

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(Национальный исследовательский университет)
Политехнический институт. Энергетический факультет
Кафедра «Электрические станции, сети и системы электроснабжения»

ПРОВЕРЕНО
Рецензент

_____ Р.Ж. Низамутдинов
(подпись)

« ___ » _____ 2019 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующая кафедрой

_____ И.М. Кирпичникова
(подпись)

« ___ » _____ 2019 г.

**Использование сбросной тепловой энергии для горячего водоснабжения
ЗАО «Завод автоклавного газобетона»**

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР

Руководитель
к.т.н., доцент

_____ О.С. Пташкина-Гирина
« ___ » _____ 2019 г.

Автор
Студент группы П-478

_____ А.И. Шавшаева
« ___ » _____ 2019 г.

Нормоконтролер
старший преподаватель

_____ Н.Ю. Аверина
« ___ » _____ 2019 г.

Челябинск 2019

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(Национальный исследовательский университет)
Политехнический институт. Энергетический факультет
Кафедра «Электрические станции, сети и системы электроснабжения»
Направление 13.03.02 – «Электроэнергетика и электротехника»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующая кафедрой

_____ И.М. Кирпичникова

«___» _____ 2019 г.

ЗАДАНИЕ
на выпускную квалификационную работу студентки
Шавшаевой Алины Игоревны

(Фамилия, имя, отчество полностью)

Группа П-478

1 Тема работы: Использование сбросной тепловой энергии для горячего водоснабжения ЗАО «Завод автоклавного газобетона»

утверждена приказом по университету от 25 апреля 2019 г. № 899

2 Срок сдачи студентом законченной работы: 18 июня 2019 г.

3 Исходные данные к работе:

Специальная и научная литература, ГОСТы, СТО ЮУРГУ 04–2008
Стандарт организации, Курсовое проектирование

4 Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов):

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

1.1 Влияние теплового загрязнения на окружающую среду

1.2 Характеристика предприятия. Цели и задачи работы

2 РАСЧЁТ ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТИ

3 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СЪЁМА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

3.1 Турбина

3.2 Основной бак-аккумулятор

4 ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ПОТРЕБИТЕЛЯ

4.1 Планировка дома

4.2 Теплотехнический расчет наружных стен

4.3 Теплотехнический расчет пола первого этажа

4.4 Теплотехнический расчет чердачного перекрытия

4.5 Теплотехнический расчет ограждающих конструкций мансарды

4.6 Теплотехнический расчет световых проемов

4.7 Теплотехнический расчет наружных дверей

4.8 Определение потерь тепла наружными ограждениями здания

4.9 Определение бытовых тепловыделений

4.10 Составление балансов тепла по помещениям

4.11 Расход тепла на нагрев воды для горячего водоснабжения

4.12 Необходимая мощность для потребителей

4.13 Энергопотребление здания

5 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПИТАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

5.1 Бак-аккумулятор

5.2 Теплообменник

5.3 Насосы и клапаны

5.4 Проверка параметров

6 ИТОГОВАЯ СХЕМА

7 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ

5 Перечень графического материала с точным указанием обязательных чертежей:

Общий план цеха; Внешний вид турбины, Конденсатора, Генератора, Баков, Насоса; Поэтажный план здания заводоуправления; Итоговые схемы.

Всего 71 лист

6 Дата выдачи задания: 11 февраля 2019 г.

Руководитель _____ О.С. Пташкина-Гирина

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению _____ А.И. Шавшаева

(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Шавшаева А.И. Использование сбросной тепловой энергии для горячего водоснабжения ЗАО «Завод автоклавного газобетона». – Челябинск, ЮУрГУ, ПЗ; 2019, 71 с, 18 ил., 12 табл., библиогр. список – 20 наим., 5 прил.

В выпускной квалификационной работе рассчитана тепловая мощность, получаемая со сбросного пара автоклава ЗАО «Завод автоклавного газобетона». Осуществлён подбор комплектующих установки для съёма тепловой энергии. Произведён расчёт теплового баланса здания в целях его отопления, а так же анализ водо- и электроснабжения. Выбрано, согласно запросам потребителей, необходимое оборудование для питания. Разработана общая схема подключения источника энергии к получателю. Приведена технико-экономическая оценка.

					13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>	<i>Шавшаева</i>				<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>	<i>Пташкина-Гирина</i>				5	71	
<i>Реценз.</i>	<i>Низамутдинов</i>				ЮУрГУ Кафедра ЭССиСЭ		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Аверина</i>						
<i>Утверд.</i>	<i>Кирпичникова</i>						
<i>Использование сбросной тепловой энергии для горячего водоснабжения ЗАО «Завод автоклавного газобетона»</i>							

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ.....	9
1.1 Влияние теплового загрязнения на окружающую среду.....	10
1.2 Характеристика предприятия. Цели и задачи работы.....	13
2 РАСЧЁТ ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТИ.....	15
3 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СЪЁМА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ	18
3.1 Турбина.....	18
3.2 Основной бак-аккумулятор.....	21
4 ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ПОТРЕБИТЕЛЯ.....	24
4.1 Планировка дома.....	24
4.2 Теплотехнический расчет наружных стен.....	24
4.3 Теплотехнический расчет пола первого этажа.....	27
4.4 Теплотехнический расчет чердачного перекрытия.....	28
4.5 Теплотехнический расчет ограждающих конструкций мансарды.....	29
4.6 Теплотехнический расчет световых проемов.....	30
4.7 Теплотехнический расчет наружных дверей.....	30
4.8 Определение потерь тепла наружными ограждениями здания.....	31
4.9 Определение бытовых тепловыделений.....	38
4.10 Составление балансов тепла по помещениям.....	39
4.11 Расход тепла на нагрев воды для горячего водоснабжения.....	40
4.12 Необходимая мощность для потребителей.....	41
4.13 Энергопотребление здания.....	41

					13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

5	ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПИТАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ	43
5.1	Бак-аккумулятор.....	43
5.2	Теплообменник.....	44
5.3	Насосы и клапаны	46
5.4	Проверка параметров.....	46
6	ИТОГОВАЯ СХЕМА.....	48
7	ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ	50
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	53
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	55
	ПРИЛОЖЕНИЯ.....	57
	ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	57
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	62
	ПРИЛОЖЕНИЕ В	63
	ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	66
	ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	70

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время довольно часто говорится о том, что рост мирового ВВП достигается за счет добычи природных ресурсов и экосистем. Это все, что является так называемым природным капиталом. Резкое увеличение экологических проблем ясно показывает, что необходимо изменить отношение человека к природе. Появились международные экологические проекты – ООН, которое призывает к переходу на «зеленую экономику», ОЭСР настроена на «зеленый» экономический рост, всё чаще говорят о «зеленой химии», «зеленой промышленности» и так далее. Основная идея «зеленой» концепции заключается в сохранении и приумножении природного капитала [12].

Наша страна имеет большую территорию и простирается на тысячи километров, в различных климатических зонах. Участие в сохранении глобального природного капитала – это наш шанс к развитию. Процесс перехода к наилучшим доступным технологиям (НДТ) положил начало согласованию двух политик – промышленной и экологической. Поэтому нам нужны такие решения о развитии промышленности, которые будут способствовать уменьшению экологического ущерба, нанесенного этой отраслью, а решения об экологических мерах должны способствовать развитию отрасли. Этот процесс гармонизации двух направлений политики может служить основой для технологического перевооружения промышленности, движения к «зеленой» экономике и увеличения природного капитала. Для этого необходимы промышленные технологии. Новые, или хорошо забытые старые. Такие, чтобы обеспечить удовлетворение потребностей общества, не истощая при этом природные ресурсы и не превращая окружающую среду в свалку [19].

Предложенная технология вторичного использования сбросного пара в данной выпускной квалификационной работе не нова по своей сути, но будет применима к реальному производству, что позволит следовать концепциям «зелёной промышленности» уже сейчас.

					13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Для всех жителей Земли человек – самый неприятный и опасный сосед. Его деятельность включает в себя физическое загрязнение биосферы: шум, вибрацию, излучение различных частот. Численность флоры и фауны в таких условиях стремительно сокращается и постепенно стирается с лица Земли.

Тепловое загрязнение играет важную роль в аномальном повышении температуры воды и воздуха в промышленных районах. Миллиарды калорий тепла, которые выброшены людьми на ветер, взаимодействуют со всем живым вокруг и негативно влияют на экосистемы регионов.

Тепловое загрязнение является опасным для жизни изменением температуры в биосфере. В основном оно связано с выделением избыточного тепла в воздух и воду. Устойчивое повышение температуры в местах обитания животных и растений приводит к ухудшению органической жизни. Основная причина «теплового удара» по природе является деятельность человека.

Всё живое на Земле нагревается солнцем, и только людям чистой солнечной энергии было недостаточно. Для удовлетворения растущих потребностей человечества используются полезные ископаемые: уголь, нефть, газ, уран. Эффективность их сжигания составляет не более 30-40%. Это означает, что человек потребляет менее половины полученной энергии и выделяет 60-70% тепла в окружающую среду, которая совсем не нуждается в искусственном обогреве.

Энергия, выделяемая людьми, составляет всего 0,005% солнечного тепла, поэтому глобальных изменений на Земле от теплового загрязнения пока нет. Однако его концентрация на промышленных объектах приводит к нарушениям климата в локальном масштабе, снижая уровень жизни в экологической сфере в прилегающих водах и на суше.

					13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.1 Влияние теплового загрязнения на окружающую среду

Выброс избыточного тепла в водоемы, атмосферу, в подземные слои постепенно изменяет условия жизнедеятельности растений и животных.

Гидросфера: Термическое загрязнение гидросферы может привести к полному изменению экосистемы подводного мира, которое изменится в сторону упрощения и искоренения.

Увеличение средней температуры воды снижает содержание в ней кислорода. Это связано с тем, что растворение газов в воде сопровождается выделением тепла. Горячая вода не способна растворить большую часть кислорода – она быстро насыщается и процесс растворения останавливается. Параллельно с этим увеличивается содержание углекислого газа и сероводорода.

Высокая температура воды, низкий уровень кислорода, но при этом обогащенная углекислым газом и сероводородом, среда является оптимальной для быстрого развития сине-зеленых водорослей. Они являются катализаторами для повсеместного цветения воды, которое, в свою очередь, вызывает массовую гибель рыбы и отравление человека. Кроме того, сине-зеленые водоросли тормозят развитие зеленых водорослей – основного источника питания водного планктона.

Повышение температуры воды в соответствии с количеством личинок зообентоса, моллюсков, раков и других донных организмов. Если температура воды на дне выше 7-8°C, то часть из них теряет способность иметь здоровое потомство. Снижение популяций вышеперечисленных организмов приводит к трудностям в пропитании рыбы.

При тепловом загрязнении и рыба, соответственно, имеет плохие условия жизни. Более редким и ценным рыбам в разы труднее адаптироваться и выжить в условиях высокой температуры. Во-первых, в горячей воде метаболизм ускоряется, требуется больше кислорода – а его уровень, как было сказано ранее, уменьшается – выживать крупным рыбам становится все труднее. Во-вторых,

					13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

острая нехватка кислорода сильно влияет на породы лососёвых рыб, которые во время нереста переходят из одного течения в другое.

Большое значение имеют так же такие факторы как скорость и диапазон теплового загрязнения. С небольшим и постепенным повышением температуры воды в лагуне обитатели ещё имеют возможность адаптироваться к своему существованию в новых условиях

При интенсивном и стремительном изменении теплового режима начинается резкое снижение ценных видов воды. А при резком скачке температуры у водных существ случается «тепловой шок» и происходит гибель в массовом порядке.

Литосфера: в крупных городах подверженных тепловому загрязнению и почвенный слой. Сильно прогретая или замороженная почва – это среда обитания растений и организмов. Перепады температур почвы вблизи мегаполисов достигли стремительных масштабов: начинается стремительный рост теплолюбивых видов растений, что угнетает другие виды, которые не успели адаптироваться к новому тепловому режиму.

Изменение температуры почвы и грунтовых вод тормозит жизнь на лугах и в лесах, которые находятся вблизи к городу, снижает урожайность сельскохозяйственных культур.

Источники увеличения тепловой нагрузки верхних слоёв земли и грунтовых вод являются коммуникации промышленных предприятий и жилых зданий:

- Газовые отходы с заводов;
- Ёмкости хранения сжиженного газа;
- Сборные коллекторы;
- Теплотрассы;
- Жилищные коммуникации.

Нагретые подземные сооружения повышают температуру почвы. Зимой это приводит к тому, снег на поверхности тает, происходит его просачивание в верхний слой и почва промерзает. В течение лета дополнительное потепление почвы приводит к высыханию верхнего слоя земли и снижению плодородности почвы.

Атмосфера: источники теплового загрязнения сосредоточены в мегаполисах – промышленные предприятия, каменные сооружения, собирающие солнечную энергию. Это приводит к образованию тепловых куполов над – воздух в них дополнительно нагревается и его температура становится выше окружающей природной среды. В таких тепловых островах имеют место следующие процессы:

- Вертикальное движение воздушных масс;
- Чрезмерное образование облаков;
- Частые дожди;
- Повышенная влажность воздуха, её сочетание с пылью создает смог, который долго висит над городами в спокойную погоду.

Местное изменение климата в крупных городах является примером теплового загрязнения атмосферы.

Все промышленные предприятия способствуют повышению температуры в атмосфере, в то время как основная нагрузка падает на энергетические компании, металлообработку, нефтепереработку и транспортировку.

Трубы заводов, тепловые двигатели в автомобилях загрязняют атмосферу горячими газами, от этого нагревается воздух вблизи, а значит рядом с «горячими» трубами и факелами идёт ухудшение условий жизни и угнетение флоры и фауны.

Химический состав химических веществ, выделяемых в атмосферу: углекислый газ, метан, фторуглероды. Это всё способствует образованию парникового эффекта. Газы пропускают через себя ультрафиолетовые лучи

					13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

солнца на землю, но предотвращают инфракрасное излучение в противоположном направлении.

Для того, чтобы тепловое загрязнение не стало в будущем глобальной проблемой, человечество должно совершить постепенный переход: от использования ископаемого топлива к альтернативным источникам энергии – солнечному свету, ветру и воде.

Тепловое загрязнение – относительно молодая экологическая проблема, которая может быть решена совместными усилиями ученых, владельцев промышленных предприятий, политиков и чиновников. Но даже уже сегодня можно уменьшить выбросы тепловой энергии, используя методы преобразования тепла в электричество [7].

И именно такую проблему теплового загрязнения необходимо решить в данной дипломной работе для ЗАО «Завод автоклавного газобетона».

1.2 Характеристика предприятия. Цели и задачи работы

Географически завод расположен в поселке Зауральский Еманжелинского района. Расчетная температура наружного воздуха для Челябинской области – 34⁰С. Продолжительность периода с температурой выше 10 °С составляет 130-135 дней, средняя продолжительность безморозного периода 110-120 дней. Средняя высота снежного покрова 30- 35 сантиметров. За год выпадает около 100-110 миллиметров осадков.

Завод автоклавного газобетона одно из структурных подразделений строительного холдинга «ИНСИ» — одного из крупнейших производителей изделий из газобетона автоклавного твердения в заводских условиях массового производства на немецкой автоматизированной линии.

Завод он входит в число лидеров в своей отрасли по производству строительного материала нового поколения. По своей мощности и объему производства является одним из крупнейших производств не только в России, но и по всей Европе. За неполные 12 лет работы на заводе изготовлено 1800000 м³

					13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

блока, что по своим объёмам равно всему фонду жилого и нежилого жилья в таких городах как, например, Златоуст и Миасс.

Сама технология производства газобетона достаточно молодая даже в масштабах мира, не говоря уже о России. На производстве (карта) имеется 5 автоклавов, в которые, при загрузке их блоками, подаётся пар с собственной котельной. Но при прохождении практики на данном производстве была выявлена проблема – нет никакого перераспределения водяного пара обратно в систему. После окончания цикла работы в автоклаве его просто сбрасывают в атмосферу.

В связи с этим целью выпускной квалификационной работы поставлено рациональное использование тепловой энергии, полученной от сбросного пара. Задачей дипломной работы – разработка установки, которая будет снимать сбрасываемую тепловую энергию и распределять её на нужды предприятия.

					13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

2 РАСЧЁТ ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТИ

Чтобы понять сколько тепловой мощности можно снять со сбросного пара необходимо углубиться в технологию производства. Для этого обратимся к карте производства, помещённой в Приложение А, Рисунок 3П, а так же к Рисункам 1П и 2П, так же находящимися в этом Приложении.

Всё начинается с песка. Его доставляют на завод, загружают посредством фронтального погрузчика в специальные бункеры, где в дальнейшем с помощью ленточных транспортеров он поднимается на мельницу, где происходит его измельчение в более мелкую однородную фракцию. Далее в смесь поочередно добавляют другие составляющие: воду, известь, цемент, гипс и алюминиевую пудру. В итоге так называемый «пирог» закладывают в формы, формы ставят на телегу, которые завозят в автоклав и оставляют «запекаться». В результате 12-часовой обработки газобетона паром высокого давления в автоклаве выходит готовый продукт, а так же образуется горячий насыщенный водяной пар со свойствами, приведёнными на графике работы автоклава (см. Приложение Б, Рисунок 4П). Весь же процесс производства блока от начала линии до конечного готового продукта по времени занимает около 24 часов.

Производство безостановочное, завод работает в 3 смены. Есть собственная котельная, которая может подготовить автоклав к работе за 3 часа. На заводе имеется 5 автоклавов. Тепло, согласно графику, сбрасывается 2 часа. Следовательно, при идеальном графике работы за одни сутки тепло в сумме пар сбрасывается 8 часов.

Но на деле всё обстоит немного иначе – в связи с проблемами в поставках ингредиентов для газобетона, ремонтом или общим простоем производства, такой график сброса пара непостоянен.

Поэтому для основы расчёта берём график сброса пара для одного автоклава, и исходя из полученных цифр будем делать расчёт установки.

					13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

Исходные данные:

- Объём пара – 165 м³ (исходя из общего объёма автоклава в 330 м³, газобетон занимает ~ половину пространства);
- Время сброса – 2 часа.

В связи с тем, что за эти 2 часа давление, температура, плотность и энтальпия пара меняется в широком диапазоне, разделим расчётные данные и расчёт соответственно по часам, что можно посмотреть в Таблице 1. Значения усреднённые для каждого часа. Значение плотности и энтальпии взяты из табличных значений [18].

Таблица 1 – Исходные данные.

Обозначение \ Часы	1-ый час	2-ой час
Расход, G м ³ /ч	82,5	82,5
Давление, бар.	7,5	2,5
Температура t, °C	154	136
Плотность ρ, кг/м ³	3,915	1,392
Энтальпия, I кДж/кг	2764,8	2716,4

Вычисляем массу сбросного пара, проходящую в час, по формуле 1:

$$M=G \cdot \rho, \text{ кг/ч} \quad (1)$$

Для первого часа:

$$82,5 \cdot 3,915 = 322,9875 \text{ кг/ч}$$

Для второго часа:

$$82,5 \cdot 1,392 = 114,84 \text{ кг/ч}$$

Тепловую мощность вычисляем по формуле 2:

$$Q=I \cdot M, \text{ кДж/ч} \quad (2)$$

Для первого часа:

$$322,9875 \cdot 2764,8 = 892995,84 \text{ кДж/ч}$$

Для второго часа:

$$114,84 \cdot 2716,4 = 331951,376 \text{ кДж/ч}$$

Суммируем тепловые мощности за первый и второй час и получаем итоговую снимаемую мощность за цикл, состоящий из 2-х часов:

$$892995,84 + 331951,376 = 1204947,216 \text{ кДж/ч} \quad (3)$$

Переведем кДж/ч в кВт, а так же для общего понимания в Гкал, получим:

$$1204947,216 \text{ кДж/ч} = 335 \text{ кВт} = 0,288 \text{ Гкал}$$

Именно такое количество тепловой мощности получим за один цикл сброса пара из одного автоклава. Исходя из этой мощности и будет происходить дальнейший выбор оборудования.

					13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

3 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СЪЁМА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Выборка оборудования для данного источника тепловой энергии требует ещё большего понимания технологии производства.

В самом начале планировалась установка простого теплового насоса воздух-вода, который бы подогревал воду для нужд предприятия. Этот вариант оказался нерациональным в связи с тем, что температуры кипения теплоносителей были в разы ниже, чем температура греющей среды.

Далее был рассмотрен вариант применения абсорбционного бромистолитиевого теплового насоса. Температура кипения его теплоносителя была подходящей, но между тем возникла другая проблема. Конструкция насоса предполагает преобразовывать тепловую энергию в электрическую. Однако, в связи с тем, что сброс пара в системе не постоянен, необходима была дополнительная установка аккумуляторов, причём достаточно большого объёма, чтобы доступ к электроэнергии был постоянен.

В итоге было предложено решение, которое и легло в основу данной выпускной квалификационной работы – использование центростремительной влажно-паровой турбины малой мощности в системе с конденсатором для получения тепловой мощности и турбогенератором для получения электрической мощности.

3.1 Турбина

Зная параметры сбросного пара необходимо выбрать подходящую турбину:

- Расход – 82,5 м³/час;
- Максимальная температура среды – 190°C;
- Давление – 10 бар;
- Тепловая мощность – 335 кВт.

					13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

Исходя из заданных параметров выбираем центростремительную влажно-паровую турбину Ютрон Р-0.05-1.3/0.2 [2]. Внешний вид турбины в Приложении В, Рисунки 5-9П. Технические свойства приведены в Таблице 2. ГАЗЫ

Технические характеристики	Ютрон Р-0.05-1.3/0.2
Вырабатываемая электрическая мощность, кВт	30
Вырабатываемая тепловая мощность, кВт	400
Габаритные размеры влажно-паровой микротурбины (диаметр/высота), мм	650/2200
Масса влажно-паровой микротурбины, кг	600
Интервал изменения электр. нагрузки, %	5 — 100
Температура рабочей среды (воды), отпускаемая потребителю, °С	40 — 90
Потери тепла при эксплуатации, %	не более 5
Время пуска из «холодного» состояния, мин.	не более 10
Рабочее давление пара во влажно-паровой микротурбине, МПа	1
Температура рабочего тела (пара) на входе во влажно-паровую микротурбину, °С	195
Расход рабочего тела (пара) на влажно-паровую микротурбину, кг/с	0,05
Выходное напряжение, В	~380 (трехфазн.)
Частота выходного напряжения, Гц	50
Уровень шума на расстоянии 10 м, дБ	60±5
КПД по выработке электроэнергии	не менее 22

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР

Лист

19

Описание:

На рисунке показана конструкция центростремительной влажно-паровой турбины, состоящей из станины 1, установленной на горизонтальной поверхности, которая соединена с корпусом конденсатора 2 со встроенными эжекционными каналами (не отмеченными на изображении). Корпус конденсатора 2 и станина 1 соединены рёбрами жёсткости 3. В корпус конденсатора 2 встроена трубка для отвода конденсата 4 и размещены поверхности теплообменника 5, к которым подключена трубка подвода 6 и трубка отвода 7 охлаждающей воды. На поверхности теплообменника 5 уложено направляющее кольцо 8. На станине 1 зафиксирована болтами 9 опора 10, к которой крепится распределительная решетка 11. На валу ротора 12 размещён ряд рабочих лопаток турбинного колеса 13. Вал ротора 12 расположен на лепестковом подшипнике (на рисунке не показан). Корпус конденсатора 2 совмещён с корпусом проточной части 14 фланцевым соединением (на рисунке не показан), которое уплотняется прокладкой (на рисунке не показана). Корпус проточной части 14 скреплён с крышкой 15 паровой камеры (на рисунке не показана), фланцевым соединением 16. К корпусу паровой камеры (на рисунке не показана) крепится статичный сопловой аппарат 17 и концевой штуцер подвода пара 18 к паровой камере (на рисунке не показана). Сам корпус центростремительной влажно-паровой турбины (на рисунке не показана) состоит из корпуса конденсатора 2, корпуса проточной части 14, корпуса паровой камеры (на рисунке не показана) и крышки 15, эти элементы соединены между собой фланцевыми соединениями 16 и 19.

Проанализируем принцип действия центростремительной влажно-паровой турбины:

В самом начале острый пар, через концевой штуцер подвода пара 18 к паровой камере (на рисунке не показана), попадает внутрь корпуса проточной части 14 и проходя через статичный сопловой аппарат 17, поступает на рабочие лопатки турбинного колеса 13, где потенциальная тепловая энергия пара

					13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

преобразуется в механическую энергию вращения вала ротора 12, закреплённого на лепестковом подшипнике (на рисунке не показан), позволяющим поддерживать высокие обороты ротора. После этого пар проходит на распределительную решетку 11 и равномерно поступает внутрь корпуса конденсатора 2. В самом корпусе конденсатора 2 отработанный пар отдаёт свое тепло поверхностям теплообменника 5 и конденсируется. Конденсат же в свою очередь выводится наружу с помощью трубки отвода конденсата 4. Направляющее кольцо 8 не дает потоку пара пройти мимо поверхностей теплообменника 5. Внутри самих поверхностей теплообменника 5 протекает нагреваемая среда – вода, которая поступает в теплообменник через трубку подвода 6 охлаждающей воды и выводится через трубку отвода 7. Через эжекционные каналы (на рисунке не показаны) осуществляется создание вакуума в конденсаторе [21].

3.2 Основной бак-аккумулятор

Бак-аккумулятор в системе необходим для запаса горячей воды, которая появляется в следствии отвода тепла от конденсатора. Расчёт его объёмов является промежуточным вариантом, исходящих из двух величин:

- Максимальное количество воды, которое можно нагреть до определённой температуры выбранным источником энергии;
- Необходимый запас объёма жидкости, которая будет использоваться определённое время.

Максимальное количество воды, которое можно нагреть до определённой температуры выбранным источником энергии посчитаем в данном пункте, а необходимый запас объёма жидкости, которая будет использоваться определённое время, будет посчитан в пункте 5.4, в котором и произойдёт сопоставление величин.

					13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

Выбор объёма бака для системы отопления будет отталкиваться от максимальной снимаемой энергии, которая сможет согреть определённое количество воды до определённой температуры.

Исходя из описания турбины, допускается потеря тепла не более 5%, следовательно

$$0,288 \text{ Гкал} \cdot 0,95 = 0,2736 \text{ Гкал} \quad (4)$$

Именно такое количество энергии получаем после прогона всего пара через турбину.

По законам физики на подогрев 1 м^3 воды на $1 \text{ }^\circ\text{C}$ необходимо $0,001 \text{ Гкал}$ тепловой энергии. Следовательно, количество энергии, идущее на подогрев одного куба холодной воды $10 \text{ }^\circ\text{C}$ до $80 \text{ }^\circ\text{C}$, определяем по формуле 5:

$$(80-10) \cdot 0,001 = 0,07 \text{ Гкал} \quad (5)$$

Как было вычислено ранее, максимальное количество энергии, которое можно снять – $0,2736 \text{ Гкал}$, следовательно:

$$0,2736 / 0,07 = 3,9 \text{ м}^3 \quad (6)$$

Именно столько кубических метров можно согреть полученной энергией.

Следовательно, ставим основной бак-аккумулятор на 4 м^3 , который должен сохранять воду $80 \text{ }^\circ\text{C}$ на протяжении 12 часов, до выброса тепла следующим автоклавом.

По полученным параметрам подбираем бак-аккумулятор БАГВ 4 м^3 [1]. Внешний вид бака приведён в Приложении В, на Рисунке 10П. Технические параметры приведены в Таблице 3.

					13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

Таблица 3 – Технические характеристики бака-аккумулятора

Производитель	КАЭМ
Страна производитель	Россия
Объем бака	4000.0 (л)
Максимальное давление в баке	6.0 (бар)
Максимальная температура в баке	95.0 (град.)
Материал бака-аккумулятора	Углеродистая сталь
Материал изоляции	Полиуретан
Максимальная температура теплоносителя в баке	95.0 (град.)
Вес	900 кг
Диаметр	1900 мм
Толщина изоляции	50 мм
Высота	2650 мм

Дальнейший выбор оборудования и итоговый вид принципиальной электрической схемы будет зависеть от выбранных потребителей получаемой мощности.

4 ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ПОТРЕБИТЕЛЯ

Исходя из расчётов тепловой мощности в запасе для расхода потребителям имеется 0,2736 Гкал энергии, заключённой в баке-аккумуляторе на 4м³. Посоветовавшись с главным энергетиком предприятия, была выявлена потребность в горячем водоснабжении и отоплении здания заводоуправления. То, что останется в виде конденсата и использованной воды пускать в обратную систему нагрева воды для дальнейшего парообразования.

В здании заводоуправления проведено центральное отопление, горячее-, холодное водоснабжение от городских сетей, но часто бывают сбои в подаче, а так же проходит летняя опрессовка труб, что ведёт за собой отключение почти на месяц горячей воды. К своей же котельной они подключиться не могут, так как она полностью задействована на производственные нужды. В связи с этим потребителем полученной энергии рассматривается трёхэтажное здание заводоуправления, в котором необходимо обеспечить полное горячее водоснабжение и отопление.

4.1 Планировка дома

Планировка имеющегося здания заводоуправления показана в Приложении Г, на Рисунках 11-13П.

Здание заводоуправления представляет собой трёхэтажное строение. На первом этаже расположена столовая группа, душевая, раздевалки и комнаты отдыха для работников производства, а так же хозяйственные помещения. На втором и третьем этажах расположены рабочие места работников вспомогательного производства – конструкторов, энергетиков, логистов и кабинеты дирекции. Так же имеются холлы, подсобки, туалеты.

4.2 Теплотехнический расчет наружных стен

Имеющееся здание заводоуправления имеет в конструкции стен несколько слоёв, которые приведены в Таблице 4 [16].

					13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

Таблица 4 – Конструкция наружной стены

Слой	Толщина слоя δ , м	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°С)
1 Кирпич КП-0 150/35 по ГОСТ 530-95	0,64	0,56
2 Внутренняя штукатурка	0,02	0,58
2 Кирпич КП-0 150/35 по ГОСТ 530-95	0,12	0,56
4 Воздушная прослойка	0,05	$R = 0,17 \text{ (м}^2 \cdot \text{°С)}/\text{Вт}$
5 Утеплитель	0,07	0,034
6 Ячеистый газобетон	0,4	0,14
7 Внутренняя штукатурка	0,02	0,58

Расчет производится для холодного периода года, с учетом района строительства, условий эксплуатации, назначения здания и санитарно-гигиенических требований, предъявляемых к ограждающим конструкциям и помещению, согласно СНиП 23-02-2003 [17]. Рассмотрим расчет предлагаемой конструкции стены.

Определяем требуемое сопротивление теплопередаче $R_o^{тр}$, (м²·°С)/Вт, по формуле 7:

$$R_o^{тр} = \frac{(t_b - t_n) \cdot n}{\Delta t_n \cdot \alpha_b}, \quad (7)$$

где t_b – расчетная температура внутреннего воздуха, принимаемая по нормам проектирования соответствующих зданий, $t_b = 20$ °С [4];

t_n – расчетная наружная температура холодного периода, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки, $t_n = -34$ °С [15];

n – коэффициент, учитывающий положение наружного ограждения по отношению к наружному воздуху, $n = 1$ [15];

Δt_n – нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности наружной ограждающей конструкции, $\Delta t_n = 4$ °C [15];

α_B – коэффициент теплопередачи внутренней поверхности ограждения, $\alpha_B = 8,7$ Вт/(м²·°C) [15].

$$R_o^{тр} = \frac{(20 - (-34)) \cdot 1}{4 \cdot 8,7} = 1,55 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт.}$$

Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП), °C_{сут}, определяем по формуле 8:

$$\text{ГСОП} = (t_B - t_{оп}) \cdot Z_{оп}, \quad (8)$$

где $t_{оп}$ – средняя температура отопительного периода, $t_{оп} = -5,5$ °C [14];

$Z_{оп}$ – продолжительность отопительного периода, $Z_{оп} = 233$ суток [14].

$$\text{ГСОП} = (20 - (-5,5)) \cdot 233 = 5942 \text{ °C}_{сут}.$$

Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций $R_o^{пр}$, Вт/(м²·°C), определяется в зависимости от полученного значения ГСОП и типа здания или помещения, соответствующее высоким теплозащитным свойствам по [8] $R_o^{пр} = 3,5$ (м²·°C)/Вт. Сравниваем $R_o^{тр} = 1,55$ (м²·°C)/Вт и $R_o^{пр} = 3,5$ (м²·°C)/Вт и принимаем для дальнейших расчетов большее, то есть $R_o^{пр}$.

Уточняем фактическое общее сопротивление теплопередаче R_o^{ϕ} , (м²·°C)/Вт, для всех слоев ограждения по формуле 9:

$$R_o^{\phi} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_H}, \quad (9)$$

$$R_o^\phi = \frac{1}{8,7} + \left(\frac{0,64}{0,56} + \frac{0,02}{0,58} \right) \cdot 0,24 + \left(\frac{0,12}{0,56} + 0,17 + \frac{0,07}{0,034} + \frac{0,4}{0,14} + \frac{0,02}{0,58} \right) \cdot 0,76 + \frac{1}{23} = 5,63 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C) / Вт}$$

Проверяем условие:

$$R_o^\phi \geq R_o^{тр}, \quad (10)$$

$$5,63 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C) / Вт} > 3,5 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C) / Вт}.$$

Коэффициент теплопередачи принятого ограждения стены k , Вт/(м²·°C) будет равен:

$$k = \frac{1}{R_o^\phi}, \quad (11)$$

$$k_{ст} = \frac{1}{5,63} = 0,18 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}.$$

4.3 Теплотехнический расчет пола первого этажа

Разбивка пола по зонам находится в Приложении Г, Рисунок 14П. Так как в конструкции стен и пола первого этажа имеется утепляющий слой [8] $\delta=0,1$ м, $\lambda=0,032$ Вт/(м²·°C) то R_y определяется по формуле 12:

$$R_y = R_n + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \quad (12)$$

где R_n – сопротивление теплопередаче не утепленного пола по зонам

$$\text{I зона: } R_{yI} = 2,1 + 3,1 = 5,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C / Вт}.$$

$$\text{II зона: } R_{yII} = 4,3 + 3,1 = 7,4 \text{ м}^2 \cdot \text{°C / Вт}.$$

$$\text{III зона: } R_{yIII} = 8,6 + 3,1 = 11,7 \text{ м}^2 \cdot \text{°C / Вт}.$$

$$\text{IV зона: } R_{yIV} = 14,2 + 3,1 = 17,3 \text{ м}^2 \cdot \text{°C / Вт}.$$

					13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

Определяем коэффициент теплопередачи k_y :

$$k_{yI} = 1 / 5,2 = 0,19 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С});$$

$$k_{yII} = 1 / 7,4 = 0,14 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С});$$

$$k_{yIII} = 1 / 11,7 = 0,08 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С});$$

$$k_{yIV} = 1 / 17,3 = 0,06 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}).$$

4.4 Теплотехнический расчет чердачного перекрытия

Чердачное перекрытие имеет несколько слоёв, перечисленных в Таблице 5.

Таблица 5 – Слои ограждающих конструкций чердачного перекрытия

Наименование слоя	Толщина слоя δ , м	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°С)
1 Стяжка (цементно-песчаный раствор)	0,05	0,93
2 Гидроизоляция – пергамин	0,005	0,17
3 Слой утеплителя [8]	2x0,08	0,032
4 Многослойная плита	0,22	2,04
5 Гипсокартон	0,014	0,19

Рассчитываем фактическое общее сопротивление теплопередаче R_n^ϕ , ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$)/Вт, для всех слоев ограждения:

$$R_n^\phi = \frac{1}{8,7} + \frac{0,05}{0,93} + \frac{0,005}{0,17} + \frac{0,16}{0,032} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,014}{0,19} + \frac{1}{12} = 5,46 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{С)}/\text{Вт}$$

Проверяем условие от полученного значения ГСОП и типа здания или помещения, соответствующее теплозащитным свойствам по:

$$5,46 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{С)}/\text{Вт} > 4,6 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{С)}/\text{Вт}.$$

Определяем коэффициент теплопередачи $k_{пт}$:

$$k_{пт} = 1 / 5,46 = 0,18 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

4.5 Теплотехнический расчет ограждающих конструкций мансарды

Таблица 6 – Слои ограждающих конструкций мансарды

Наименование слоя	Толщина слоя δ , м	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°C)
1 Гибкая черепица	0,003	0,17
2 Обрешетка	0,01	0,14
3 Ветро-влагоизоляция	0,0002	-
4.Теплоизоляция	0,2	0,037
5 Пароизляция	0,00016	-
6 Гипсокартон	0,014	0,19

Фактическое общее сопротивление теплопередаче $R_{м\phi}$, ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)/Вт, для всех слоев ограждения рассчитываем по формуле 13:

$$R_{м\phi} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,003}{0,17} + \frac{0,01}{0,14} + \frac{0,2}{0,037} + \frac{0,014}{0,19} + \frac{1}{23} = 5,72 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}/\text{Вт} \quad (13)$$

Проверяем условие от полученного значения ГСОП и типа здания или помещения, соответствующее теплозащитным свойствам по:

$$5,72 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}/\text{Вт} > 4,6 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}/\text{Вт}$$

Коэффициент теплопередачи $k_{пт}$, определяем по формуле 14:

$$K_{м} = 1/5,72 = 0,17 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}) \quad (14)$$

4.6 Теплотехнический расчет световых проемов

Требуемое термическое общее сопротивление теплопередаче R_{o}^{TP} , $(m^2 \cdot ^\circ C)/Вт$, для световых проемов определяют в зависимости от величины ГСОП [15]. При ГСОП = 5942 $^\circ C_{сут}$ сопротивление $R_{o}^{TP} = 0,6 (m^2 \cdot ^\circ C)/Вт$.

В качестве световых проемов выбраны пластиковые окна с характеристиками:

- 70 мм ширина рамы и створки;
- 5 воздушных камер внутри профиля;
- Стеклопакет 36 мм (4-10-4-14-4);
- Сопротивление теплопередаче 0,68 $(m^2 \cdot ^\circ C)/Вт$;
- Звукоизоляция окна достигает 55 ДБ.

Сопротивлением теплопередаче $R_{o}^{\Phi} = 0,68 (m^2 \cdot ^\circ C)/Вт$, что удовлетворяет условию $R_{o}^{\Phi} > R_{o}^{TP}$. Коэффициент теплопередачи остекления $k_{ок}$ определяем по формуле 15:

$$k_{ок} = \frac{1}{0,68} = 1,47 \text{ Вт}/(m^2 \cdot ^\circ C) \quad (15)$$

4.7 Теплотехнический расчет наружных дверей

Требуемое сопротивление теплопередаче R_{o}^{TP} для наружных дверей должно быть не менее значения 0,6 R_{o}^{TP} для стен здания. Фактическое сопротивление теплопередаче принято $R_{o}^{\Phi}_{дв} = R_{o}^{TP}$.

Фактическое сопротивление теплопередаче для наружных дверей $R_{o}^{\Phi}_{дв}$, $(m^2 \cdot ^\circ C)/Вт$, аналогично расчету наружных стен определяется по следующей формуле:

$$R_{oдв}^{\Phi} = 0,6 \cdot \frac{(t_{в} - t_{н}) \cdot n}{\Delta t_{н} \cdot \alpha_{в}} \quad (16)$$

$$R_{oдв}^{\Phi} = 0,6 \cdot \frac{(20 - (-34)) \cdot 1}{4 \cdot 8,7} = 0,93 (m^2 \cdot ^\circ C)/Вт$$

					13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

Коэффициент теплопередачи $k_{одв}$, определяем по формуле 17:

$$k_{одв} = 1/0,93 = 1,07 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С}) \quad (17)$$

4.8 Определение потерь тепла наружными ограждениями здания

В отапливаемых зданиях, при наличии разности температур между внутренним и наружным воздухом, постоянно происходят потери тепла через ограждающие конструкции: наружные стены, перекрытия, полы и проемы. Системы отопления должны восполнять эти потери, поддерживая в помещениях внутреннюю температуру, требующуюся по санитарным нормам [10].

При определении потерь теплоты зданием следует учитывать основные и добавочные потери теплоты через отдельные ограждающие конструкции Q_o , Вт, по формуле 18:

$$Q_o = A \cdot (t_v - t_n) \cdot k \cdot n \cdot (1 + \Sigma \beta), \quad (18)$$

где A – расчетная площадь ограждающей конструкции, м^2 ;

n – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху по [2];

β – добавочные потери теплоты в долях от основных потерь, определяемые в соответствии [10]:

- В помещениях любого назначения через наружные вертикальные и наклонные стены, двери и окна, обращенные на север и восток в размере 0,1, на запад – в размере 0,05;
- В угловых помещениях дополнительно – по 0,05 на каждую стену, дверь и окно, если одно из ограждений обращено на север и восток;
- Так как наружные двери, не оборудованы воздушно-тепловыми завесами, при высоте здания H , м, добавочные потери в размере $0,24 \cdot H$ для одинарных дверей;

					13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

Внутренняя температура воздуха в помещениях различного назначения принимается согласно [16]. Наименования ограждений обозначаются следующим образом: НС – наружная стена; ПЛ – полы; ПТ – потолок; ОК – остекление; ДН – дверь наружная.

Результаты расчета тепловых потерь имеющегося здания сводим в Таблицы 7, 8 и 9.

Таблица 7 – Тепловые потери наружными ограждениями здания первого этажа

Характеристика ограждений				Температура внутр. воздуха $t_{в}, ^\circ\text{C}$	Расчетная разность температур ($t_{в}-t_{н}$), $^\circ\text{C}$	Основные теплотопотери Q_o , Вт	Добавочные теплотопотери $I+\Sigma\beta$	$Q_o \cdot (1+\Sigma\beta)$, Вт
Обозначение	Ориентация	Площадь А, м ²	Коэф-т теплопередачи k, Вт/(м ² * $^\circ\text{C}$)					
1. Туалет								
НС	С	4,1	0,12	18	52	26	1,2	32
НС	В	3,7	0,12			24	1,2	29
ПЛ Iз	-	4,3	0,19			53	1	53
ПЛ IIз	-	3	0,14			27	1	27
								Σ 141
2. Раздевалка и комната отдыха								
НС	С	6,2	0,18	21	55	65	1,15	74
НС	В	11	0,18			115	1,15	132
НС	3	2,5	0,18			26	1,1	29
ОК	С	2,9	1,47			247	1,15	284
ОК	С	2,9	1,47			247	1,15	284

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР

Лист

32

ПЛ Із	-	13,4	0,19			165	1	165
ПЛ ІІз	-	26,7	0,14			243	1	243
ПЛ ІІІз	-	23	0,08			120	1	120
ПЛ ІІІІз	-	2,5	0,06			10	1	10

Σ 1341

3. Столовая группа

НС	Ю	8,7	0,18	18	52	81	1,05	86
НС	В	2,5	0,18			23	1,15	27
НС	З	2,5	0,18			23	1,1	26
ПЛ Із	-	9	0,19			92	1	92
ПЛ ІІз	-	19,1	0,14			144	1	144
ОК	Ю	2,9	1,47			246	1,05	259
ОК	Ю	2,9	1,47			246	1,05	259

Σ 893

4. Входная группа

НС	С	4,1	0,18	18	52	38	1,15	44
НС	З	12,1	0,18			113	1,1	125
ПЛ Із	-	7,2	0,19	18	52	71	1	71
ПЛ ІІз	-	8,6	0,14			63	1	63
ДН	З	1,6	1,07			89	2,6	231
ОК	З	1,1	1,47			90	1,1	99

Σ 508

6. Хоз.помещение

НС	З	4,2	0,18	18	52	39	1,05	41
ПЛ Із	-	2,4	0,19			24	1	24
ПЛ ІІз	-	6	0,14			44	1	44

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР

Лист

33

Σ 109								
6. Хоз.помещение								
НС	Ю	4,2	0,18	18	52	39	1	39
НС	3	4,2	0,18			39	1,05	41
ПЛ Iз	-	4,4	0,19			45	1	45
ПЛ IIз	-	4	0,14			30	1	30
Σ 155								
7. Хоз.помещение								
НС	Ю	4,2	0,18	18	52	39	1,05	41
НС	В	4,2	0,18			39	1,1	43
ПЛ Iз	-	4,4	0,19			45	1	45
ПЛ IIз	-	4	0,14			30	1	30
Σ 159								
Итого тепловых потерь по первому этажу – 3306 Вт								

Таблица 8 – Тепловые потери наружными ограждениями здания второго этажа

Характеристика ограждений				Температура внутр. воздуха $t_{в}, ^\circ\text{C}$	Расчетная разность температур ($t_{в}-t_{н}$), $^\circ\text{C}$	Основные теплопотери Q_o , Вт	Добавочные теплопотери $1+\Sigma\beta$	$Q_o \cdot (1+\Sigma\beta)$, Вт
Обозначение	Ориентация	Площадь А, м2	Кэф-т теплопередачи k, Вт/(м ² *°C)					
3,5 Подсобка и кабинет								
НС	Ю	17,9	0,18	21	55	150	1,05	158
НС	В	4,1	0,18			40	1,15	46
НС	3	8,2	0,18			80	1,1	88

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР

Лист

34

ОК	Ю	3,2	1,47			301	1,05	317
ОК	Ю	3,2	1,47			301	1,05	317
								Σ 926
7. Кабинет								
НС	В	15,2	0,18	21	55	150	1,1	166
ОК	В	3,2	1,47			301	1,15	346
								Σ 512
6. Кабинет								
НС	Ю	5,4	0,18	21	55	53	1,05	56
НС	В	5,4	0,18			53	1,15	61
ОК	Ю	3,2	1,47			301	1,05	317
ОК	В	3,2	1,47			301	1,15	346
								Σ 780
5. Рабочие места								
НС	С	10,8	0,18	21	55	105	1,2	126
НС	В	3,6	0,18			23	1,2	28
НС	З	3,6	0,18			23	1,1	26
ОК	С	2,9	1,47			247	1,15	284
ОК	С	2,9	1,47			247	1,15	284
								Σ 748
1. Холл								
НС	З	13,6	0,18	21	55	132	1,1	145
НС	С	9,6	0,18			93	1,15	107
ОК	З	1,8	1,47			143	1,1	157
ОК	З	1,8	1,47			143	1,1	157
ДН	З	2,1	1,07			121	2,6	315
								Σ 881
8. Кабинет								

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР

Лист

35

НС	С	4,9	0,18	21	55	49	1,2	58
НС	В	8,7	0,18			86	1,2	103
ОК	С	3,2	1,47			301	1,2	361
ОК	В	3,2	1,47			301	1,2	361
Σ 883								
2. Туалет								
НС	3	8,8	0,18	18	52	86	1,05	90
ОК	3	1,1	1,47			102	1,05	108
Σ 198								
Итого тепловые потери для второго этажа – 4928 Вт								

Таблица 9 – Тепловые потери наружными ограждениями здания третьего этажа

Характеристика ограждений				Температура внутр. воздуха $t_{в}, ^\circ\text{C}$	Расчетная разность температур ($t_{в}-t_{н}$), $^\circ\text{C}$	Основные теплопотери Q_o , Вт	Добавочные теплопотери $1+\Sigma\beta$	$Q_o \cdot (1+\Sigma\beta)$, Вт
Обозначение	Ориентация	Площадь А, м ²	Кэф-т теплопередачи к, Вт/(м ² *°C)					
7. Кабинет								
НС	Ю	15	0,18	21	55	149	1	149
НС	3	16,1	0,18			159	1,05	167
ОК	Ю	3,2	1,47			301	1	301
ОК	3	3,2	1,47			301	1,05	315
ПТ	-	21,3	0,18			190	1	190
Σ 1122								
9 Переговорная								

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР

Лист

36

НС	Ю	15	0,18	21	55	149	1	149
НС	В	16,1	0,18			159	1,15	183
ОК	Ю	5,2	1,47			420	1,05	441
ОК	Ю	3,2	1,47			301	1,05	315
ОК	В	3,2	1,47			301	1,1	331
ПТ	-	21,65	0,18			192	1	192
Σ 1611								
6. Кабинет								
НС	В	15,4	0,18	21	55	152	1,1	168
ОК	В	3,2	1,47			301	1,1	331
ПТ	-	22,35	0,18			201	1	201
Σ 700								
4. Кабинет								
НС	С	14,6	0,18	21	55	145	1,2	173
НС	В	5,8	0,18			57	1,2	69
НС	З	5,8	0,18			57	1,1	63
ОК	С	3,2	1,47			301	1,2	362
ОК	С	3,2	1,47			301	1,2	362
ПТ	-	24,8	0,18			221	1	221
Σ 1250								
5. Кабинет								
НС	С	6,5	0,18	21	55	64	1,2	77
НС	В	9,6	0,18			95	1,2	114
ОК	С	2,6	1,47			210	1,2	252
ОК	В	2,6	1,47			210	1,2	252
ПТ	-	6,9	0,18			61	1	61
Σ 756								
2. Туалет								
НС	З	9,6	0,18	18	52	100	1,1	110
ОК	С	1,1	1,47			102	1,15	117

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР

Лист

37

ПТ	-	5,05	0,18			51	1	51
Σ 278								
8. Кабинет								
НС	3	8	0,18	21	55	84	1,05	88
ОК	3	2,6	1,47			222	1,05	233
ПТ	-	10,4	0,18			74	1	74
Σ 395								
3. Кабинет								
НС	3	7,9	0,18	21	55	82	1,05	87
НС	С	7,9	0,18			90	1,2	108
ОК	С	2,6	1,47			222	1,15	248
ПТ	-	7,1	0,18			65	1	65
Σ 508								
1. Холл								
ПТ	-	28,85	0,17	21	55	150	1	150
Σ 150								
Итого тепловые потери по третьему этажу – 6770 Вт								

Итого тепловые потери всего здания $Q_0 = 15004$ Вт

4.9 Определение бытовых тепловыделений

Бытовые тепловыделения Q_6 , Вт, определяются из расчета на один квадратный метр площади пола по формуле 19:

$$Q_6 = q_6 \cdot A, \quad (19)$$

где q_6 – бытовые тепловыделения на 1 м^2 для жилых зданий без ограничения социальной нормы (с расчетной заселенностью квартиры 45 м^2 общей площади и более на человека) $q_6 = 10 \text{ Вт/м}^2$ [15].

Бытовые тепловыделения не будут иметь место в хоз. помещениях, подсобке, входной группе, переговорной (т.к. эта комната большую часть своего времени так же пустует). Сводим баланс поэтажно в Таблицу 10.

4.10 Составление балансов тепла по помещениям

Баланс тепла – это определение полных тепловых потерь в помещениях. Тепловая мощность отопительной системы отопления $Q_{от}$, Вт, определяется в данном случае по формуле 20:

$$Q_{от} = Q_o - Q_б. \quad (20)$$

Результаты расчётов скомпонуем в Таблицу 10.

Таблица 10 – Баланс тепла по помещениям

Помещение	Площадь А, м2	Температура внутр. воздуха $t_{в}$, °С	Расчетная разность температур ($t_{в}-t_{н}$), °С	Теплопотери ограждениями Q_o , Вт	Бытов. тепловыделения $Q_б$, Вт	Мощность отопления $Q_{от}$, Вт
Первый этаж:						
1. Туалет	6,3	18	52	141	63	78
2. Раздевалка и комната отдыха	79	21	55	1341	790	551
3. Столовая группа	26,1	21	55	893	261	632
4. Входная группа	14,9	18	52	508	-	508
5. Хоз. помещение	7,45	18	52	109	-	109
6. Хоз. помещение	7,15	18	52	155	-	155
7. Хоз. помещение	7,15	18	52	159	-	159
Второй этаж:						
1. Холл	11,55	21	55	881	110	771

2. Туалет	4,9	18	52	198	49	149
3. Подсобка	2,65	18	52	230	-	230
4. Рабочие места	73,2	21	55	748	730	18
5. Кабинет	11,15	21	55	696	110	586
6. Кабинет	18,25	21	55	780	180	600
7. Кабинет	16,15	21	55	512	160	352
8. Кабинет	10,2	21	55	883	100	783
Третий этаж:						
1. Холл	28,85	21	55	150	150	-
2. Туалет	5,05	18	52	278	50	228
3. Кабинет	7,10	21	55	508	71	437
4. Кабинет	24,8	21	55	1250	248	1002
5. Кабинет	6,9	21	55	756	69	687
6. Кабинет	22,15	21	55	700	220	480
7. Кабинет	21,3	21	55	1122	210	912
8. Кабинет	10,4	21	55	395	100	295
9. Переговорная	21,65	21	55	1611	-	1611
Итого				15004	3671	11333

4.11 Расход тепла на нагрев воды для горячего водоснабжения

Определим среднечасовой поток теплоты Q_T^h , Вт по формуле 21.

$$Q_T^h = 1160 \cdot q_T^h (t_a - t_o) \cdot (1 + K_t), \quad (21)$$

где t_r – температура горячей воды после дополнительного бака-аккумулятора, °С ($t_c = 40^{\circ}\text{C}$);

t_x – температура холодной воды из скважины, °С ($t_c = 10^{\circ}\text{C}$);

K_t – коэффициент учитывающий потери теплоты трубами, по [5] ($K_t = 0,3$);

q_T^h – средний часовой расход горячей воды, м³/ч, определяемый по формуле 22:

$$q_T^h = q_{um}^h \cdot \frac{U}{24000}, \quad (22)$$

где q_{um}^h – расход воды в сутки на одного потребителя, по [5] $q_{um}^h = 50$ л/сут;
 U – количество потребителей, ($U = 75$ человек). Так как в смене 25 человек, то 3 смены (безостановочное производство) = 75 человек.

$$q_T^h = 50 \cdot \frac{75}{24000} = 0,15 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$Q_T^h = 1160 \cdot 0,15 \cdot (40 - 10) \cdot (1 + 0,3) = 6786 \text{ Вт.}$$

4.12 Необходимая мощность для потребителей

Полную потребность в теплоте на отопление и горячее водоснабжение $Q_{полн}$, Вт определяем по формуле 23:

$$Q_{полн} = Q_{от} + Q_T^h, \quad (23)$$

$$Q_{полн} = 11336 + 6786 = 18122 \text{ Вт} = 18,12 \text{ кВт} = 0,0157 \text{ Гкал}$$

4.13 Энергопотребление здания

Таблица 11 – Расчёт энергопотребления здания заводоуправления

Прибор	кВт	Время работы, ч	кВт*ч
Рабочее место 25 шт.	12,5	8	100
Принтер 3 шт.	0,15	8	1,2
Холодильник 3 шт.	0,6	4	2,4
Микроволновая печь	1,5	1	1,5
Электрический чайник	2	1	2
Лампы 126 шт.	1,5	8	12
Итого в сутки			119,1 кВт*ч

Исходя из полученных данных максимальная пиковая нагрузка – сумма всех потребителей – составляет 18,25 кВт.

Функционал влажно-паровой центростремительной турбины, помимо основного, предусматривает получение электрической энергии в количестве 30 кВт. Эта дополнительная возможность, позволяет запитать электрической энергией небольшую часть предприятия в виде заводоуправления. Основная проблема использования полученной электрической энергии состоит в том, что пар сбрасывается регулярно, но с промежутками во времени. К тому же в данной дипломной работе рассматривается сброс пара лишь с одного автоклава, перерыв в работе которого составляет порядка 12 часов. Из-за этого возникает необходимость установки достаточно объёмных аккумуляторов энергии для бесперебойного питания, что видно на схеме электроснабжения, размещённой в Приложении Д, Рисунок 17П. В связи с этим возможность электроснабжения части предприятия будет рассмотрена в дальнейшей работе, где будет рассчитана совместная работа автоклавов в разных режимах.

					<i>13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		42

5 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПИТАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

5.1 Бак-аккумулятор

Выбор дополнительного бака-аккумулятора для горячего водоснабжения заводоуправления, в основном душевых, исходит из среднечасового расхода воды на горячее водоснабжение за день, подсчитанного ранее – $q^h_T = 0,15 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Исходя из того, что суточные или недельные графики нагрузки горячего водоснабжения отсутствуют, ёмкость бака-аккумулятора можно приблизительно высчитать по формуле 24 [9]:

$$V = (4-6) \cdot q^h_T, \text{ м}^3 \quad (24)$$

Получаем:

$$6 \cdot 0,15 = 0,9 \text{ м}^3$$

Следовательно, необходим бак-аккумулятор на 1 м^3 . Внешний вид у него такой же, как и у бака на 4 м^3 , но будут меньшие габаритные размеры. Бак будет сохранять горячую воду порядка $40 \text{ }^\circ\text{C}$ на протяжении 12 часов, до выброса тепла следующим автоклавом. Технические характеристики приведены в Таблице 12.

					13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

Таблица 12 – Технические характеристики дополнительного бака-аккумулятора

Производитель	КАЭМ
Страна производитель	Россия
Объем бака	1000.0 (л)
Максимальное давление в баке	6.0 (бар)
Максимальная температура в баке	95.0 (град.)
Материал бака-аккумулятора	Углеродистая сталь
Материал изоляции	Полиуретан
Максимальная температура теплоносителя в баке	95.0 (град.)
Вес	190 кг
Диаметр	900 мм
Толщина изоляции	50 мм
Высота	2350 мм

5.2 Теплообменник

Теплообменник между двумя баками аккумуляторами необходим для получения тепла из первого бака, вода в котором предназначена для системы отопления, во второй бак, где будет храниться вода для горячего водоснабжения заводоуправления.

Необходимо вычислить поверхность теплопередачи по формуле 25:

$$F = Q/(q \cdot \tau), \quad (25)$$

где Q – необходимое потребителю количество тепла, Вт (рассчитано выше – для горячего водоснабжения предприятия – 6786 Вт);

q – удельный тепловой поток, Вт/м², который определяется по формуле 26;

τ – время, с (желаемое время нагрева воды в баке – 20 минут = 1200 с).

$$q = k \cdot \Delta t_{cp} \quad (26)$$

где k – коэффициент теплопередачи, принимаемы = 0,4 Вт/(м²·°С);

Δt_{cp} – средняя разность температур горячего и холодного теплоносителя, °С, определяемая по формуле 27.

$$\Delta t_{cp} = (\Delta t_6 - \Delta t_m) / (\ln(\Delta t_6 / \Delta t_m)) \quad (27)$$

где Δt_6 – наибольшая разность температур между теплоносителями, °С;

Δt_m – наименьшая разность температур между теплоносителями, °С.

Δt_6 = разница температур между полученной горячей водой 80°С и температурой воды в скважине – 10°С.

Δt_m = разница температур между полученной горячей водой 80°С и максимально нагретой водой (КПД = 90) – 72°С [11].

Получаем Δt_{cp} :

$$(70-8)/(\ln(70/8)) = 28 \text{ °С.}$$

Из этого получаем q :

$$0,4 \cdot 28 = 11,2 \text{ Вт/м}^2$$

И в итоге получаем площадь теплообмена:

$$6786 / (11,2 \cdot 1200) = 0,5 \text{ м}^2$$

Следовательно, устанавливаем кожухотрубный теплообменник площадью теплообмена 0,5 м².

По характеристика подходит Теплообменник 600 ТНГ-1,6-О/25Г-3-2-У [6].

Технические характеристики: теплообменник с неподвижными трубными решётками, с диаметром кожуха 600 мм, горизонтальный, условное давление в кожухе и на трубах 1,6 Мпа, обыкновенного температурного использования от минус 20 °С до плюс 100 °С, с гладкими трубами диаметром 25 мм и длиной 3 м, 2-х ходовой по трубному пространству, умеренного климатического исполнения. Его внешний вид можно посмотреть на Рисунке 16П, Приложение Д.

					13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

5.3 Насосы и клапаны

На вход в систему отопления и систему горячего водоснабжения ставим трёхходовой клапан для смешивания горячей и холодной воды. Внешний вид показан в Приложении Д, на Рисунке 15П. На нём имеется регулировка, которая позволяет пользователю настроить подходящий температурный режим.

Характеристики клапана выбираются исходя из расхода теплоносителя, который высчитывается по формуле 28 [13]:

$$G = 0,86 Q/\Delta T \quad (28)$$

где Q – количество тепла, необходимое потребителю, кВт;

ΔT – разность температур между теплоносителем на входе и на выходе.

Получаем:

- Для системы отопления (вход 80 °С – выход 60 °С);

$$0,6 \cdot 11,336/20 = 0,33 \text{ м}^3/\text{ч}$$

- Для системы горячего водоснабжения расчёт сделан выше – 0,15 м³/ч.

Следовательно, для системы отопления выбираем Клапан регулирующий Danfoss VZL 3; Ду 15; Kvs 0,4. Пропускная способность – 0,4 м³/ч.

Для системы горячего водоснабжения выбираем Клапан регулирующий Danfoss VZL 3; Ду 15; Kvs 0,25. Пропускная способность – 0,25 м³/ч [20].

Питательный насос, который поднимает воду из скважины на поверхность, а так же тот, который возвращает конденсат обратно в систему, у предприятия уже имеется, так что останется только подключить их к данной схеме.

5.4 Проверка параметров

В этом пункте был получен расход теплоносителя для системы отопления равный 0,33 м³/ч. Питание системы отопления будет происходить из основного бака-аккумулятора, ёмкостью 4 м³ и температурой 80 °С. Необходимо

					13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

вычислить, может ли выбранный бак обеспечить такой расход для потребителя, не теряя заявленных свойств теплоносителя.

Из-за нерегулярности выброса пара с автоклава – каждые 12 часов – необходимо убедиться, что запасённого тепла хватит на круглосуточное отопление. Для этого объём бака – 4 м³ разделим на количество часов автономной работы отопления – 12 часов. Получим 0,33 м³/ч – количество теплоносителя в час с температурой входа в систему 80 °С, что удовлетворяет заявленной потребности. Температура выхода из системы отопления 60 °С.

По истечении 12 часов вся вода в основном баке-аккумуляторе станет ~ 60 °С. Так же необходимо учесть забор температуры водой для горячего водоснабжения – уйдёт примерно четверть температуры всего бака.

Следовательно остаётся 4 м³ воды с температурой порядка 45 °С.

Если оценивать остатки в тепловой энергии, то из изначально имеющейся энергии вычтем то количество энергии, которое потратили потребители:

$$318 \text{ кВт} - 18,12 \text{ кВт} = 300,13 \text{ кВт}$$

$$0,2736 \text{ Гкал} - 0,0157 \text{ Гкал} = 0,2579 \text{ Гкал}$$

В итоге получается, что после всех проведённых манипуляций обратно в систему нагрева воды для дальнейшего парообразования возвращается порядка 4 м³ воды из основного бака-аккумулятора, с температурой около 45 °С.

Так же необходимо учесть, что после прохождения паром конденсатора, обратно в систему питательным насосом будет вводиться конденсат. Точные характеристики конденсата сказать нельзя, так как они зависят от условий использования установки, можно лишь предположить приблизительные [23]. Температура его невысока, порядка 40 °С, объёмом порядка 3 м³, так как на парообразование одного автоклава идём около 16 м³ воды за 12 часов пропарки, следовательно, на один час пропарки идёт 1,3 м³ воды. В итоге пар сбрасывается 2 часа, следовательно получаем цифру в 3 м³.

					13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

6 ИТОГОВАЯ СХЕМА

В связи со всем вышесказанным общий вид электрической схемы будет иметь такой вид (см. Приложение Д, Рисунок 17П).

На рисунке представлена электрическая схема на базе центростремительной влажно-паровой турбины. С помощью паропровода сбросная труба соединена с паровой турбиной 1. Паровая турбина с помощью муфты (на рисунке не обозначена) соединена с электрическим генератором 2. Паровой частью герметичный конденсатор 6 входит в состав паровой турбины. Герметичный конденсатор с помощью трубопровода соединен с питательным насосом 8, который возвращает конденсат обратно в систему паробразования. Так же питательный насос установлен на трубопроводах, которые приносят холодную воду в установку из скважины. Встроенный пучок герметичного конденсатора 6 соединен теплообменником с баком-аккумулятором 3. Бак-аккумулятор 3 так же соединён через теплообменник 7 с другим баком-аккумулятором 5 для горячего водоснабжения. Входы в систему отопления и на горячее водоснабжение оборудованы трёхходовыми клапанами 4.

Рассмотрим принцип работы этой электрической схемы:

Острый пар, появившийся в результате открытия вентиля сброса в автоклаве, поступает в паровую турбину 1, где он теряет свою энергию и приводит во вращение ротор (на рисунке не обозначен) паровой турбины 1. Ротор (на рисунке не обозначен) паровой турбины 1 вращает электрический генератор 2, который производит электрическую энергию. Отработанный в паровой турбине пар направляется в герметичный конденсатор 6, где он конденсируется за счет отвода теплоты в бак-аккумулятор 3 посредством трубопровода системы охлаждения герметичного конденсатора 6. Сконденсировавшийся пар, уже в виде воды, посредством питательного насоса 8 направляется в систему нагрева воды для дальнейшего парообразования. Теплота, отведенная от сконденсировавшегося в герметичном конденсаторе 6

					13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

пара, поступает и накапливается в баке-аккумуляторе 3 для системы отопления. Наполняется водой этот бак посредством питательного насоса 8 из скважины и уже нагретая вода циркулирует по контуру системы отопления. Регулировка температуры входа в систему отопления осуществляется с помощью трёхходового клапана. С баком-аккумулятором 3 так же связан ещё один контур теплообменника 7. В нём холодная вода из скважины нагревается и остаётся в баке-аккумуляторе 5, который предназначен для горячего водоснабжения предприятия. Вход на горячее водоснабжение так же оснащён трёхходовым клапаном для регулировки температуры воды. После того, как цикл работы будет закончен, нагретая вода из бака 3 отводится питательным насосом 8 обратно в систему нагрева воды для дальнейшего парообразования.

					13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

7 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ

Чтобы сделать технико-экономический расчёт и просчитать экономическую эффективность, которую получает предприятие от предложенной установки, необходимо рассчитать:

- стоимость установки;
- пользу установки в денежном эквиваленте;
- окупаемость.

Итоговая стоимость установки складывается из стоимости всех составляющих, которые входят в систему [3]. В Таблице 13 приведены примерные цены на все устройства.

Таблица 13 – Итоговая стоимость установки

Наименование	Стоимость, руб.
Турбина Ютрон Р-0.05-1.3/0.2	2 400 000
БАГВ 4 м ³	330 000
БАГВ 1 м ³	71 000
Теплообменник 600 ТНГ-1,6-О/25Г-3-2-У	150 000
Клапан регулирующий Danfoss VZL 3; Ду 15; Kvs 0,4	10 000
Клапан регулирующий Danfoss VZL 3; Ду 15; Kvs 0,25	10 000
Итого – 2 971 000 рублей	

Чтобы рассчитать пользу установки в денежном эквиваленте необходимо рассчитать, какую экономическую эффективность она приносит производству.

На предприятии вода подогревается в котельной, которая работает на подведённом газовом оборудовании. По полученным данным, завод тратит в месяц на нагрев воды для автоклавов 300 000 м³ газа, платя при этом 5 руб. за 1 м³.

Разработанная установка экономит расход энергии в трёх направлениях:

- возврат конденсата в систему нагрева воды для дальнейшего парообразования в размере 7 м³ с температурой около 43 °С;
- обеспечение горячей водой здание заводоуправления;
- обеспечение теплоносителем отопительной системы заводоуправления.

Рассчитаем сэкономленную сумму по каждому пункту.

Благодаря установке идёт возврат в систему 7 м³ конденсата с температурой около 43 °С с одного цикла сброса пара в автоклаве. Чтобы согреть такое же количество воды до указанной температуры, но покупаемым газом, необходимо провести похожий расчёт, что и в п.3.2 В формуле 5.

В котёл поступает подготовленная вода со скважины с температурой порядка 10 °С. Следовательно:

$$(43-10) \cdot 0,001 \cdot 7 = 0,231 \text{ Гкал} \quad (29)$$

Именно такое количество энергии необходимо потратить для подогрева указанного количества воды до 43 °С.

Калорийность поступающего газа на производство – 0,0076 Гкал/м³.

Следовательно, чтобы получить необходимое количество энергии, нужно потратить 31 м³ газа (0,231/0,0076). Стоимость такого количества газа будет составлять 155 рублей (31·5). Получается, что с одного цикла сброса пара в автоклаве в предприятие экономит 155 рублей бюджета. В один день таких сбросов возможно до 2-х. В связи с этим годовая экономия использования данной установки по пункту возврата конденсата обратно в систему нагрева воды для парообразования составит:

$$155 \cdot 2 \cdot 30 \cdot 12 = 111\,600 \text{ рублей}$$

На отопление заводоуправления, площадью 444 м², предприятие по тарифу платит 43 руб/ м². Итоговая сумма в месяц в отопительный период выходит 19 092 рубля (444·43).

					13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

Разработанная установка может полностью обеспечить теплоносителем отопительную систему заводоуправления на 8 месяцев отопительного периода (октябрь-май), экономя при этом 152 736 рублей.

Исходя из среднечасового расхода и суточного потребления, рассчитанного ранее (0,15 м³/ч расход и 1 м³ запас на сутки), можно сделать вывод, что в месяц потребляется порядка 30 м³ горячей воды. По тарифу стоимость горячей воды на 1 м³ составляет 55 рублей. Следовательно, в месяц выходит сумма в 1 650 рублей (55·30). Установка так же может полностью обеспечить здание заводоуправления горячей водой, поэтому годовая экономия по этому пункту составит 19 800 рублей.

Годовая экономия по всем представленным пунктам составит:

$$111\ 600 + 152\ 736 + 19\ 800 = 284\ 136 \text{ рублей}$$

В следствии чего срок окупаемости капиталовложений в установку составит, по формуле 30:

$$\frac{2971000}{284136} = 10,3 \approx 10 \text{ лет} \quad (30)$$

Так же хочу отметить, что данная экономическая эффективность была рассчитана на тот технологический минимум, который рассмотрен в дипломной работе. При стабильных рабочих сменах автоклавов срок окупаемости может быть сокращён в 2-3 раза.

					13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе были поставлены конкретные цели и задачи – рациональное использование тепловой энергии, полученной от сбросного пара и разработка установки, которая будет снимать сбрасываемую тепловую энергию и распределять её на нужды предприятия. Исходя из проделанной работы можно заключить, что с поставленными целью и задачей разработанная установка справляется вполне успешно.

Но подходя к оценке и составлению неких заключений по потенциальному проекту, представленному в данной выпускной квалификационной работе необходимо принимать во внимание целый ряд соображений. Является ли применение разработанной установки самоцелью? Нет, лишь преследует определенные практические цели в конкретных условиях. Будь то организация автономного тепло- и холодоснабжения и горячего водоснабжения, либо достройка существующей системы, либо использование сбросного тепла энергетических или производственных процессов, и так далее.

Ведь в работе, для удобства расчётов, а так же в связи с таким углублением в технологию производства, которое мне предоставили, было сделано ограничение – использовать сбросную энергию с одного цикла автоклава. Но в процессе создания установки, более глубокого ознакомления с представленной технологией, погружения в производство стало понятно, что поставленное ограничение соответствует технологическому минимуму, которого старается придерживаться предприятия в кризисные дни. В среднем за сутки цифры могут получиться в 2-4 раза больше. Но и расчёты соответственно на такой порядок и усложняются. Например при полной загрузке производства за день возможно, как уже говорилось выше, до 4-х циклов сброса пара из автоклава. От этого фактора зависят все остальные аспекты производства – количество человек на смене, работа котельной, всей линии в целом. Бывают дни после ремонта производства, в которые предприятие держится технологического

					13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

минимума, описанного в дипломной работе. Так же необходимо забывать о днях простоя предприятия в связи с перебоями в поставках или ремонтом.

Беря в учёт всё вышесказанное и подведя итог можно сказать, что работа в этом направлении достаточно перспективная, с учётом полученных значений на минимальных характеристиках. И поэтому, в дальнейшем, планируется сотрудничество с данным предприятием для получения более широких технологических аспектов производства, составления максимально точных характеристик исследуемого вида энергии с широким разбросом во временном диапазоне и разработка наиболее универсальной установки, которая будет эффективна при любой загрузке предприятия.

					13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бак-аккумулятор. Каталоги. – <https://tiu.ru/p278393259-bak-akkumulyator-bar.html>
2. Бастрон А.В., Бастрон Т.Н., Кунгс Я.А. и др. Проектирование инженерных систем жилых домов: Учебное пособие. – Красноярск: Красноярский Государственный Аграрный Университет, 2004. – 132 с.
3. Бондаренко, Е. В. Основы проектирования и эксплуатации технологического оборудования / Е.В. Бондаренко, Р.С. Фаскиев. - М.: Академия, 2011. - 304 с.
4. Булатов, И. С. Пинч-технология. Энергосбережение в промышленности / И.С. Булатов. - М.: Страта, 2012. - 148 с.
5. Влажно-паровая микротурбинная установка . – https://don-tech.ru/zavershenie_nir_okr/razrabotka-vlazhno-parovoj-mikroturbinnoj-ustanovki-dlya-sistem-maloz-raspredelennoj-energetiki.html
6. Водяников В.Т.. Экономическая оценка энергетики АПК: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М.: ИКФ «ЭКМОС», 2002. – 304 с.
7. Внутренние санитарно – технические устройства. В 3 ч. Ч. 1. Отопление / В. Н. Богословский, Б. А. Крупнов, А. Н. Сканами и др.; под ред. И. Г. Староверова и Ю. И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1990. – 344с.
8. Внутренние санитарно – технические устройства. В 3 ч. Ч. 2. Водопровод и канализация / Ю. Н. Саргин, Л. И. Друскин, И. Б. Покровская и др.; под ред. И. Г. Староверова и Ю. И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1990. – 247 с. В. В. Покотилов, Пособие по расчету систем отопления
9. ГОСТ 31359-2007 "Бетоны ячеистые автоклавного твердения. Технические условия"

					13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

25. СН и П 23 – 02 – 2003. Тепловая защита здания. – М.: Госстрой России, 2003. – 27 с.
26. СН и П 2.08.01 – 89. Жилые здания. – М.: Стройиздат, 1989. – 28 с.
27. СП 31-110-2003 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий, - М.: Госстрой России ФГУП ЦПП, 2004. – 138 с.
28. СН и П 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование. – М.: Госстрой России, 2004. – 56 с.
29. Таблицы насыщенного пара. – https://nomitech.ru/articles-and-blog/tablitsa_nasyshchennogo_para/
30. Тепловое загрязнение. Актуальная информация данных. – <https://bezotxodov.ru/zagrjaznenenija/teplovoe-zagrjaznenie>
31. Трёхходовой термостатический клапан. – <https://www.akvahit.ru/product/klapan-reguliruyushchiy-vzl-3/>
32. Турбина. – <https://poleznayamodel.ru/model/13/134239.html>
33. Федоренко, Б. Н. Пивоваренная инженерия. Технологическое оборудование отрасли / Б.Н. Федоренко. - М.: Профессия, 2016. – 486 с.

					13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР	Лист
						56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А



Рисунок 1П – Труба для сброса пара

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР

Лист

57

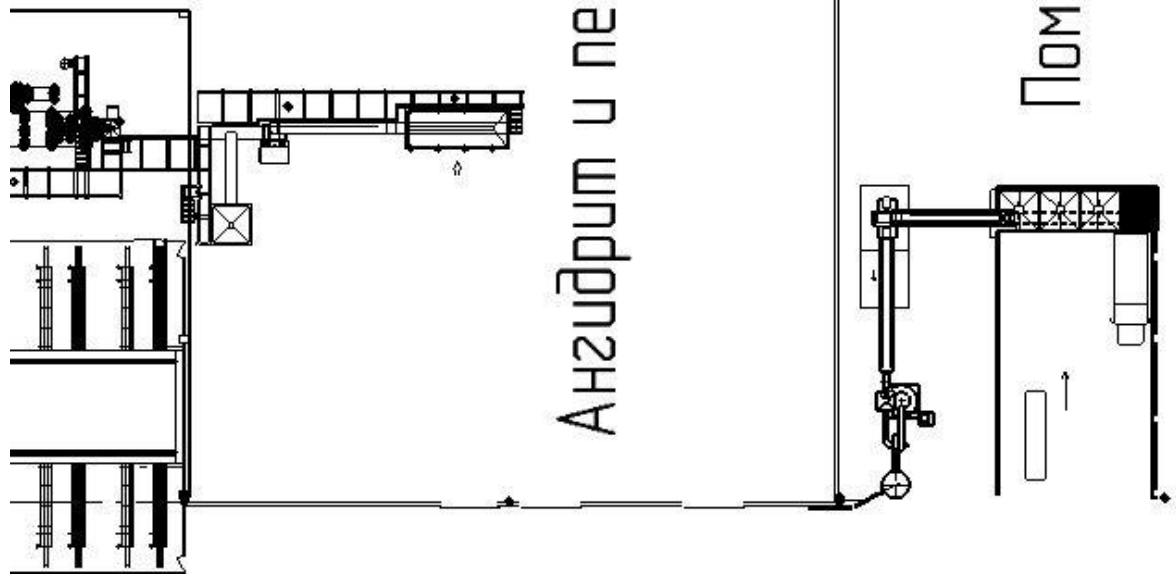


Рисунок 2П – Автоклавы

					13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

Рисунок 3П1 – Общий план

Продолжение см. Рисунок 3П2



Склад готовой продукции

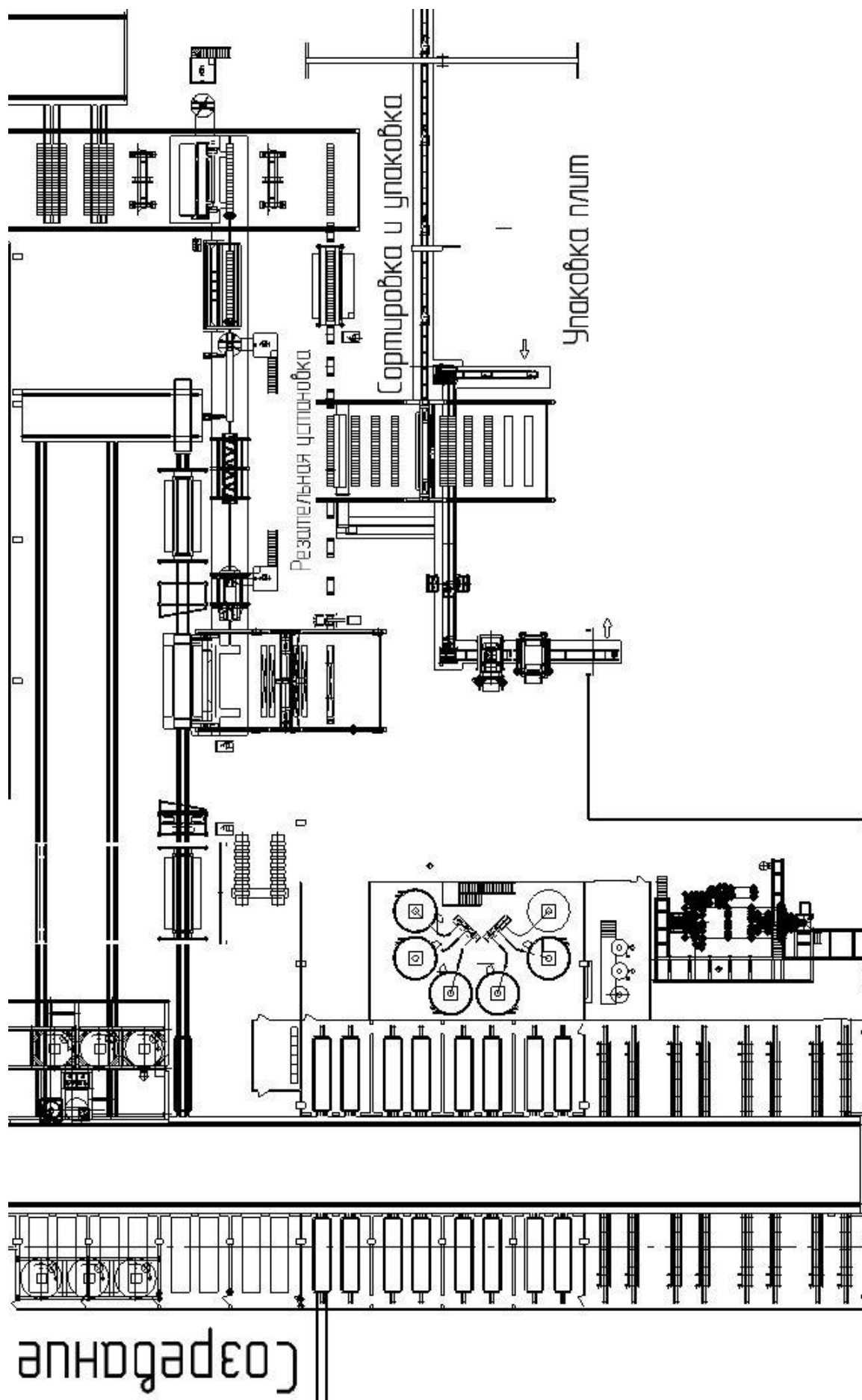
Ангидрит и песок

Помол известки

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР

Рисунок 3П2 – Общий план



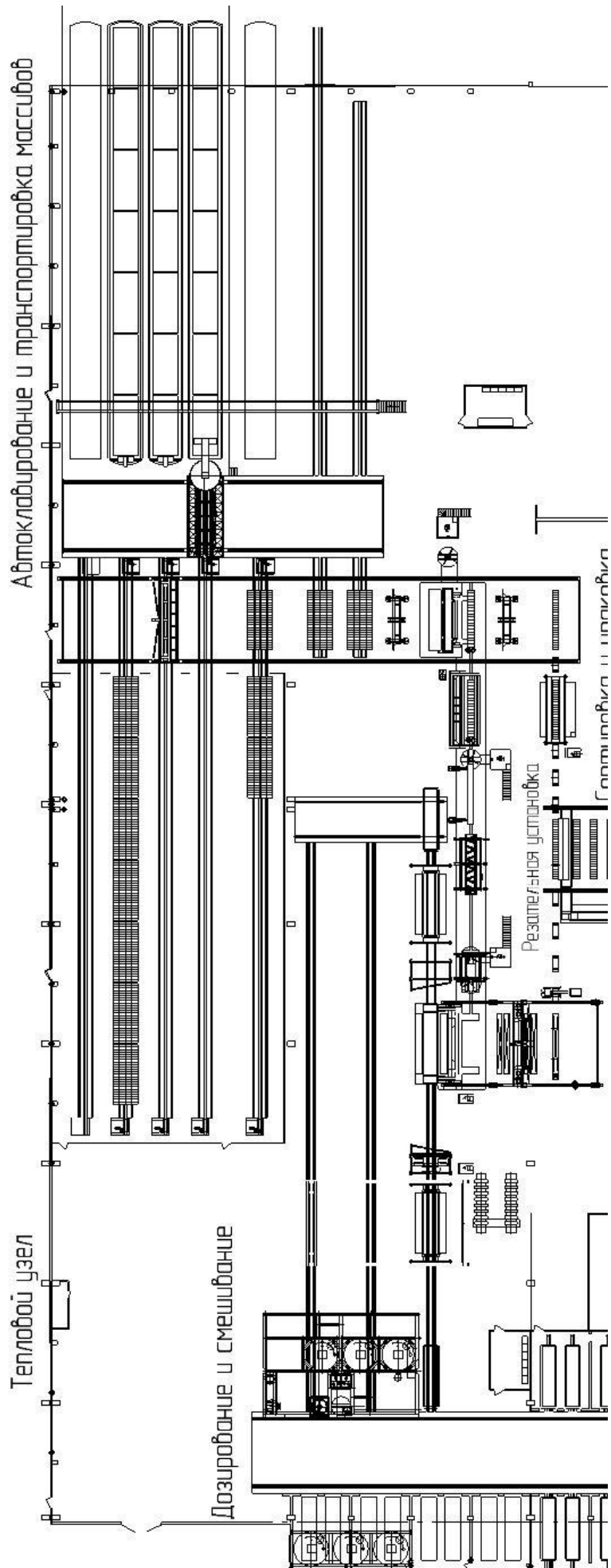
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР

Лист

60

Рисунок 3ПЗ – Общий план



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР

Лист

61

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

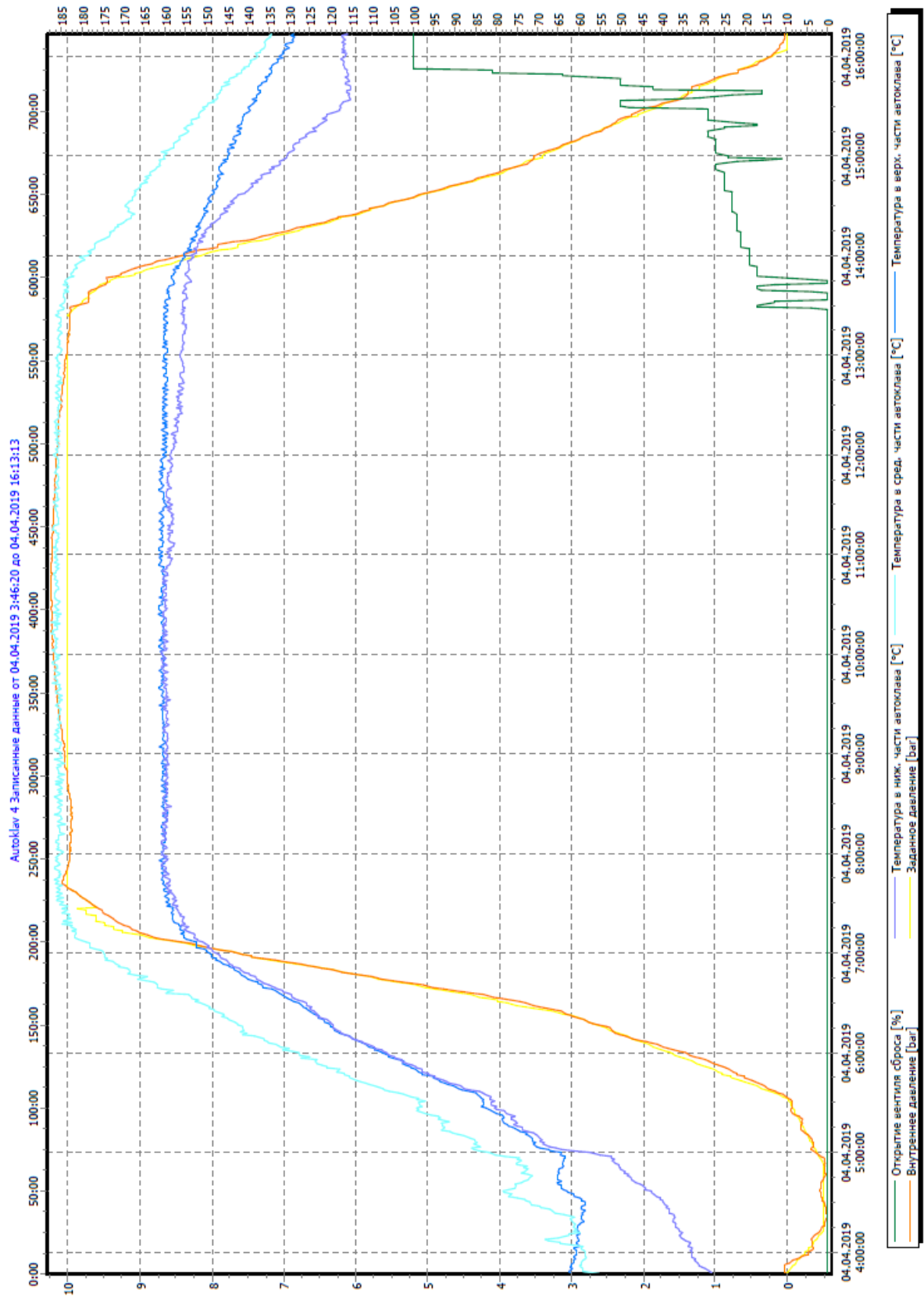


Рисунок 4П – График работы автоклава

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР

Лист

62

ПРИЛОЖЕНИЕ В

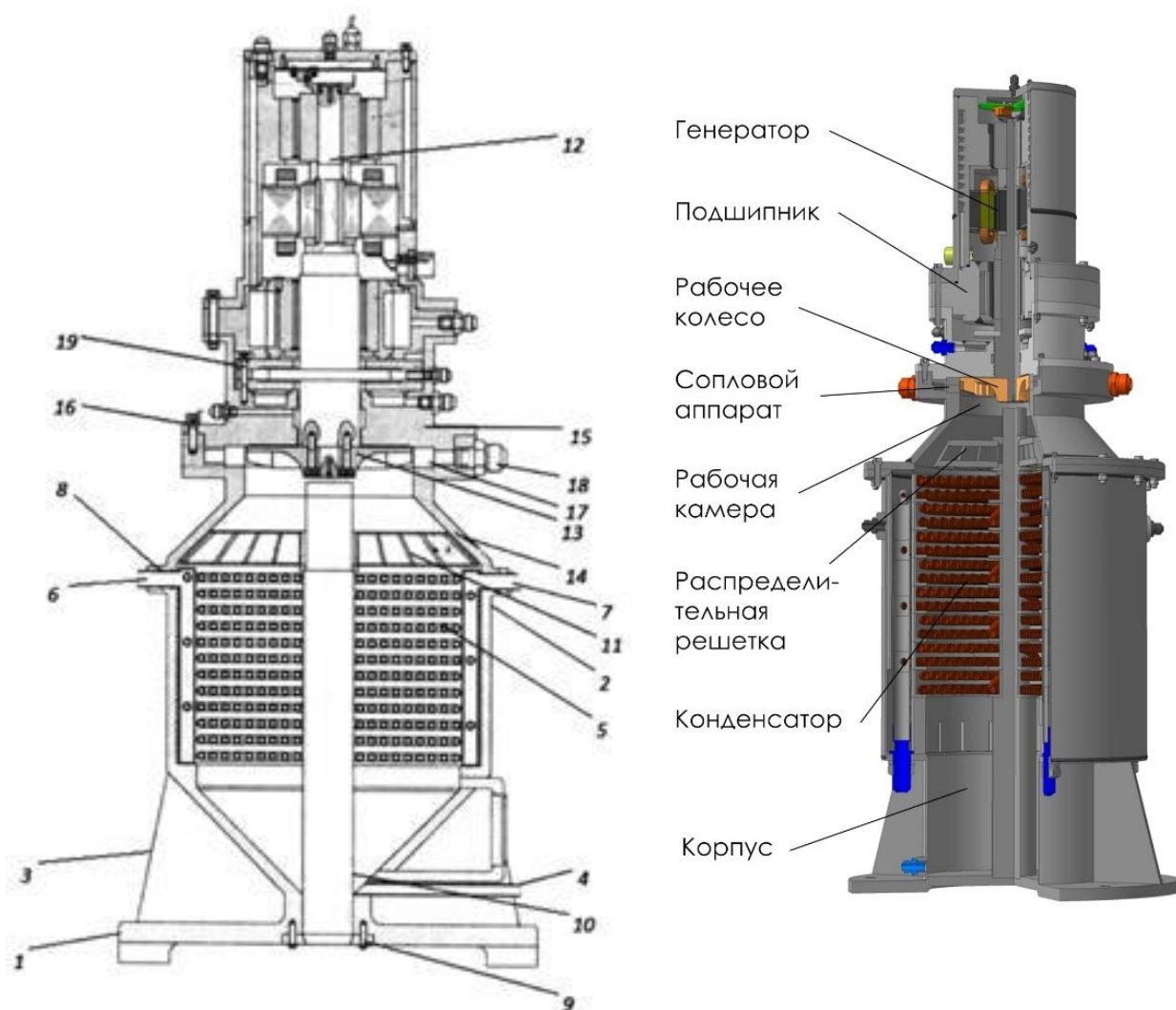


Рисунок 5П – Строение турбины

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР

Лист

63



Рисунок 7П – Внешний вид турбины

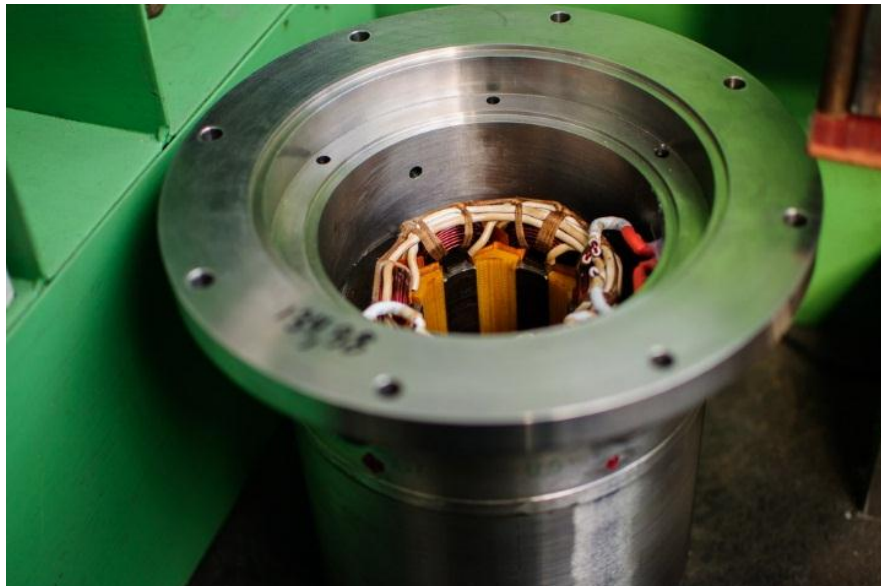


Рисунок 8П – Генератор турбины

					13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64



Рисунок 9П – Конденсатор турбины



Рисунок 10П – Внешний вид БАГВ

					13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

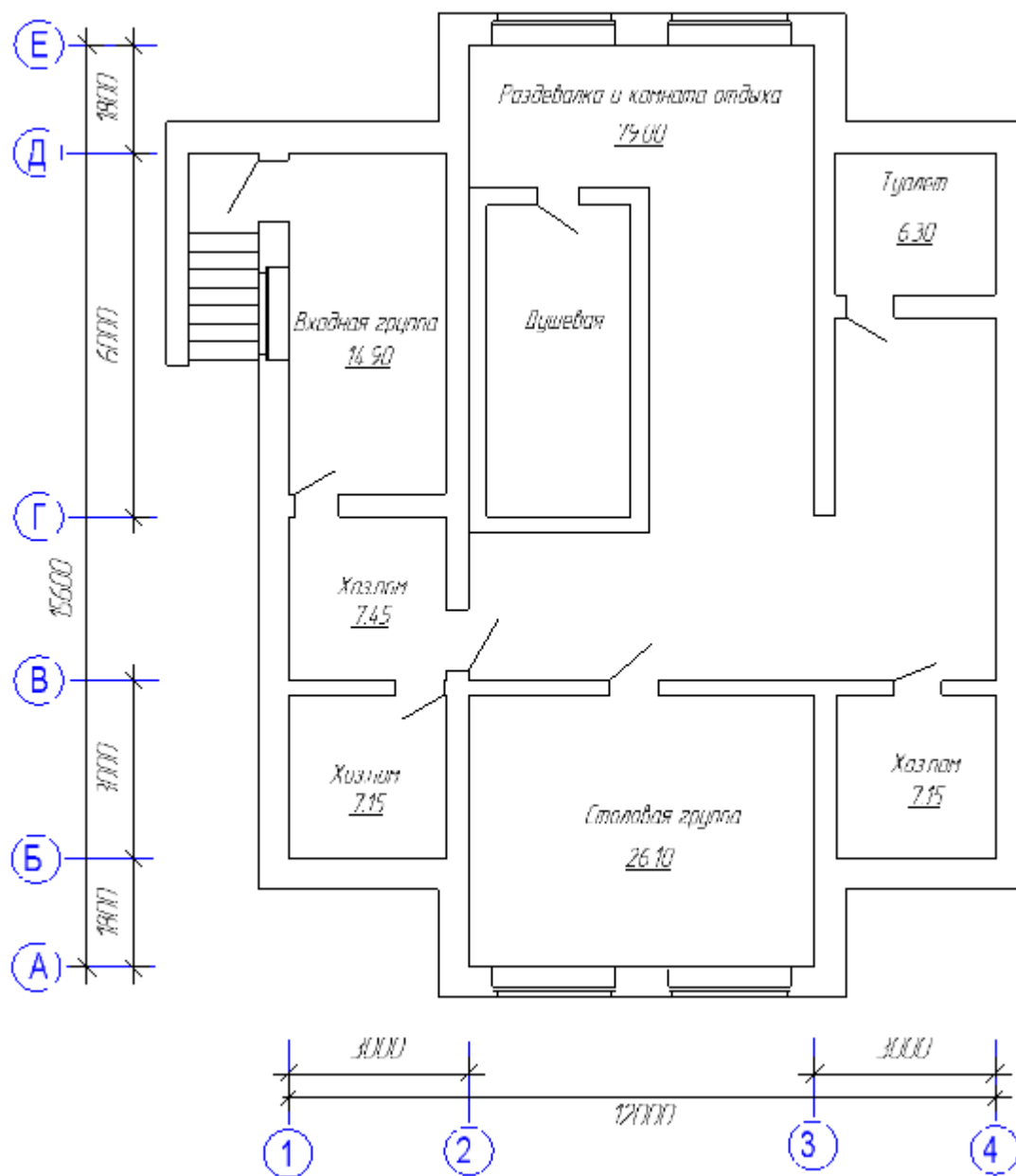


Рисунок 11П – Планировка первого этажа здания

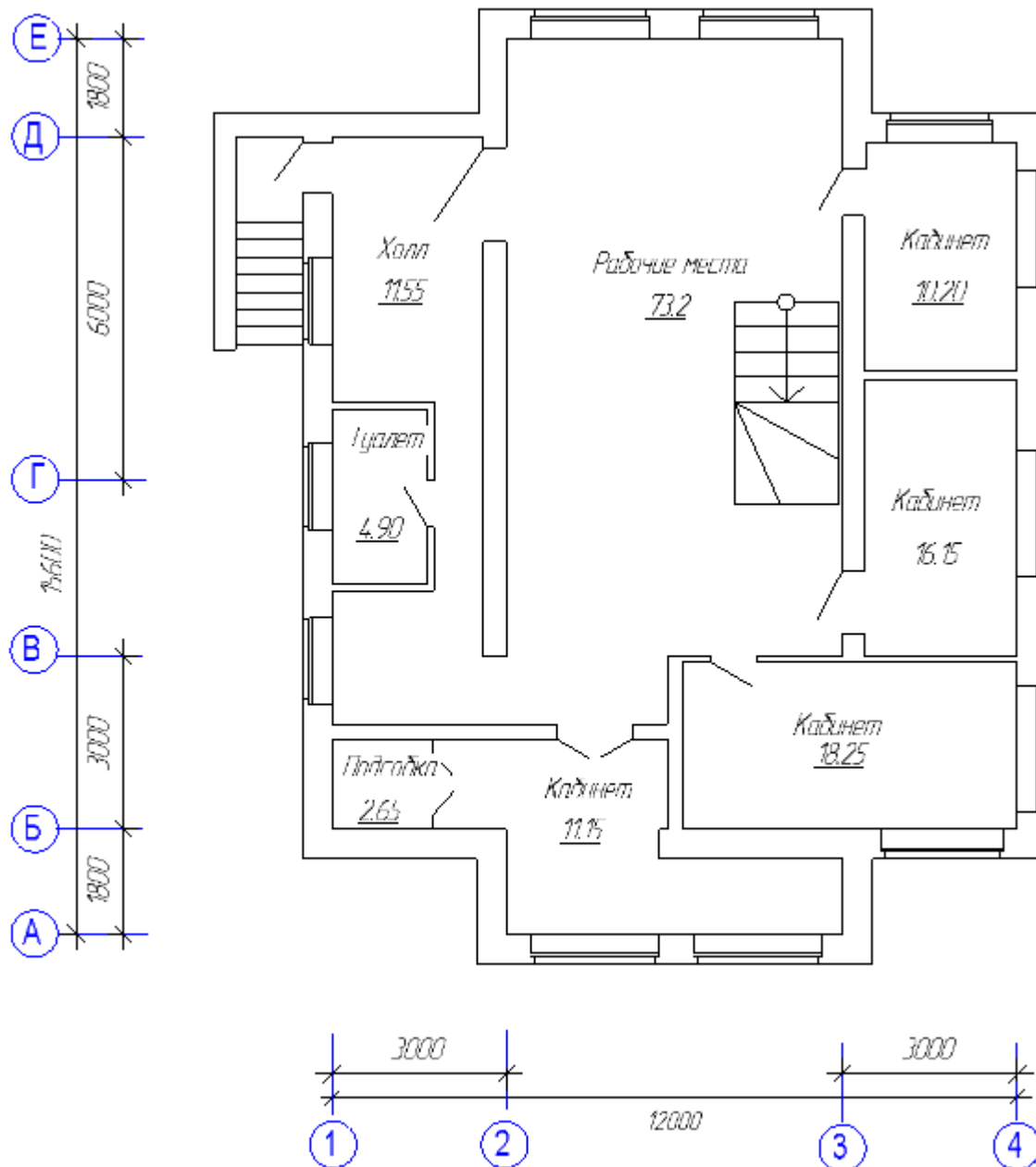


Рисунок 12П – Планировка второго этажа здания

					13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

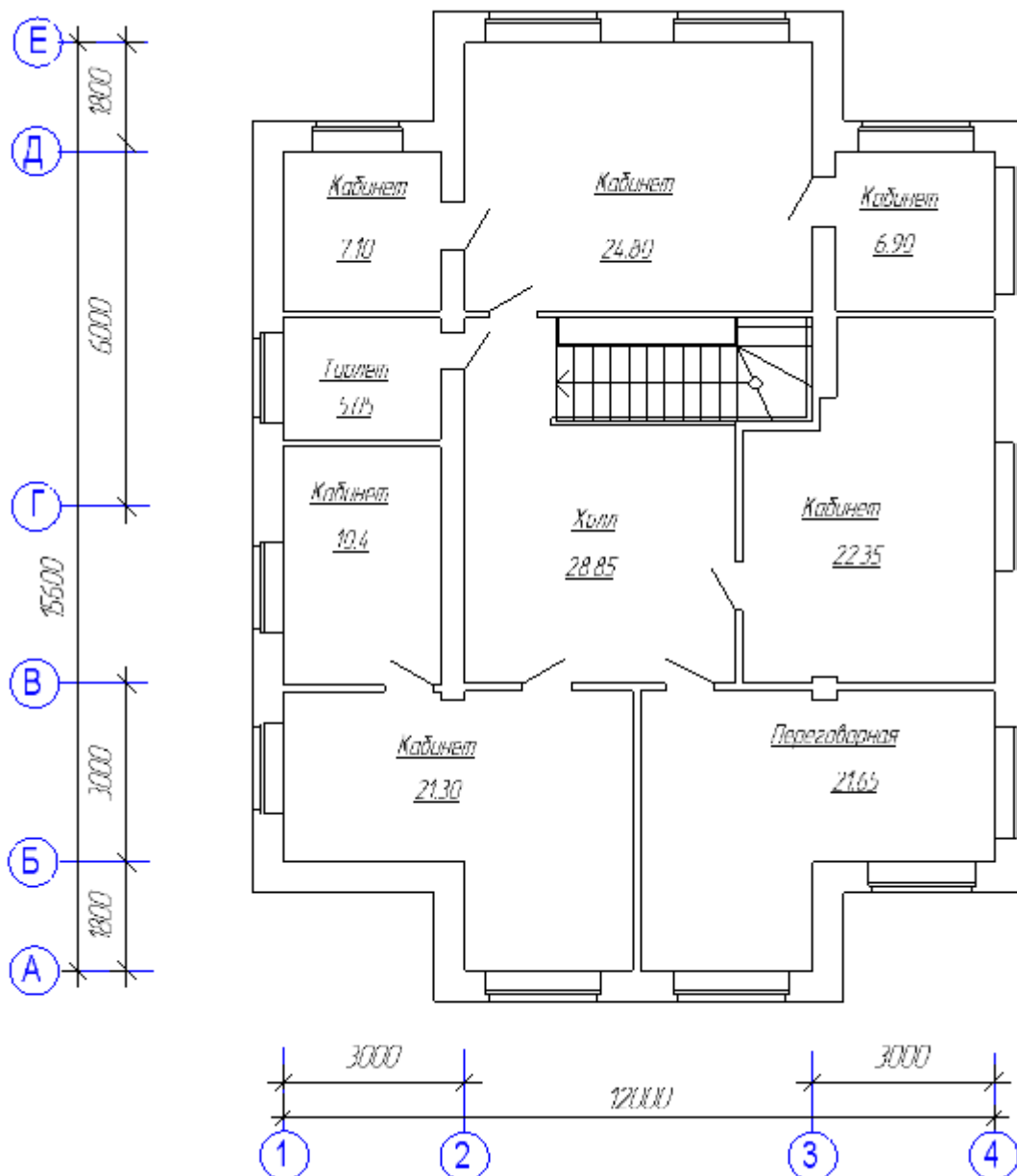


Рисунок 13П – Планировка третьего этажа здания

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР

Лист

68

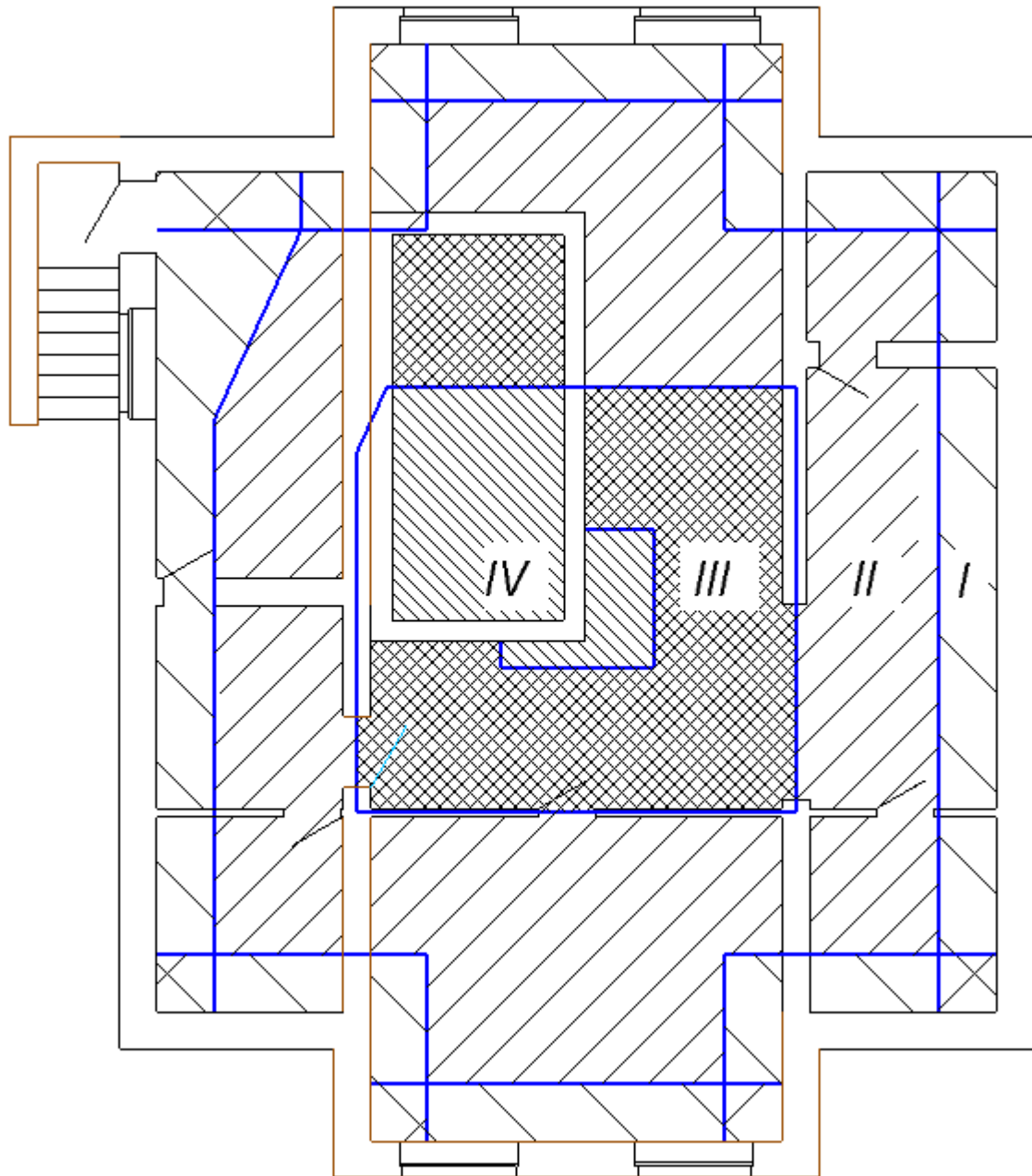


Рисунок 14П – Разбивка по зонам первого этажа здания

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР

Лист

69

ПРИЛОЖЕНИЕ Д



Рисунок 15П – Трёхходовой клапан



Рисунок 16П – Теплообменник

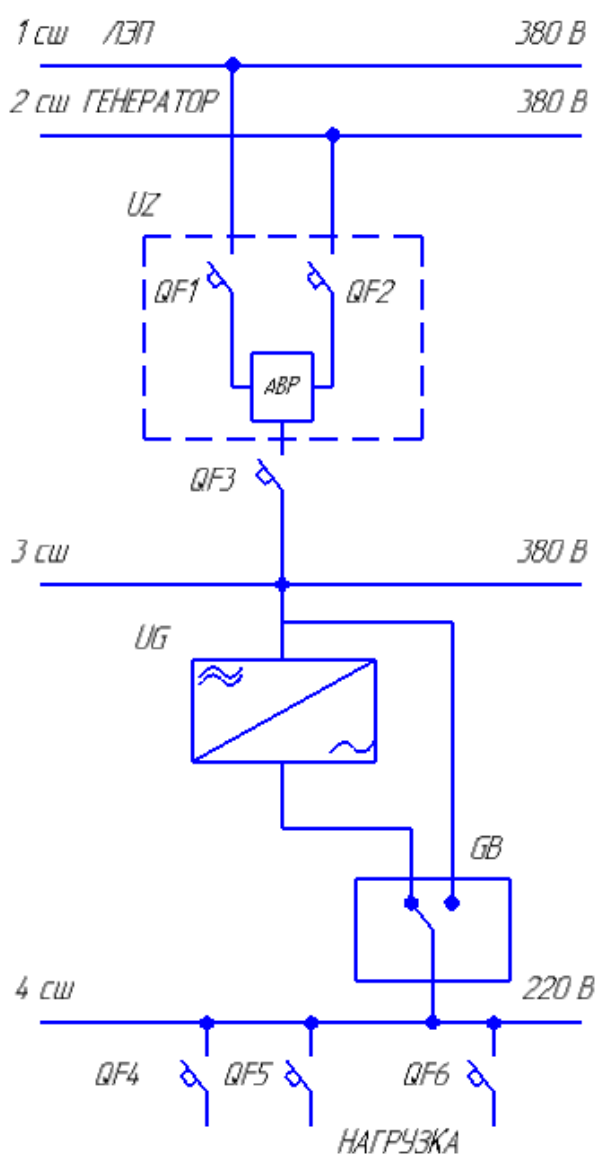
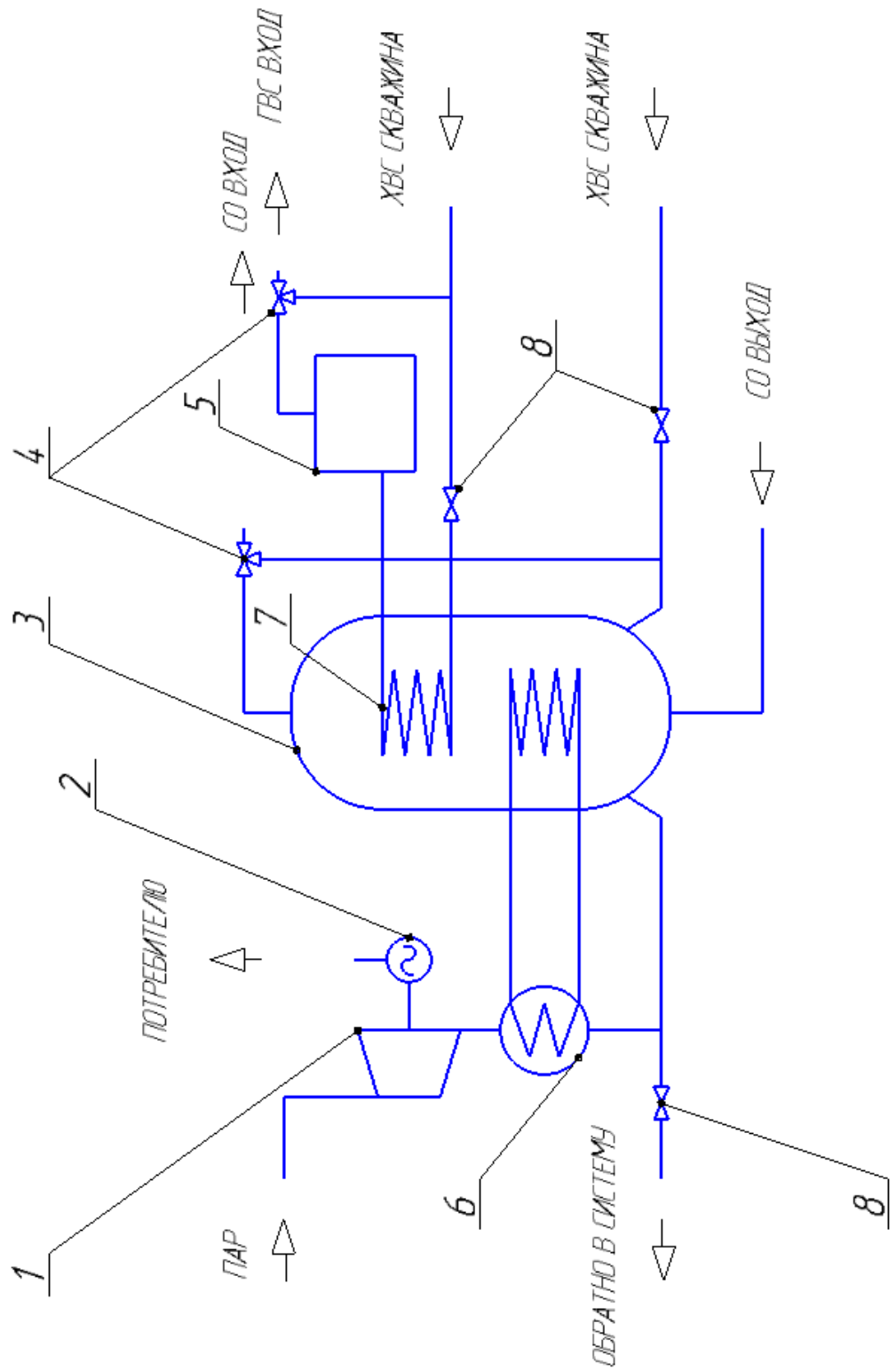


Рисунок 17П – Электрическая схема

Название	Обозначение
UZ	Система автоматизации с АВР
QF	Автоматы
UG	Инвертор
GB	АКБ с байпасом
шв	Система шин

Рисунок 18П – Итоговая схема установки



№ поз.	Название
1	Турбина
2	Генератор
3	Бак-аккумулятор
4	Трёхходовой клапан
5	Бак-аккумулятор
6	Конденсаттар
7	Теплообменник
8	Поплавковый насос

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

13.03.02.2019.196.00.00 ПЗ ВКР

Лист

71