

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте

Факультет техники и технологии

Кафедра электрооборудования и автоматизации производственных процессов

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

_____ Ю.С. Сергеев

«_____» _____ 2021 г.

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПАРОГЕНЕРАТОРА ПВГ-1000

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 13.03.02.2021.404.00.00 ПЗ ВКР

Консультанты

Безопасность жизнедеятельности
доцент

_____ С.Н. Трофимова
«_____» _____ 2021 г.

Экономическая часть
доцент

_____ В.М. Сандалов
«_____» _____ 2021 г.

Руководитель работы
доцент

_____ В.М. Сандалов
«_____» _____ 2021 г.

Автор работы
студент группы ФТТ – 403

_____ И.А. Ковригин
«_____» _____ 2021 г.

Нормоконтролёр
ст. преподаватель

_____ О.В. Терентьев
«_____» _____ 2021 г.

Златоуст 2021

АННОТАЦИЯ

Ковригин И. А. Разработка электрооборудования парогенератора ПВГ-1000. – Златоуст: филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте, кафедра ЭАПП; 2021 г., 60 с., 9 ил., библиогр. список – 47 наим, 1 прил., 8 листов чертежей ф. А1.

В выпускной квалификационной работе представлены расчёт и выбор электрооборудования для вновь создаваемого на ООО "ЗЗБО" парового котла промышленного назначения ПВГ-1000, предусматривающие применение микропроцессорной станции управления двухступенчатой дизельной горелкой и двумя питательными насосами – основным и резервным.

Для выбора электрооборудования и системы управления проведён анализ существующих технологий и решений в производстве паровых котлов, составлен алгоритм работы, разработана и реализована математическая модель.

Ожидаемый экономический эффект разработки составил 411417 руб., с одного парового котла собственного производства.

В разделе безопасность жизнедеятельности рассмотрены вопросы по охране труда, экологической безопасности и гражданской обороне.

Полученные, в ходе выполнения выпускной квалификационной работы, результаты будут учтены специалистами предприятия ООО «ЗЗБО» при производстве паровых котлов.

13.03.02.2021.404.00.00 ПЗ

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.	Ковригин				Разработка электрооборудования парогенератора ПВГ-1000 Пояснительная записка	Литера	Лист	Листов
Пров.	Сандалов					Д	4	60
Т. контр.	Сергеев					Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте Кафедра ЭАПП		
Н. контр.	Терентьев							
Утв.	Сергеев							

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ.....	7
1.1 Горелка дизельная	8
1.2 Насос питательный.....	11
1.3 Комплектующие АСУ ТП и КИПиА.....	12
2 КОТЁЛ ПАРОВОЙ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	15
3 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ	19
4 СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ ПАРОВОГО КОТЛА.....	22
4.1 Регулирование работы двухступенчатой горелки	22
4.2 Регулирование работы питательных насосов	23
4.3 Регулирование процессов горения и питания прямоточных котлов ...	23
4.4 Алгоритм работы парового котла.....	25
5 ВЫБОР ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ.....	28
5.1 Выбор дизельной горелки.....	28
5.2 Выбор питательного насоса	30
5.3 Выбор устройства управления.....	32
5.4 Выбор датчиков давления, расхода, температуры.....	36
6 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ	41
7 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА.....	44
8 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	46
8.1 Краткое описание предприятия	46
8.2 Анализ производственных и экологических опасностей	46
8.3 Выбор нормативных значений факторов рабочей среды и трудового процесса	47
8.4 Охрана труда.....	48
8.5 Производственная санитария.....	50
8.6 Эргономика и производственная эстетика	51
8.7 Противопожарная и взрывобезопасность	51
8.8 Экологическая безопасность.....	52
8.9 Обеспечение безопасности при угрозе чрезвычайных ситуаций	54
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	56
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	57
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Реализация работы парового котла в программе динамического моделирования	60

ВВЕДЕНИЕ

ООО "Златоустовский Завод Бетоносмесительного Оборудования" занимается проектированием и производством бетонных заводов летнего и зимнего исполнения, асфальтобетонных заводов, материалов и комплектующих, в том числе модулей утепления бетонных заводов и тепловых центров.

Предприятие выпускает широкую линейку оборудования для производства строительного материала и представляет более двухсот единиц данного оборудования: бетонные заводы, вибропрессы и виброформы, силосы для хранения цемента, дозирующие комплексы, бетоносмесители, ленточные и шнековые конвейеры, дозаторы, паровые котлы и т.д.

ООО "ЗЗБО" является лидером за период 2013-2021 гг. по количеству установленных бетонных заводов на территории Российской Федерации и остается на первой позиции по сегодняшний день, ведь количество реализованных заводов с каждым годом растет и не опускается ниже отметки в сто двадцать штук в год, а география поставок за пределы РФ насчитывает восемнадцать государств [1].

Появление новых технологий, создание высокопрочных термостойких материалов и перевод оборудования на современную элементную базу, позволило расширить и упростить безопасное применение перегретого водяного пара в строительстве. Многие сезонные работы стали круглогодичными. Например, использование небольших транспортабельных парогенерирующих установок, для прогрева стройматериалов и обогрева строительных площадок, ускорило сроки возведения и сдачи различных объектов недвижимости и прокладки коммуникаций.

Для бесперебойной работы в зимнее время бетонные заводы оснащаются паровыми котлами как собственного производства ООО "ЗЗБО", так и закупаемыми у сторонних поставщиков. Для снижения затрат на покупку комплектующих и, как следствие, конечной стоимости поставляемых на рынок бетонных заводов, возникла необходимость в создании собственного дизельного парового котла, производительностью пара - 1000кг/ч и давлением до 1,0МПа, оснащённого соответствующим электрооборудованием связанным единой системой управления.

Разработка и настройка системы управления является сложной технической задачей, предусматривающей математическое моделирование режимов работы с учётом технических характеристик используемого оборудования.

Целью выпускной квалификационной работы является обеспечение производительности парового котла в соответствии с исходными данными.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- рассчитать и выбрать электрооборудование;
- создать и настроить систему управления;
- провести анализ экономической эффективности работы;
- рассмотреть вопросы безопасности жизнедеятельности.

Объект работы: котёл паровой промышленного назначения ПВГ-1000.

Предмет работы: электрооборудование парового котла ПВГ-1000.

					13.03.02.2021.404.00.00 ПЗ	Лист
Из	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		6

1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

В условиях рыночной конкуренции значительно возросли требования, предъявляемые к котловому оборудованию. Надежные паровые котлы создаются с применением современных материалов, новых технологических и конструктивных решений, направленных на улучшение технических, эксплуатационных и эстетических характеристик. Возникла также необходимость параллельного внедрения энергосберегающих технологий.

Технологии используемые отечественными производителями промышленных паровых котлов низкого и среднего давления, практически идентичны современным зарубежным. Используются однотипные конструкции и производственные технологии, оборудование строится на одинаковой элементной базе, со схожим принципом действия. Например, не будет никакой разницы в производительности или в потреблении топлива между котлом отечественного или зарубежного производителя если установлены одинаковые горелки "Baltur", один и тот же насос "Calpeda" и контроллер "Siemens" или аналогичные им. Даже по уровню послепродажного сервиса многие отечественные поставщики не уступают зарубежным.

Единственная позиция в которой некоторые отечественные производители имеют преимущество при одинаковой производительности котлов, это более низкая цена, достигаемая не только за счёт ввозных пошлин, т.к. многие зарубежные фирмы имеют своё производство в России, но и сознательного использования более дешёвых комплектующих и материалов, меньшими требованиями к точности изготовлению отдельных деталей и качеству производства в целом. Обратной стороной медали является сниженная производительность, сокращённый срок службы и частый ремонт, например трудоёмкая замена дорогостоящего змеевика или барабана.

Технические характеристики и цены паровых котлов промышленного назначения с дизельной горелкой четырёх российских и, для сравнения, известного итальянского производителей [34 - 38], приведены в таблице 1.1

Таблица 1.1 – Технические характеристики и цены паровых котлов

Наименование парового котла	Произв-ть пара, D_{max} , кг/ч.	Давление пара, p_{max} , МПа.	Темп-ра пара, $t_{п}$, С°.	Расход топлива, $B_{д}$, кг/ч.	Срок эксп-ции, лет.	КПД, η , %.	Цена, т. руб.
Vapotherm-1000-8	1000	0,8	171	68	20	90	1329
П 1.0 0.9 лж	1000	0,9	170	69	10	90	1352
ПАР 1,0-0,9	1000	0,8	170	-	-	92	1390
ПГ-1000ж	1000	1,0	180	62	-	91	1509
ICI SIXEN 1000	1000	1,2	191	63	20	90	2772

1.1 Горелка дизельная

Горелка — устройство для смешения воздуха (кислорода) с газообразным, дизельным или комбинированным топливом с целью подачи смеси к выходному отверстию и сжигания ее с образованием устойчивого фронта горения — факела.

Горелочные устройства современных котельных агрегатов низкого и среднего давления можно классифицировать по виду используемого топлива (газообразное, жидкое), способу образования топливно-воздушной смеси и типу регулирования.

Горелки на газообразном топливе подразделяются на атмосферные и надувные, на жидком - все производители используют наддув воздуха и механическое распыление топлива давлением, опционально с использованием его предварительного подогрева. Надувные горелочные устройства за счет использования дутьевых вентиляторов, являются достаточно автономными устройствами, обеспечивающими стабильный состав топливно-воздушной смеси и устойчивые условия горения. Большинство надувных горелок позволяет работать с «нулевой» точкой в выходном патрубке газового тракта котла, т.е. с незначительным наддувом в топке (25~50 Па). Важным преимуществом таких горелок является возможность организации рециркуляции продуктов сгорания к корню факела, что позволяет достичь целого ряда положительных эффектов:

- создать турбулентный поток топливно-воздушной смеси и уменьшить коэффициент избытка воздуха в топке;
- стабилизировать фронт горения;
- уменьшить процесс сажеобразования и снизить концентрацию оксида углерода в продуктах сгорания;
- добиться подавления процесса образования термических оксидов азота.

Одноступенчатые, по типу регулирования, горелки работают лишь в одном диапазоне мощности в тяжелом для котла режиме с частыми включениями и отключениями.

Двухступенчатые горелки имеют две ступени мощности. Первая ступень обеспечивает 40% мощности, вторая – 100%. Переход с первой ступени на вторую происходит в зависимости от температуры теплоносителя или давления пара.

Плавно-двухступенчатые горелки позволяют осуществлять плавный переход с первой ступени на вторую. Это нечто среднее между двухступенчатой и модулируемой горелкой.

Модулируемые горелки нагревают котёл непрерывно, по мере необходимости повышая или снижая мощность. Диапазон изменения режима горения — от 10% до 100% номинальной мощности. Модулируемые горелки подразделяются на горелки с механической, пневматической и электронной модуляцией. Горелки с электронной модуляцией позволяют обеспечить максимально возможную точность регулирования, поскольку исключаются механические погрешности в работе горелочных устройств.

Сегодня на рынке РФ представлено большое количество производителей дизельных горелок.

					13.03.02.2021.404.00.00 ПЗ	Лист
Из	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		8

Горелки серии М, германской фирмы "Giersch", мощностью - 120~2500 кВт, имеют удлиненную конструкцию и снабжены устройством для оптимального подвода, малошумного нагнетания и обеспечения стабильного давления воздуха. Данная серия оборудована специальным смесительным устройством, которое, в зависимости от мощности и сопротивления теплоустановки, можно перемещать посредством наружной регулировки, что позволяет оптимально согласовывать напор воздуха и качество сгорания топлива, с минимальным содержанием сажи, СО и показателями выброса значительно ниже требований EN267. Вся электрическая часть находится на горелке, в связи с чем исключается длительный по времени электромонтаж с распределительным шкафом. Горелки выполнены с двухступенчатым регулированием мощности. Воздух для сгорания топлива может быть установлен бесступенчато при помощи сервопривода воздушной заслонки для обеих ступеней отдельно. При остановке горелки воздушная заслонка закрывается, дольше оставляя тепло в котле, что экономит энергию и оберегает окружающую среду.

Итальянская "Lamborghini" одна из первых получила сертификат качества своей продукции в соответствии с нормативами ISO 9001.

Дизельные горелки серии ЕСО/2 (118~776,3 кВт) - двухстадийные компактные с низким уровнем шума имеют два сопла, уменьшенный расход топлива при розжиге и два уровня пламени (высокое/низкое), электрический сервоконтроллер расхода воздуха с автоматическим прекращением подачи воздуха с целью энергосбережения и стабилизированное вентилирование, обеспечивающее эффективное горение, начиная с момента розжига.

Горелки серии РG-РG/2 (415,1~558 кВт) имеют два сопла, уменьшенный расход при розжиге и два уровня пламени, гидравлический домкрат со скоростной задвижкой на воздушном клапане, электрический сервоконтроллер воздуха (модель РG 45 и РG 65), навесной лючок для осмотра головки горелки, сопло из нержавеющей стали.

Германская фирма «Koerting Hannover AG» производит горелки с тангенциальным подводом воздуха сжигания и регулирование сечения прохода воздуха со стороны нагнетания. Все горелки имеют сертификат соответствия ГОСТу и разрешение ГОСГОРТЕХНАДЗОРА на применение в России.

Вентиляторная одноступенчатая дизельная горелка серии REG, фирмы "Riello UPS manufacturing" (Италия), имеет корпус из отлитого под давлением алюминия с отверстиями для забора воздуха и подводки гибких топливных шлангов. Головка горелки имеет стойкие к коррозии и воздействию температур завихритель из штампованной нержавеющей стали и насадку из жаростойкой стали. Все электронные, электрические и гидравлические компоненты смонтированы непосредственно на корпусе, что обеспечивает доступ ко всем узлам для быстрого обслуживания и регулировки без снятия горелки с котла. Контроль осуществляется электронной аппаратурой, обеспечивающей запуск и блокировку горелки (в случае отсутствия розжига или погасания пламени). Горелки укомплектованы гибкими топливными шлангами и теплоизоляционной прокладкой.

					13.03.02.2021.404.00.00 ПЗ	Лист
						9
Из	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Все элементы горелки "Weishaupt" (Германия) серии WL5-4 (16,5–570 кВт) собраны в единый блок и занимают минимум места. Горелки имеют легкоснимаемый кожух. Функции горелки контролирует менеджер горения с микропроцессорным управлением W-FM 05, а цифровое регулирование процессом горения обеспечивает коммуникацию с другими системами. Предварительно подогретое топливо образует в форсунке тонкую пленку, одновременно уменьшается его плотность, тем самым сокращается фактический расход топлива, что позволяет обеспечить надежную работу на особенно малых мощностях.

Компания "ECOFLAM" по объему производства горелок занимает второе место в Италии и четвертое в Европе. Диапазон мощностей от 10 до 15000 кВт. Кроме этого выпускаются комбинированные горелки газ/жидкое топливо с ручным или автоматическим переключением. Одним из преимуществ является то что горелки и котлы изготавливаются на одном предприятии и их сочетание выверено до мельчайших деталей.

Турбоциклонные горелки "Kiturami" (Южная Корея) работая с минимальным потреблением топлива, позволяют достичь наивысшей эффективности сжигания за счет аэродинамического циклонного потока в зоне горения и вторичного дожига продуктов сгорания в специальной цилиндрической камере, нагретой до 950°C.

Итальянская компания "Baltur" выпускает горелки мощностью от 17кВт до 10МВт, удовлетворяющие самым различным требованиям. Корпус горелок выполнен из алюминиевого литья, имеется вентилятор специальной конструкции, обеспечивающий надежную работу горелки на котлах повышенного давления в топке. Фланец крепежа, скользящий вдоль сопла, позволяет найти оптимальное положение сопла (тем самым, пламени) в камере сгорания. Сопло с головкой сгорания имеет конструкцию, позволяющую горелке реализовать лучшие параметры сгорания в каждой точке рабочей диаграммы. Электронные устройства управляют циклом работы горелки и контролируют безопасность. Благодаря совершенствованию технологий изготовления, горелки имеют низкий процент вредных выбросов.

Горелки "Olympia" (Южная Корея) хорошо адаптируются к самым распространенным в России котлам и являются самыми недорогими на сегодняшний день среди импортных горелок. Они хорошо зарекомендовали себя при работе в тяжелых условиях севера в Сургуте и Нижневартовске.

Фирма "Saacke" (Германия) сертифицировала для российского рынка модель SKV-A с ротационной форсункой и встроенным вентилятором мощностью 7,0–15,2МВт. В этих горелках воплощен 70-летний опыт фирмы в производстве горелок, использующих ротационный принцип распыления жидкого топлива. Горелки SKV-A предназначены для применения на паровых и водогрейных котлах и способны экономично и экологически чисто сжигать все виды жидкого топлива, в том числе и низкосортные тяжелые мазуты. Помимо упомянутых горелок спросом российских потребителей пользуются также горелки на газе и дизельном топливе типа TEMINOX мощностью 5,4–18,5 МВт. Все горелки имеют сертификат соответствия ГОСТу и разрешение ГОСГОРТЕХНАДЗОРА на применение в России.

					13.03.02.2021.404.00.00 ПЗ	Лист
Из	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		10

Российский производитель ЗАО «Руснит» выпускает высокоэффективные горелки «Руснит-5035» и «Руснит-5135» работающие полностью в автоматическом режиме. При возникновении внештатной ситуации автоматика отключает горелку и перекрывает подачу топлива. Точные регулировки подачи топлива и воздуха, предусмотренные конструкцией горелок, позволяют добиться высокоэффективной и надежной работы, качественного процесса горения, экономии топлива. Конструкция горелок обеспечивает легкий доступ ко всем узлам горелки и удобство обслуживания.

1.2 Насос питательный

Современные мировые тенденции в области разработки насосов и насосного оборудования базируются на следующих технологических принципах:

- высокая энергоэффективность;
- компактность и удобство в работе оборудования;
- автоматизированный контроль и дистанционное управление;
- соблюдение принятых стандартов экологической безопасности;
- простота монтажа и последующего технического обслуживания.

Питательный насос служит для заполнения котла водой взамен количества, ушедшего на выработку пара. От его надежности зависит работоспособность котла, без подачи воды произойдет его перегрев и выход из строя. Поэтому требованиями Котлонадзора предписана обязательная установка не менее двух питательных агрегатов. Существуют также требования по минимальной производительности устройств, каждый должен обеспечивать 150% нагрузку, то есть работать с существенным запасом.

Использование насосов в качестве питательных является одним из наиболее сложных применений насосного оборудования. Множество быстро изменяющихся параметров во время работы насоса (температура, давление, кавитационный запас и т. д.) усложняют его подбор. Влияние на срок службы насоса оказывают и внешние условия: компенсация температурных напряжений трубопроводов, чистота, химическая обработка перекачиваемой воды и частота включений насоса.

Наибольшее распространение, в паровых и водогрейных котлах среднего давления, получили центробежные многоступенчатые насосы вертикального расположения с приводом от частотно-регулируемого асинхронного электродвигателя.

Каких либо революционных отличий в конструкции насосов различных производителей отметить сложно. Современный рынок насосного оборудования представлен множеством зарубежных производителей с многолетней историей успешной работы, таких как "Calpeda", "Pedrollo", "Espa", "Tapflo Group", "Etatron", "Finish Thompson", "Value", "Grundfos" и многих других. Основной секрет надежности их продукции - современная научно-исследовательская база и производственное оборудование, многоступенчатый контроль качества всех элементов в том числе при внедрении уникальных технологических решений и инноваций, высокотехнологичные комплектующие и материалы, высокая культура производства.

									Лист
Из	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	13.03.02.2021.404.00.00 ПЗ				11

Для ценителей отечественного качества и требовательного подхода к каждой детали подойдет продукция отечественных лидеров производства насосов - группы компаний АО "ГМС Ливгидромаш" и компании «Джилекс».

1.3 Комплектующие АСУ ТП и КИПиА

Полномасштабная автоматическая система управления технологическим процессом предназначена для контроля и управления во всех режимах работы парового котла, полной автоматизации процессов горения и подачи теплоносителя, повышения эффективности и безопасности, экономии расхода топлива и др.

АСУ ТП выполняет пуск и остановку, регулирование мощности котла, автоматическое управление работой насосных агрегатов и регулирование параметров теплоносителя, автоматическую защиту и включение резервного оборудования при отказе основного, аварийную сигнализацию и обмен данными с диспетчерским пунктом.

Главной задачей контрольно-измерительных приборов и автоматики является получение данных о физических величинах, передача данных значений в блок управления и их дальнейшая обработка. Сбор данных осуществляется при использовании датчиков и других приборов измерения. Информация с первичных измерительных приборов, например таких данных как температура или давление, преобразуется в электрический сигнал, адаптируемый для вывода на контроллер.

Приборы автоматики предназначены для автоматического поддержания температуры и давления пара на выходе из котла в заданных пределах, а так же для отключения или для запрета на пуск котла в предаварийных ситуациях.

К приборам автоматики относятся:

- контроллер управления для обработки сигналов с регистрирующих приборов и выдачи команд исполнительному оборудованию.

- термометр сопротивления ТСМ предназначен для измерения температуры пара на выходе из котла и подачи сигнала на систему управления (регулирующий термостат), когда температура достигнет нижнего или верхнего заданного значения, система управления подает команду перехода на малое или большое горение;

- термометр сопротивления, измеряющий температуру пара на выходе из котла и подающий сигнал на систему управления при повышении температуры на выходе из котла выше максимально допустимой (предохранительный термостат);

- электроконтактный манометр ЭКМ (или реле давления), который предназначен для измерения давления пара на выходе из котла и подачи сигнала на систему управления, если давление повысится выше либо опустится ниже допустимого;

- топливный блок, который служит для измерения расхода топлива, поступающего на горелку по команде из системы управления (переход на большое или малое горение);

- блок контроля герметичности на топливном блоке, который перед пуском котла проводит тест на герметичность электромагнитных клапанов;

					13.03.02.2021.404.00.00 ПЗ	Лист
Из	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		12

В последнее время все больше котлов приобретаются с российскими системами автоматики, большинство которых изготавливается с применением новейших технологий и наработок европейских производителей, но они проще, с низким уровнем цен обеспечивают хорошую систему защиты и надежное управление котлом. В числе большого числа российских компаний особенно популярны АО "Промышленная группа "МЕТРАН", ООО «Теплоприбор-Сенсор» г. Челябинск, ООО "ПО "ОВЕН" г. Москва, ООО "НПП "ПРОМА" г. Казань, ООО "Конструкторское Бюро АГАВА" г. Екатеринбург, ООО "ЭНТРОРОС" г. Санкт-Петербург, ООО "Контэл" г. Владимир, ООО "Прибор" г. Смоленск, "Провенто" г. Нижний Новгород, "Нева-Транзит", "Лемакс" и др.

Несмотря на разнообразие производителей систем автоматики массового сегмента, общие принципы ее работы и входящие в нее приборы практически идентичны.

Вывод по разделу один

1. Большинство современных отечественных разработок, в области производства массовой теплоэнергетической продукции, являются удешевленными аналогами импортных систем.

2. Применение передовых технологий и решений ограничивается финансовыми возможностями как предприятий так и заказчиков и отсутствием опыта эксплуатации нового оборудования.

3. Как показывает практика, предприятия предпочитают применять комплектующие, по которым есть эксплуатационные наработки, что должно быть учтено и при выборе электрооборудования парового котла.

					13.03.02.2021.404.00.00 ПЗ	Лист
Из	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		14

2 КОТЁЛ ПАРОВОЙ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Котёл паровой - конструктивно объединенный в одно целое комплекс устройств для получения пара под давлением за счет тепловой энергии от сжигания топлива, при протекании технологического процесса или преобразования электрической энергии в тепловую [3].

Классификация паровых котлов представлена на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 – Классификация паровых котлов

В зависимости от назначения выделяют бытовые, промышленные, энергетические и утилизационные паровые котлы.

По виду используемого топлива: газовые, угольные, мазутные и электрические.

По производительности различают котлы малой, средней, и большой производительности (энергетические).

По давлению:

- котлы низкого (до 1МПа);
- среднего (1–10МПа);
- высокого (14МПа);
- сверхвысокого (СВД) давления (18–20 МПа);
- сверхкритического давления (СКД) – давление 22,5 МПа;
- суперсверхкритического давления (ССКД) – давление выше 22,5 МПа.

Основными преимуществами прямоточных котлов являются:

- отсутствие больших и тяжелых коллекторов;
- относительная свобода при компоновке поверхностей нагрева применительно к габаритам и форме;
- более высокие допускаемые тепловые нагрузки в топке и конвективных поверхностях нагрева за счет принудительного движения рабочего тела;
- более высокая степень использования поверхности нагрева, так как отсутствуют неомываемые газами (теневые) участки труб;
- повышенная маневренность из-за малой теплоаккумулирующей способности (малого объема воды и металлоконструкций) котла;
- малые массогабаритные показатели и высокий КПД.

К недостаткам прямоточных котлов относятся:

- невысокая надежность при работе на пониженных нагрузках из-за гидродинамических расстройств контура принудительной циркуляции;
- дополнительные затраты энергии питательным насосом на преодоление гидравлических сопротивлений в пароводяном тракте котла;
- очень сложная автоматизация котла, особенно в части поддержания заданных давления и температуры перегретого пара и обеспечения синхронного изменения расходов топлива, воздуха и питательной воды;
- неспособность котла выдавать одновременно насыщенный и перегретый пар.

Прямоточные котлы имеют большую безопасность при сверхвысоком давлении из-за отсутствия в конструкции дорогостоящего барабана, но это повышает требования к чистоте питательной воды, которая должна в этом случае содержать примесей не больше, чем выдаваемый котлом пар. Прямоточные котлы универсальны по рабочему давлению, а на критическом – вообще являются единственными генераторами пара на ТЭС–ТЭЦ и нашли большое распространение в современной энергетике.

Но в такой конструкции при переменных режимах работы изменяются размеры зон нагрева и испарения воды и нагрева пара, что влияет на выходные параметры пара (прежде всего на его температуру). Стабилизация параметров обеспечивается поддержанием постоянного соотношения между расходом топлива (тепловыделением) и расходом воды.

Ввиду этого прямоточный котел требует применения более совершенного электрооборудования и быстродействующей системы автоматического регулирования.

Вывод по разделу два

1. Применение прямоточных котлов, благодаря компактности и относительно невысокой стоимости, оптимально для помещений с небольшой площадью и в мобильных контейнерных тепловых пунктах, а их безопасность, относительно котлов барабанного типа, допускает установку непосредственно в производственном помещении.

2. Широкий модельный ряд прямоточных котлов различной производительности, позволяет сделать необходимый выбор в соответствии с требованиями конкретного пользователя.

					13.03.02.2021.404.00.00 ПЗ	Лист
Из	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		18

3 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Для сохранения всех прочностных характеристик бетона, при приготовлении его в зимнее время, необходимо производить подогрев воды, которая используется для смешивания раствора, прогрев песка, щебня и т. п. Это позволяет сохранять необходимую для укладки температуру и предотвратить образование льда, который может создать пустоты при заливке бетона.

В линейке производимой ООО "ЗЗБО" уже присутствует прямоточный паровой котёл низкого давления ПГ-1000, производительностью пара до 1000кг/ч и давлением до 0,07МПа, не подлежащий регистрации в Ростехнадзоре [2].

Для снижения затрат на покупку комплектующих и, как следствие, конечной стоимости поставляемых на рынок бетонных заводов, возникла необходимость в создании собственного, более мощного чем ПГ-1000 парового котла, с такой же производительностью и давлением $P_{п} \approx 0,7-1,0$ МПа.

Вновь проектируемый паровой котёл, с условным обозначением ПВГ-1000 (парогенератор водотрубный горизонтальный, производительностью до одной тысячи килограмм пара в час), конструктивно является прямоточным водотрубным с дизельной горелкой. Он предназначен для работы в комплексе с бетонным заводом и выполняет следующие функции:

- подогрева инертных материалов, например песка и щебня в бункерах РБУ;
- отопление бетонного завода;
- подогрев воды на бетонном заводе при производстве бетона.

Исходные данные прямоточного водотрубного парового котла ПВГ-1000 представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Технические характеристики парового котла ПВГ-1000

Технические характеристики	Значение
Производительность пара D_{max} , кг/ч.	1000
Максимальное давление p_{max} , МПа.	1,0
Тепловая мощность горелки не менее $P_{г}$, кВт.	700
Температура пара до $t_{п}$, С°.	180
Расход дизельного топлива не более $V_{д}$, л/час.	60
КПД, не менее η , %.	90
Масса не более m , кг.	2500

Котёл ПВГ-1000 производит пар при помощи парообразователя, перерабатывая дизельное топливо. Эксплуатируется в основном в зимнее время.

Схема комбинированная функциональная прямоточного парового котла 13.03.02.2021.404.00.03 ТЧ, представлена в графической части выпускной квалификационной работы.

Пройдя химическую водоподготовку, вода поступает на вход питательного насоса 2 через сетчатый фильтр 1. Температура воды должна быть не ниже 50°C для исключения образования конденсата и кислородной коррозии внутри котла и не выше 80°C для исключения процесса кавитации в питательном насосе. Вода под давлением подается в змеевик 23 через датчик расхода воды 3 и обратный клапан 4.

Вода, поступившая в змеевик, нагревается пламенем горелки, превращается в пар и под давлением поступает на выходной патрубок котла. Количество подаваемой воды в змеевик контролируется датчиком расхода, сигнал с которого поступает на частотный преобразователь для поддержания заданного расхода воды через насос при изменении давления пара.

На паровом патрубке котла установлены:

- термопара 18 для контроля температуры пара;
- манометр 16 для визуального контроля давления пара с отсекающим краном 17 для проверки и контроля работы манометра;
- датчики давления рабочие 14 управления работой двухступенчатой горелки (для одноступенчатой горелки – 1 шт.);
- датчик реле давления аварийный 15 для аварийного отключения котла при превышении предельно допустимого давления пара;
- два предохранительных клапана 12;
- кран паровой 11 с фланцем выхода пара 10;
- вентиль 8 подачи пара для подогрева питательной воды в питательной емкости и вентиль 9 промывки змеевика.

Для контроля температуры уходящих дымовых газов используется датчик 19.

Блок управления 24 предназначен для управления и контроля за работой парового котла и обеспечивает:

- автоматический розжиг и контроль за работой автоматизированной горелкой
- регулирование мощности котла в зависимости от количества пара, отбираемого потребителем.
- регулирование расхода воды через змеевик при изменении мощности горелки при изменении расхода пара.

Блок управления производит защитное отключение котла при:

- отсутствии закачки воды в змеевик (отказ питательного насоса);
- повышении давления в змеевике котла выше допустимого;
- повышении температуры пара в змеевике и дымовых газов выше допустимой;

Включение горелки производится только после заполнения змеевика водой. Регулирование тепловой мощности горелки двухпозиционное - 100% или 0% при применении одноступенчатой горелки, трехпозиционное - 100%, - 40% или 0% при двухступенчатой и плавное при модулированном регулировании мощности.

Горелка выключается при:

- снижении давления топлива и воздуха перед горелкой;
- погасания пламени горелки или отключении электроэнергии;
- нажатии кнопки «СТОП» на блоке управления;
- при превышении и снижении предельно допустимых параметров работы котла (давления, температуры, подачи воды).

					13.03.02.2021.404.00.00 ПЗ	Лист
Из	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		20

Непродолжительное изменение производительности в более широких пределах в сравнении с номинальным показанием, является нормальным при выходе котла на номинальную производительность или при переменном потреблении пара.

Для перемещения котла установлены рым-болты на верхней поверхности кожуха.

Конструкция позволяет на месте эксплуатации, без применения сварочных работ, отделить змеевик в сборе с фланцем от камеры сгорания для чистки змеевика или для его замены.

При опциональном оснащении газовой или комбинированной горелкой её работа настраивается на месте эксплуатации котла под имеющееся давление природного газа. Дизельная горелка поставляется отрегулированной на заданную мощность. Использование жидкого топлива обеспечивает мобильность и позволяет легко запустить котёл и выйти на номинальную мощность производства пара.

Котёл ПВГ-1000 устанавливается на раме, и оборудуется дизельной горелкой, основным и резервным насосами, системой подготовки воды и системой управления и автоматизации.

Для более надежной работы с водой различной степени очистки, в базовой комплектации уже установлена система подготовки воды с омагничивателем.

Для работы не требуется проведения монтажных и пуско-наладочных работ необходимо подключить электричество 380 вольт и водоснабжение. В аварийном случае остановки РБУ или плановой остановки на несколько дней, слив воды из котла не требуется.

Вывод по разделу три

1. Исходные данные вновь создаваемого прямоточного водотрубного парового котла низкого давления и малой производительности, позволяют провести подбор современного, отвечающего всем требованиям безопасности, но относительно недорого по эксплуатационным и капитальным затратам, а также по энергопотреблению оборудования и устройство управления.

					13.03.02.2021.404.00.00 ПЗ	Лист
						21
Из	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

4 СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ ПАРОВОГО КОТЛА

Паровой котёл как объект регулирования является сложной динамической системой со множеством взаимосвязанных входных и выходных параметров. Автоматизация осложняется тем, что в паровых агрегатах очень велики скорости протекания технологических процессов.

Структура АСУ ТП парового котла является иерархической и распределенной. На нижнем уровне располагаются датчики и исполнительные механизмы, а также средства дистанционного управления исполнительными механизмами (насосами, клапанами и др.), позволяющие оператору вести технологический процесс в ручном аварийном режиме или в процессе наладки.

Логика управления реализуется на среднем уровне системы, где расположен основной модуль контроля и управления. Система среднего уровня собирает информацию об общем состоянии системы и ее отдельных элементах.

По запросу диспетчера система управления среднего уровня передает информацию о текущем состоянии оборудования, технических параметрах (давление, температура, расход) на монитор диспетчера.

На верхнем уровне осуществляется диспетчеризация, архивирование и запись информации, а также функции дистанционного управления средним уровнем системы управления.

4.1 Регулирование работы двухступенчатой горелки

В основном система управления горелкой медленно реагирующая, все устройства управления и исполнительные механизмы, которые связаны с этой системой настроены на медленное регулирование. Давление котла используется в качестве переменной для исполнительного органа горелки. Преобразователь давления измеряет давление в котле и преобразовывает его в стандартный электрический сигнал (4-20мА). Этот сигнал обрабатывается в системе и оценивается со значением уставки регулируемого параметра, по условию сравнения текущего значения и уставки формируется сигнал управления горелкой.

Горелка может быть включена и выключена автоматически и отключена через управление горелкой на панели управления. Для запуска горелки должны быть соблюдены следующие условия:

- переключатель горелки в положении "вкл";
- цепь безопасности котла замкнута;
- нет ошибок автоматики горелки;
- давление в котле ниже заданного.

В автоматическом режиме горелка включается согласно критерию запуска и при соблюдении выше указанных условий. Когда регулируемый параметр достигнет критерия включения горелки, включается таймер работы горелки на малой нагрузке, который при низкой потребности в нагреве теплоносителя, предотвращает частое включение и выключение горелки. По истечении времени задержки, разблокируется управление горелкой на больших нагрузках.

					13.03.02.2021.404.00.00 ПЗ	Лист
Из	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		22

Выключение горелки происходит согласно критерию отключения. При превышении регулируемого параметра выше уставки отключения, включается таймер задержки на отключение горелки, который при низкой потребности в нагреве воды, предотвращает частое выключение горелки. В ручном режиме включение ступеней осуществляется с панели управления. Ручной режим управления не блокируется по программным ограничениям технологических параметров.

4.2 Регулирование работы питательных насосов

Управление подачей воды предусматривается регулированием расхода питательного насоса с помощью регулируемой уставки. Питательные насосы подают воду из емкости подачи воды (деаэратор) в котел. Один насос в работе, второй в резерве. Переключение насосов происходит при:

- прошествии заданного времени;
- аварии насоса.

Переключение из-за неисправности насоса имеет приоритет перед переходом в режим работы по времени. Авария насосов отображается на панели управления и записывается в журнал аварий. Как правило, в системах с двумя питательными насосами и автоматическом переключении насосов, всасывающие и запорные краны у обоих насосов должны быть открыты. Если этого не сделать, насос, на который система перейдет не сможет подать воду и разрушится под действием кавитации. Если выбрана работа отдельного первого питательного насоса или второго питательного насоса на панели управления, автоматическое переключение насосов выключено. Автоматическая и ручная работа возможна во всех случаях. В автоматическом режиме, питательные насосы включаются, если соблюдены следующие условия:

- нет аварии насоса (автомат защиты двигателя, неисправность преобразователя частоты с контролем скорости питательного насоса и др.);
- нет блокировки по сухому ходу от емкости питательной воды (деаэратора);
- нет блокировки по максимальному расходу воды в котле.

В ручном режиме, питательные насосы работают до условий блокировок указанных в автоматическом режиме.

4.3 Регулирование процессов горения и питания прямоточных котлов

На прямоточных котлах обычно применяют два варианта принципиальных схем регулирования питания и топлива:

- топливо - вода;
- вода - топливо.

В первом варианте на регулятор топлива возлагается функция поддержания заданной нагрузки котла, а на регулятор питания – функция приведения расхода питательной воды в соответствие с тепловой нагрузкой [5].

Задающим сигналом регулятору топлива является сигнал по давлению пара $P_{не}$ при выходе из котла или от задатчика ручного управления $D_{зд}$.

					13.03.02.2021.404.00.00 ПЗ	Лист
Из	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		23

В качестве величины, характеризующей тепловую нагрузку котла, используются:

а) сигнал по расходу пара в промежуточном сечении пароводяного тракта (переходной зоне) до первого впрыска - «видимый» расход пара D_{ne} , который отличается от действительного D_{np}^o из-за отклонения плотности пара ρ_{np} в месте установки сужающего устройства (диафрагмы) от принятого для его расчета значения ρ_{ne}^o ,

$$D_{ne} = D_{np}^o \sqrt{\rho_{np}^o / \rho_{np}}$$

б) сигнал по скорости изменения давления пара в переходной зоне dP_{np} / dt . Этот сигнал компенсирует отклонение расхода пара, связанного с изменением аккумулированной теплоты при внешних изменениях нагрузки.

Кроме того, в этой схеме используется сигнал к регулятору топлива по давлению пара в промежуточной точке за диафрагмой P_{np} , для компенсации влияния отклонения этого давления от расчетного значения на видимый расход пара. Для устранения влияния впрысков на расход питательной воды и повышения устойчивости автоматической системы регулирования, к регулятору питательной воды подается сигнал по скорости изменения температуры пара в средней радиационной части после сужающего устройства,

$$d\Theta_{cp} / dt.$$

Применение схемы регулирования «топливо-вода» целесообразно при нестабильной работе топливоподающих устройств, недостаточном диапазоне регулирования топлива и других условиях, когда регулятор топлива не может обеспечить поддержания заданной тепловой нагрузки с такой точностью, чтобы без участия регулятора питания температура пара не выходила за допустимые пределы.

Схема регулирования по принципу «топливо - вода» представлена на рисунке 4.1.

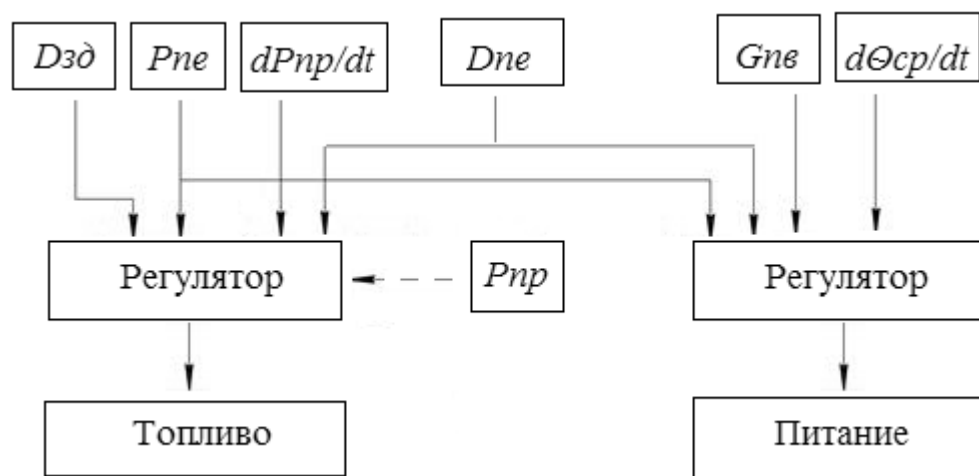


Рисунок 4.1 – Структурная схема регулирования топлива и питания прямоточного парового котла по принципу «топливо-вода».

Во втором варианте схема регулирования организована по принципу «вода - топливо». При этом регулятор питания поддерживает заданную нагрузку котла, а регулятор топлива приводит тепловую нагрузку в соответствие с расходом питательной воды.

К числу преимуществ второго варианта относят отсутствие связи регулятора питания через объект регулирования с регуляторами топлива и впрысков, что упрощает наладку и эксплуатацию системы регулирования, обеспечивает более точное поддержание температуры пара по пароводяному тракту в процессе изменения нагрузки котла и более точное поддержание нагрузки при топочных возмущениях.

Схема регулирования по принципу «вода - топливо» представлена на рисунке 4.2.

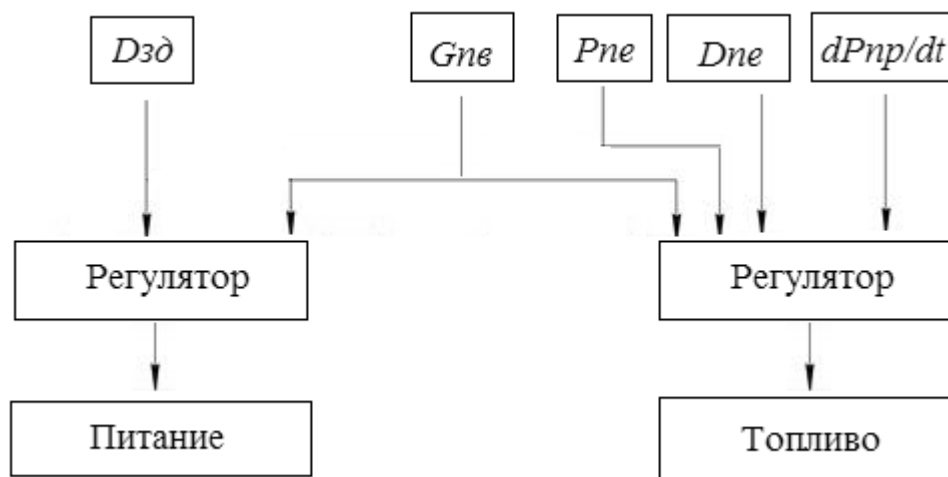


Рисунок 4.2 – Структурная схема регулирования топлива и питания прямоточного парового котла по принципу «вода - топливо».

4.4 Алгоритм работы парового котла

Алгоритм включения котла:

1. Проверка сигнала,
 - 1.1 проверка топлива $P_{max} > P_m > P_{min}$;
2. Вкл. Вентилятор;
3. Датчик контроля воздуха $> Q_{min}$;
4. Выдержка времени;
5. Время продувки;
6. Подача топлива (поджиг);
7. Датчик ионизации;
8. Ожидание;
9. Наличие пламени.

Алгоритм работы прямоточного парового котла представлен на рисунке 4.3.

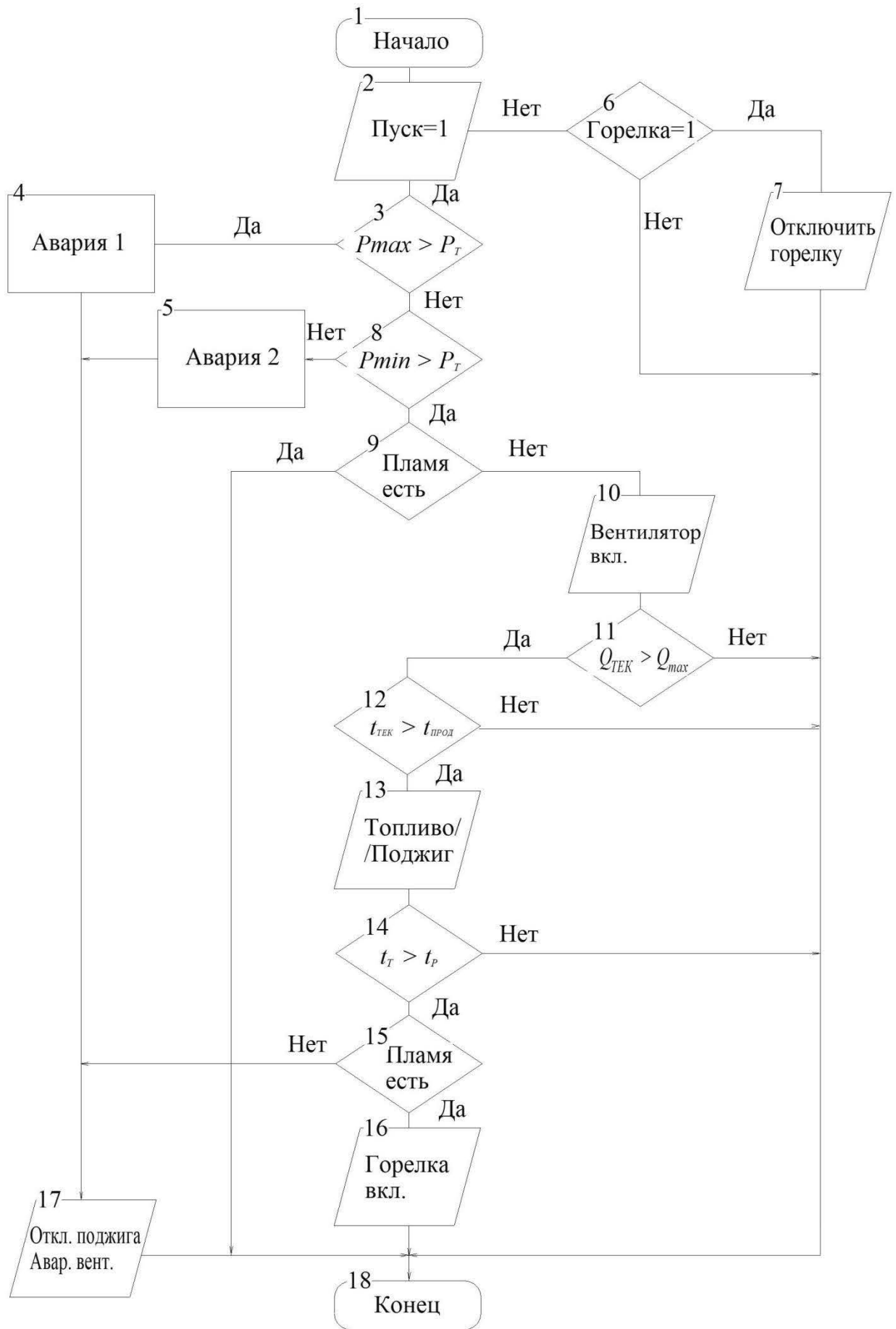


Рисунок 4.3 – Алгоритм работы прямоточного парового котла

ИЗ	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

Вывод по разделу четыре

1. Автоматика парового котла реализует задачи безопасного управления технологическим процессом производства пара и информационного обслуживания эксплуатационного персонала.

2. Продуманный выбор, правильная установка и точная настройка элементов АСУ ТП позволяет достичь оптимальных производственных, экономических, технологических и технических параметров работы паровых котлов.

					13.03.02.2021.404.00.00 ПЗ	Лист
Из	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		27

5 ВЫБОР ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

При выборе комплектующих для разрабатываемого оборудования следует руководствоваться, помимо необходимых технических требований и стоимости, опытом эксплуатации продукции того или иного производителя, гарантированной наработкой на отказ, т. е. сроком безаварийной работы лишь по истечении которого потребуются затраты на капитальный ремонт или замену, естественно при соблюдении требований к условиям эксплуатации.

Так как ООО "ЗЗБО" активно использует в производстве своего теплоэнергетического оборудования продукцию итальянских фирм "Baltur S.P.A" и "Calpeda S.p.A", и не требуется дополнительных затрат на её изучение и обучение персонала монтажу и настройкам, выберем горелку и насос из ассортимента данных производителей.

5.1 Выбор дизельной горелки

По техническому заданию тепловая мощность горелки должна быть не менее, $P_T \geq 700$ кВт.

Выберем дизельную горелку "Baltur" (Балтур) TBL 85 P (200-850кВт) – модель, в которой внедрена система двухступенчатого переключения мощности горения пламени, позволяющая максимально точно управлять тепловой производительностью оборудования и максимально полно использовать энергетический потенциал сжигаемого топлива. Горелка оснащена также съемной форсункой, позволяющей проводить ее техническое обслуживание, чистку и даже замену без демонтажа самого прибора с котла [6].

Особенности горелок "Baltur" серии TBL:

- горелка дизельная двухступенчатая, большое/малое горение;
- работа с камерой сгорания любого типа;
- эффективный вентилятор, низкое электропотребление, низкий уровень шума;
- распыление топлива под высоким давлением при помощи форсунки;
- головка сгорания II класса, по европейскому стандарту EN267, способствует снижению выбросов оксидов азота;
- электрическая панель, с четырёх- и семиполярными штекерами;
- горелка оборудована крепежным фланцем и уплотнительными прокладками, а так же двумя гибкими шлангами, линейным фильтром и форсункой;
- вентилятор повышенного давления обеспечивающий надежную работу горелки, в том числе и на котлах с повышенным давлением в топке;
- устройство регулирования подачи воздуха для сгорания, автоматическое устройство перекрытия доступа воздуха в топку при выключении горелки;
- крепежный фланец, скользящий вдоль сопла, позволяет найти оптимальное положение сопла в камере сгорания;
- глазок контроля пламени;
- трёхфазный электродвигатель вентилятора и топливного шестеренчатого насоса с регулятором давления и клапанами перекрытия/подачи топлива;

							13.03.02.2021.404.00.00 ПЗ	Лист
Из	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				28

- регулируемая сопловая труба с форсункой из нержавеющей стали и стальным диском регулировки пламени;
- блок автоматического контроля и управления горелкой, соответствующий европейскому стандарту EN230;
- контроль пламени с помощью фоторезистора;
- выключатель горелки, переключатель ступеней, индикатор функционирования и блокировки, семиполярный штекер для подвода электропитания и подсоединения термостата и четырёхполярный для контроля за второй ступенью работы горелки.

Дизельные горелки "Baltur", представленные серией TBL, отличаются высокой тепловой эффективностью и возможностью регулировать интенсивность подачи топлива и воздуха в камеру сгорания с целью достижения максимального качества сжигания топлива и, соответственно, достижения максимального КПД. Центробежный вентилятор, которым оснащена горелка, обеспечивает достаточное давление воздуха для обеспечения эффективного сжигания топлива. Горелки данной серии могут устанавливаться в котлах с камерами сгорания любого типа.

Технические характеристики горелки "Baltur" TBL 85P представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Технические характеристики горелки "Baltur" TBL 85 P

Технические характеристики	Значение
Тепловая мощность горелки P_T , кВт	от 200 до 850
Режим работы	двухступенчатая
Потребляемая электрическая мощность $P_э$, кВт	1,6
Мощность двигателя вентилятора P , кВт	1,1 (2800об/мин)
Напряжение трёхфазной сети частотой 50 Гц, U , В	380±10%
Класс защиты	IP44
Детектор пламени	фоторезистор
Трансформатор 50Гц	30мА~10кВ
Вид топлива	дизель
Расход топлива V_d , л/час.	от 16 до 68
Звуковое давление не более, дБА	73
Регулировка расхода воздуха	сервопривод
Оборудование	LMO 44
Масса m , кг.	45,3

Рабочее поле горелки TBL 85 P представлено на рисунке 5.1.

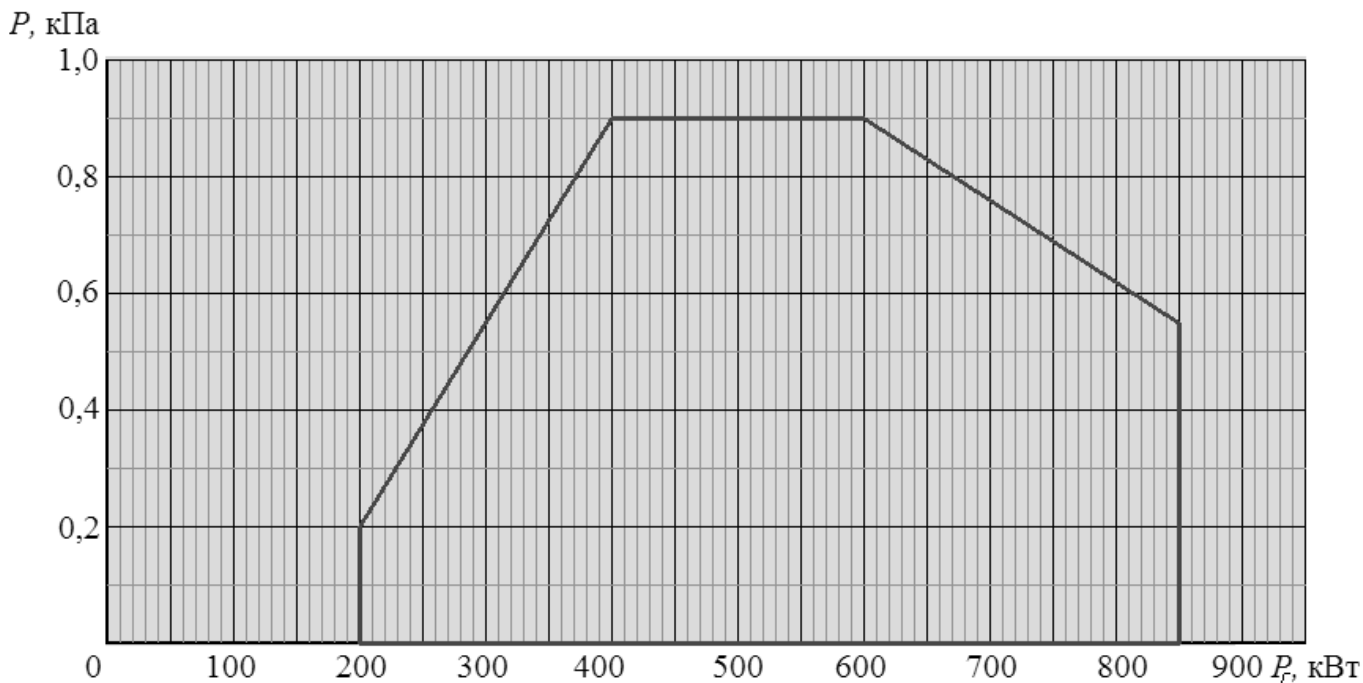


Рисунок 4.1 – Рабочее поле горелки "Baltur" TBL 85 P.

5.2 Выбор питательного насоса

Питательные насосы выбираются по производительности и напору. При определении производительности необходимо учитывать расход воды на непрерывную продувку котла, на редукционно-охладительные установки и пароохладители. Принимаем параллельную компоновку узла питания, в этом случае необходимо иметь резерв по производительности одного наибольшего насоса, с тем, чтобы при его останове обеспечить подачу воды в необходимых пределах. Питание питательных насосов должно иметь два независимых источника. Производительность каждого насоса должна быть не менее 120% максимальной выработки пара котлом [7]

$$D_H = 1,2 D_{КОТ} = 1,2 \cdot 1000 = 1200 \text{ кг/ч} = 1,2 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Расчётный напор питательного насоса определяем по соотношению:

$$p_H = 1,1 [p_K(1 + \Delta p) + p_{ЭК} + p_{ПИТ.ТР} + p_{ВС.ТР} + p_{СВ} - p_D],$$

где: p_K - избыточное давление в барабане котла, $p_K = 1 \text{ МПа}$;

Δp - запас давления на открытие предохранительных клапанов, принимается равным 5% от номинального давления в барабане котла, $\Delta p = 0,05 \text{ МПа}$;

$p_{ЭК}$ - сопротивление водяного экономайзера, $p_{ЭК} = 0,2 \text{ МПа}$ [7];

$p_{ПИТ.ТР}$ - сопротивление питательных трубопроводов от насоса до котла с учётом сопротивления регуляторов питания котла $p_{ПИТ.ТР} = 0,2 \text{ МПа}$ [7];

$p_{ВС.ТР}$ - сопротивление всасывающих трубопроводов, $p_{ВС.ТР} = 0,01 \text{ МПа}$ [7];

ИЗ	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

p_{CB} - давление, создаваемое столбом воды, равным по высоте расстоянию между осью барабана котла и осью деаэратора, принимаем равным $p_{CB}=0,0006$ МПа;

p_D - давление в деаэраторе, принимаем равным атмосферному $p_D=0,1013$ МПа,

$$p_H=1,1[1(1+0,05)+0,15+0,2+0,01+0,0006-0,1013]=1,44\text{МПа}=146,83\text{м.вод.ст.}$$

По полученным в ходе расчёта данным выбираем вертикальный многоступенчатый насос MXV 25-214/D итальянской фирмы "Calpeda", укомплектованный трёхфазным асинхронным электродвигателем, с всасывающим и нагнетательным соединениями одного диаметра и расположенных вдоль одной оси, с упорным подшипником и втулкой муфты. Коррозионностойкие подшипники втулки смазываются перекачиваемой жидкостью [8].

Технические характеристики насоса "Calpeda" MXV 25-214/D представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Технические характеристики насоса MXV 25-214/D

Технические характеристики	Значение
Высота подъёма жидкости H , м	от 59 до 149
Максимальное рабочее давление P_r , бар	25
Расход перекачиваемой жидкости Q , м ³ /час	от 1,0 до 4,5
Диаметр рабочего колеса d , мм	98
Температура перекачиваемой жидкости t , °С	от -15 до +100
Электродвигатель двухполюсный	M90V1
Мощность электродвигателя P , кВт	2,2
Частота вращения ротора электродвигателя n , об/мин	2900
Напряжение трёхфазной сети частотой 50 Гц, U , В	от 230 до 400
Класс защиты	IP55
Масса m , кг.	45

Насос MXV 25-214/D применяется :

- для систем водоснабжения;
- для чистых невзрывоопасных жидкостей, без твердых, волокнистых и абразивных примесей;
- как универсальный насос промышленного и бытового назначения, для повышения давления в системах водоснабжения, пожаротушения, орошения, обогатительных фабрик высокого давления и спортивных сооружений.

Напорная характеристика насоса "Calpeda" MXV 25-214/D представлены на рисунке 5.2.

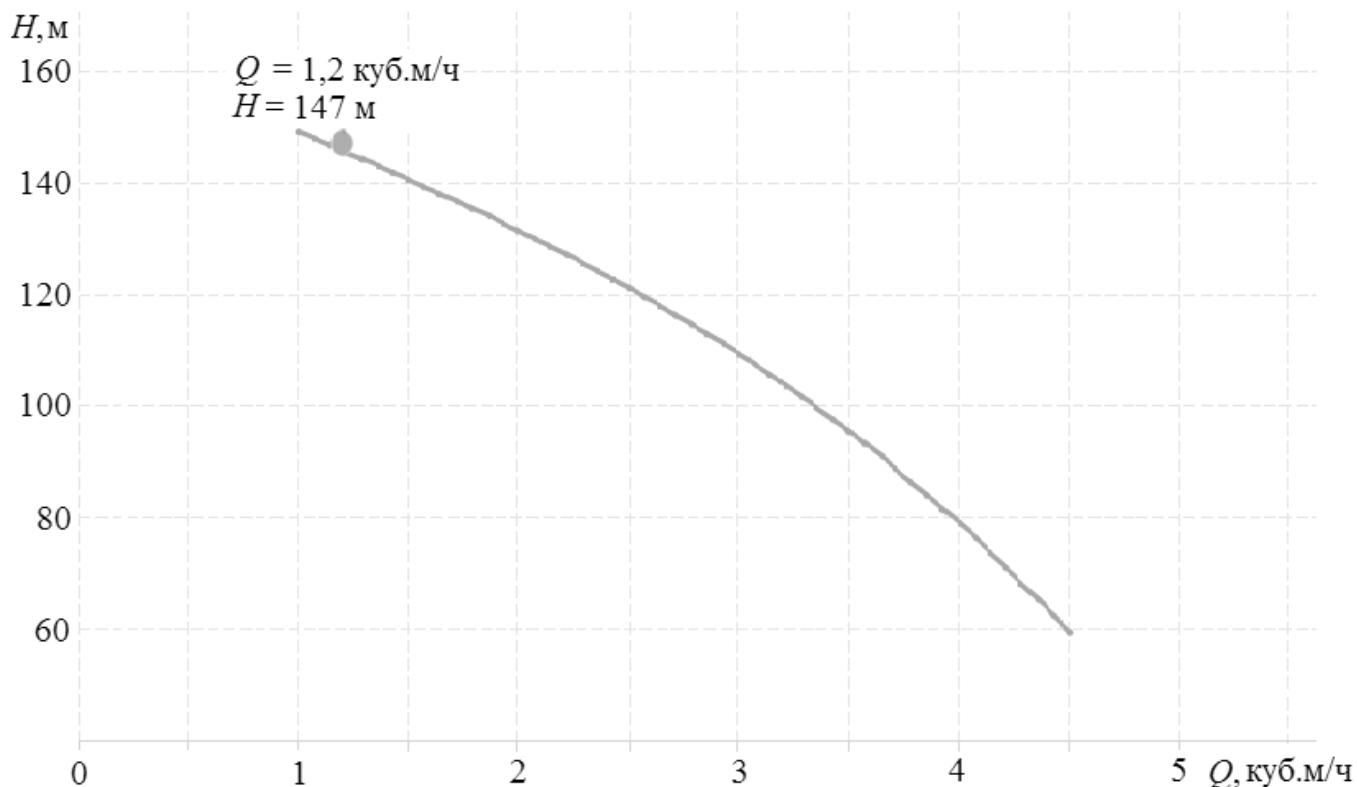


Рисунок 5.2 – Напорная характеристика насоса MXV 25-214/D.

Особенности насоса MXV 25-214/D:

- многоступенчатый насос с низким уровнем шума, с раструбами вертикальной компоновки, с приводом от асинхронного электродвигателя;
- насос выдерживает как довольно низкие температуры перекачиваемой среды - 15°C , так и достаточно высокие, достигающие до $+110^{\circ}\text{C}$;
- корпус, проточная часть насоса, рабочие колеса, вал и присоединительные фланцы выполнены из нержавеющей хромоникелевой стали AISI304.

5.3 Выбор устройства управления

Для нормальной работы котёл должен быть оборудован автоматикой контроля и безопасности. Блок управления, в комплекте с устройством контроля, производит контроль следующих параметров работы котла:

- работу горелки;
- рабочее и аварийное давление пара в змеевике;
- температуру пара на выходе из змеевика;
- температуру уходящих газов;
- контроль работы насоса высокого давления;
- наличие воды на входе питательного насоса и его работу.

При отклонении рабочих параметров от нормы происходит автоматическая аварийная остановка с индикацией причин. Безопасность по превышению давления пара, в случае несрабатывания всех электросистем защиты обеспечивается установкой предохранительных клапанов с необходимой пропускной способностью.

В качестве управляющего устройства, учитывая эксплуатационные отзывы пользователей и показатель «цена - качество», выберем контроллер серии РС-470D отечественной фирмы "Контэл", смонтированный в стальном корпусе вместе с сенсорной панелью управления и индикации МТ4434ТЕ [9].

Технические характеристики контроллера серии РС-470D представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Технические характеристики контроллера серии РС-470D

Наименование параметра	Значение параметра
Дискретные входы (оптрон 24В/10мА), шт.:	
РС470D-11-PLC-XX-X	16
РС470D-21-PLC-XX-X	16
РС470D-31-PLC-XX-X	14
РС470D-41-PLC-XX-X	14
Входы по напряжению ~220В, шт.:	
РС470D-11-PLC-XX-X	2
РС470D-21-PLC-XX-X	0
РС470D-31-PLC-XX-X	2
РС470D-41-PLC-XX-X	0
Релейные выходы (сухой контакт ~220В/1,0А), шт.	4
РС470D-11-PLC-XX-X	6
РС470D-21-PLC-XX-X	4
РС470D-31-PLC-XX-X	6
РС470D-41-PLC-XX-X	
Дискретные выходы, (напряжение ~220В/1,0А), шт.	9
Аналоговые входы, (4-20мА/12р), шт.	8
Аналоговые выходы, (4-20мА/10р), шт.	
РС470D-11-PLC-XX-X	0
РС470D-21-PLC-XX-X	0
РС470D-31-PLC-XX-X	2
РС470D-41-PLC-XX-X	2
Количество дополнительных модулей расширения	4 (ММВ-521-1шт, ММВ-5хх-3шт)
Напряжение питания контроллера U , В	~110-265
Сохранение параметров контроллера при отключенном напряжении питания	есть
Максимальный ток потребления I , А	10
Рабочая температуры окружающей среды t , °С	от -30 до +60
Относительная влажность воздуха, %	от 20 до 90
Степень защиты	IP54
Срок службы, лет	10

Контроллер серии РС470D предназначен для управления паровым или водогрейным котлом с автоматической, двухступенчатой или модулируемой, горелкой и может работать как автономно, так и в дистанционном режиме (в каскаде котлов). В режиме автономного управления сигналы от центральной системы каскадного управления котлами не воспринимаются. В дистанционном режиме управление котлом осуществляется по командам от центральной системы автоматики.

В качестве устройства управления работой питательных насосов выберем шкаф автоматического управления ШКА-01-ШСИ-Н-2-2,2-1 [9].

ШКА-01-ШСИ-Н-2-2,2-1 предназначен для частотнорегулируемого управления двумя насосами мощностью по 2,2кВт каждый, и имеет в своём составе:

- инвертор "Дельта" VFD022CP43B-21 [9];
- корпус металлический для систем автоматики "Провенто" MES 100.60.30 [10];
- пускорегулирующее оборудование (автоматы, пускатели, тепловые реле) [9].

Дополнительно, для подключения внешних датчиков и выдачи управляющих сигналов на инвертор, шкаф автоматики ШКА-01-ШСИ-Н-2-2,2-1 комплектуется контроллером РС-265В-24.О.М в приобретении которого нет никакой необходимости, так как эти функции у нас выполняет управляющий контроллер РС470D, плюс, двадцать тысяч рублей экономии.

Технические характеристики инвертора "Дельта" VFD022CP43B-21 представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Технические характеристики инвертора VFD022CP43B-21

Технические характеристики	Значение
Мощность электродвигателя P , кВт	2,2
Напряжение питания трёхфазной сети частотой 50 Гц, U ,	от 380 до 480
Номинальный выходной ток I , А	5
Максимальная сила тока на выходе I , А	8
Номинальная выходная мощность P , кВА	4
Выходная частота ν , Гц	от 0,5 до 400
Максимальная выходная частота ν , Гц	600
Несущая частота ν , кГц	от 2 до 15
Пусковой момент в % от номинального	150
Класс защиты	IP55

Преобразователь частоты VFD022CP43B-21, предназначен для управления асинхронными короткозамкнутыми электродвигателями в насосных, вентиляционных и компрессорных установках. Имеет функцию векторного управления двигателем, встроенный ПИД-регулятор, меню настроек на русском языке.

Программируемый логический контроллер РС470D предназначен для автоматизации локальных и комплексных систем управления. Одни и те же аппаратные средства могут быть оперативно перепрограммированы под разнообразные задачи.

При включении контроллер автоматически переходит в загрузочный режим. После этого программа переводится в исходный режим и ожидает команды на запуск в зависимости от выбора местного или дистанционного управления. Информационные и аварийные сообщения, показания датчиков, а также элементы управления отображаются на панели управления шкафа. Если выбран дистанционный режим управления, то на экране отображается соответствующая надпись.

Все нештатные ситуации в работе системы управления можно разделить на аварийные и информирующие.

При возникновении аварийной ситуации контроллер, согласно алгоритму программы, отключает, если это необходимо, те или иные исполнительные устройства и механизмы, включает аварийную сигнализацию и выдаёт аварийное сообщение на пульте управления.

В случае возникновения информирующих нештатных ситуаций контроллер только включает аварийную сигнализацию и выдаёт предупреждение на пульте управления, не останавливая при этом исполнительные устройства и механизмы. Для большинства информирующих нештатных ситуаций предусмотрен автоматический сброс, если аварийные параметры вернулись к нормальным значениям.

При возникновении нештатной ситуации срабатывает световая сигнализация, одновременно включаются все светодиоды пульта управления и индикации.

В случае аварии контроллер котла подаёт сигнал на дискретный выход "DO1", который поступает на соответствующий данному котлу дискретный вход контроллера каскада котлов. При этом в случае возникновения как аварийной, так и информирующей нештатной ситуации включается выход "DO2" контроллера котла, который задействован для включения внешней звуковой сигнализации.

Чтобы котел не перегрелся и не вышел в аварийное состояние, в контроллере реализована функция "горячий резерв". Функция активируется только в местном режиме работы котла. При выходе котла в горячий резерв с горелки снимается сигнал пуска с выдачей соответствующей надписи на пульт управления.

Контроллер обеспечивает равномерную выработку ресурса каждого из насосов. С помощью уставки «время работы основного насоса» задаётся время работы каждого из насосов. По окончании заданного времени работы основного насоса контроллер автоматически включает резервный насос и в течение времени, заданного уставкой «время переключения насосов», оба насоса работают совместно. По истечении времени переключения основной насос отключится и станет резервным, а тот что был резервным, станет основным и продолжит работать до следующего переключения по истечении времени наработки. Защита насосов от "сухого хода" обеспечивается за счёт их аварийного останова при падении давления воды на входе в котёл ниже допустимого.

					13.03.02.2021.404.00.00 ПЗ	Лист
Из	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		35

Автоматическое управление горелкой осуществляется от сигналов на пуск горелки и увеличения или уменьшения горения, поступающих либо от контроллера котла, при работе в местном режиме, либо контроллера каскада котлов при дистанционном режиме. Ручной режим управления служит для управления горелкой при наладочных работах.

Регулирование температуры пара на выходе из котла в местном режиме производится ПИД-регулятором контроллера посредством управления регулирующей заслонкой горелки, осуществляющей увеличение и уменьшение подачи воздушнотопливной смеси в топку котла в зависимости от требуемого задания. При этом осуществляется расчёт производительности котла в процентах от максимальной мощности в зависимости от времени хода заслонки из полностью закрытого в полностью открытое состояние. В дистанционном режиме регулирование температуры на выходе котла осуществляется ПИД-регулятором контроллера каскада котлов.

Подробное описание работы и настройки шкафа управления ШКА-01-П-А-1-ПУ, выполненного на базе контроллера серии РС470D, изложено в руководстве по эксплуатации [9].

5.4 Выбор датчиков давления, расхода, температуры

5.4.1 Для контроля температуры дымовых газов используем платиновый термопреобразователь сопротивления ДТС3015-РТ1000.В2.200 [11].

Датчик ДТС3015-РТ1000.В2.200 состоит из двух платиновых пленочных чувствительных элементов, соединенных с коммутационной головкой и кабельным выводом по двухпроводной схеме и помещенных в защитную арматуру. Принцип работы датчика основан на свойстве чувствительных элементов изменять электрическое сопротивление пропорционально изменению температуры окружающей среды. Датчик предназначен для непрерывного измерения температуры и работает совместно с приборами, имеющими вход под термосопротивления.

Технические характеристики датчика температуры ДТС3015-РТ1000.В2.200 представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Технические характеристики датчика ДТС3015-РТ1000.В2.200

Наименование параметра	Значение
Диапазон измеряемых температур t , °С	от -50 до +150
Температура окружающей среды t , °С	от -40 до +85
Погрешность измерения t , °С	±0,3

5.4.2 Для контроля температуры выходящего пара используем погружной датчик температуры КДТ-500.2 предназначенный для измерения температуры газов и жидкостей [9].

Монтаж датчика выполняется в вертикальном положении, с помощью резьбового крепления М20х1,5.

Устойчивость к механическим воздействиям N3 [12].

Основные технические характеристики датчика температуры КДТ-500.2 представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Технические характеристики датчика температуры КДТ-500.2

Наименование параметра	Значение
Напряжение питания U , В	24
Выходной сигнал постоянного тока I , мА	от 4 до 20
Диапазон измеряемых температур t , °С	от 0 до +500
Сопротивление нагрузки R , кОм	0,5
Длина линии связи не более l , м	200
Срок службы датчика не менее, лет	7
Масса m , кг	0,17
Степень защиты корпуса	IP65

Максимальное сопротивление нагрузки, $R_{Н\max}$, кОм, рассчитывается по формуле:

$$R_{Н\max} = (U_{ПИТ} - 12) / 20,$$

где: $U_{ПИТ}$ - напряжение источника питания, В, $U_{ПИТ} = 24$ В (п.п.5.3),

$$R_{Н\max} = (24 - 12) / 20 = 0,6 \text{ кОм},$$

5.4.3 Для контроля за давлением пара на выходе из змеевика котла используем датчики "Овен" ПД100, представляющие собой преобразователи избыточного давления с керамической измерительной мембраной, сенсором на основе технологии ТНК и кабельным вводом стандарта EN175301-803 (DIN43650A) [11].

Датчики давления ПД100 характеризуется бюджетной ценой, устойчивостью к агрессивным средам и предназначены для измерения избыточного давления нейтральных к керамике AL₂O₃ и нержавеющей стали AISI 304S сред (газы, пар, вода, слабоагрессивные жидкости) в системах регулирования и управления на теплоэнергетических объектах. Помехоустойчивость удовлетворяет требованиям к оборудованию класса А [13]. По устойчивости к механическим воздействиям, группа исполнения V3 [12].

Штуцер для подключения, М20×1,5 или G1/2 манометрической формы.

Технические характеристики датчика давления "Овен" ПД100 представлены в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Технические характеристики датчика давления ПД100

Наименование параметра	Значение
Напряжение питания U , В	от 12 до 36
Выходной сигнал постоянного тока I , мА	от 4 до 20
Верхний предел измеряемого давления (ВПИ) P_n , МПа	10,0
Перегрузочная способность не менее ВПИ, %	200
Диапазон рабочих температур измеряемой среды t , °С	от –40 до +125
Сопротивление нагрузки R , кОм	1,0
Потребляемая электрическая мощность не более $P_э$, кВт	0,8
Тип электрического соединителя	EN175301-803формаА
Межповерочный интервал, лет	2
Методика поверки	КУВФ.406230.100 МП
Среднее время наработки на отказ не менее, час	500 000
Срок службы датчика не менее, лет	12
Масса m , кг	0,2
Степень защиты корпуса	IP65
Устойчивость к климатическим воздействиям	УХЛ3.1

5.4.4 Для измерения расхода воды на входе в котёл используем датчик Ду25 производства НПП "Теплодохран", предназначенный для сбора данных объема расходования энергоресурсов, измерения и передачи показаний расхода устройству управления. Принцип действия датчика основан на контроле числа оборотов крыльчатки, находящейся в потоке. Скорость вращения крыльчатки пропорциональна мгновенному расходу протекающей жидкости. Датчик рассчитан на непрерывную круглосуточную работу с высокой точностью измерения и обладает следующими функциональными возможностями [14]:

- защита от перенапряжения и нарушения полярности питания;
- импульсный выход с весом импульса 55,466имп/л (0,018л/имп);
- тип выхода, открытый коллектор;
- дистанционный беспроводной съём данных;
- открытый протокол с программным обеспечением "HeatMeter2-V";
- адаптация к российским электросетям.

Технические характеристики датчика расхода "Теплодохран" Ду25 представлены в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Технические характеристики датчика расхода Ду25

Наименование параметра	Значение
Напряжение питания U , В	от 4 до 24
Максимальный выходной ток I , мА	50
Расход перекачиваемой жидкости Q , м ³ /час	от 0,03 до 3,0
Диаметр условного прохода d , мм	25
Температура окружающей среды t , °С	от –40 до +90
Габаритные размеры, мм	130x70x77
Срок службы датчика не менее, лет	12

5.4.5 Для аварийной остановки работы котла, в случае выхода давления пара за допустимые эксплуатационные параметры, используем реле давления (прессостат) "Danfoss" КР-36 [9].

Прессостат КР-36 является электромеханические реле давления Danfoss КР1 36 с изменяемым дифференциалом, предназначенные для регулирования давления жидких и газообразных сред, а также сигнализации в различных промышленных установках. Удобная настройка и высокая стабильность работы делают процесс регулирования давления жидкостей и газов максимально простым и надежным для многих применений в промышленности, например для управления насосами и компрессорами и защиты насосов от сухого хода.

Технические характеристики реле давления КР-36 представлены в таблице 5.9.

Таблица 5.9 – Технические характеристики реле давления КР-36

Наименование параметра	Значение
Диапазон измерений давления P_n , МПа	от 0,2 до 1,4
Перепад давления ΔP_n , МПа	от 0,07 до 0,4
Максимальное допустимое давление P_{max} , МПа	1,7
Температура окружающей среды t , °С	от –40 до +65
Диапазон рабочих температур измеряемой среды t , °С	от –40 до +125
Допустимая электрическая нагрузка на контактную систему, переменный ток	АС – 16А, 400В
Допустимая электрическая нагрузка на контактную систему, постоянный ток	DC – 12Вт, 220В
Степень защиты корпуса	IP55

Схема электрическая принципиальная 13.03.02.2021.404.00.05 ЭЗ, системы управления работой прямоточного парового котла и перечень элементов 13.03.02.2021.404.00.05 ПЭЗ к данной схеме, представлены в графической части выпускной квалификационной работы.

Вывод по разделу пять

1. Один из главных критериев интересующий потенциального покупателя, при всех остальных равных условиях и необходимых технических параметрах, это, конечно же, уровень цен.

2. По результатам проведённого анализа теплоэнергетического оборудования, представленного присутствующими на российском рынке производителями, для котла ПВГ-1000, было выбрано следующее электрооборудование и система управления:

- двухступенчатая дизельная горелка "Baltur" TBL 85 P;
- питательные насосы "Calpeda" MXV 25-214/D;
- контроллер РС470D с сенсорной панелью МТ4434ТЕ;
- инвертор "Дельта" VFD022CP43В-21 [9];
- шкаф автоматики ШКА-01-ШСИ-Н-2-2,2-1, датчики давления, температуры, расхода и т.п.

3. В целях улучшения энергоэффективности, к частотнорегулируемому питательному насосу, логично выбрать модулируемую горелку. Но её цена, даже у одного и того же производителя, в два-три раза выше стоимости двухступенчатой и, как показывает практика, массовый заказчик пока не готов к таким тратам.

4. Подробная информация о работе и настройках выбранного оборудования приводится в руководстве по эксплуатации, всё необходимое для монтажа входит в комплект, формируемый предприятиями изготовителями по запросу заказчика.

					13.03.02.2021.404.00.00 ПЗ	Лист
Из	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		40

6 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Оценку качества работы парового котла целесообразно выполнять методом математического моделирования с использованием программного обеспечения динамической симуляции технологических процессов.

Для математического моделирования необходимо описание взаимодействия переменных. Связь между основными переменными изображается в виде структурной схемы, отражающей реальные физические процессы происходящие в котле при выработке пара. Структурная схема представлена на рисунке 6.1.

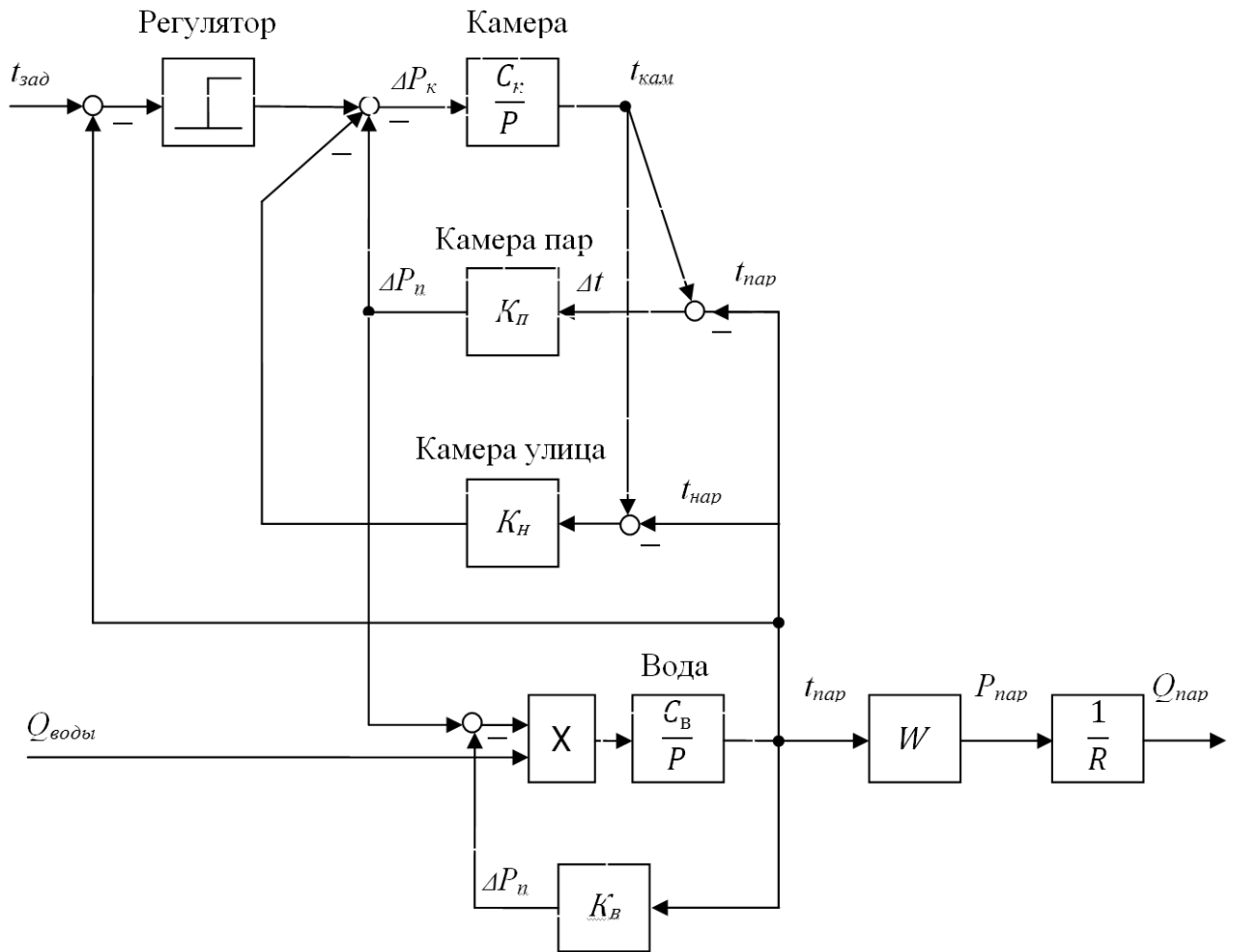


Рисунок 6.1 – Структурная схема работы парового котла
 C_K/P - теплоёмкость камеры; K_n - камера пар; K_n – камера улицы;
 C_B/P - теплоёмкость воды; X - умножение; o - вычитание;
 W – передаточная функция; R - сопротивление выходного клапана.

Схема управления котлом содержит определенный набор устройств или блоков, каждый из которых предназначен для выполнения определенных функций.

Паровой котёл работает следующим образом, команда на начало работы подается с помощью устройства приказов в узел, который осуществляет запоминание и последующее снятие соответствующих команд после их выполнения.

Одним из наиболее сложных и ответственных узлов схемы управления работой котла является согласующее устройство (СУ), которое служит для определения подачи воды и выдачи сигналов для включения горелки. Конструктивно СУ выполняются в виде набора электронных и электромеханических переключателей с контроллером принимающим информационные и выдающим управляющие сигналы электрической связью. Сигналами с выхода СУ осуществляется управление электроприводом насоса и регулированием подачи топлива и воздуха на горелку. Узел защиты и блокировки обеспечивает безопасность работы котла, этот узел исключает возможность включения горелки при отсутствии подачи воды в змеевик, нажатии аварийной кнопки «Стоп» и срабатывании защиты.

Для анализа работы котла необходимо его математическое описание или математическая модель. Построение математической модели на основе графа сводится к описанию связей между переменными, то есть нахождение математических зависимостей. Математическое описание представляет собой систему дифференциальных уравнений, которые характеризуют зависимость параметров системы от внешних воздействий и друг от друга. Описание системы в виде дифференциальных уравнений позволяет представить структурную схему математической модели работы парового котла в виде ряда связанных между собой звеньев, представленной на рисунке 6.2.

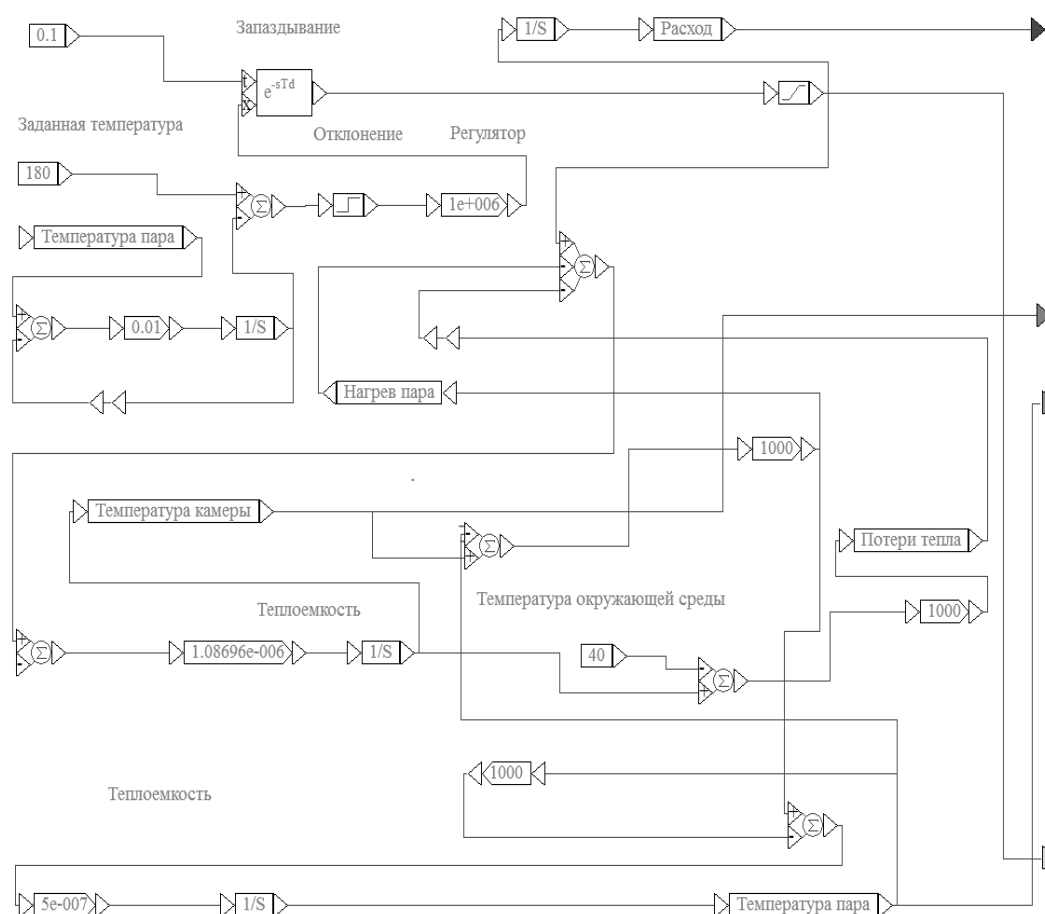


Рисунок 6.2 – Структурная схема парового котла в программе динамического моделирования

Внутренняя структура отдельных блоков математической модели приведена в приложении А.

При математическом моделировании проводится анализ поддержания номинальной температуры пара на выходе из котла, при различных режимах работы двухступенчатой горелки с учётом изменяющихся внешних условий (температура окружающей среды, теплоёмкость котла, потери пара и т.д.). Номинальная производительность изначально превышает соответствующие исходные данные что приводит к увеличенному расходу топлива но одновременно показывает наличие запаса мощности необходимого для непрерывной бесперебойной работы, и с помощью регулировки приводиться в соответствие с требуемыми исходными значениями.

Результаты математического моделирования работы парового котла 13.03.02.2021.404.00.06 ТЧ, представлены в графической части выпускной квалификационной работы.

Вывод по разделу шесть

1. Результаты математического моделирования работы парового котла показали непродолжительное изменение производительности в более широких пределах при пуске или при переменном потреблении пара, что является нормальным явлением при работе в переходных режимах.

2. Работа только на первой ступени не обеспечивает номинальных значений температуры, но при этом в два раза уменьшается потребление топлива. Этот режим можно использовать для отопления или горячего водоснабжения.

3. При работе на второй ступени, при двадцати процентном увеличении расхода топлива, происходит существенный перегрев пара и конструктивных элементов самого котла, что ведёт к сокращению срока службы.

4. Режим работы котла с номинальными параметрами обеспечивается при периодическом переключении между первой и второй ступенями горелки.

					13.03.02.2021.404.00.00 ПЗ	Лист
Из	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		43

7 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

В выпускной квалификационной работе произведён расчёт и выбор электрооборудования для вновь создаваемого прямоточного водотрубного парового котла промышленного назначения.

Расчёт себестоимости парового котла ПВГ-1000, с ценами на оборудование и затратами на сборку и монтаж [1, 6, 8 - 11, 14], сведены в таблицу 7.1.

Таблица 7.1 – Себестоимость парового котла ПВГ-1000

Наименование	Кол. шт.	Цена за шт., руб.
Котёл паровой без электрооборудования	1	300000
Горелка дизельная "Baltur" TBL 85 P	1	328210
Насос питательный "Calpeda" MXV 25-214/D	2	115134
Контроллер РС470D с панелью управления МТ4434ТЕ	1	52190
Шкаф автоматики ШКА-01-ШСИ-Н-2-2,2-1 с инвертором "Дельта" VFD022CP43B-21	1	76000
Датчик давления "Овен" ПД100	2	5740
Реле давления (прессостат) "Danfoss" КР-36	1	5900
Датчик температуры ДТС3015-РТ1000.В2.200	1	1100
Датчик температуры КДТ-500.2	1	6900
Датчик расхода Ду25	1	6200
Комплект монтажный*	1	5709
Стоимость сборочно-монтажных работ		15000
Итого стоимость котла ПВГ-1000:		918083
*В комплект монтажный входит: шунты, крепёж, полоса заземления, смазка и т.п.		

В целях определения экономии от комплектации поставляемых на рынок бетонных заводов паровым котлом ПВГ-1000, собственного производства ООО "ЗЗБО", проведём сравнение с рыночными ценами на котлы нескольких популярных производителей, обладающие аналогичными техническими характеристиками [34 - 38]. Результаты сравнения представлены в таблице 7.2.

Таблица 7.2 – Сравнение стоимости паровых котлов, аналогичных ПВГ-1000

Наименование	Цена за шт., руб.	К цене ПВГ-1000, руб.
Котел VAPOTHERM-1000-8	1329500	+ 411417
Паровой котел Е 1.0 0.9 лж	1352000	+ 433917
Паровой котел ПАР 1,0-0,9	1390000	+ 471917
Паровой котел ПГ-1000ж	1509000	+ 590917
Котел ICI Caldaie SIXEN 1000	2772210	+ 1854127

Вывод по разделу семь

1. Стоимость котла ПВГ-1000 в сборе с дизельной горелкой, питательными насосами, системой управления, и затратами на сборку и монтаж электрооборудования составила 918083 руб.

2. Проведено сравнение цен на паровые котлы, обладающие аналогичными техническими характеристиками, показавшее экономию в 411417 руб., по сравнению с комплектацией бетонного завода котлом, приобретённого по рыночной цене у стороннего производителя.

					13.03.02.2021.404.00.00 ПЗ	Лист
Из	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		45

8 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

8.1 Краткое описание предприятия

Забота о создании безопасных условий труда всегда является первостепенной задачей, на решение которой направлены многочисленные технические, экологические, организационные и правовые мероприятия.

Предприятие ООО «ЗЗБО» является специализированной организацией занимающейся проектированием и производством бетонных и асфальтобетонных заводов, материалов и комплектующих, в том числе модулей утепления бетонных заводов и тепловых центров. Монтаж и эксплуатация паропроизводительного и водогрейного оборудования, предназначенного для работы в комплексе с бетонным заводом в основном в зимнее время года, производится в соответствии с требованиями ПБ 10-574-03 [15] в помещениях отвечающих противопожарным требованиям СНиП 21.01.97 [16].

8.2 Анализ производственных и экологических опасностей

Персонал, который непосредственно будет заниматься обслуживанием парового котла, должен руководствоваться установленными правилами и указаниями, которые прописаны в технической документации, инструкциях по обслуживанию котельных установок, а также положениям ПБ 10-574-03 [15] и требованиями Технического регламента [17].

Все паровые котлы имеют две основные части, неэлектрическую и электрическую. Электрическая часть питается напряжением от 380В переменного тока, частота сети $f=50$ Гц, стационарная сеть осуществляет электроснабжение котла. Для описанного мной оборудования, электрическая сеть выполнена с изолированной нейтралью понижающего трансформатора. Из этого следует то, что электроснабжение и электрооборудование котла должно обязательно соответствовать, всем требованиям ПУЭ [18].

Перед началом эксплуатации электрической части котла необходимо в обязательном порядке руководствоваться ПТЭЭП [19] и ПБ 10-574-03 [15].

Неблагоприятное воздействие производственной среды, наличие которого, главным образом влияет на ухудшение здоровья и работоспособность обслуживающего персонала, в большинстве своём, связаны с неправильно организованным процессом производства предприятия, а так же из за окружающей среды. Именно поэтому важно учитывать все глобальные опасности, которые определяются благодаря полному анализу всевозможных рисков для приведённых в эксплуатацию паровых котлов и для корректирующего действия для минимизации или полного исключения риска на предприятии.

Котельное помещение на производстве, представляет собой конструкцию контейнерного типа с возможностью его транспортирования, оно относится к категории помещений с повышенной опасностью, так как имеет ряд следующих условий повышенной опасности:

					13.03.02.2021.404.00.00 ПЗ	Лист
Из	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		46

- неизолированных полов, где есть прямой контакт с металлическими частями оборудования, аппаратами технологического типа, различными механизмами и т.п. с одной стороны, и к корпусам электрооборудования состоящих из металла - с другой;

- перегретый пар несущий тепловую опасность, опасность для кожных покровов, и т.д., который к тому же находится под давлением, что означает его взрывоопасность;

- открытое пламя горелки, дизельное топливо, пары его переработки .

Обслуживание и ремонт проводится когда выполнены следующие условия: вода перекрыта, вода не поступает в магистраль котла, электрооборудование обесточено, горелка и насос отключены от сети.

8.3 Выбор нормативных значений факторов рабочей среды и трудового процесса

Неблагоприятные метеорологические факторы отсутствуют, в связи с тем, что работа выполняется в производственном помещении, температура воздуха на рабочем месте устанавливается не менее 17-21⁰С, влажность воздуха в летний период не более 65%, в зимнее время года – 75%, скорость движения воздуха не более 0,3 м/с. Атмосферное давление меньше или равно уровню атмосферного давления окружающей среды, среднее значение уровня шума на расстоянии одного метра от котла не более 75 дБ, что не превышает допустимых значений [14].

Температура наружных поверхностей для профилактики тепловых травм, технологического оборудования парового котла и окружающих устройств не должна превышать 45⁰С.

Отопление, наличие вентиляции должны обеспечивать комфортные условия работы в помещении, нормировать влагу, пары отработанного топлива, а так же пыль [15].

Отсутствуют химические и биологические факторы производственной среды, так как котёл оборудован системой отвода переработанного топлива, а патрубок для отвода пара, плотно скрепляется с пароотводной трубой. В разработке радиационных и электромагнитных мероприятий по снижению и защите от данных производственных факторов нет необходимости.

Механическими факторами, требующими повышенного внимания при проведении работ, являются наличие вращающихся частей электродвигателей насосов и горелки.

Психофизиологические факторы: физические перегрузки – имеют минимальное значение, так как из оборудования, которое можно переносить, является бак с топливом, как правило бак оснащён четырьмя опорами с колёсами.

Нервно-эмоциональные нагрузки, такие как умственное перенапряжение, переутомление, однообразность труда, эмоциональные перегрузки, а также перенапряжение анализаторов отсутствуют, так как паровой котёл управляется при помощи пульта управления и не требует особых нагрузок.

					13.03.02.2021.404.00.00 ПЗ	Лист
Из	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		47

8.4 Охрана труда

Организация по охране труда на предприятии рассматривает полное обучение персонала, а так же проверку полученных знаний обслуживающего персонала, который в дальнейшем будет обслуживать электрооборудование паровых котлов. Так же вопросы производственного процесса, при работе обслуживающего персонала с высоким уровнем опасности, в обязательном порядке требуется наряд-допуск, рассматриваются полномочия и обязанности работников по исполнению требований охраны труда на данном электрооборудовании [22].

Обслуживание и все виды работ на паровых установках производятся в порядке нынешней эксплуатации, по этой причине наряд-допуск на работы не выписывается. Работы выполняются с соблюдением производственной инструкции, инструкции по охране труда, а так же соответствующего допуска по электробезопасности для операторов и обслуживающего персонала котельного оборудования, а также соответствующих требований [2, 15, 17–19, 22, 23].

Условия труда, режим труда и отдыха работников должны соответствовать требованиям охраны труда и в полной мере удовлетворять требованиям законодательных актов [24]. При работе с паровым котлом оператор, а так же обслуживающий персонал должны быть обеспечены специальной одеждой, обувью, средствами индивидуальной защиты.

Производственное помещение в котором устанавливается паровой котёл, должно быть укомплектовано исправной системой вентиляции, освещением (рассчитанным в данном разделе), противопожарными средствами, необходимым ремонтным оборудованием при поломке котла, а также всеми необходимыми средствами оказания первой медицинской помощи. Основными защитными средствами при работе с паровым котлом являются термометры, манометры, газоанализаторы, измерительные штанги, изолирующие токоизмерительные клещи, указатели напряжения, изолирующие устройства и приспособления для ремонтных работ, диэлектрические перчатки. В случае если в производственном помещении происходит пробой электричества обслуживающий персонал и оператор обязаны использовать диэлектрические перчатки, диэлектрические галоши, диэлектрические коврики и изолирующие подставки.

Абсолютно все нетоковедущие металлосодержащие части электрооборудования парового котла, которые в аварийном режиме могут оказаться под напряжением подлежат заземлению. Устройство заземления должно соответствовать требованиям ПБ 10-574-03 [15] и ГОСТ 12.1.030-81 [25]. Вводное устройство, станция управления, трубопроводы, корпус котла, насосов, горелки присоединяются к металлической полосе заземления, проходящей по стенам котельного помещения и связанной с системой заземления. Заземление производственного помещения располагается по его контуру, углубленными на величину $h=0,8$ м трубами. Удельное сопротивление грунта, $\rho=10^6$ Ом·м. В качестве заземления применяются трубы диаметром $d=0,06$ м, длиной $l_{тр}=2,5$ м. Заземлители располагаются друг от друга на расстоянии равным $l=5$ м и соединены между собой соединительной полосой шириной $b=0,04$ м.

					13.03.02.2021.404.00.00 ПЗ	Лист
Из	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

Нормативное значение величины сопротивления защитного заземления, $r_3 \leq 4 \text{ Ом}$.

Сопротивление одного трубчатого заземлителя

$$R_t = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l_{\text{тр}}} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l_{\text{тр}}}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot t + l_{\text{тр}}}{4 \cdot t - l_{\text{тр}}} \right),$$

$$t = h + \frac{l_{\text{тр}}}{2} = 0,8 + \frac{2,5}{2} = 2,05 \text{ м},$$

$$R_t = \frac{1 \cdot 10^6}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 2,5}{6} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2,05 + 2,5}{4 \cdot 2,05 - 2,5} \right) = 30,2 \text{ Ом}.$$

Необходимое количество трубчатых заземлителей

$$n = \frac{R_t}{r_3 \cdot \eta_t},$$

где η_t – коэффициент использования вертикальных заземлителей, $\eta_t = 0,68$,

$$n = \frac{30,2}{4 \cdot 0,68} = 11$$

Величина сопротивления соединительной полосы

$$R_n = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l_n} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_n^2}{b \cdot t_n},$$

где l_n – суммарная длина соединительной полосы, м;
 t_n – глубина заложения полосы, м,

$$l_n = 1,05 \cdot l \cdot n = 1,05 \cdot 5 \cdot 11 = 57,75 \text{ м},$$

$$t_n = h + \frac{b}{2} = 0,8 + \frac{0,04}{2} = 0,82 \text{ м},$$

$$R_n = \frac{1 \cdot 10^6}{2 \cdot 3,14 \cdot 57,75} \cdot \ln \frac{2 \cdot 57,75^2}{4 \cdot 0,82} = 3,37 \text{ Ом}.$$

Величина сопротивления всего заземляющего устройства

$$R_y = \frac{R_t \cdot R_n}{R_t \cdot \eta_n + R_n \cdot \eta_t \cdot n},$$

где η_n – коэффициент использования соединительной полосы, $\eta_n = 0,4$,

$$R_y = \frac{30,2 \cdot 3,37}{30,2 \cdot 0,4 + 3,37 \cdot 0,68 \cdot 11} = 2,73 \text{ Ом}.$$

					13.03.02.2021.404.00.00 ПЗ	Лист
Из	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		49

Так как $2,73\text{Ом} < 4\text{Ом}$, следовательно, заземление соответствует условию $R_y < r_z$.

Для нормальной работы обслуживающего персонала, все неизолированные части электрооборудования парового котла, находятся в запираемых шкафах (пультах управления), доступ в которые закрыт для обслуживающего персонала, имеющего группу по электробезопасности ниже III.

Профилактические работы предназначены для поиска повреждения изоляции на паровых котлах, проводятся ежегодно, где испытания и измерения сопротивления изоляции повышенным напряжением производит специально аттестованная лаборатория, по результатам проверки заполняются протоколы замеров, которые вписывают в паспорт котла и хранят в течении года.

8.5 Производственная санитария

Работа оператора котельных установок может быть отнесена к категории Пб по степени тяжести, работы связанные с ходьбой и переносом тяжестей до 10кг [22].

Освещенность рабочей зоны не менее 100лк, освещенность шкафа управления не менее 200лк [15]. Расчет освещения котельного помещения произведен методом светового потока.

Индекс помещения

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

где A – длина помещения, м, $A = 6$ м;

B – ширина помещения, м, $B = 2,5$ м;

h – расчетная высота подвеса ламп, $h = 2,5$ м,

$$i = \frac{6 \cdot 2,5}{2,5 \cdot (6 + 2,5)} = 0,71.$$

Для освещения помещения выбраны люминесцентные лампы типа ЛБ, $P=80\text{Вт}$, $\Phi_{\text{л}}=4960\text{лм}$, $\eta=0,57$ [26].

Суммарный световой поток для котельного помещения Φ , лм,

$$\Phi = \frac{E \cdot k_z \cdot S \cdot z}{\eta},$$

где S – площадь помещения, м^2 , $S = 15$;

k_z – коэффициент запаса, $k_z = 1,5$ [26];

z – коэффициент минимальной освещенности, $z = 1,1$,

$$\Phi = \frac{200 \cdot 1,5 \cdot 15 \cdot 1,1}{0,57} = 8105,3\text{лм}.$$

Необходимое количество ламп, N выбранной мощности,

$$N = \Phi / \Phi_{\text{л}},$$

					13.03.02.2021.404.00.00 ПЗ	Лист
Из	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		50

$$N = \frac{8105,3}{4960} = 1,6 \approx 2 \text{ шт.}$$

Для освещения котельного помещения необходимо 2 люминесцентных лампы мощностью 80 Вт.

8.6 Эргономика и производственная эстетика

Нормальные условия работы, напрямую зависят от грамотного расположения рабочего места оператора. Так как управление паровым котлом не требует особых нагрузок, оператор осуществляет управление котлом в положении стоя. При работе с паровым котлом следует обратить внимание на следующие условия:

- информация считывается с контроллера шкафа управления;
- все элементы управления находятся на уровне глаз, это означает то, что оператор находится стоя в ровном положении и не нагружает свой организм, то есть опорно-двигательную систему;
- полы в помещении должны быть ровными, для того, чтобы обеспечить правильную работу парового котла, без перекосов и неустойчивости, так же шкаф управления устанавливается на ровную поверхность;

Так же следует отметить то, что во время эксплуатации парового котла необходимо обеспечить травмобезопасность оператора, обязательно ограничить доступ к котлу посторонних. В котельном помещении запрещено устанавливать оборудование и прокладывать коммуникации, не относящиеся к паровому котлу, только за исключением тех систем, которые предназначены для отопления и вентиляции.

8.7 Противопожарная и взрывобезопасность

Требования пожарной безопасности подробно изложены в ППР [27] и СП 89.13330.2016 [28].

Пожарная безопасность производственного помещения обеспечивается различными системами противопожарной защиты и определяется степенью его огнестойкости, которая зависит от возгораемости и огнестойкости ключевых элементов помещения. Как правило помещения в которых устанавливают паровые котлы, не имеют пожароопасных конструкций и хорошо вентилируются. При определении огнестойкости, а также при планировочных решениях внутри помещения, учитывается вероятность возникновения пожара. Сборная металлическая конструкция парового котла является, в этом плане, перспективным решением, отражающим огромный опыт использования на предприятиях. Применение тонкостенных, профилированных панелей из стали повышает пожаростойкость конструкции при некотором снижении материалоемкости.

Пожаростойкость увеличивается благодаря установке дверей специальной конструкции с жаростойким наполнителем и окраска стен термостойким лаком, либо термостойкой краской.

					13.03.02.2021.404.00.00 ПЗ	Лист
Из	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		51

Кроме того, в котельном помещении обязательно располагаются огнетушители и ящик с песком.

Так как котельное помещение относится к категории «В» [29] и объем его составляет 37,5 м³, то предусмотрен один порошковый огнетушитель вместимостью 10 литров и ящик с песком [27]. Также, вместо переносного огнетушителя, или дополнительно к нему, может быть использован огнетушитель порошковый самосрабатывающий.

Паровой котёл оборудован средствами сигнализации и автоматической остановки работы на случай возникновения аварийной ситуации.

Безопасность аварийного уровня давления пара, если не срабатывает автоматическая система защиты, обеспечивается оборудованием механической защитой, а именно установкой предохранительных клапанов с необходимой пропускной способностью.

Все открыто расположенные топливопроводы и ёмкости с горючесмазочными материалами, должны быть окрашены в яркий цвет, преимущественно жёлто-оранжевой палитры, и чётко контрастировать с окружающим фоном.

В помещениях, с установленными паровыми или водогрейными котлами, не допускается размещение деревянной мебели, хранение одежды, протирачной ветоши и других легко возгораемых хозяйственных предметов и принадлежностей. Не допускается загромождение проходов, входов-выходов, размещения посторонних предметов на окнах и в местах расположения предохранительных клапанов. Помещение должно иметь чёткий план эвакуации, размещённый на видном месте.

8.8 Экологическая безопасность

Вводимые в эксплуатацию паровые котлы, с рабочим давлением более 0,07МПа, должны быть зарегистрированы в органах Ростехнадзора, иметь Разрешение Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору и Сертификат пожарной безопасности.

При рассмотрении вопросов охраны окружающей природной среды [30] учитывается, что для защиты почв, от неорганизованного выброса отходов, в настоящее время широко используют сбор промышленных и бытовых отходов на свалках и полигонах. На полигонах производится также и переработка промышленных отходов.

Отходами паровых котлов является отработавшее свой нормативный срок оборудование, представляющее собой бак парового котла, который сдают в металлолом и на полигоны, для переработки и переплава. Подвергаются очистке сточные воды и остатки горюче-смазочных материалов, их утилизируют специализированные организации [31].

Основными факторами загрязняющими окружающую среду, при работе маломощных прямоточных водотрубных паровых котлов, являются выбросы вредных веществ в атмосферу через дымоход топки котла и слив, прошедшей водоподготовку, подпитывающей воды из питающего бака деаэратора.

					13.03.02.2021.404.00.00 ПЗ	Лист
Из	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		52

Так как котёл оборудован дизельной горелкой, то основу вредных выбросов составляют оксид азота, триоксид серы, бензапирены и другие полициклические углеводороды, а как продукт сгорания тяжёлых фракций, присутствующих в дизельном топливе, зола или сажа.

Основными решениями минимизации образования вредных выбросов при переработке дизельного топлива в горелке парового котла являются:

- обеспечение максимальной переработке топлива;
- сведение к минимуму избытка воздуха в области горения;
- применение горелок с двухступенчатым сжиганием топлива, с временным созданием недостатка воздуха в зоне образования вредных веществ путём рециркуляции дымовых газов в топке котла
- впрыск струи пара или воды в зону активного образования вредных веществ, для создания, препятствующих образованию вредных соединений, химических реакций.

Для полноценного сжигания топлива, с минимальными выбросами, горелка должна быть оборудована автоматической системой регулирования процесса горения с точной настройкой и быстрым реагированием на изменяющиеся параметры в работе котла и построенной на современной элементной базе.

Паровой котёл используется с двухступенчатой горелкой TBL85P, итальянской фирмы "Baltur", оборудованной высокоточной автоматической системой сжигания топлива, обеспечивающей низкий уровень выбросов NOx и CO, менее 185 мг/кВтч, что соответствует второму классу выбросов (класс II) согласно европейскому стандарту EN 267. Продукты сгорания выводятся через дымоходы посредством естественной тяги.

Из-за того что у маломощного котла отсутствует вытяжной вентилятор и роль тягового устройства, по отведению горячих газов из топки, выполняет конструкция дымохода, основная масса золы оседает на внутренних поверхностях топочной камеры, экономайзера и патрубков дымохода. Очистка внутренних поверхностей котла от сажи производится во время выполнения регламентных работ по техническому обслуживанию или ремонту, а её утилизация производится вывозом на мусорные полигоны либо переработкой и использованием, в качестве сырья, при проведении дорожно-строительных работ.

В воде, сливаемой из водоподготовительных установок, содержатся растворы нейтральных солей, щёлочи и кислоты, что приводит к изменению кислотно-щелочного баланса и увеличению содержания солей в водоёмах. Для нейтрализации сливаемой воды, в большинстве случаев, используют аммиачный водяной раствор или известь, путём подачи нейтрализующего раствора в ёмкость с водой.

Работа электрооборудования прямоточного водотрубного парового котла не влияет на окружающую среду по средствам энергетического или шумового воздействия, поэтому принятие мер по снижению отрицательного воздействия этих факторов не предусмотрено.

					13.03.02.2021.404.00.00 ПЗ	Лист
Из	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		53

8.9 Обеспечение безопасности при угрозе чрезвычайных ситуаций

Большинство чрезвычайных ситуаций, при эксплуатации паровых и водогрейных котлов, возникают из-за технических неполадок в оборудовании и халатных действий обслуживающего персонала, причем, нередко первая причина, является следствием второй.

Исследуя стабильность работы парового котла анализируют его уязвимости, оценивают стабильность его работы в условиях чрезвычайных ситуаций (ЧС), так же разрабатывают мероприятия для повышения надёжности и заблаговременной подготовке к восстановлению после поломки либо аварийных ситуаций.

Основные мероприятия по увеличению стабильности работы парового котла включают в себя:

- увеличение прочности и стабильности работы питательного насоса, горелки, а так же датчиков давления пара;
- совершенствование путём модернизации горелки, питательного насоса, для увеличения объема выработки пара;
- увеличение стабильности работы котла, путём модернизации пульта управления, установки новейших контроллеров, магнитных пускателей, тепловых реле и т. д.;
- разработка мероприятий по минимизации аварий путём своевременного обслуживания котла: проверки датчиков аварийного давления, проверки работы горелки; проверки питательного насоса;
- подготовка персонала к оперативным действиям при возникновении аварии.

К производственным помещениям, в которых устанавливают паровые котлы, предъявляются требования в соответствии с ПБ 10-574-03 [15].

Устанавливаются паровые котлы внутри производственных помещений и поэтому могут получить ущерб, если помещение находится в аварийном состоянии. Для того чтобы исключить ущерб, перед установкой котлов необходимо полностью подготовить помещение, проверить все опасные участки и если они находятся в аварийном состоянии провести соответствующую реконструкцию. Повышение устойчивости можно достигнуть благодаря применению для несущих конструкций легких материалов с высокой прочностью. Наиболее эффективным способом является, крепления легких панелей на шарнирах к каркасам колонн сооружений. Под воздействием динамических нагрузок данные панели начнут проворачиваться, что в свою очередь приводит к минимизации материальных потерь производственных помещений. Так же применяются облегченные перекрытия и облегченные кровельные огнеупорные материалы, эффективные при реконструкции старых производственных помещений, так и при строительстве новых. В аварийных ситуациях выбранные конструкции и материалы наносят минимальный вред оборудованию парового котла, чем тяжелые железобетонные перекрытия.

Повысить надёжность оборудования парового котла можно не только путем усиления его слабых элементов, но и созданием помещения в котором будут храниться все нужные комплектующие и расходные материалы, в случае аварии их своевременно заменят на новые, благодаря чему процесс производства пара быстро восстановится.

					13.03.02.2021.404.00.00 ПЗ	Лист
Из	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		54

Переизбыток оборудования паровых и водогрейных котлов за счёт использования автоматики, электронной и полупроводниковой техники, делает их более уязвимыми в тех случаях, когда нарушается нормальный режим работы котла при обнаружении аварийной ситуации. Из этого следует, что должны быть разработаны варианты ручного режима работы и отключения всей водогрейной установки, на время аварийной ситуации, и если это возможно, с последующим вводом в эксплуатацию.

Стабильность работы энергоснабжения парового котла можно повысить благодаря использованию нескольких источников питания, которые будут находиться друг от друга на определённом расстоянии, это позволит исключить их одновременный выход из строя.

К мероприятиям организующим, повышение стабильности управления паровым котлом, относится заранее обученные, подготовленные группы операторов, а так же группы обслуживающего персонала: электрики, сварщики, которые смогут взаимозаменять друг друга без потерь для производства пара и обслуживания котла.

При нехватке операторов, привлекают высококвалифицированных специалистов, разбирающихся в системах управления паровыми котлами. При информировании низкоквалифицированного персонала, о порядке действий в той или иной нештатной, аварийной ситуации, выпускают краткие инструкции с чёткими командами и точным описанием действий при работе с паровым котлом.

По факту возникновения аварийной ситуации начинается техническое расследование причин аварии её возникновения. Техническое расследование причин инцидентов и аварий проводится в соответствии с Положением о порядке технического расследования причин аварий на опасных производственных объектах [32].

Расследование несчастных случаев осуществляется в порядке, установленном Положением об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях [33].

Вывод по разделу восемь

1. В разделе рассмотрены основные мероприятия по созданию безопасных условий труда при эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте оборудования паровых котлов, рассчитаны заземление и освещение места размещения оборудования, даны ссылки на источники, подробно определяющие все важнейшие опасности и действия для их устранения или снижения риска.

2. Основным мероприятием, по снижению уровня негативного воздействия на состояние окружающей природной среды, является организованная утилизация отработанных комплектующих и материалов, очистка сточных вод, снижение вредных выбросов в атмосферу.

3. Мероприятия по повышению устойчивости работы паровых и водогрейных котлов экономически обоснованы, если они максимально увязаны с задачами, решаемыми в период безаварийной работы оборудования, улучшения условий труда, совершенствования технологического процесса

					13.03.02.2021.404.00.00 ПЗ	Лист
Из	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		55

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Создание современных, надежных паровых котлов является сложной научно-технической проблемой, включающей решение задач в области материаловедения, теории механизмов, автоматического управления, машиностроения.

В выпускной квалификационной работе произведён подбор и настройка электрооборудования для вновь создаваемого, специалистами ООО "ЗЗБО", прямоточного водотрубного парового котла промышленного назначения, с учётом последних научно-технических достижений в области теплоэнергетики, современного уровня развития электроники, микропроцессорных средств управления и контроля, средств автоматического регулирования.

Ориентируясь на исходные технические параметры, по результатам проведённых расчётов и анализа теплоэнергетического оборудования и средств автоматики, с учётом критерия "цена-качество", было выбрано следующее электрооборудование и система управления:

- двухступенчатая дизельная горелка TBL 85 P, итальянской фирмы "Baltur";
- питательные насосы MXV 25-214/D, итальянской фирмы "Calpeda";
- контроллер PC470D, российского производителя ООО "Контэл", с сенсорной панелью индикации и управления MT4434TE;
- инвертор "Дельта" VFD022CP43B-21, для управления работой насосов;
- шкаф автоматики ШКА-01-ШСИ-Н-2-2,2-1, датчики давления, температуры, расхода и т.п.

Работа электрооборудования связана единой системой управления на основе управляющего контроллера PC470D.

Разработана и реализована математическая модель прямоточного водотрубного парового котла.

В экономической части произведен расчет экономической эффективности от комплектации бетонных заводов, поставляемых ООО "ЗЗБО" на рынок, паровым котлом ПВГ-1000 собственного производства, показавший экономию в 411417 руб., по сравнению с комплектацией котлом, приобретённым по рыночной цене у стороннего производителя.

В разделе безопасности жизнедеятельности рассмотрены основные мероприятия по созданию безопасных условий труда при эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте оборудования парового котла, мероприятия по охране окружающей среды и предотвращения чрезвычайных ситуаций.

									13.03.02.2021.404.00.00 ПЗ	Лист
Из	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						56

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Каталог. ООО «ЗЗБО». [Электронный ресурс]. – 2021 – //https://zzbo.ru.
2. ПБ 03-576-03. Правила устройства и безопасности эксплуатации сосудов, работающих под давлением. - М.: Научно-технический центр по безопасности в промышленности, 2008. - 188 с.
3. ГОСТ 23172-78. Котлы стационарные термины и определения. . - М.: Научно-технический центр по безопасности в промышленности, 2008. - 112 с.
4. Каталог. «Bosch Thermotechnik GmbH». [Электронный ресурс]. – 2021 – https://www.buderus.com.
5. Белов, А.А. Принципы автоматизации теплоэнергетических процессов. Учеб. пособие для вузов / А.А. Белов. - Новочеркасск: ИД «Политехник», 2015. - 40 с.
6. Каталог. «Baltur S.p.A». [Электронный ресурс]. – 2021 – //http://www.baltur.ru.
7. Эстеркин, Р.И. Котельные установки. Курсовое и дипломное проектирование: Учеб. пособие для вузов / Р.И. Эстеркин. - Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1989. - 280 с., ил.
8. Каталог. «Calpeda S.p.A». [Электронный ресурс]. – 2021 – //http://www.calpedapump.ru.
9. Прайс-лист. ООО «Контэл» от 17.05.2021г. - //http://kontel.ru.
10. Прайс-лист. Группа компаний «Провенто» от 11.05. 2021г. – //https://www.provento-electro.ru.
11. Каталог. ООО «ОВЕН» от 19.05. 2021г. – //https:// owen.ru.
12. ГОСТ Р 52931-2008. Приборы контроля и регулирования технологических процессов. Общие технические условия. - М.: Стандартиформ, 2009. - 28 с.
13. ГОСТ 30804.6.2-2013 (IEC 6100-6-26:2005). Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств, применяемых в промышленных зонах. - М.: Стандартиформ, 2020. - 11 с.
14. Прайс-лист. ООО «Авитек» от 17.05. 2021г. – //https://avitek-i.ru.
15. ПБ 10-574-03. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов. - М.: Научно-технический центр по безопасности в промышленности, 2008. - 216 с.
16. СНиП 21.01.97. Пожарная безопасность зданий и сооружений. – М.: ОАО «ЦПП», 2002 – 36 с.
17. ТР ТС 032/2013. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением». [Электронный ресурс]. - Электронные текстовые данные (1,53 МБ) - 2013 - http://ees.eaeunion.org.
18. Правила устройства электроустановок. 7-е изд. – М.: Изд-во НИЦ ЭНАС, 2002. – 184 с.
19. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Утверждены приказом Минэнерго РФ от 13.01.2003 г. [Электронный ресурс]. - Электронные текстовые данные (684 КБ) – М.: Изд-во стандартов, 2004.

						13.03.02.2021.404.00.00 ПЗ	Лист
Из	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			57

20. ГОСТ 12.1.003-2014. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. - М.: Стандартинформ, 2015. - 25 с.
21. СП 60.13330.2016. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. - [Электронный ресурс]. - 2016 - <https://minstroyrf.gov.ru>.
22. Белов, С.В. Безопасность жизнедеятельности: Учеб. для вузов / С.В. Белов. – М.: Высшая школа, 2007. - 616 с., ил.
23. ПОТ Р М-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00. Межотраслевые правила по охране труда (Правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. – М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2001. – 210 с.
24. Трудовой кодекс Российской Федерации. – М.: Экзамен, 2005. – 192 с.
25. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление [Электронный ресурс]. – Электронные текстовые данные (263 КБ) – М.: Изд-во стандартов, 2001.
26. Кнорринг, Г.М. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Г.М. Кнорринг. – Л.: «Энергия», 1976. - 384 с., ил.
27. Правила противопожарного режима в Российской Федерации. Правительство Российской Федерации. Постановление №1479 от 16 сентября 2020г. [Электронный ресурс]. - <https://www.mchs.gov.ru>.
28. СП 89.13330.2016. Котельные установки. - [Электронный ресурс]. - 2016 - <https://minstroyrf.gov.ru>.
29. СП 12.13130.2009. Свод правил. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. - [Электронный ресурс]. - <https://www.mchs.gov.ru>.
30. Гирусов, Э.В. Экология и экономика природопользования: Учеб. пособие для вузов / Э.В. Гирусов, В.Н. Лопатин. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. - 519 с.
31. Письмо Управления министерства РФ по налогам и сборам от 23.05.2001 г. №03-12/22464 «Об утилизации отработанных нефтепродуктов».
32. Положение о порядке технического расследования причин аварий на опасных производственных объектах. Утверждено постановлением Госгортехнадзора России от 08.06.1999 г. № 40. – 2003 – <http://www.tehlit.ru>.
33. Положение об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях. Утверждено постановлением Министерства труда и социального развития РФ от 24.10.2002 г. № 73. – 2003 – <http://www.tehlit.ru>.
34. Прайс-лист. ООО «Стрела» от 26.05. 2021г. – <https://parogenerator.org>.
35. Прайс-лист. ООО «РЭП» от 26.05. 2021г. – <https://chelyabinsk.kotel-kv.ru>.
36. Прайс-лист. ООО «КД-Урал» от 26.05. 2021г. – <https://energomir.su>.
37. Прайс-лист. «ICI Caldaie SpA» от 26.05. 2021г. – <https://www.icicaldaie.com>.
38. Прайс-лист. ООО «Стрела» от 26.05. 2021г. – <https://kotelprom.com>.
39. СТО ЮУрГУ 04–2008. Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению / составители: Т.И. Парубочая, Н.В. Сырейщикова, В.И. Гузеев, Л.В. Винокурова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 56 с.

					13.03.02.2021.404.00.00 ПЗ	Лист
Из	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		58

40. Плетнев, Г.П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике: Учеб. для вузов / Г.П. Плетнев. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 352 с.

41. Данилов, О.Л. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях: Учеб. для вузов / О.Л. Данилов. – М.: Изд-во МЭИ, 2010. – 188 с.

42. Делягин, Г.Н. Теплогенерирующие установки: Учеб. для вузов / Г.Н. Делягин, В.И. Лебедев, Б.А. Пермяков. – М.: Стройиздат, 1986. – 559 с.

43. Зайцев, В.А. Промышленная экология / В.А. Зайцев. – М.: БИНОМ Лаборатория Знаний, 2012. – 382 с.

44. Калыгин, В.Г. Промышленная экология: Учеб. пособие для вузов / В.Г. Калыгин. – 4-е изд., перераб. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 432 с.

45. Краецкая, О.Ф. Экология промышленных технологий / О.Ф. Краецкая, И.Н. Прокопеня. – Минск: БНТУ, 2014. – 107 с.

46. Кудинов, А.А. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях / А.А. Кудинов, С.К. Зиганшина. – М.: Машиностроение, 2011. – 374 с..

47. Тарасюк, В.М. Эксплуатация котлов: Практическое пособие для оператора котельной / В.М. Тарасюк, под ред. Б.А. Соколова. – М.: ЭНАС, 2008. – 272 с.

					13.03.02.2021.404.00.00 ПЗ	Лист
Из	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		59

Приложение А

Реализация работы парового котла в программе динамического моделирования

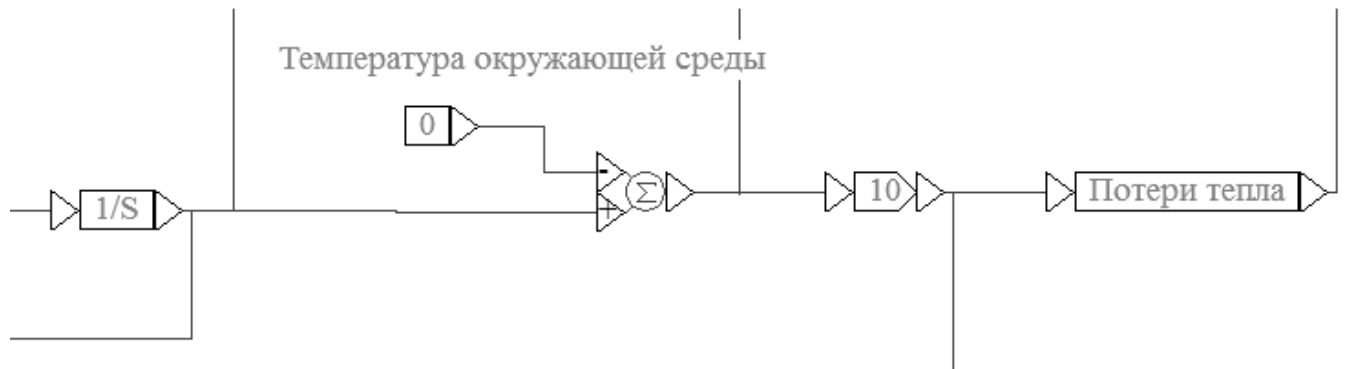


Рисунок А.1 – Блок реализации внешней температуры

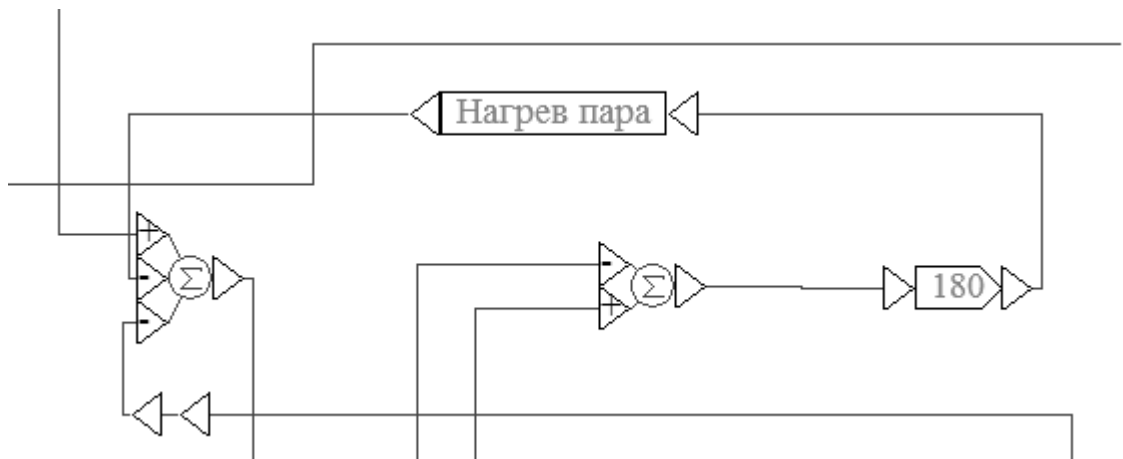


Рисунок А.2 – Блок реализации нагрева пара

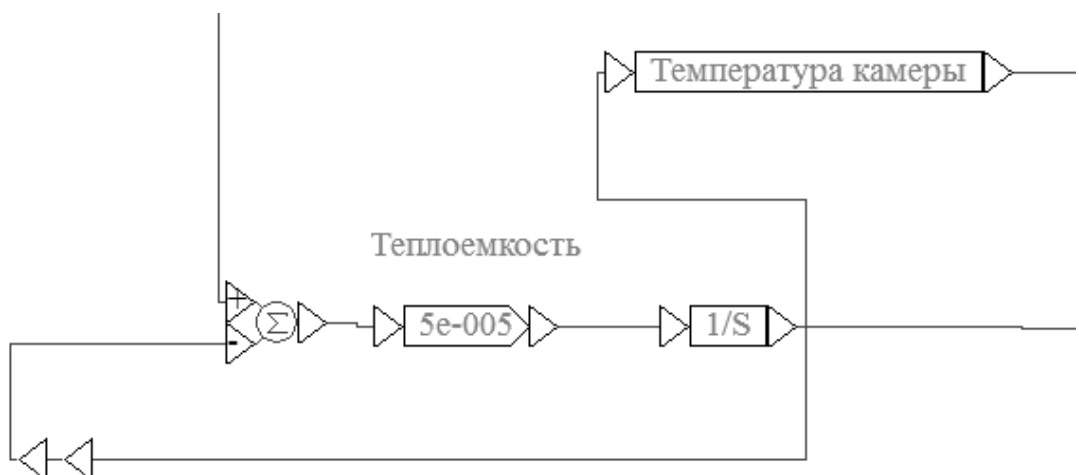


Рисунок А.3 – Блок, реализующий потери связанные с теплоёмкости котла