot V_{\text{н.пс.2}}}{K_{\text{ст}} \cdot F} + 0{,}5} = 2{,}825\ ^\circ\text{C/м}$$

6. Средняя температура дымовых газов:

$$T_{\text{ср1}} = T_{\text{г1}} - \frac{(L_1 + H) \cdot \Delta t_1}{2} = 134{,}417\ ^\circ\text{C}, \qquad (24)$$

$$T_{\text{ср2}} = T_{\text{г2}} - \frac{(L_2 + H) \cdot \Delta t_2}{2} = 169{,}715\ ^\circ\text{C}$$

7. Фактический секундный объем продуктов сгорания:

$$V_1 = V_{\text{пс}} \cdot \frac{G_1}{3600} \cdot \left(\frac{273 + T_{\text{ср1}}}{273}\right) = 2{,}096\ \text{м}^3/\text{с}, \qquad (25)$$

$$V_2 = V_{\text{пс}} \cdot \frac{G_1}{3600} \cdot \left(\frac{273 + T_{\text{ср2}}}{273}\right) = 1{,}704\ \text{м}^3/\text{с}$$

8. Скорость газов на горизонтальном участке:

$$W_{\text{гор1}} = \frac{V_1}{D_{\text{г}}^2} = 8{,}51 \frac{\text{м}}{\text{с}}, \qquad (26)$$

$$W_{\text{гор2}} = \frac{V_2}{D_{\text{г}}^2} = 6{,}918\ \text{м/с}$$

9. Скорость газов на вертикальном участке:

$$W_{\text{верт1}} = \frac{4 \cdot V_1}{\pi \cdot D_m^2} = 1{,}853\,\frac{\text{м}}{\text{с}} \quad , \tag{27}$$

$$W_{\text{верт2}} = \frac{4 \cdot V_2}{\pi \cdot D_m^2} = 1{,}507\ \text{м/с}$$

10. Удельный вес газов на горизонтальном участке:

$$\gamma_{\text{гор1}} = \frac{\gamma_0 \cdot 273}{T_{\text{г1}} + 273} = 0{,}845\,\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \tag{28}$$

$$\gamma_{\text{гор2}} = \frac{\gamma_0 \cdot 273}{T_{\text{г2}} + 273} = 0{,}742\ \text{кг/м}^3$$

11. Удельный вес газов на вертикальном участке:

$$\gamma_{\text{верт1}} = \frac{\gamma_0 \cdot 273}{T_{\text{ср1}} + 273} = 0{,}898\ \text{кг/м}^3$$

$$\gamma_{\text{верт2}} = \frac{\gamma_0 \cdot 273}{T_{\text{ср2}} + 273} = 0{,}826\ \text{кг/м}^3$$

12. Потери давления на горизонтальном участке:

$$\Delta p_{\text{гор1}} = \left(\lambda \cdot \frac{L}{D_{\text{г}}} + \sum \xi\right) \cdot \frac{W_{\text{гор1}}^2}{2g} \cdot \gamma_{\text{гор1}} = 0{,}959\ \text{мм. вод. ст.}, \tag{29}$$

$$\Delta p_{\text{гор2}} = \left(\lambda \cdot \frac{L}{D_{\text{г}}} + \sum \xi\right) \cdot \frac{W_{\text{гор2}}^2}{2g} \cdot \gamma_{\text{гор2}} = 0{,}492\ \text{мм. вод. ст.}$$

13. Потери давления на вертикальном участке:

$$\Delta p_{\text{верт1}} = \left(\lambda \cdot \frac{L}{D_{\text{г}}} + \sum \xi\right) \cdot \frac{W_{\text{верт1}}^2}{2g} \cdot \gamma_{\text{верт1}} = 0{,}073\ \text{мм. вод. ст.}$$

$$\Delta p_{\text{верт2}} = \left(\lambda \cdot \frac{L}{D_{\text{г}}} + \sum \xi\right) \cdot \frac{W_{\text{верт2}}^2}{2g} \cdot \gamma_{\text{верт2}} = 0{,}045\ \text{мм. вод. ст.}$$

14. Полное аэродинамическое сопротивление газового тракта:

$$\Delta p_1 = \Delta p_{\text{гор1}} + \Delta p_{\text{верт1}} = 1{,}032\ \text{мм. вод. ст.}$$
$$\Delta p_2 = \Delta p_{\text{гор2}} + \Delta p_{\text{верт2}} = 0{,}537\ \text{мм. вод. ст.}$$

15. Самотяга дымовой трубы:

$$H_{C1} = H \cdot \left(\gamma_{в1} \cdot \frac{273}{273 + T_{в}} - \gamma_0 \cdot \frac{273}{273 + T_{ср1}}\right) \cdot \frac{g}{9{,}81} = 6{,}091 \text{ мм. вод. ст.}, \quad (30)$$

$$H_{C2} = H \cdot \left(\gamma_{в2} \cdot \frac{273}{273 + T_{в}} - \gamma_0 \cdot \frac{273}{273 + T_{ср2}}\right) \cdot \frac{g}{9{,}81} = 8{,}093 \text{ мм. вод. ст.}$$

Самотяга газового тракта в теплый период превышает аэродинамическое сопротивление на 5,059 мм. вод. ст. при работе котла Тансу Е-6,0-1,4 МГДН и на 7,556 мм. вод. ст. при работе парогенератора Clayton SEOG-304-3, что является достаточным показателем для эффективного удаления дымовых газов. Забор воздуха вентилятором горелки для сжигания топлива производится из помещения котельного зала. Восполнение воздуха в котельном зале и его подогрев производится системой вентиляции. В котельном зале должна быть предусмотрена трёхкратная обще-обменная вентиляция (с учетом работы горелки). Восполнение воздуха в котельной и его подогрев производится системой вентиляции. Отопление помещения котельной предусмотрено за счет тепловых потерь от оборудования котельной, трубопроводов и системы отопления.

5.2.4 Расчет воздухообмена котельной

Таблица 5.5 – Исходные данные для расчета воздухообмена котельной

№	Наименование показателя	Обозначение	Ед. изм.	Значение
1	Объем котельной	V	$М^3$	1 555,20
2	Мощность котла Тансу Е-6,0-1,4 МГДН	Q_1	кВт	4070
3	Мощность парогенератора Clayton SEOG-304-3	Q_2	кВт	2946
4	КПД котла Тансу Е-6,0-1,4 МГДН	η_1		0,93
5	КПД парогенератора Clayton SEOG-304-3	η_2		0,9
6	Коэффициент избытка воздуха горелки	α		1,05 - 1,2
7	Низшая теплота сгорания основного топлива (природный газ)	$Q_н$	ккал/$м^3$	8200

8	Теоретический объем воздуха для сгорания 1 м3 основного топлива (природного газа)	L_{01}	$м^3$	9,88
9	Низшая теплота сгорания резервного топлива (дизельное топливо)	$Q_н$	ккал/л	10180
10	Теоретический объем воздуха для сгорания 1 л резервного топлива (дизельного топлива)	L_{02}	$м^3$	9,64

Расчет воздухообмена котельной, при использовании основного топлива – природного газа

1. Расход потребления топлива котельной:

$$G_1 = \frac{Q_1}{Q_н \cdot \eta_1} = 458{,}876 \frac{м^3}{час}, \quad (31)$$

$$G_2 = \frac{Q_2}{Q_н \cdot \eta_2} = 343{,}221\ м^3/час$$

2. Расход потребления воздуха для горения:

$$L_{гор1} = L_{01} \cdot \alpha \cdot G_1 = 5\ 440{,}434\ м^3/час, \quad (32)$$

$$L_{гор2} = L_{01} \cdot \alpha \cdot G_2 = 4\ 069{,}228\ м^3/час$$

3. Необходимое количество приточного воздуха:

3.1 Если в работе находятся все три котла:

$$L_{прит} = 3 \cdot V + L_{гор1} + 2 \cdot L_{гор2} = 18\ 244{,}49\ м^3/час \quad (33)$$

3.2 Если в работе находится самый мощный котлоагрегата - Тансу Е-6,0-1,4 МГДН:

$$L_{прит} = 3 \cdot V + L_{гор1} = 10\ 106{,}03\ м^3/час$$

4. Необходимая производительность вытяжной вентиляции:

$$L_{выт} = 3 \cdot V = 4\ 665{,}6\ м^3/час$$

Расчет воздухообмена котельной, при использовании резервного топлива – дизельного топлива

1. Расход потребления топлива котельной:

$$G_1 = \frac{Q_1}{Q_н \cdot \eta_1} = 369{,}625 \frac{м^3}{час},$$

$$G_2 = \frac{Q_2}{Q_н \cdot \eta_2} = 276{,}465 \text{ м}^3/\text{час}$$

2. Расход потребления воздуха для горения:

$$L_{гор1} = L_{02} \cdot \alpha \cdot G_1 = 4\,275{,}822 \frac{\text{м}^3}{\text{час}},$$

$$L_{гор2} = L_{02} \cdot \alpha \cdot G_2 = 3\,198{,}147 \text{м}^3/\text{час}$$

3. Необходимое количество приточного воздуха:
   3.1 Если в работе находятся все три котла:

$$L_{прит} = 3 \cdot V + L_{гор1} + 2 \cdot L_{гор2} = 15\,337{,}716 \text{ м}^3/\text{час}$$

   3.2 Если в работе находится самый мощный котлоагрегата - Тансу Е-6,0-1,4 МГДН:

$$L_{прит} = 3 \cdot V + L_{гор1} = 8\,941{,}422 \text{ м}^3/\text{час}$$

4. Необходимая производительность вытяжной вентиляции:

$$L_{выт} = 3 \cdot V = 4\,665{,}6 \text{ м}^3/\text{час}$$

Таким образом, максимальный расход воздуха будет при использовании, в качестве топлива, природного газа. С учетом работы всех котлоагрегатов одновременно, производительность приточной вентиляции должна составлять *L*прит = 18 244,49 м3/час. С учетом работы одного, самого мощного котлоагрегата - Тансу Е-6,0-1,4 МГДН, производительность приточной вентиляции должна составлять *L*прит = 10 106,03 м3/час производительность вытяжной вентиляции – *L*выт = 4665,6 м3/час.

Автоматизация. В модернизации принято блочное оборудование, с локальной автоматизацией процессов. На вводе электрического кабеля в котельную установлен вводный шкаф. Автоматизация работы оборудования осуществляется при помощи оборудовани, поставляемогов комплекте поставки всех кеобходимых для работы датчиков и исполнительных устройств. При таком использовании возможностей автоматики управления и регулирования все работы в данном разделе сводятся к прокладке кабельных трасс от датчиков и исполнительных механизмов к панелям управления, располагаемых в блоках оборудования, в соответствии с документацией по монтажу и обслуживанию, поставляемой вместе с оборудованием 27/18-АСК-ТМ. Используемая в проекте станция водоподготовки работает по схеме двухступенчатого натрий катионирования по объемному методу отпуска химочищенной воды. Регенерация катионита производится автоматически с местного щита управления.

Автоматизация работы сдвоенных насосов локальная, с собственной панели управления, либо расположена на котловом щите. Регулирование отпуска тепла осуществляется котловой автоматикой. Также предусмотрен контроль нагрузки отображение всех существенных измеряемых рабочих значений и условий, счетчик рабочего времени котла. На подающем на производство паропроводе предусмотрена установка расходомера Endress+Hauser. Все технологические параметры по производству пара отображаются на главном щите управления. В комплект регуляторов входят датчики температуры, давления, уровня котловой воды, сооответствующая кабельная продукция для соединения регуляторов между собой , с датчиками и оборудованием.

5.3 Использование энергии сбросного конденсата для отоплении вспомогательного корпуса и фирменного магазина предприятия

Конденсат - ценный теплоноситель, содержащий от 15 до 25% первоначальной энергии пара, поэтому сбор и возврат конденсата, а также полноценная утилизация его тепла – одно из важнейших мероприятий для повышения энергоэффективности промышленного предприятия. Различают чистый и условно чистый конденсат. Чистым называют конденсат, который не может быть загрязнён нагреваемой средой, например от сушильных машин. Чистый конденсат после утилизации его теплоты направляют непосредственно в котельную для использования в качестве питательной воды котлоагрегатов. Условно-чистым называют конденсат, который может быть загрязнён при наличии течи в теплообменнике, вызванной коррозией, механическими повреждениями, не плотностью соединений. Например, в машинах с разогревом жидкостей и растворов глухим паром получается условно- чистый конденсат. Условно-чистый конденсат подвергают химическому анализу и в зависимости от степени его загрязнения направляют или в котлоагрегат, или на химподготовку, или сбрасывают в канализацию. В последнем случае охлаждение конденсата при утилизации его теплоты следует вести не до температуры 70...80˚С, а до возможно более низких температур.

Цели повторного использование конденсата:

- Использование тепловой энергии, содержащейся в горячем конденсате;
- Снижение затрат на получение подпиточной сырой воды;
- Снижение затрат, связанных со сбором сточных вод.

Конденсат собирается при атмосферном или отрицательном давлении. При этом источником конденсата может быть пар с более высоким давлением. При снижении давления до атмосферного часть конденсата может вновь

самопроизвольно испаряться, образуя выпар. Последний также может быть собран и использован. Возможные проблемы:

Данный метод не может быть применим если конденсат загрязнён, или когда сбор конденсата невозможен в силу того, что сам пар используется в технологическом процессе. При проектировании новых установок рекомендуемым подходом является разделение конденсата на потенциально загрязняемый и незагрязненный (чистый) потоки. Чистый конденсат поступает из источников, где загрязнение в принципе невозможно. Например, из ребойлеров, рабочее давление которых выше давления технологического процесса, так что в случае утечки пар попадает наружу.

Потенциально загрязняемый конденсат может быть загрязнён в том случае нештатной ситуации (например, разрыва трубы ребойлера в условиях, когда его давление ниже чем давление пара в технологических процессах). Сбор и возврат чистого конденсата не требует дополнительных мер предосторожности. Возврат потенциального загрязняемого конденсата возможен при отсутствии загрязнения (вызванного утечкой в ребойлере), которое отслеживается в реальном времени при помощи датчиков, например, датчика общего органического углерода.

Возврат конденсата связан со значительными преимуществами и должен рассматриваться во всех ситуациях, где он в принципе применим, за исключением случаев, когда объем потенциального возвращаемого конденсата низок, то есть когда пар расходуется в технологическом процессе.

В данном случае нас интересует отбор теплоты от условно-чистого конденсата в отапливаемый период и дальнейший сброс в конденсатный бак.

Отбор теплоты от условного-чистого конденсата целесообразно производить в производственном корпусе его производящим для отопления данного корпуса или в соседних корпусах (вспомогательный корпус).

Систему отопления конденсатом оптимально спроектировать на базе отопительных агрегатов с принудительным потоком воздуха, так как при данной системе получим наименьшую температуру выходящего конденсата практической равной температуре внутри помещения.

Таблица 5.6 - Расчет экономического эффекта использования теплоты сбрасываемого конденсата

Количество теплоты на технологические линии	Температура пара	Количество пара	Количество конденсата	Количество конденсата в зимний период	Температура сбрасываемого конденсата	Температура условно чистого сбрасываемого	Средний сброс конденсата в отапливаемый период	Коэффицент неравномерности	Среднечасовой тепловой потенциал сбрасываемого конденсата с учетом неравномерности	Годовой эффект экономии теплоты (за вычетом отопления магазина)	Эффект экономии природного газа	Стоимость природного газа	Годовой экономический эффект
Гкал	оС	Т	Т	Т	оС	оС	кг/час	к	кВт	Гкал	Тыс.м(куб)	тенге/м(куб)	тыс.тенге
16562	207	24774	22296	10201	70	40	2545	1	68,3	157,5	21	29,48	610,24

Экономия котельно-печного при использовании энергии сбрасываемого конденсата для отопления помещений предприятия 20,7 тыс.м^3 за год, что при цене м природного газа равной 29,48 тенге в денежном выражении составит 610,236 тыс. тенге. Экономический эффект от реализации данного мероприятия во многом зависит от проектных предложений как способа транспортировки теплоты, так и от автоматизации процесса.

5.4 Применение частотно регулируемых приводов для насосных агрегатов для повышения энергоэффективности

Отличительной особенностью применения насосов становится использование частотно-регулируемого привода в комплекте с системой автоматизации, которая позволяет поддерживать в трубопроводе заданный уровень давления. В случае использования ЧРП и автоматической системы контроля уровня давления, число оборотов вала двигателя и насоса всегда соответсвует изменяющимся условиям перекачки. Это приводит к увеличению срока службы насоса. Постепенное уменьшение стоимости использования частотных преобразователей становится для потребителей все более и более привлекательным. В настоящее время предлагается множество

методик оценки эффективности использования частотно-регулируемого электропривода (ЧРП) в различных сферах народного хозяйства. Рекомендации, разработанные в Московском энергетическом институте, помогут сотрудникам предприятий, на которых планируются или уже проводятся мероприятия по энергосбережению и оптимизации технологических процессов. Расчеты, произведенные на основании Рекомендаций, позволяют сделать с высокой степенью достоверности вывод о целесообразности применения ЧРП на конкретных объектах и обеспечить эффективное расходование средств, выделяемых предприятием для решения задач энергосбережения. Основные зависимости, характеризующие энергетику насосов

Мощность, потребляемая насосом:

$$P = (Q \cdot H \cdot 9{,}81) / КПД \text{ , кВт} \quad (34)$$

Где Q - производительность, м³/с;

H - высота напора, равная сумме высот всасывания и нагнетания, м. водяного столба;

КПД - коэффициент полезного действия установки, принимается по каталогу или паспорту.

Изменение основных параметров работы насосного агрегата при изменении скорости вращения рабочего колеса насоса ("формулы подобия"):

$$P1 / P2 = n13 / n23 \text{ ,} \quad (35)$$

$$H1 / H2 = n12 / n22 \text{ ,} \quad (36)$$

$$Q1/Q2 = n1 /n2 \text{ .} \quad (37)$$

где n - число оборотов вала рабочего колеса в мин;

P - мощность, потребляемая насосом, кВт;

H - напор, создаваемый насосом, м вод. столба;

Q - производительность насоса, м²/с.

Индексы 1 и 2 относятся к первому и второму режимам работы оборудования соответственно.

Для определения мощности, потребляемой приводным двигателем (Рд, Вт), при известном его токе, применяется следующая формула:

$$P_д = 1{,}73 \cdot I_д \cdot U \cdot \cos\varphi \quad (38)$$

Где Iд - ток фазы двигателя, А;

U - напряжение двигателя, В;

cosφ - коэффициент мощности двигателя.

Вспомогательными данными для расчета являются паспортные данные насоса и его приводного двигателя.

• Мощность насоса, кВт;

• КПД насоса;
• Напор насоса, м ;
• Подача насоса, $м^3/ч$;
• Мощность двигателя, кВт;
• Ток двигателя, А;
• КПД двигателя;
• cosφ двигателя.

По данным измерений строится график зависимости потребляемой мощности P от относительного расхода воды Q/Qmax при различных способах регулирования. Для потребляемой мощности при дросселировании можно записать выражение:

$$Рдрос = Pmin + (Pmax - Pmin) \cdot (Q/Qmax) \quad (39)$$

Для потребляемой мощности при частотном регулировании можно записать выражение:

$$Рчрп = Pmax \cdot (Q/Qmax)^3 \quad (40)$$

Зависимость потребляемой мощности при дросселировании Рдрос от относительного расхода Q/Qmax (Q - текущий расход, Qmax - максимальный расход) виден на рисунке 5.6.

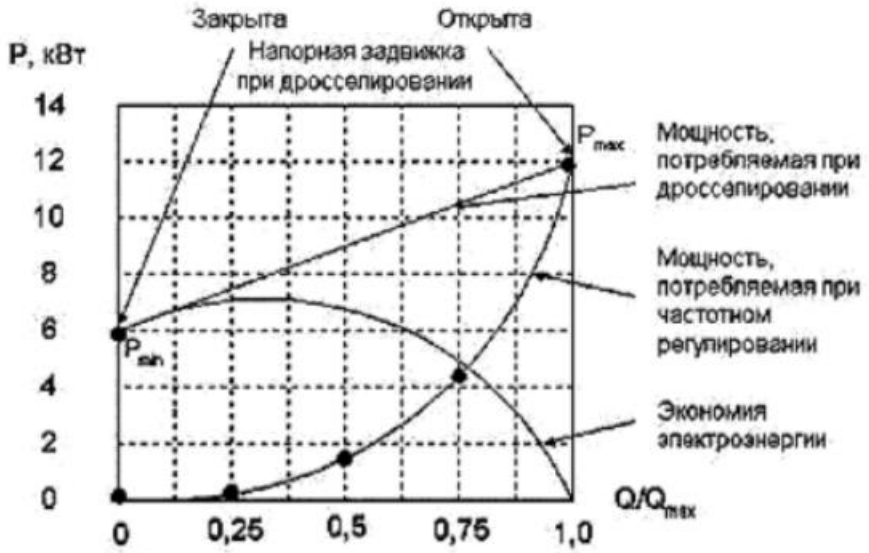

Рисунок 5.6 - Потребление мощности при различных способах регулирования скорости вращения насосов

Для получения информации о загрузке насоса определяется график его работы по периодам времени с приблизительно одинаковой нагрузкой (расходом воды). Для измерений используется расходомер. При

затруднительности определения данных по суточному графику расхода воды (к примеру, из-за невозможности снятия данных о расходе каждые несколько часов или из-за отсутствия технических средств для автоматизации этого процесса, таких как самописец, регистратор и т.п.) допускается измерить только общий расход и составить примерный вид суточного графика расхода воды. При этом необходимо учесть, что погрешность в вычислении величины сэкономленной электроэнергии составит 10… 15 %. При расчётах принимается, что оборудование работает в режиме, при котором обеспечиваются нормальные параметры подачи воды, воздуха, газа с требуемыми давлением и температурой.

5.4.1 Расчёт величины экономического эффекта при регулировании с помощью ЧРП

Расчёт экономической эффективности основан на определении разницы между величинами потребления электроэнергии при регулировании напора насоса путём дросселирования напорной задвижкой и при регулировании с помощью ЧРП.

Для каждого ранее определенного периода работы i, в котором определена приблизительно постоянная загрузка насоса Qi, рассчитываются экономия мощности **DPi = Рдрос i - Рчрп i**.

Величины Рдрос i и Рчрп i выбираются по рис. 5.6 или рассчитываются по формулам выше. Затем определяется суммарная экономия электроэнергии за заданный временной интервал работы оборудования (к примеру, за сутки) по формуле:

$$к \cdot DЭк = S\ DPi \cdot ti\ ,\ i=1 \qquad (41)$$

где DЭк - экономия электроэнергии при применении ЧРП вместо дроссельного регулирования, кВт ч;

DPi - экономия мощности за i - й период (к примеру, с 0 до 4 часов), кВт; ti - время, в течение которого привод работает с постоянной нагрузкой Qi насоса (к примеру, 4 часа), час;

к - число периодов времени с постоянными значениями DPi • ti (к примеру, 6 периодов).

При круглогодичной работе насоса с приблизительно постоянным суточным графиком расхода годовая экономия электроэнергии DЭг определяется умножением DЭк на число дней работы насоса в году, т.е. можно принять DЭг = DЭк·365. В случае наличия в году нескольких периодов времени с характерными суточными графиками расхода, к примеру, зима - лето и т.п., DЭк вычисляется для каждого такого периода, а DЭг получается как сумма сэкономленной электроэнергии DЭк по всем периодам, в которых действуют свои суточные графики расхода.

Далее производится оценка стоимости сэкономленной электроэнергии по тарифу, действующему для предприятия в данной энергосистеме, с учетом

факторов экономии, например, воды, воздуха, топлива. По имеющемуся опыту для оценки стоимости снижения расхода холодной воды может вводиться коэффициент 1.15, для горячей воды - 1.2, для воздуха - 1.1, где СТээ - стоимость сэкономленной электроэнергии и ресурсов, тг.;

Тэ - тариф на электроэнергию в энергосистеме, тг./кВт ч.;

Технико-экономическое обоснование мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности насосного оборудования при установке частотно регулируемых приводов. Для определения срока окупаемости, а, следовательно, оценки экономической эффективности применения ЧРП используется формула:

$$Ток = СТчрп / СТээ \quad (42)$$

где Ток - срок окупаемости установки ЧРП, г.;

СТээ - стоимость сэкономленной электроэнергии и ресурсов за один год, тг.;

СТчрп - стоимость ЧРП, тг.

Таблица 5.7 - Годовой экономический эффект при реализации мероприятий по установке ЧРП на насосном оборудовании

Тип насоса	Назначение	Затраты на приобретение и установку,	Годовой экономический эффект,	Простой срок окупаемости
		тыс. тг.	тыс. тг.	год.
Центробежный	Насос городской воды	350	328,491	1,5

Таблица 5.8 – Результаты расчета экономического эффекта при регулировании работы насосов с помощью ЧРП

Тип насоса	назначение	B	Hн	Q	U	I	cos	N потреб л	Nb	Nn	n насоса	n агрегата	время эксплуатации	ЭЭ=(Рд-Рч),	Год ЭЭ,	Тариф ЭЭ	Экон Эффект
		кгс/	м	/ч	В	А		кВт	кВт	кВт	%	%	час/год.	кВт·ч	тыс.кВт·ч	тн/кВт·ч	тыс.тг/год
Центробежный КМ 100/32	Насос городской воды	1000	100	8	226	14	0,7	9,5	6	2	34	21,6	8760	1,7	15,3	21,47	328,491

Рабочие точки большинства насосов находятся ниже паспортной характеристики. Насосы большую часть рабочего времени эксплуатируются в режиме переразмеренным по напору и расходу. Регулирование работы насоса не осуществляется, что приводит к снижению КПД насоса и соответственно к избыточному расходу электроэнергии. Работа насоса за пределами рабочей зоны приводит к повышенным динамическим нагрузкам на рабочие органы насоса и уменьшению срока их эксплуатации.

Из расчёта видно, что максимальный срок экономической окупаемости мероприятия меньше двух лет.

При принятии решения о целесообразности внедрения ЧРП следует учитывать, что кроме экономического эффекта от экономии электроэнергии применение ЧРП дополнительно обеспечивает следующее:

- снижается износ запорной арматуры, т.к. большую часть времени задвижки полностью открыты;
- большую часть времени насосы работают при пониженных давлениях, что снижает утечки в системе водоснабжения;
- снижается изное коммутационной аппаратуры, т.к. ее переключения происходят при отсутствии тока;
- снижается износ подшипников двигателя и насоса, а также крыльчатки за счет плавного изменения числа оборотов, отсутствия больших пусковых токов;
- уменьшается опасность аварий за счет исключения гидравлических ударов; обеспечивается одновременная защита двигателя от токов короткого замыкания, замыкания на землю, токов перегрузки, неполнофазного режима, недопустимых перенапряжений;
- снижается уровень шума, что особенно важно при расположении насосов вблизи жилых или служебных помещений;
- упрощается дальнейшая комплексная автоматизация объектов системы.

Применение частотно-регулируемых приводов для регулировки давления в трубопроводах намного эффективнее, чем регулировка задвижкой. Насосы работают в разных режимах, это объясняется технологической необходимостью. Неравномерность расхода воды вызывает гидравлические перегрузки насосных агрегатов. При применении системы управления насосными агрегатами на базе ЧРП и установкой алгоритма работы в зависимости от технологических потребностей будет получен сравнительно скорый экономический эффект - общая окупаемость мероприятия 1,5 года при приблизительных затратах около 350 тыс. тенге.

Таблица 5.9 – Заключительная таблица

Наименование мероприятий, вид энергоресурса	Затраты тыс. тг.	Годовая экономия топливно-энергетических ресурсов		Срок окупаемости
		натурального топлива	в стоимостном выражении по тарифу (тыс.тг)	
1) котельно-печного топлива				
мероприятия по экономий:				
Установка охладителя выпара в систему деаэратора	839,28	11388 $м^3$	335,71	2,5
Использования энергии сбросного конденсата для отопления магазина и вспомогательного корпуса		20700 $м^3$	610,24	
2) электроэнергии				
Применение ЧРП для насосных агрегатов	350	15300 кВт*ч	328,491	1,1
Экономия всего			1274,4	

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данное исследование было вызвано следующими вопросами: Как используется энергия в пищевой промышленности? Как экономится /расходуется энергия в пищевой промышленности? Какие энергосберегающие технологии/устройства используются на предприятиях пищевой промышленности в Республике Казахстан, чтобы минимизировать потери энергии? Каковы наилучшие области для снижения энергопотребления в электрооборудовании? И на какой процент пищевая промышленность может сократить свои расходы на электроэнергию и тепловую энергию? Поэтому конкретные цели этого исследования состояли в том, чтобы изучить структуру потребления энергии на предприятии пищевой промышленности; определить источники потерь электроэнергии в пищевой промышленности; оценить эффективность стратегий экономии электроэнергии и тепловой энергии в отрасли и разработать соответствующие стратегии для эффективной экономии энергии в отрасли. От результатов решения этой проблемы зависит место нашего общества в ряду развитых в экономическом отношении стран.

Проведенное исследование показывает, что факторы, которые влияют на потери и неэффективное использование различных видов энергии в пищевых компаниях могут быть очень идентичными. Исследования показали, что пищевая промышленность тратит энергию впустую в таких областях, как котельная, снижение расхода технической воды, система кондиционирования воздуха, автономное оборудование для отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, утечка воздуха в здании, независимые компоненты, использующие энергию, среди прочего.

В результате исследования были посчитаны: составляющие энергопотребления предприятия. На основе проведенных расчетов были расчитаны мероприятия с целью повышения энергоэффективности и их сроки внедрения и окупаемости.

Из предложенных к внедрению 4 мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности, при реализации которых экономия составит:

1) котельно-печного топлива 32088 м^3 природного газа 1,3 процентов, от потребления за 2020г., (в денежном выражении годовой экономический эффект 945,95 тыс.тг.)
2) электроэнергии 15300 кВт -0,17 процентов от потребления за 2020г. (в денежном выражении годовой экономический эффект 328,491 тыс.тг.)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1 Е.Т. Волковский, А.Т. Шустер Экономия топлива в котельных установках:. изд. «Энергия» Москва 1973;

2 Технический редактор Г.М. Каган Тепловой расчет котлов:. Санкт-Петербург 1998;

3 Закон РК от 13 января 2012 года №541-IV «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 29.06.2020 г.);

4 Пилипенко Н.В., Сиваков И.А. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей. Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2013;

5 Кисс В.В., Казаков А.В., Рахманов Ю.А. Расчѐт паровой системы теплоснабжения пищевого предприятия: Учеб.-метод. пособие. СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014.

6 СН РК 4.02-01-2011 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»;

7 СН РК 4.02-02-2013 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов»;

8 СН РК 4.02-03-2013 «Системы автоматизации»;

9 СН РК 4.02-05-2013 «Котельные установки»;

10 СП РК 3.05.103-2014 «Технологическое оборудование и трубопроводы»;

11 СП РК 4.02-102-2012 «Проектирование тепловой изоляции трубопроводов»;

12 СП РК 4.02-106-2013 «Автономные источники теплоснабжения»;

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
«Қ.И. СӘТБАЕВ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ УНИВЕРСИТЕТІ»

РЕЦЕНЗИЯ

на магистерскую диссертацию магистранта 2 курса
Институт промышленной автоматизации и цифровизации имени
А.Буркитбаева специальности «Электротехника и энергетика» Оразымбек
Дариги на тему «Разработка мероприятий по повышению
энергоэффективности на предприятии пищевой промышленности»

В исследовательской работе рассматривается вопрос о энергосбережении и о повышении энергоэффективности энергопотребление предприятия пищевой промышленности.

В вводной части работы магистрант сделала анализ на энергопотребление пищевой промышленности. Исходя из этого анализа, разработала ряд мероприятий по повышению энергоэффективности по рациональному использованию энергоресурсов предприятия.

Прослеживается тщательная работа по каждому разделу рассматриваемой темы, достигнута поставленная цель и решены поставленные задачи. Результаты, полученные в работе, представляют ценность для промышленного сектора и экономики РК, так как промышленный сектор является основным потребителем энергоресурсов Республики.

Магистрант Оразымбек Д.Б. в процессе работы над магистерской диссертации в полном объеме проявила владение навыками самостоятельной аналитической работы.

Работа выполнена в соответствии с требованиями, заслуживает высокой оценки и академической степени магистр по специальности «7М07113 – Электротехника и энергетика».

Рецензент
к.т.н., доцент кафедры
«Электропривода и автоматизация
Промышленных установок»
_____Ғали К.О.
«03» _____06_____ 2022г.

Ф КазНИТУ 706-17. Рецензия

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
«Қ.И. СӘТБАЕВ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ УНИВЕРСИТЕТІ»

ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертационную работу
(наименование вида работы)

Оразымбек Дариға Байғайқызы
(ФИО)

7М07113 – Электротехника и энергетика
(шифр и наименование специальности)

на тему «Разработка мероприятий по повышению энергоэффективности на предприятии пищевой промышленности»

Оразымбек Д.Б. в процессе выполнения магистерской диссертации изучила необходимый объем литературы по повышению энергоэффективности и энергосбережению топливно-энергетических ресурсов. Магистрант в исследовательской работе сделал анализ на потребление топливно-энергетических ресурсов предприятии пищевой промышленности. Разработал комплекс мероприятий по повышению энергоэффективности рационального использования энергоресурсов.

В первой главе произведен расчет электрических потерей на линиях передач, в трансформаторах, в системе учета, а также тепловые потери на линиях и парапроводом.

В основной части были разработаны и рекомендованы комплекс мероприятий по повышению энергоэффективности на предприятии.

В заключительной части был расчитан экомический эффект разработтаных мероприятий при ее реализациях.

Научный руководитель
Ассоцированный Профессор PhD_____ Д.Р. Умышев
"09" 06 2022 г.

Ф КазНИТУ 706-17. Рецензия

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Оразымбек Дарига Байгайкызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: Разработка мероприятий по повышению энергоэффективности на предприятии пищевой промышленности

Научный руководитель: Диас Умышев

Коэффициент Подобия 1: 5.2

Коэффициент Подобия 2: 4

Микропробелы: 70

Знаки из здругих алфавитов: 64

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☑Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐Обоснование: Допущен к защите.

2022-06-09

Дата

проверяющий эксперт

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Оразымбек Дариға Байғайқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: Разработка мероприятий по повышению энергоэффективности на предприятии пищевой промышленности

Научный руководитель: Диас Умышев

Коэффициент Подобия 1: 5.2

Коэффициент Подобия 2: 4

Микропробелы: 70

Знаки из здругих алфавитов: 64

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☑ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование: Допущена к защите

2022-06-09

Дата

Заведующий кафедрой „Энергетика"
Сарсембаев Е.А.