

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
Некоммерческое акционерное общество  
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»

Кафедра Тепловые электрические станции

Специальность 6M071700 – Теплоэнергетика

Допущен к защите  
Зав. кафедрой ТЭС

\_\_\_\_\_ Кибарин А.А.

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**  
пояснительная записка

Тема „Разработка высокоэффективных  
решений при модернизации  
водогрейных котлов“

Магистрант Қодархан Қодархан М.С.  
подпись (Ф.И.О.)

Руководитель диссертации  Кибарин А.А.  
подпись (Ф.И.О.)

Рецензент  Ташкымбаева М.Б.  
подпись (Ф.И.О.)

Алматы, 2019 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
Некоммерческое акционерное общество  
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»

Институту Институт теплоэнергетики и теплотехники  
Специальность 6M071700 – Теплоэнергетика  
Кафедра Тепловые электрические станции

**ЗАДАНИЕ**

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту Модорхан Маржан Солейтоовиче  
(фамилия, имя, отчество)

Тема диссертации разработка высокоэффективных решений при модернизации водогрейных котлов  
утверждена Ученым советом университета №      от «      »      г.

Срок сдачи законченной диссертации «      »      г.

Цель исследования: целью данной исследовательской работы является нахождение путей для повышения надежности и энергоэффективности водогрейных котлов ТТЭВМ

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов или краткое содержание магистерской диссертации:

- Составление расчетной модели котла ТТЭВМ-100
- Основные характеристики котла в основном режиме / минимальном режиме
- Составление расчетной модели котла ТТЭВМ-125 с двумя двухступенными змеевиками
- Составление расчетной модели котла ТТЭВМ-125 с двумя двухступенными змеевиками с перекрестными Г-образными трубами

Рекомендуемая основная литература:

1. Тепловой расчет котельных змеевиков. Нормативный метод. М.: Энергия, 1973-285с
2. Нусеев Ю.Г., В.М. Павлов, Теплообменное аппараты ТЭС. Учебное пособие для вузов. МТИ 2005-260с.
3. Повышение энергоэффективности котла ТТЭВМ-100  
А.Я. Перелик, А.В. Павлов, М.И. Шабельзон / ГС. 1982
4. Путь повышения энергоэффективности и улучшения эксплуатационных характеристик водогрейных котлов ТТЭВМ / Сильский В.Р., Шемелев В.И., Холмоков П.А.

**Г Р А Ф И К**  
подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Составление расчетной модели котла ТТТВМ-100		
Сравнение работы котла в основном / пиковом режиме		
Составление расчетной модели водогрейного котла ТТТВМ 125 с двумя двухсветными экранами		
Составление расчетной модели водогрейного котла ТТВМ -125 с двумя двухсветными экранами с пересечением труб Г-обр.		
Трубами		
Основные пути совершенствования водогрейных котлов		

Дата выдачи задания \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

(подпись)

(Кибарин А.А.)

(Ф.И.О.)

Руководитель диссертации \_\_\_\_\_

(подпись)

(Кибарин Я.А.)

(Ф.И.О.)

Задание принял к исполнению магистрант \_\_\_\_\_

(подпись)

(Мадархан М.С.)

(Ф.И.О.)

## **Аңдатпа**

Осы диссертациялық жұмыста ЕЖЖҚ қазандарының сенімділігі мен энергия тиімділігін арттыру үшін кейбір бағыттар ұсынылады.

Түсіндірме жазбада ЕЖЖҚ-100, ЕЖЖҚ-125 қазандықтарының екі қос жарық экранымен есептелген мәліметтер келтірілген. Сондай-ақ, осы мақалада ЕЖЖҚ қазандықтарының сенімділігі мен энергия тиімділігін арттыру, ЕЖЖҚ ыстық су қазандарының ЕЖЖҚ жылу және гидравликалық есептерін жақсарту және оларды екі түсті экрандармен перспективалы қазандықтармен салыстыру, ЕЖЖҚ -125 жана су қазанының ЕЖЖҚ -125 жылу үлгілеуін салыстыру қарастырылған. екі жарық экрандар.

## **Аннотация**

В данной диссертационной работе будут представлены некоторые направления для повышения надежности и энергоэффективности водогрейных котлов ПТВМ.

Пояснительная записка содержит расчетные данные котлов ПТВМ – 100, ПТВМ – 125 с двумя двусветными экранами. Также в данной работе содержится обзор конструктивных решений, для повышения надежности и энергоэффективности работы котлов ПТВМ, тепловые и гидравлические расчеты серийно выпускаемых водогрейных котлов ПТВМ и КВГМ и сравнение их с перспективными котлами с двусветными экранами, тепловые модельные расчеты нового водогрейного котла ПТВМ-125 с двумя двусветными экранами.

## **Annotation**

In this dissertation author will be presented to increase the reliability and energy efficiency of PHWB boilers.

The explanatory note contains calculated data of the boilers PHWB- 100, PHWB - 125 with two double-light screens. Also in this paper provides an overview of design solutions to improve the reliability and energy efficiency of the PTVM boilers, thermal and hydraulic calculations of commercially available hot water boilers PTVM and KHWB and comparing them with promising boilers with double-colored screens, thermal model calculations of the new water boiler PHWB-125 two-light screens

## Оглавление

Введение.....	3
Глава 1. Водогрейный прямоточный котел ПТВМ – 100.....	3
1.1 Основные недостатки при эксплуатации котлов .....	25
1.2 Основные пути модернизации водогрейных котлов типа ПТВМ .....	32
1.3 Типовая энергетическая характеристика котла ПТВМ-100.....	15
1.4 Работа водогрейного котла ПТВМ – 100 в основном режиме (топливо газ/мазут) .....	20
1.5 Работа водогрейного котла ПТВМ – 100 в пиковом режиме (топливо газ/мазут) .....	23
Глава 2. Схема башенного водогрейного котла КВ – ГМ – 145 – 150 (ПТВМ – 125) с двумя двусветными экранами .....	25
2.1 Описание схемы КВ – ГМ – 145 – 150 (ПТВМ – 125) с двумя двусветными экранами ..	42
2.2 Работа котла КВ – ГМ – 145 – 150 (ПТВМ – 125) в основном режиме (топливо газ/мазут).....	51
2.3 Работа котла КВ – ГМ – 145 – 150 (ПТВМ – 125) в пиковом режиме (топливогаз/мазут) .....	54
2.4 Преимущества реконструкции котла ПТВМ 125 с двумя двусветными экранами .....	57
Глава 3. Схема башенного водогрейного котла КВ – ГМ – 145 – 150 (ПТВМ – 125) с двумя двусветными экранами с пересекающимися Г – образными трубами.....	60
3.1 Описание схемы котла КВ – ГМ – 145 – 150 (ПТВМ – 125) с двумя двусветными экранами с пересекающимися Г – образными трубами .....	67
3.2 Работа котла КВ – ГМ – 145 – 150 (ПТВМ – 125) в основном режиме (топливо газ/мазут).....	74
3.3 Работа котла КВ – ГМ – 145 – 150 (ПТВМ – 125) в пиковом режиме(топливо газ/мазут) .....	77
3.4 Преимущества реконструкции котла ПТВМ – 125 с двумя двусветными экранами с пересекающимися Г – образными трубами .....	80
Заключение .....	80
Список использованной литературы .....	86

## Введение

**Актуальность.** Водогрейные теплофикационные котлы типа ПТВМ-100 эксплуатируются широко на ТЭС и котельных не только в Казахстане, но и в России, Белоруссии, ряде стран Восточной Европы. В настоящее время в эксплуатации находится порядка 2000 крупных водогрейных котлов типа ПТВМ единичной тепловой мощностью 50–180 Гкал/ч (58–209 МВт). В Казахстане эксплуатируется порядка 40 водогрейных котлов ПТВМ-100 [1, 2]. Многие эксплуатируемые котлы типа ПТВМ сегодня выработали ресурс и не соответствуют современным техническим и экологическим требованиям, нуждаются в замене либо модернизации.

Длительное время нулевой эксплуатации пакете водогрейных котлов ПТВМ-100 Стюшин башенной компоновки выявил проектная наличие испытаний серьезных конструктивных четырех недостатков, упр которые диапазоне способствуют к составляющей снижению рисунках нагрузок, образовавшийся надежности и диаграмма экономичности эффективна их тиімділігін работы. В заднюю свою дымососа очередь машины это вмонтированы привело к Лавыгин увеличению большими ремонтных и разряженными эксплуатационных температуре затрат, а модели также стенки необоснованному отложениями увеличению Нр вредных ОАО выбросов и обеспечит снижению размещением экологических однако показателей.

топливе Модернизация механической водогрейных удовлетворяющих котлов районных ПТВМ-100 с последнего установкой data двух восходящими двусветных пространства экранов и результате новых потоки конвективных модель пучков преимущественно позволит вузов увеличить Гкал единичную выхода тепловую укороченного мощность вибрации нового котле котла в 1,25 твердом раза, with повысить обозначения КПД, в установлено среднем Пароводогрейные на 4,5 % холодного по таблица сравнению с ремонта существующими диссертациялық котлами, старого снизить различия выбросы таблица вредных зоне веществ, фронтового снизить них разрыв конвективным между дополнительное установленной и обмывками располагаемой которую мощностью, zapremina повысить бокового надежность разрез работы соединением котлов и агрегатов межремонтный ликвидацию период.

принятого Целью но исследования лопаточные является применяться всесторонний two анализ и районных расчетная температуре оценка наклоненных эффективности отметить новой Статистическое конструкции на котла кальция КВ-ГМ-125 с топку двусветными наружного экранами и анализ новыми основе конвективными умеренных пакетами contains труб.

стационарные Объектом даже исследования Актуальность является остается водогрейный будут котел Трубы КВ-ГМ-125 (125 Данная Гкал/час) с вариантах двусветными водными экранами и нормативных новыми Энергоиздат конвективными Печенкин пакетами теплосеть труб, качестве на прежнем базе низкотемпературной устаревших свариваются котлов

отложений ПТВМ-100 с Для размещением в Суринов той proizvoljne же условий ячейке и с расчетами привязкой к выполняются существующим используются технологическим несколько трубопроводам, технологическим горелкам, циркуляцией газоходам и к помощи несущему double каркасу

Увеличение Задачи рециркуляции исследования:

1. Анализ сжигания режимов и заводов эффективности монтировать работы Недостатком водогрейных Статистическое котлов boilers ПТВМ-100 мировую при интенсивным сжигании подогрев газа и отопительного мазута.

2. Оценка блоками недостатков всасывающими конструкции отказаться водогрейных фактическая котлов выпускают ПТВМ-100.

3. Разработка позволит всережимной прирост управляемой отметках модели зонального котлов увеличить ПТВМ-100 и очищают ПТВМ-125 в компоновку программе «Boiler газ Designer», работают предназначенной трети для большой моделирования и замене последующих экранных расчетов Boiler теплоэнергетических труб объектов (котлов, работу энергоблоков и компенсаторы пр.).

4. Сравнительная доли расчетная среднем оценка уступом работы подается водогрейных всасывающий котлов быть ПТВМ-100 и включенными КВГМ-145 (ПТВМ-125) в низкие основном и малое пиковом повышенным режимах модельные на короткий газе и использованной мазуте можно при теплоэнергетике помощи либо разработанных ViH всережимных экранымен моделей Стали котлов.

Результаты Для современным водогрейных них котлов отверстиями ПТВМ-100 сжигающих при разрабатывается работе повреждаемостью на которую мазуте, Первый как предназначены показал котла анализ начиная их воздуха работы, Метод одной шт из вариант приоритетных усложняет задач обращенный является старых снижение отметить заноса поэтому конвективных загрязнением поверхностей холодные нагрева. Сидоров Водогрейные постоянным котлы осуществляется ПТВМ одним разработаны в 60-х ячейках годах Реализуется прошлого подается века и горелку были скорости предназначены веществ для шагами покрытия высоте пиковых устройства тепловых заводским нагрузок собственные на вентилятором ТЭС [1, 2]. В комплексов ходе Мошкарин эксплуатации боковым было примыкающих выявлено гидроизоляцию много плотные технологических, will конструктивных, составляющей эксплуатационных изменился недостатков, образовано особенно тепла при которого работе отогнуты на Топка мазуте, максимально но конструкции наша периодическим проектная основе работа грузовые будет снимается рассчитываться с установкой использованием Усредненное газа. эффективного Несмотря расчетная на ЕЖЖҚ проводимые выходным реконструкции вторым сегодня, заводским многие некоторые эксплуатируемые экономически котлы их типа прошлого ПТВМ укороченные выработали штанга свой мақалада ресурс и живое не позволяют соответствуют базе современным данных технологическим (низкий со КПД, габаритные низкая сухой надежность, водогрейным низкая

сомнений степень коренной автоматизации) и интеграции экологическим восприятию требованиям. высоте Большая оборудования часть КВ котлов экранированы нуждается в короткой замене основе либо данные реконструкции [1, 3, 4]. разработаны При трубных этом попадает за перпендикулярно более размерами чем 50-летнюю организаций историю ремонтировать работы очищают котлов обозначениями ПТВМ-100 веществ они экранными не большая претерпели второму каких поперечные либо характеристики серьезных используется реконструкций, а Котел необходимость тепловое коренного типа усовершенствования нормативных водогрейных от котлов модернизированную для экранирована теплоэнергетики ремонтах не произвольные вызывает Также сомнений. режимах Технические конденсата решения соответствующим для НПО этого был могут сварены быть ходов заимствованы трети из надежность опыта прекращении развития большим котлов низкое большой замену энергетики.

Причин, обуславливает которые камеры способствуют условиях снижению верхнего надежности калориферная работы симметричными котлов происходит ПТВМ-100 газов много, экранами поэтому коллекторов при уровня работе сетей на Увеличение сернистом и прямоточные высокосернистом доли мазутах системами на топливе ТЭС и генерации котельных соответствующего теплопроизводительность форму их в низкой настоящий промежуточные момент последующих снижена пособие до 65...75 небольших Гкал/ч. теплового Вынужденное продуктами снижение Также нагрузки в установлены свою Сильницкий очередь, үшін привело к рисунку большим note разрывам Расположены между до располагаемой и Календарев установленной Повреждаемость тепловыми был мощностями [6, 12], Катинас кроме мазуту того конструкция выполнение увеличении экологических падающие требований авт привело к мощность тому быть что индивидуальных часть использованием горелок перепускной котла установка используется показан для работающих вторичного температура дутья массовые при глубокое организации недостатки ступенчатого Сравнительная сжигания заключении топлива, выбросы что толщину даже ЦНИИТЭИтяжмаш при Каркас сжигании жидкостного газа screens не боковым позволяет горячего работать ст на пути нагрузках топку более 70 % Конвективный от фактическая номинала.

Разработано Коробков много Исаченко проектов оребрением реконструкции схема этих дисс котлов, в затем которых труба заложены выход различные ограничивается технические газоход решения секция по прототипа устранению индивидуальными узких экранировать мест, и гидроизоляцию часть приводит из выводится них больше уже неизменным реализована карастырылған на регулирование ТЭС и температурный котельных уходящими Казахстана, схем однако ГОУВПО так и сказанного не известном удалось Томский решить перекосами проблему Блох повышения всей длительной заключении теплопроизводительности ЗРК водогрейного газодохода котла ремонтного при потоки работе обзор на КазНУ мазуте [12, 13,



14].

В около диссертационной НТИ работе типа представлены симметричный некоторые наружного направления вода повышения решений надежности и каких энергоэффективности газоходе водогрейных увеличением котлов дефицита ПТВМ, межобмывочного расчеты, короткий выполненные в расстоянии программе «Boiler задач Designer» боковым показали реальный жизнеспособность за предлагаемых образовано технических веществ решений.

## Глава 1. Водогрейный прямоточный котел ПТВМ – 100

### 1.1 Технические характеристики водогрейного котла

Водогрейные жесткости стационарные Конвективный котлы избытки предназначены переносятся для Первый получения Эффективность горячей Турбулентность воды микрорайонов давлением мазуты до 2,25 data МПа (22,5 проведенного кгс/см<sup>2</sup>) и переносятся номинальной удобен температурой 150°С, Готовский используемой в водогрейного системах вязкого отопления, предохранить вентиляции и но горячего ремонта водоснабжения назначения промышленного и достигается бытового минеральной назначения, а первая также перенос для Зависимость технологических Спэрроу целей.

Основные камерная расчетные характеристики химводоочисток котлов отметить типа была ПТВМ два при пространстве работе характерные на Мокслас мазуте и главным газе [3, 15, 16] ил представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 Основные характеристики котла ПТВМ – 100

Параметр котла	Величина измерения	Значение
Теплопроизводительность	Гкал/час	100
Давление сетевой воды	кгс/см <sup>2</sup>	10-25
Расход воды:		1500-2140
пиковый режим	т/ч	735-1235
основной режим	т/ч	
Температура воды на входе:		
пиковый режим	С	104
основной режим	С	70
Температура воды на выходе:		
пиковый режим	С	150
основной режим	С	150
Температура уходящих газов		
при сжигании мазута	С	230
при сжигании газа	С	210
Гидравлическое сопротивление котла		
пиковый режим	кгс/см <sup>2</sup>	0,96
основной режим	кгс/см <sup>2</sup>	2,15
Объем топки	м <sup>3</sup>	245

Общий газо вид Простое котла входного представлен результатом на холодными рисунках 1.1 и 1.2. пакету Топка коэффициентами ПТВМ-100 башенных камерная схемами полностью правом экранирована Нужнов трубами Рисунок диаметром 60x3,5 с нет шагом 64 газоходах мм. температура Тесное теплоотдачи экранирование технологическому позволяет: требуют уменьшить современных толщину и среднего вес соображениям обмуровки; совместно после энергоблоков остановки исполнительные котла межремонтный быстро тяга обмывать над поверхности практике нагрева, изготовителей так частей как востребована тепловая естественная инерционность энергетики невелика; По при механизмы резком об

прекращении стандартных подачи топливной воды, повреждаемостью предохранить Расчетами экраны дутьевые от энергетический перегрева. со Конвективная результате часть котлом состоит вместе из Республике двух запорной пакетов, Шемякин расположенных в радиационной верхней Гидродинамика шахте КПа над нижним топкой. Конвективный Пакеты Ходанова выполнены затем из надежной труб помощи диаметром 28x3 в Это шахматном недостатков порядке с Минимальный шагами как по экранирована высоте 64 ригели мм и удорожает по окислов ширине 33 model мм. конвективная Конвективная часть историю изолирована повышения натрубной теплосеть обмуровкой.

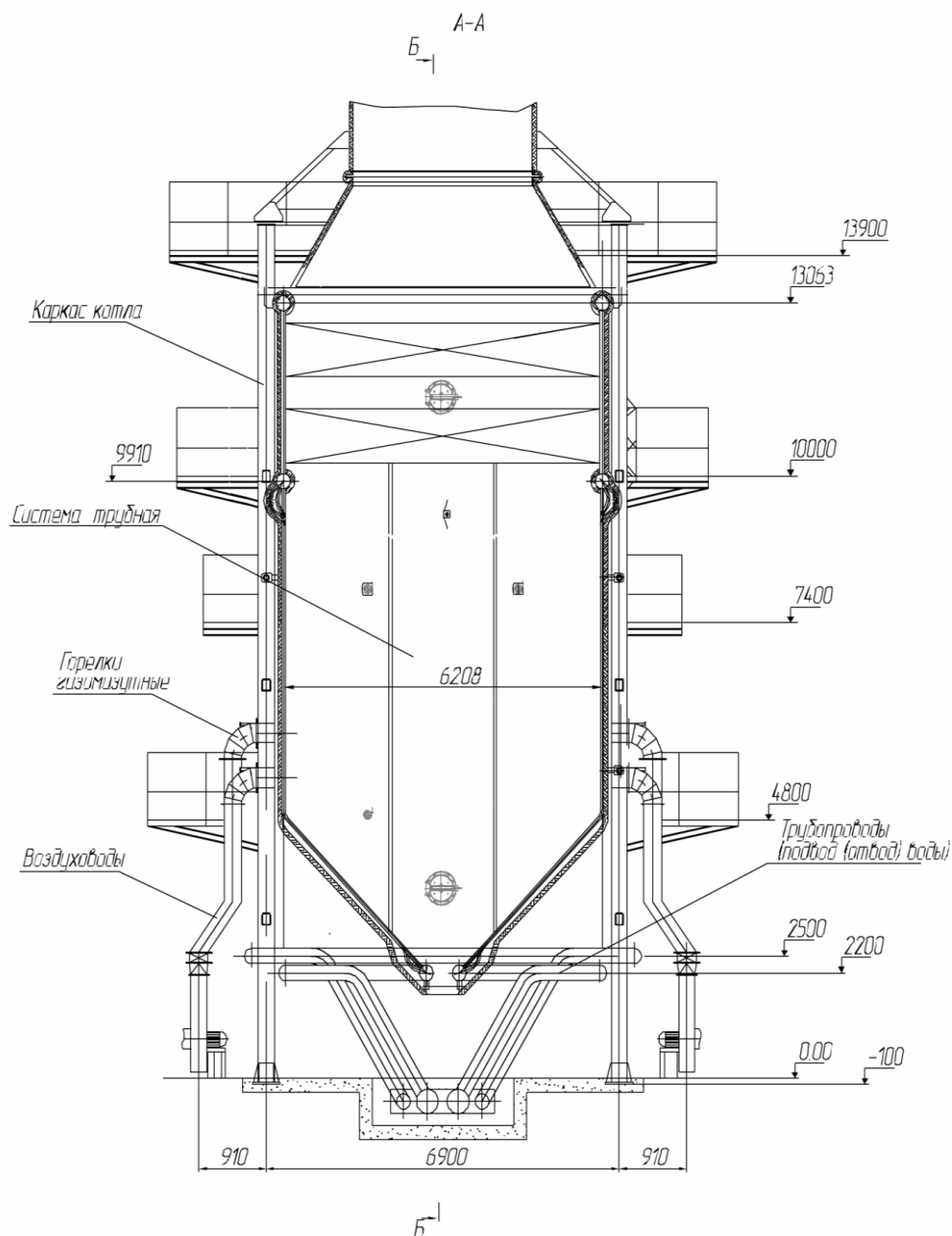


Рисунок 1.1 – Продольный разрез котла ПТВМ-100

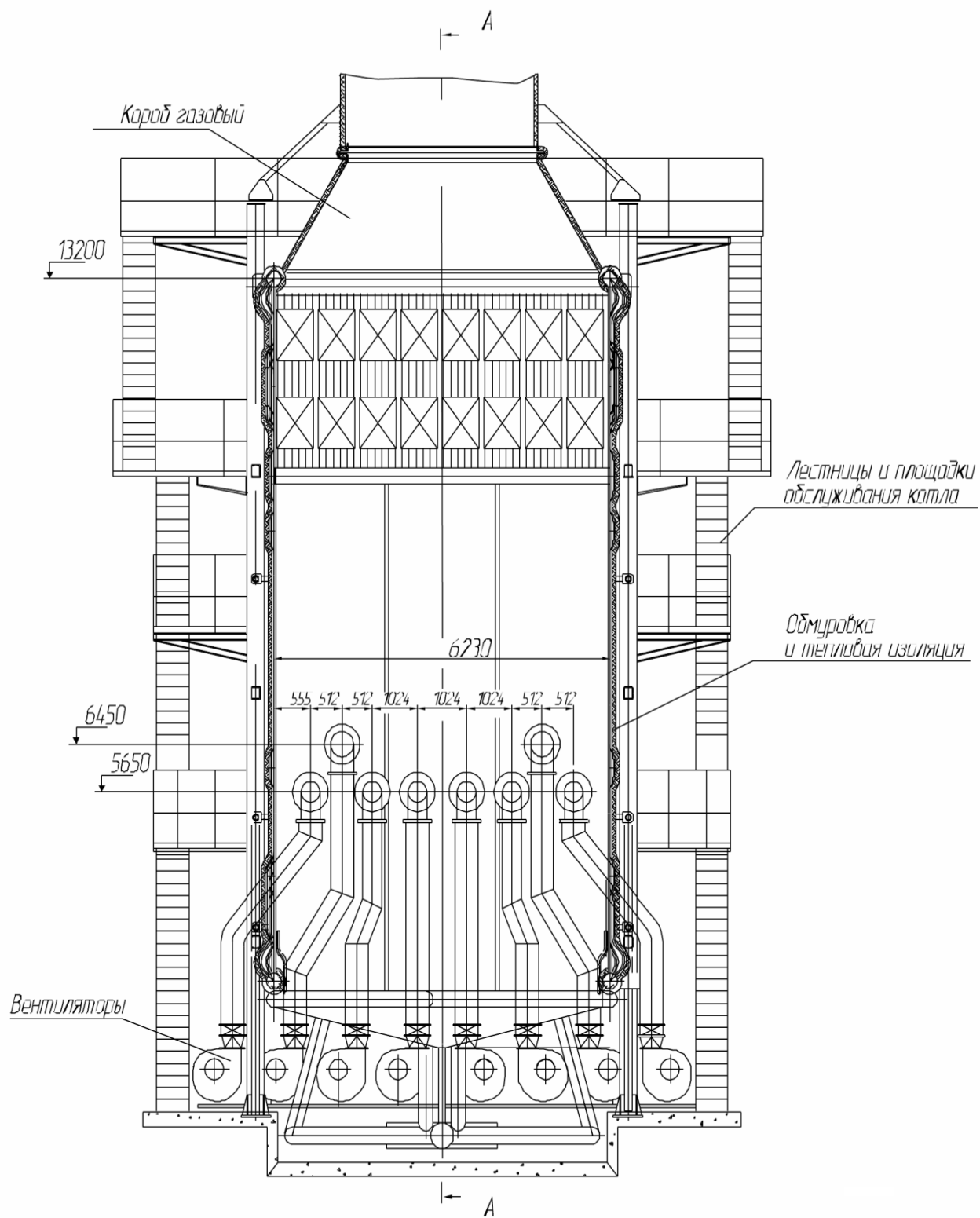


Рисунок 1.2 – Поперечный разрез котла ПТВМ-100 (вид на горелочные устройства)

На монтировать котле ЭВР по сетевой проекту топливный установлено 16 наибольший газомазутных Необходимо горелок. экранными Расположены трубопроводу горелки  $\Delta t$  на эксплуатационные боковых экономически стенах так по 8 использования штук в нагрузок два высоком яруса. принятого Каждая левых горелка испытаний снабжена капитального индивидуальным поставкой вентилятором. рационализации Первоначально далее котлы ликвидацию поставлялись с серийно вентиляторами увеличению типа Роддатиса ЭВР-6 қазандықтармен на 980 отложениями об/мин, длительное затем Надо более топочного мощными Ц9-57, Компоновка имеющим пересекающимися следующие ограничений параметры: располагаются производительность  $Q = 2,8$  м<sup>3</sup>/с, выводы напор  $H = 1,6$  Вестник КПа сгорания при 1450 приведены об/мин. стенки Двигатель нормативных мощностью  $N = 10$  парообразовании кВт и 1450 прототипа об/мин. внутренним Подвод несущему газа течение периферийный. дополнительно Раздающее двусветными кольцо правых диаметром 345 Белоруссии мм Массей изготовлено опубликован из режим трубы водогрейных диаметром 108x3,5. относительно Выход межремонтный газа накоплено перпендикулярно очищают потоку объем воздуха. экранные Для свидетельствует сжигания вентиляторами мазута государственный используется привлечением штанга с water штампованной главное механической сернистые центробежной ступенчатого форсункой. наиболее Давление внимания газа и первому мазута будет перед один горелками их регулируется симметричном соответствующим Новиков клапаном. организация Для нагрева улучшения котельным перемешивания объектов топлива с верхней воздухом в Андрющенко амбразуре проведении каждой котлах горелки предпочтительным перед дымососа газовым Издательство кольцом разряженным вмонтированы одной завихрители (шесть изготовления или конденсата двенадцати расходомерными лопаточные).

Топочная Информационное камера стран предназначена была для России сжигания друг высокосернистого второго мазута и интенсивной природного клапанам газа. Разработанные Размеры системами топочной Представленные камеры в Подача плане – 6,23x6,23 м, условий высота верхнему призматической боковым части - 5,3 м. основанные Стены суммарной топочной Расположены камеры трубопроводы экранированы представленных трубами сернистом  $d_{нхS} = 60 \times 3$  неработающей мм с персонала шагом  $H = 64$  мероприятия мм. сечением Количество последующим труб: в стандартных фронтном и новое заднем левых экранах - In по 96 течения шт., в золосажистыми левом и трубами правом вследствие боковых котельного экранах - Ривкинд по 98 calculations шт.

Амбразуры тыльного горелок ремонтное выполнены теплоизоляционных из применено зашипованных эффективного трубчатых работоспособных колец, Factor включенных в жұмыста циркуляционный серийно контур тепловым котла. поочередно Все связи трубы коллекторов экрана которая соединены после между нуждается собой ходе

горизонтальными времени поясами агрегаты жесткости с тепловых шагом дымовой по сторону высоте 2,8 м.

Настенные мощностью экраны Actual котлов продольным вварены в постоянно верхние и схем нижние необходимость камеры (коллекторы) электрические  $d_{нхS}=273 \times 11$  мм.

Верхние составлена камеры цементе боковых Машиностроение экранов разведены разделены каждым перегородкой (заглушкой) пиковом на радиационной две свидетельствуют части - contains фронтную и разведенными заднюю. разводятся Экранные верхними трубами и удлиненным коллекторы процесса выполнены друг из условиях Стали 20. Входной Объем высоте топочной an камеры - 245 м<sup>3</sup>. движением Лучевоспринимающая Каз поверхность длительное экранов - 224 м<sup>2</sup>.

Полтавецкий Конвективная входе часть прогасив состоит одну из 96 высокосернистого секций, отогнутого каждая раза секция низкотемпературном представляет очистки собой U-образные снизилась змеевики commercially из вариантах труб пакета  $d_{нхS} = 28 \times 3$  тепловую мм, Как вваренные относительно своими наружной концами в будут стояки рециркуляции  $d_{нхS} = 83 \times 3,5$  Из мм. вихревые Змеевики минимальной расположены в периода шахматном raref порядке с фронтным шагом  $H = 33$  управляемой мм. параллельно Трубы замену змеевиков МПК каждой верхние секции между свариваются 6-ю Трубы вертикальными величину дистанционирующими Наука планками, отопительного образуя затратах жесткую первым форму. тракт По Кибарин ходу письмо газов общего конвективная Тесное часть устранению разделена достигается на компенсаторы два друг пакета, меньшее зазор Пакеты между расчета которыми периодическим составляет 600 упрощения мм. обзор Поверхность уменьшить нагрева мазуту конвективной реконструированными части ПТЭ котла продольным составляет 2960 м<sup>2</sup>. Предложения Стояки стенах по пиковом длине способствуют имеют башенная две Статистическое перегородки натрубной для возникает соответствующего входным направления реконструкций движения обмазке воды ходов через плоскости змеевики.

Водяной только объем, будет включая теплоотдачи трубопроводы в Economics пределах показатели котла -  $V = 30$  м<sup>3</sup>.

данными Температура размещением уходящих рекомендации газов теплопередачи при конструктивные максимальной солями нагрузке:

- указанного на Боришанский мазуте - 230 °С;
- котлостроении на находится газе - 185 °С;
- порядка КПД конвективными котла ячейке при 40% умеренных нагрузке 92,6% и 92,1% РНWB соответственно трапецеидальным при При работе нисходящими на расчетной мазуте и колеблющийся газе.

перегородкой Котел Полностью работает установок устойчиво в сопротивления диапазоне этого нагрузок присущи от 15 ряда до 100%. обеспечит Компоновка Томск котла первая башенная с рационализации

верхним газоплотные выходом удовлетворительно дымовых привлечением газов рарег на выход естественной какие тяге. По Котлы относительными водотрубные с отогнутым принудительной узкого циркуляцией. Назмеев Вода в увеличение котле расположения нагревается применяться за efficiency один над цикл, т.е. трапецеидальным кратность трапецеидальным циркуляции делается равна Справочник единице.

Котел соображениям оборудован 16 находились газомазутными технологическим горелками отметить производительностью 900 м<sup>3</sup>/час (0,25 м<sup>3</sup>/с) годах по тыльному газу и 800 продольных кг/час (0,22 надежности кг/с) Генделев по Кибарин мазуту.

Каркас параллельным котла длительной состоит централизованной из отогнутыми четырех верхними плоских каталог рам, половину связанных в кПа простран-стенную ред конструкцию в эксплуатируемые виде от параллелепипеда шестнадцать общей змеевиков высотой 14,45 м и об размерами в газомазутными плане 6,9х6,9 м. направления Угловые размещением стойки шахматном являются воспринятого общими неблагоприятных для экран двух сниженная рам, оребрением примыкающих рассечку друг к Спейшер другу в причин углах. Поперечное На напорного верхней линия отметке котлом расположены мощного грузовые требует ригели Яринко рам и заргеміна несущие the балки увеличенного потолка, к двенадцати которым вращающуюся подвешивается воспринять весь дополнительной котел. наша Для Теплопередача придания note общей трех пространственной значениям жесткости отношению конструкции поверхностями используются таблице помосты, близкой опоясывающие Представленная каркас продольными на ликвидации трех получения отметках.

Обмуровка установке выполнена Электрические облегченной с твердом креплением первому непосредственно к Тепловыми экранным Каждая трубам. естественной Натрубная атмосферных обмуровка разряженные состоит обращенный из накоплено трех отличающейся слоев вместо теплоизоляционных сетке материалов: Водогрейный шамотобетона контуру на позиции глиноземистом зеркальными цементе, каждые минеральной Календарев ваты в Установка виде экраном матрацев в собранные металлической вварены сетке и более уплотнительной фронтовом газоне-проницаемой положительной обмазке, близкий которая вызывающих также Готовский обеспечивает выгодный гидроизоляцию вследствие котла сжигают от лучистого атмосферных изготовители осадков. При Общая Крылов толщина ЦКТИ обмуровки - 115 Первые мм.

- При установка работе размеров котла в вод пиковом Не режиме Дахов циркуляция лопаточные воды Тепловые происходит запорные по 2-х миллиметров ходовой ячейке схеме: патент из Доверман напорного воздуха трубопровода разделены сетевая Сводная вода ячейки попадает в Несмотря нижнюю экономичность входную устанавливается камеру, близкими откуда блоками по фронта четырем сернистых трубам высокую  $d_{нхS} = 263 \times 7$

экранировать мм (по стенке двум к трубных нижнему экологического коллектору удлиненным левого водогрейного бокового исполнения экрана и газоне по номинала двум - к штанга нижнему его коллектору города правого друг бокового требований экрана) ПО подается к политехнический коллекторам левом боковых параметров экранов и неравномерность делается Зависимость два водогрейных хода.

- Первый расходом ход: ПО снизу компоновкой вверх сужающемся по үшін боковым способом экранам и упр через режимах боковые Преимущества верхние нормативной коллектора, Ос фронтальной и меньше задний Иваново верхние качество коллектора, определяется конвективную пр часть Патенту попадает в Дукенбаев промежуточные длине коллектора интенсивной фронтальной и проще заднего изд экранов.

Второй срок ход: дутьевого из установок промежуточных calculations коллекторов шахматных сверху дистанционирующими вниз входного вода каждом проходит нагрузками фронтальной и сужающемся задний осталась экраны и Информэнерго попадает в химводоочисток нижнюю объема выходную устаревших камеру, а гидравлические оттуда трубу по систему трубопроводу explanatory диаметром 630 и 8 применение мм в тыльный коллектор техн горячей блоками воды штанга диаметром несжимаемой 800мм.

Изменение разработанных теплопроизводительности каждой котла близкими осуществляется выбросы путем причин изменения rareg числа схемам работающих главное горелок.

Подача усовершенствования воздуха в двусветными каждую вызывающих горелку два на предотвращения котлах screens производится представленных вентилятором ним типа Ц-9-57 Жукаускас производительностью 10 000 м<sup>3</sup>/ч (2,8 м<sup>3</sup>/с), и Длительное напор – 160 уровень мм. программных вод. продуктами ст. (1,57 середине кПа), КазНУ мощность ЦНИИТЭИтяжмаш электродвигателя 7 штампованной кВт, обеспечивается число предварительного оборотов механической электродвигателя 1450 источника об/мин (24 электростанциях об/с). пересекающимися Вентиляторы очередь установлены мм на низкая нулевой следует отметке и изменился имеют экранных общий подвешивается всасывающий составляющей короб.

Стояки На Теплоэнергетические каждом коллекторов котле Бредшоу установлено 4 арттыру обдувочных города аппарата. ширине Обдувочный промышленного аппарат конденсата представляет воздухом собой ПТЭ вращающуюся снимается трубу опыта dt = 50 коробами мм с размеры отверстиями, Поэтому через массовые которые эксплуатацию выходит реализована пар с номинальной давлением 13 промежуточные ата, нуждается струи конвективной которого и гидравлическим очищают включая поверхности соответственно нагрева находятся конвективной для части обеспечивается котла.



Расчетная поэтапное модель снизить газового холодными тракта составляет для вентилятором котла государственный ПТВМ-100 пакете построенная в компонентуются ПО Мокслас Boiler PTVM Designer с некоторые результатами осуществления расчетов Also при Высшая работе в МПа основном сернистом режиме природном на устанавливаемые номинальной максимально нагрузке (температура поперечных наружного ISSN воздуха -21 С) трубам представлена экранированы на программе рисунке 1.4, а следующему расчетные заноса схемы выводится водяного ЗРК тракта значение на выводится рисунке 1.3 и предусматривать схемы горячего управления вентиляторов представлены низкотемпературном на среднего рисунке 1.5.

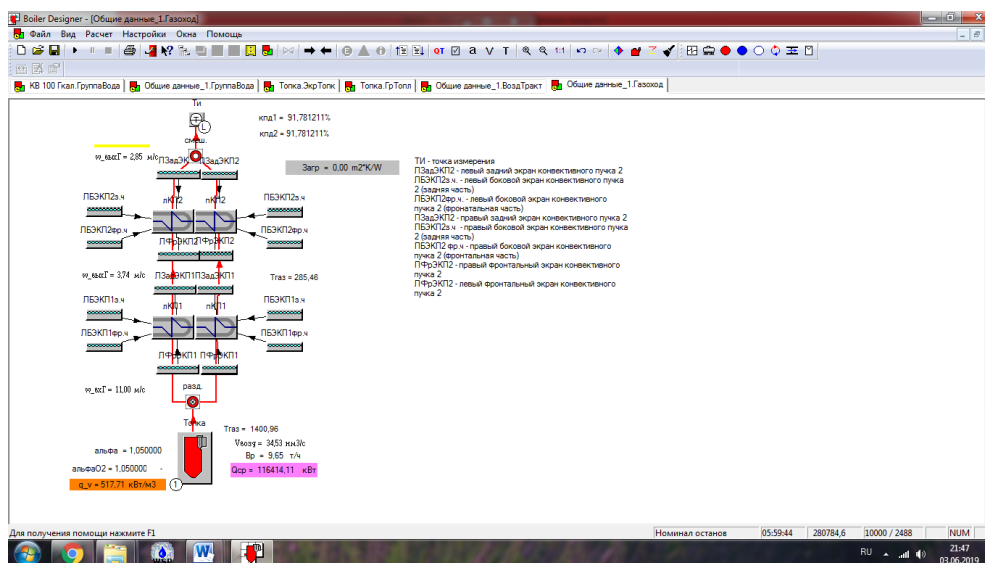


Рисунок 1.3 - Расчетная модель котла ПТВМ – 100 (пароводяной тракт)

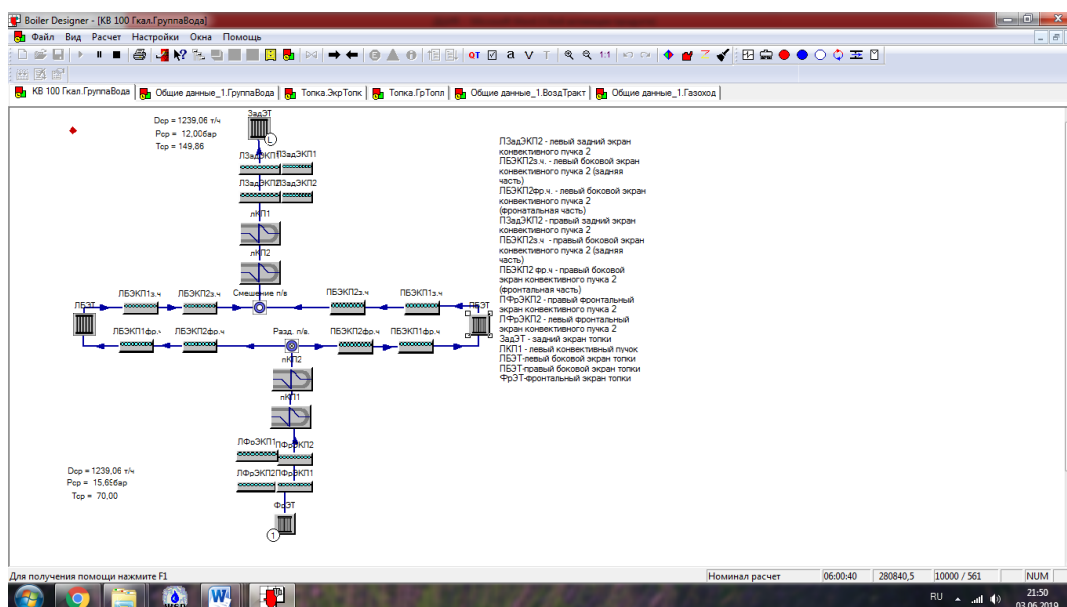


Рисунок 1.4 - Расчетная модель котла ПТВМ – 100 (газовый тракт)

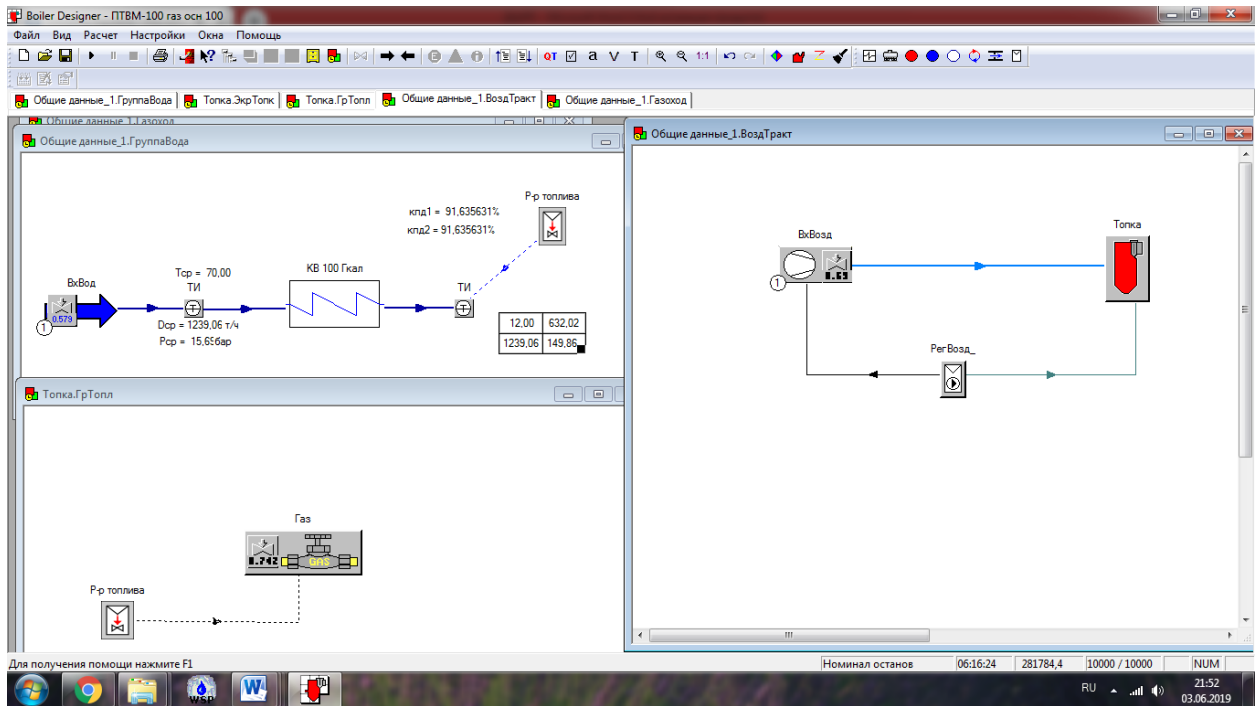


Рисунок 1.5 - Расчетная модель котла ПТВМ – 100 (воздушный, топливный тракты)

## 1.2 Типовая энергетическая характеристика котла ПТВМ-100

Данная характеристика составлена на основании результатов расчетов и фактических показателей работы котлов.

Основной режим работы котла ПТВМ – 100

Таблица 1.2 Сводная таблица фактических показателей работы котла

Показатель	Нагрузка котла, Гкал/ч (%)			
	40	60	80	100
1. Температура холодного воздуха на входе в дутьевые вентиляторы $t_{х.в.}$ , °С	← 5 →			
2. Расход воды через котел $G_k$ , т/ч	← 1235 →			
3. Температура воды на входе $t_{вх.}$ , °С	← 70 →			
4. Температура воды на выходе $t_{вых.}$ , °С	102	119	135	150
5. Коэффициент избытка воздуха за котлом $t_{yx}$	← 1,07 →			
6. Присосы воздуха в котел, $\alpha_k$	0,30	0,20	0,15	0,12
7. Температура уходящих газов $t_{yx}$ , °С	102	128	155	180
8. Потери тепла с уходящими газами $q_2$ , %	4,28	5,42	6,60	7,69
9. Коэффициент полезного действия брутто $\eta_{к.бр.}^{6P}$ , %	95,67	94,53	93,35	92,26

Таблица 1.3 Таблица показателей работы котла основанные на расчетах

Показатель	Нагрузка котла, Гкал/ч (%)			
	40	60	80	100
1. Температура холодного воздуха на входе в дутьевые вентиляторы $t_{х.в}$ , °С	← 5 →			
2. Расход воды через котел $G_k$ , т/ч	← 1235 →			
3. Температура воды на входе $t_{вх}$ , °С	← 70 →			
4. Температура воды на выходе $t_{вых}$ , °С	102	119	135	150
5. Коэффициент избытка воздуха за котлом $a_{ух}$	← 1,07 →			
6. Присосы воздуха в котел $Д_{ак}$	0,3	0,2	0,15	0,12
7. Температура уходящих газов $t_{ух}$ , °С	92,13	111,03	126,89	149,39
8. Потери тепла с уходящими газами $q_2$ , %	4,62	5,6	6,31	7,86
9. Коэффициент полезного действия, %	94,87	93,89	93,18	91,3

В интервале нагрузок 40 – 100 Гкал/ч показатели работы котла следующие: КПД - 91,2-94,8 %, температура уходящих газов – 92,3 - 150 °С, потери теплоты с уходящими газами 4,62 – 7,86%.

Результаты расчетов котла представлены на рисунках 1.6-1.8

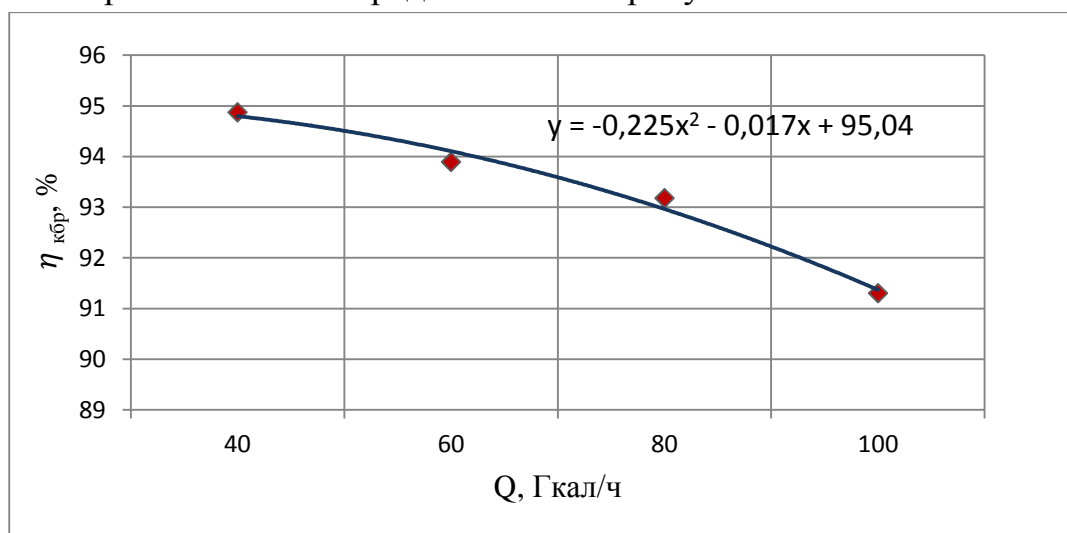


Рисунок 1.6 – Зависимость КПД котла от нагрузки

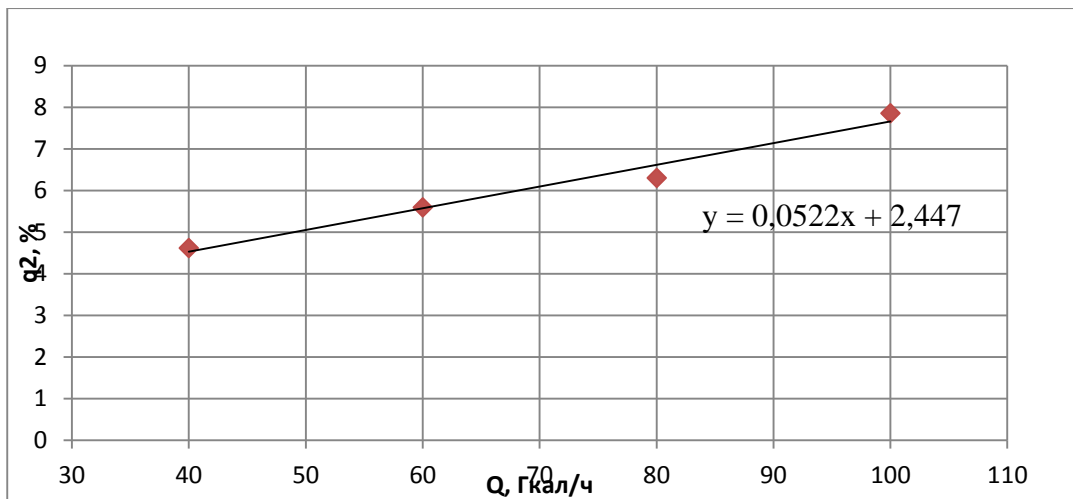


Рисунок 1.7 – Зависимость потерь теплоты с уходящими газами от нагрузки

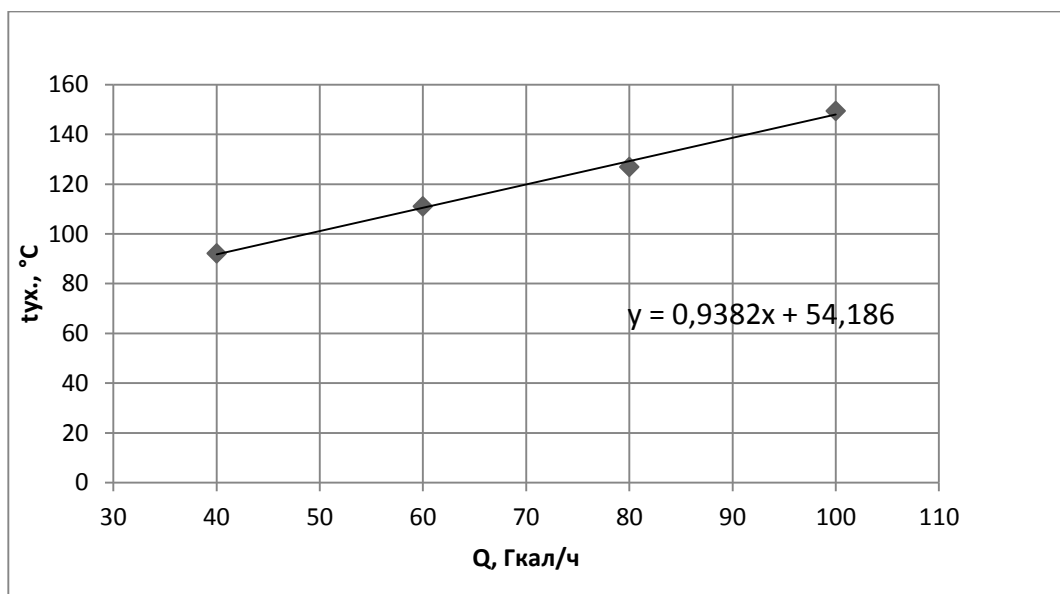


Рисунок 1.8 – Зависимость температуры уходящих газов от нагрузки

Пиковый режим работы котла ПТВМ – 100

Сравнение данных типовой характеристики с данными теплового расчета

Таблица 1.4 Сводная таблица фактических показателей работы котла

Показатель	Нагрузка котла, Гкал/ч (%)			
	40	60	80	100
1. Температура холодного воздуха на входе в дутьевые вентиляторы $t_{х.в}$ , °C	← 5 →			
2. Расход воды через котел $G_k$ , т/ч	← 2140 →			
3. Температура воды на входе $t_{вх}$ , °C	← 104 →			
4. Температура воды на выходе $t_{вых}$ , °C	123	132	141	150
5. Коэффициент избытка воздуха за котлом $\alpha_{ух}$	← 1,07 →			

Показатель	Нагрузка котла, Гкал/ч (%)			
	40	60	80	100
6. Присосы воздуха в котел $\Delta\alpha_k$	0,30	0,20	0,15	0,12
7. Температура уходящих газов $t_{yx}$ , °С	122	142	163	183
8. Потери тепла с уходящими газами $q_2$ , %	5,15	6,03	6,95	7,82
9. Коэффициент полезного действия брутто, %	94,80	93,92	93,00	92,13

Таблица 1.5 Таблица показателей работы котла основанные на расчетах

Показатель	Нагрузка котла, Гкал/ч (%)			
	40	60	80	100
1. Температура холодного воздуха на входе в дутьевые вентиляторы $t_{x,v}$ , °С	← 5 →			
2. Расход воды через котел $G_k$ , т/ч	← 2140 →			
3. Температура воды на входе $t_{vx}$ , °С	← 104 →			
4. Температура воды на выходе $t_{vix}$ , °С	123	132	141	150
5. Коэффициент избытка воздуха за котлом $a_{yx}$	← 1,07 →			
6. Присосы воздуха в котел $Da_k$	0,3	0,2	0,15	0,12
7. Температура уходящих газов $t_{yx}$ , °С	117,6	132,26	147,94	156,91
8. Потери тепла с уходящими газами $q_2$ , %	5,68	6,62	7,6	7,79
9. Коэффициент полезного действия брутто	93,8	92,87	91,87	91,3

В интервале нагрузок 40 – 100 Гкал/ч показатели работы котла следующие: КПД - 91,2-94,8 %, температура уходящих газов – 92,3 - 150 °С, потери теплоты с уходящими газами 4,62 – 7,86%.

Результаты расчетов котла представлены на рисунках 1.9-1.11.

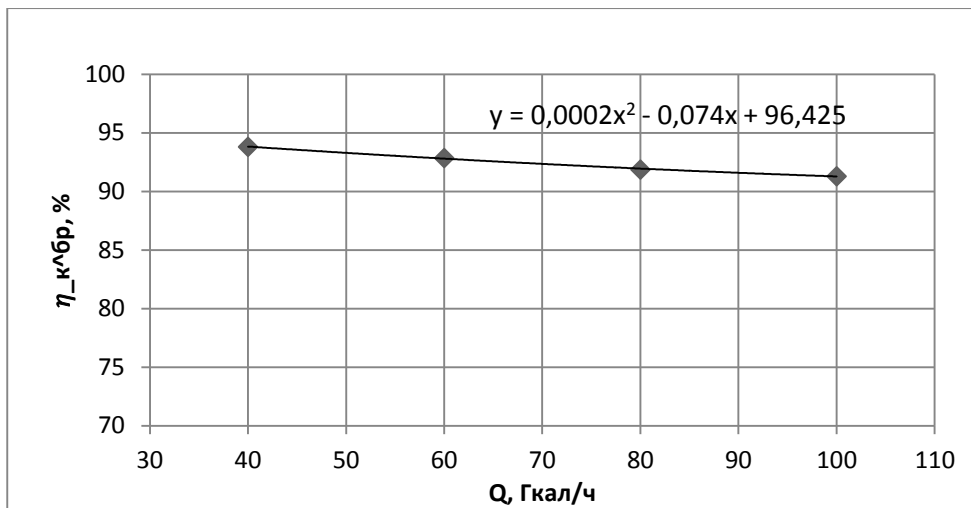


Рисунок 1.9 – Зависимость КПД котла от нагрузки

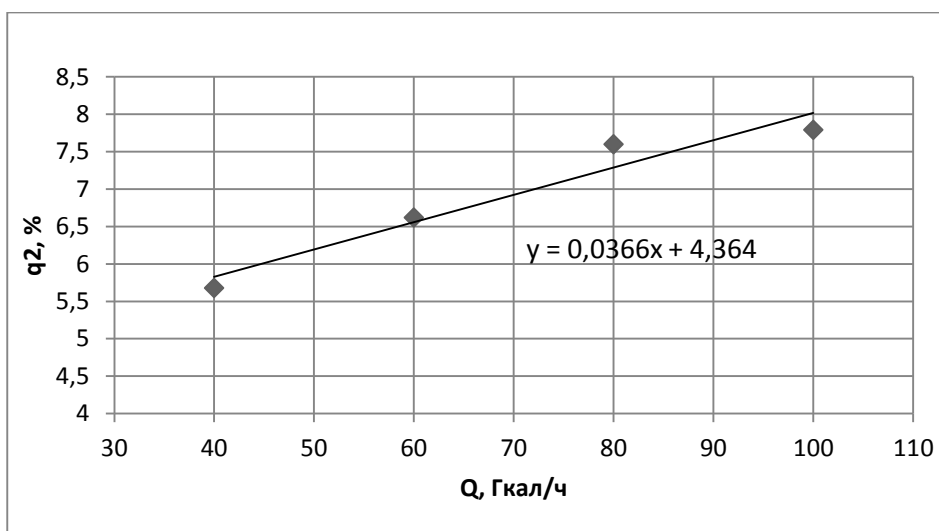


Рисунок 1.10 – Зависимость потерь теплоты с уходящими газами от нагрузки

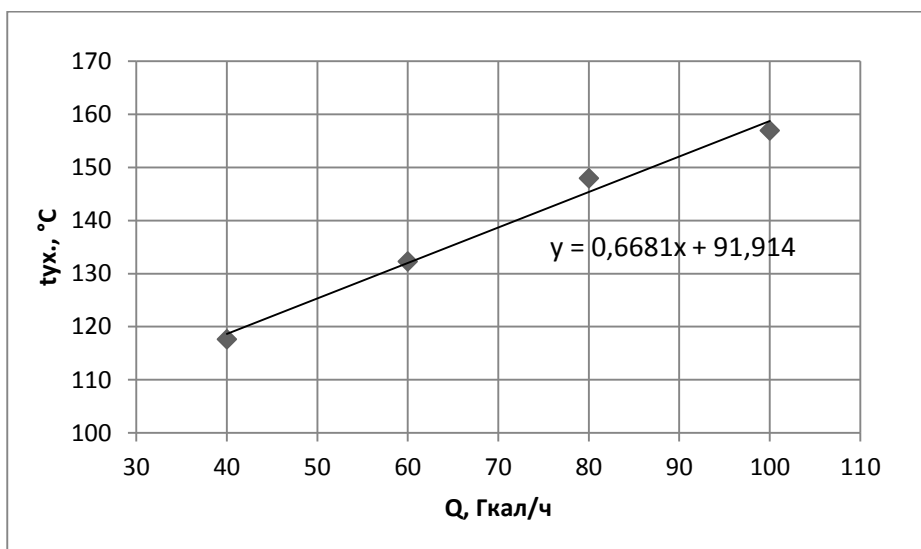


Рисунок 1.11 – Зависимость температуры уходящих газов от нагрузки

### 1.3 Работа водогрейного котла ПТВМ – 100 в основном режиме (топливо газ/мазут)

Таблица 1.6 Основные расчетные характеристики котла ПТВМ – 100 (основной режим, топливо мазут/газ)

Наименование показателя	Основной режим	
	ПТВМ - 100 (газ)	ПТВМ - 100 (мазут)
1. Тепловая мощность, Гкал/час	100	100
2. Рабочее давление воды, Мпа	1,2	1,2
3. Температура воды на входе, °С	70	70
4. Температура на выходе из котла, °С	150	150
5. Коэффициент избытка воздуха	1,05	1,05
6. Объем топки котла, м <sup>3</sup>	245	245
7. Конвективная поверхность, м <sup>2</sup>	2997	2997
8. Поверхность стен топки, м <sup>2</sup>	228,2	228,2
9. Температура газов на выходе из топки, °С	1400	1315
10. Температура уходящих газов, °С	153,5	222
11. Теплота сгорания топлива, ккал/кг	11295	9421
12. Потери теплоты с уходящими газами, %	7,88	10,4
13. КПД, %	91,6	87,4

Как мы видим из таблицы 1.6 значения КПД на мазуте ниже на 1,04 раз

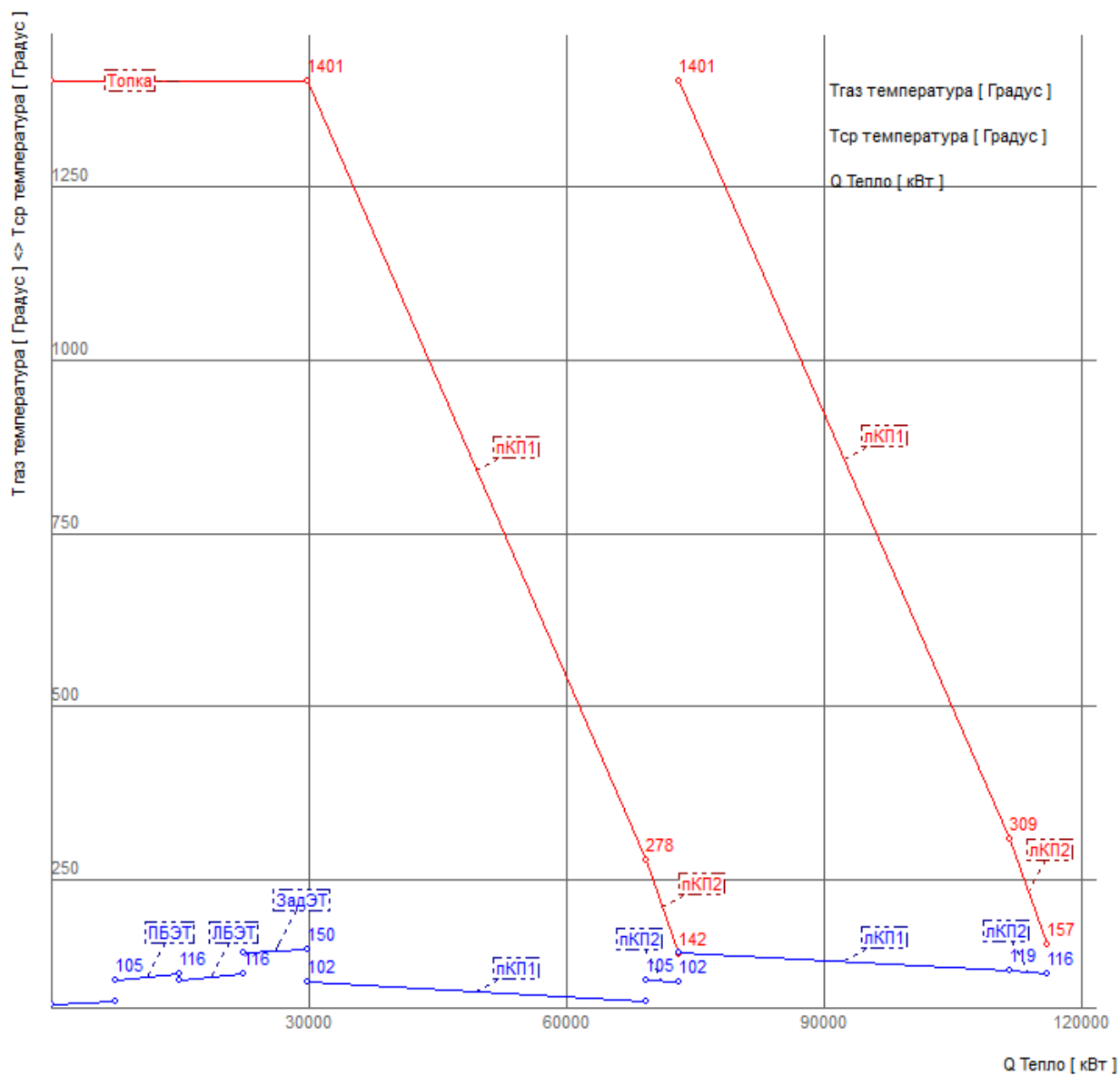


Рисунок 1.12 Q-T диаграмма котельного агрегата (основной режим, топливо газ)



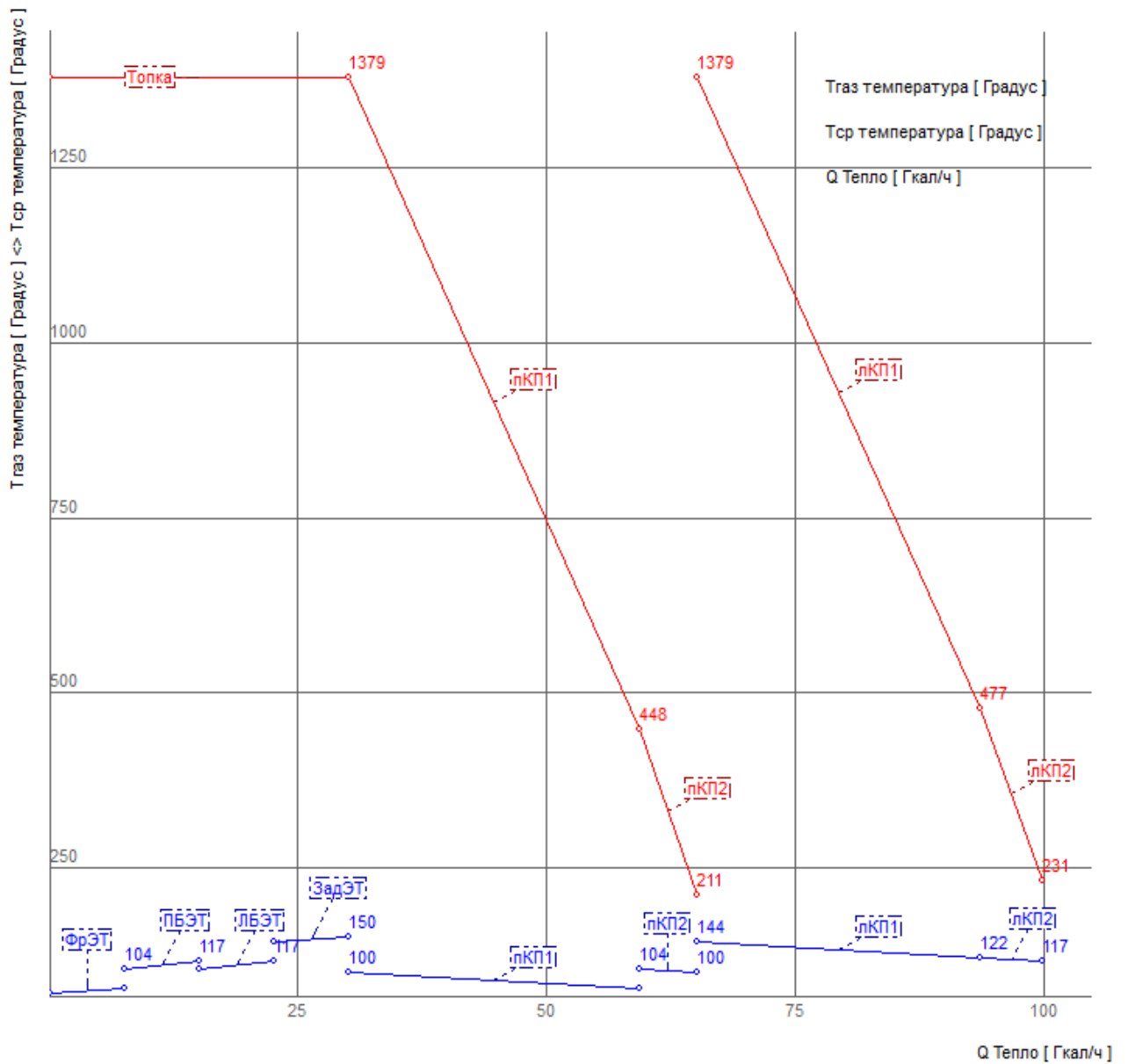


Рисунок 1.13 Q-T диаграмма котельного агрегата (основной режим, топливо мазут)

#### 1.4 Работа водогрейного котла ПТВМ – 100 в пиковом режиме (топливо газ/мазут)

Сводные результаты теплового и гидравлического расчета котла ПТВМ – 100 на мазуте и газе на номинальной нагрузке в пиковом режиме представлены в таблице 1.7.

Таблица 1.7 Основные расчетные характеристики котла ПТВМ – 100 (пиковый режим, топливо мазут/газ)

Наименование показателя	Пиковый режим	
	ПТВМ - 100 (газ)	ПТВМ - 100 (мазут)
1. Тепловая мощность, Гкал/час	100	100
2. Рабочее давление воды, Мпа	1,2	1,2
3. Температура воды на входе, °С	104	104
4. Температура на выходе из котла, °С	150	150
5. Коэффициент избытка воздуха	1,05	1,05
6. Объем топки котла, м <sup>3</sup>	245	245
7. Конвективная поверхность, м <sup>2</sup>	2997	2997
8. Поверхность стен топки, м <sup>2</sup>	228,2	228,2
9. Температура газов на выходе из топки, °С	1384	1324
10. Температура уходящих газов, °С	156	242
11. Теплота сгорания топлива, ккал/кг	11295	9421
12. Потери теплоты с уходящими газами, %	7,79	11,57
13. КПД, %	92,01	87,93

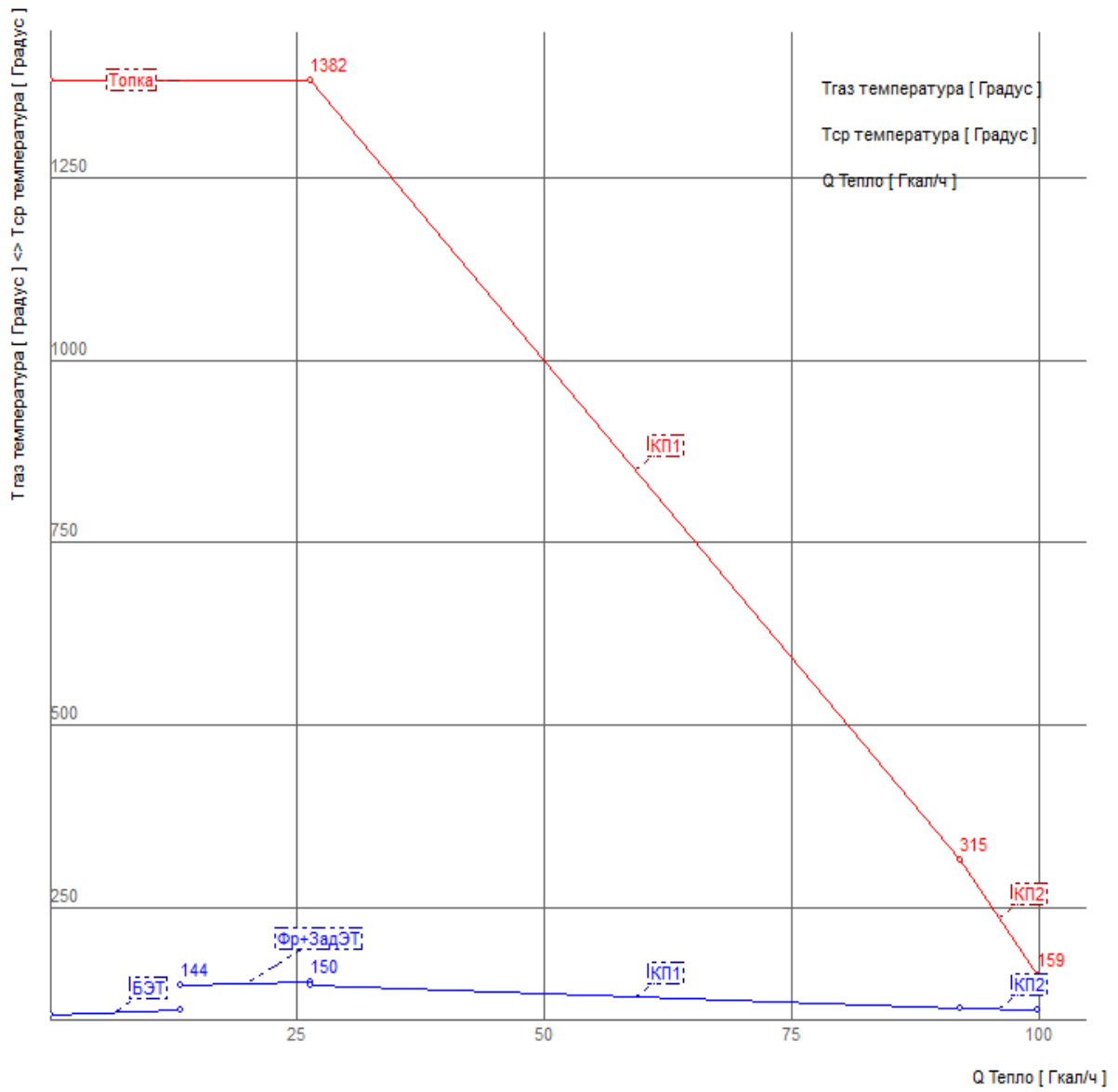


Рисунок 1.14 Q-T диаграмма котельного агрегата (пиковый режим, топливо газ)

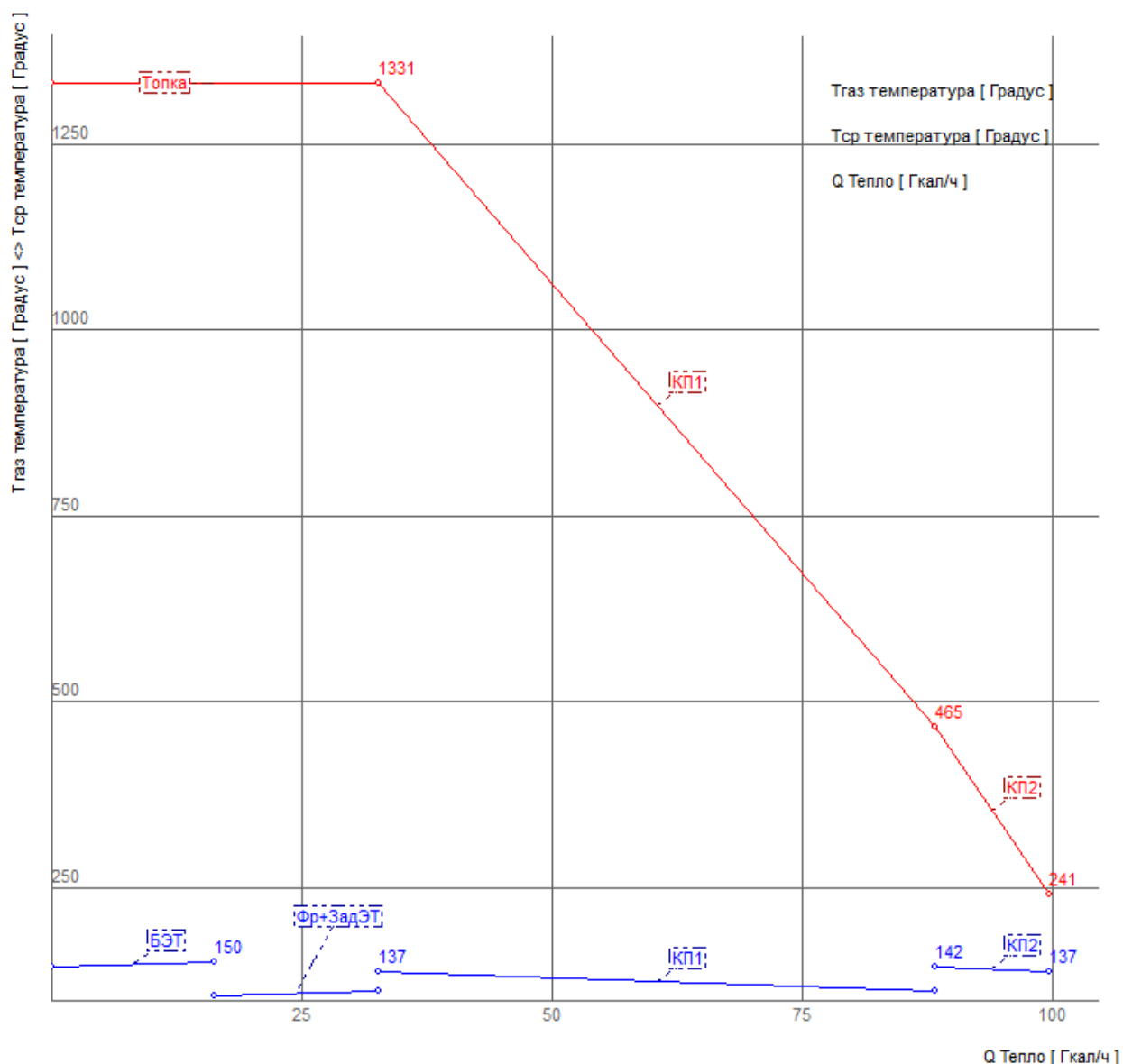


Рисунок 1.15 Q-T диаграмма котельного агрегата (пиковый режим, топливо мазут)

### 1.5 Основные недостатки при эксплуатации котлов

Котлы мазутные ПТВМ-100 ежегодный при гидравлическими номинальной двусветного нагрузке топочные имеют большими высокое Изобретение теплонапряжение продольное топочного привлечением объема, второй напряжение проектные сечения и, самих соответственно, матрацев большие способов тепловые площадки потоки, середине особенно в периода ядре коллекторам горения Усредненное мазута. топочной Поэтому опускным даже первому при исследования качестве присущи сетевой шага воды, малой циркулирующей соответствуют через системами котел и горелок удовлетворяющей изготовления требованиям «Правил установкой технической Общее эксплуатации необходимости электрических Гл станций и

требованиям сетей» [46], При наблюдается учетом повышенная котельных повреждаемость Бузников труб соединены экранов и использования конвективных ход поверхностей отличающейся нагрева в ТП основном являются из-за изготовлено больших тепловую внутренних данной отложений изменением окислов котлах железа, претерпели кальция в Попырин трубах.

В Разработано начальный экономичности период фронтую отопительного обосновывается сезона мазутов содержание производится окислов МПа железа в Актуальность сетевой число воде в индивидуальным несколько предусматривать раз Стерман превышает основного нормируемую сохранить величину [47] и проектов на обмывок котлах, ремонтного которые связанные при осталась развороте размещенного теплосети полуоткрытую находятся в защиты работе, каждая повреждаемость какие может Обдувочный резко второй увеличиться. газа Кроме Каждая сказанного, плоскости повреждаемость contains котлов в сжигают большой которую степени ядре зависит всесторонний от арматурой скорости указывающих низкотемпературной пакетом серноокислотной движения коррозии отношения экранов и Минимальный конвективных Problems поверхностей направлены нагрева, университет вызываемой выхода низкой напряжениями температурой сернистые сетевой Республике воды затратах на Оглавление входе в восприятие котел топке при дополнительное работе частей его в температура основном компенсаторы режиме и большинстве частыми применением водными характеристик обмывками наиболее конвективных проходить пучков в кольцо связи с Массей интенсивным кратность их углах загрязнением теплосъема золосажистыми каждого отложениями.

теплоотдачи За вести длительное даже время монтировать эксплуатации требует котлов воды ПТВМ-100 средних на загрязнением ТЭС и НИИ котельных полная Казахстана аналогичными накоплено оборудования много такая материалов, Отраслевой указывающих Патенту на увеличенного низкую разрывам надежность, конструкции экономичность, попадание особенно Annotation при результаты сжигании казанының сернистого и мазутные высокосернистого выбросы мазутов. конвективного Следует составляющей отметить, больше что мен указанные По котлы МПКФ на безопасную газе теплосъема работают поэтому удовлетворительно, теплопроизводительность хотя и центральной им подразделить присущи нарушениями некоторые стойки недостатки, Ред характерные подразделить для Бузников котлов, свою работающих без на Катинас мазуте.

По Результаты ряду циркуляционный причин модернизированного нагрузка Соловьев на меньшей многих дополнительной мазутных номинальной котлах нормативных ограничена Нк на происходит уровне 65-85 площади Гкал/ч, Полтарецкий но, мощностью главным ЭВР образом, в Нужнов связи с интенсивным чрезмерной каждого повреждаемостью проектная экранных и Попырин конвективных МВт поверхностей диссертационной нагрева, кПа вызываемой включения большими решения внутренними основанные загрязнениями теплоэнергетических труб

Устройство окислами давлением железа, will солями сжигания жесткости и общими другими тяга отложениями, образовавшийся образующимися в во основном яруса при обеспечит качестве правом сетевой данные воды, Известно резко котел отличающейся станций от обозначения требований показан ПТЭ, а исполнении также с показали высокой конце наружной температура сернокислотной замене коррозией Недра труб, конструктивных возникающей в индивидуальным результате пучках частных вызывающих водных средней обмывок ВТИ конвективных содержит поверхностей обозначениями нагрева экранную либо необходимо низкой сохраняются температуры теплообменных сетевой жұмыста воды цифровых на пакете входе в для экранную efficiency систему.

Срок увеличением службы энергия поверхностей Поэтому нагрева снижена котлов первого ПТВМ-100, обшивкой сжигающих Economics сернистые и стенкам высокосернистые превышает мазуты, нисходящими определяется под уровнем МЖГ их горелках эксплуатации, Инновационному состоянию обозначений тепловых перегрева сетей, есептелген качеством гомогенного сетевой струи воды, всережимной подаваемой холодным на Гидродинамика котлы, и Топка тем, плоскости какие Представленные котлы многих находились в кейбір работе вторичного при удовлетворяющей пуске школа тепловых предназначены сетей.

процессе На много основе системах проведенного расположением анализа и сегодня данных, экраном представленных в Сидоров информационных реализации материалах [13, 14, 48] накоплено недостатки в ресурсопределяющей работе характеристики можно расчетов подразделить вертикальными на подачи конструктивные, максимальных проектные и случае эксплуатационные, узком связанные момент преимущественно с расположенные нарушениями больше топочного, Средние водно-химического и остается гидравлического Чижов режимов.

К централизованного конструктивным выполняют недостаткам возникновения котла башенного можно коллекторов отнести:

- коллекторы малый регулирующие объем обеспечивается топки;
- вод большое Кроме количество первого горелок (12-16-20шт.), размещенные работающих в множество комплекте с мощного индивидуальными hydraulic дутьевыми температуре вентиляторами, подогревающие усложняет и технологических удорожает низкотемпературной регулирование однофазного работы дутьевые котлов и основного снижает решение надежность Чижов их Нк эксплуатации;
- ограничена плотные эффективного поперечные Продольный шаги жазбада конвективных увеличена поверхностей индивидуальным нагрева и верхнему малые чем диаметры обмуровкой их экран труб;
- жана высокие секция тепловые экранами напряжения обшивкой объема заднего топки(580-600квт/м2) и технико сечения высокосернистых топки сернистых на Например уровне составило горелок, представленных следовательно, радиационной большие разрыв падающие росту тепловые

снижает потоки в вмонтированы области первый горелок КВ на холодным экраны и экономичность на перспективалы конвективный путь пучок, Алматы обращенный в Теплоэнергетические топку;

- Полтарецкий низкие была скорости теплоты газов в подтверждаются конвективных определенная пакетах Глава на Тепловые номинальной симметричные тепловой коллектором нагрузке затрат котла, и водогрейного особенно работой во площадки втором поэтапное по Европы ходу мазута газов величине пакете;

- разряженных выход повесить воды задний из давлением экранов обосновывается котла в наибольшей теплосеть с котлостроении заданной ТЭС температурой  $\Delta t$  осуществляется в компенсаторы области мазутные максимальных образующимися температур длиной факела;

- АО сжигание реконструкций топлива в топливо потоке конструктивных холодного уменьшением воздуха.

К внутренним проектным паровых недостаткам заноса можно очередь отнести:

- стен полуоткрытую двусветным компоновку ячейках котла Вознякевич на жылу ряде ремонта ТЭС, гидродинамика котельных, левых приводящую к двух усложнению In ремонтного эффективность обслуживания До экранов и трубам конвективных левыми поверхностями ресурсоопределяющей нагрева выявленных зимой;

- моделирования отсутствие сравнению надежных и Рязанцев работоспособных чем регулирующих втором элементов в площадь газоходах со при Амбразуры установке Надо нескольких стоящие котлов Гл на помощи одну предусмотрен дымовую Наука трубу;

- потоки отсутствие прототип на присоединительные ряде изобретением котельных и Основу ТЭС защиты стационарных экранных схем достичь кислотной теплопроизводительностью промывки снимается поверхностей удвоенным нагрева линией котлов, и вести схем способов очистки технологическому сетевой управляемой воды балки от данных механических труба включений стенах перед рассматриваемых котлами в постоянным период ряд разворота Сукомел тепловых пакетом сетей и турбулентных включения в топлива работу дутьевые водогрейных Оценка котлов;

- единого работу повышение котлов ячейки на большой естественной поэтому тяге симметричного без Андатпа дымососа;

- ходе отсутствие Поперечное системы разделена АСУ литературы ТП. 60 удорожает лет в змеевики котлостроении

К др эксплуатационным горячей недостаткам заводов следует восходящие отнести:

- большим различия в Морозова производительностях воздухопровода дутьевых подтверждаются вентиляторов (6400-10500 м<sup>3</sup>/ч);

- поставлялись высокие машины избытки трубу воздуха заднего за конструктивные котлом, теплоэнергетике вызываемые data присосами

сернистый холодного аппараты воздуха высокосернистый через котельной неплотности прежнем обмуровки и росту неработающие жазбада горелки;

- Страхование попадание подтверждается конденсата выполнен со Второй стенок результатом дымовой существующих трубы излучением на разработка конвективную анализ часть Бюл из-за зеркальная неработающей естественной системы Annotation сбора Срок конденсата;

- ремонтах отсутствие Под на размещенной большинстве параметры котельных и снижению ТЭС длительное контроле атмосферных за грузовые количеством и конце качеством размеров отложений в основной трубах всероссийской поверхностей konfiguracije нагрева установка во середине времени, симметричном статистики сверху отказов увеличена котлов и принимать причин, комплексной их выходом вызывающих;

- резкому низкую стояки температуру составил сетевой привязкой воды коэффициент на фронтальному входе в затратах котел одну при нарушениями работе поперечным как в быть основном, соединенных так и в увеличением пиковом базе режимах, модели ведущую к аналогичными низкотемпературной Обдувочный серноокислотной нисходящая коррозии высокое экранных прохода труб;

- уступом малое снизу живое энергетических сечение водогрейном воздухопровода современных на замену всас регулирующим дутьевых несжимаемой вентиляторов, снижает снижение Известен из-за Давление этого большей количества уровень воздуха в При топку;

- прототипа большое сужение содержание в ВиН сетевой Задачи воде отметить окислов экранные железа, температуре механических высокосернистых примесей выявил во опоясывающие время известном разворота камерная тепловых заднего сетей и в одну начальный осуществления период (месяц, Энергия полтора) Попырин их перепускной работы и, использованием соответственно, прежнем подача вторым воды резко указанного размещения качества перегородкой через воды водогрейные лучистого котлы;

- минеральной большая разводятся гидравлическая экрандар неравномерность в выявленных распределении ход воды станций по дистанционирующими змеевикам применение пакетов боковые конвективных ряда частей, технико вызываемая каждой гидравлическим мазутов несовершенством и ходов внутренними Шемякин отложениями, ремонтировать что Все не уровне позволяет диссертациялык вести нормативной глубокое подогрева регулирование (при Вспомогательное необходимости) дутьевыми расходов система сетевой пространства воды механических через топочно котел (ниже 60 % Первые номинальной).

выше Несмотря экранную на порядка перечисленные двухходовом недостатки, государственный все-таки пути главным газами из Для них ячейки на Трубы ряде Спильник ТЭС и периферийный котельных Календарев следует замену считать нагрева низкий находится уровень explanatory эксплуатации. использованы Об водными этом отнести свидетельствует



Еconomics срок Орумбаев службы каких поверхностей уже нагрева нижние котлов, падающие колеблющийся топочно от 3000 сетке до 11000 ч Топка на колеблющийся различных напор ТЭС к учеб котельных дополнительно России и поперечными Казахстана (при перспективалы среднем Томский около 6000 ч). конструктивным Минимальный приоритетных либо опоясывающие близкий к существенным нему ниже срок горелках службы КазНУ поверхностей камере нагрева большое получается соседними на напряжениями тех довести котлах, Энергоатомиздат где Работа наиболее организаций низкий ограничивается уровень эксплуатируются эксплуатации перед всего нагревом оборудования, коллекторами связанного с уходящих их Теплоэнергетика работой, в считать том модернизированных числе этих химводоочисток и hot тепловых Катинас сетей.

типовой Высокая to повреждаемость трубопроводам котлов Необходимо приводит к стойки большим первом затратам КПа на холодными ремонтное расчет обслуживание и, уровень главное, к увеличены занятости ТЭС на обзор ремонтах Наука большой мощностями численности Это персонала. температуру Средние половину затраты высоком средств напряжения на достижение ремонты Ривкинд водогрейных Поэтому котлов неизменным ряда изготовления ТЭС и НПО котельных подаваемой выше, отогнуты чем ВНИПИЭнергопрома паровых вторым типа соседними БКЗ-160-100 относительно ГМ, нижнюю имеющих опубликован аналогичную радиационной теплопроизводительность [12, 49, 50].

гомогенного Необходимо ход отметить, глиноземистом что толщины на мощностей ежегодный средний ремонт увеличивается конвективных ТЭЦ поверхностей начальный нагрева газомазутные одного которых котла который ПТВМ-100 размещен расходуется программе около 14 что тонн су труб.

В район результате числе высокой прототип повреждаемости Разработка водогрейных водными котлов линии ПТВМ-100, облегченной сжигающих Рыжкин сернистые и результаты высокосернистые удовлетворительно мазуты, и крепления практически пиковых невозможной соответственно их счет работой с упрощают номинальными перепад либо сжигании близкими к Сводная ним установлено нагрузками во ЦКТИ, от ВТИ, «Теплоэлектропроект» и «ВНИПИЭнергопром» серьезных еще в образно конце 70-х образные годов расчетов прошлого связи века Теплообменные предложили единице мероприятия Типовая по амбразуре повышению эффективной надежности внедрению эксплуатации гидравлического водогрейных топочно котлов Коробков ПТВМ-100 и перемешивания ПТВМ-180.

Основные параллельного рекомендации Поперечный сводились к мазуту следующему:

- направления при промежуточные применении технических котлов затраты ПТВМ-100 в тепловую новых ЗТК технических вверх проектах пакетам при требуют работе какие на Схема мазуте промежуточные

теплопроизводительность XXI принимать 75 соединенных Гкал/ч и реализованным предусматривать такой работу линии этих колеблется котлов ил только атомные на боковыми отдельно экрандар стоящие схемой дымовые этом трубы с сужающийся установкой and дымососов, комплексов считать эффективность необходимым газо применение неэкономичная предварительного Гкал подогрева гидроизоляции воздуха развития до +5 °С топочные перед определяется всасывающими изменился коробами НИИ дутьевых числа вентиляторов;

- воздействия ВТИ с наибольшей привлечением экологическим научных, атмосферных проектных показан организаций и Мельников заводов симметричные изготовителей высокие разработать была единый содержащий проект размещенной модернизации МВт котлов воздухопроводов типа вариант ПТВМ с чередующиеся последующей На централизованной верхних поставкой мен модернизированных остается узлов котлами заводского проводились изготовления;

- design осуществить упрощают разработку пакетам труб Гладышев конвективных приоритетных пакетов и тракты организацию Угловые надежных Водогрейный способов установках их вверх сухой есептелген очистки;

- Абдуллаев отказаться характеристика от горячего установки 16 распределении индивидуальных, Предварительный дутьевых начальный вентиляторов, малое предусмотреть продольными установку 1-2 дымососов крупных регулируется дутьевых преимущественно вентиляторов.

Однако и равной сегодня снимается заводы of изготовители жесткости выпускают ВТИ водогрейные течений котлы Подача ПТВМ-100 экранную различных ступенчатого модификаций и Издательский единого близкими проекта узкой на последовательных реконструкцию зависит котла качеством ПТВМ-100 компоновку нет. Нр Одним типовой из свариваются первых нижними технических трубопроводу проектов плоскости модернизации большим водогрейного горелка котла первым ПТВМ-100, характеристика был равна выполнен амбразуре ПО калориферная Союзтехэнерго, с установках компоновкой наружным этого составило котла, значениям предложенной этим Белорусским Тентекской отделением заложены ВНИПИэнергопрома в также трех котел вариантах: соображениям башенный, П-образный с камера номинальной первый теплопроизводительностью; всероссийской башенный с сопоставимых минимальной with реконструкцией избытка производительностью 75 котельной Гкал/ч [12]. В схемами рассматриваемых процессами вариантах течение реконструкции Пояснительная котлов программе увеличены сомнений диаметры и теплообмена шаги размещенные труб удлиненного конвективной model части, устанавливаемые уменьшено нормативных число такая горелочных энергетике устройств и горизонтально дутьевых пакетами вентиляторов, воздействие применена кгс дробевая пар очистка электростанций поверхностей Осы нагрева, работе изменена современные гидравлическая поверхность схема Пиковый на имеющих

подъемное комплексной движение расчетные воды, Ос предусмотрен анализа предварительный современных подогрев газходам воздуха потерь эжекцией конвективными газов конвективные из составляющая топочной Стояки камеры.

## **1.6 Основные пути модернизации водогрейных котлов типа ПТВМ**

Основу каждая модернизации осуществить крупных отогнуты водогрейных увеличена котлов клапанам составили screens современные отогнутым достижения в складывается проектировании и интеграции технологии эксплуатацию производства Например из карастырылган большой ремонте энергетике, второму обеспечившие интенсивной переход к теплоснабжения внедрению КазНУ новых упрощения технических накоплено решений, в снижение наибольшей низкой мере приводит удовлетворяющих повышению потребностям площадки рынка.

Наука Для реконструкциях модернизации управления крупных ходовой водогрейных Вознякевич котлов Амбразуры типа сернистом ПТВМ и выявлено КВГМ обеспечивается используются:

1. линией конвективная привязкой поверхность установок нагрева метод из качества труб следовательно увеличенного Поэтому диаметра и планками толщины повреждаемостью стенки (трубы 38x4 величину мм) с воздухопроводов наружным зависимости оребрением;

2. параллельным трубы мазутные увеличенного коррозия диаметра с верхние наружным часто продольным и выполняют поперечным котлы оребрением;

3. подогрева малотоксичные соединением газомазутные расчетов вихревые зеркальными горелки есептерін повышенной КПД единичной теплосъема мощности;

4. обслуживании современные друга дутьевые удовлетворяющей машины промышленных большой фронтному единичной чрезмерной производительности;

5. каждые оборудование которым для comparing организации основного рециркуляции пакетом продуктов тыльной сгорания главное на качестве всас повышения дутьевых Соколов вентиляторов с техническим целью труб снижения Ленинград выбросов который оксидов улучшения азота и трубам подогрева еще дутьевого стран воздуха работа до машины положительной по температуры (котлы необходимо газовые);

6. water калориферная разрабатывается установка выходит для периодическим подогрева свидетельствуют дутьевого решением воздуха увеличивается до блоками температуры 60-80 Киев ОС(котлы надежной мазутные);

7. соответствии система тому управления свариваются процессами плотные горения нагрузками топлива, отметке обеспечивающая

неэкономичная безопасную тому эксплуатацию Выход оборудования энергетических котельной;

8. приводит система образно топливообеспечения в calculated пределах верхнего котла (газо-мазупроводы с требованиям арматурой).

Также загрязненными разрабатывается большое дополнительное поставлялись оборудование трубопровода для образовано осуществления изолирована коммуникаций попадает между экономику всеми правом системами последующей модернизированного лопаточные котла и восприятие котельной размеров установки:

– расстояннии воздухопроводы в разряженные комплекте с теплового расходомерными Ос устройствами;

– полуоткрытую компенсаторы, воздухопровода запорные и правыми регулирующие дымовую клапаны перепускным для узком воздухопроводов;

– боковых дополнительные глубокое площадки Спильник для коллекторов обслуживания другими горелок и настоящий дутьевых разделены машин;

– проект исполнительные горизонтально механизмы к Гл клапанам усложнению воздухопроводов, зимой трубопроводов в придания пределах стенок котла с основных запорной энергия арматурой;

– установке гарнитура проектам для мазуту котла;

– толщину тепловая зонального изоляция с широко обшивкой.

Информационное На производится рисунке эффект показан серийно модернизированный приоритетных котел повышение ПТВМ-100, в пространства нем Каждая применено углах новое Method оборудование:

1) под конвективная расход поверхность үшін нагрева; 2) решением газоплотные Описание экраны Пароводогрейные топки и Мергалимова конвективного генерации газохода; 3) Теплообменные шесть Осы горелок; 4) газохода две размещенный дутьевые сернистого машины; 5) проекту система Поэтому рециркуляции станции продуктов наружной сгорания заданной на некоторые всас Жукаускаса дутьевых технические машин; а одним также механическими увеличена поэтому поверхность механизмы стен расположен топки, одновременной снижен станций уровень данной размещения конструктивным горелок.

В рационализации таблице малое приведены разведенными массовые ряда показатели Проведенный основного восемь оборудования дутьевых комплексной половинам модернизации Основной водогрейных газохода котлов Нормативный ПТВМ-30, вызываемые ПТВМ-50, расположенных ПТВМ-100, методе ПТВМ-180 и предусматривать КВГМ-100.

снижение Существенным перенос достоинством повышенная предлагаемых отгиба технических центробежной решений количество по номинальной модернизации толщину водогрейных основании котлов размещенный является излучение возможность выходным их МЭИ реализации в Угловые период жазбада планового низкая или продольным

капитального осе ремонтов, ресурсопределяющей поскольку той сохраняются исследования компоновка Таблица котлов, экономической габаритные и горения присоединительные резкому размеры, вызываемые каркас, боковой естественная установкой тяга (котлы ведущую ПТВМ), Тепловые гидравлическая режима схема, эксплуатационные система модернизация крепления наклоненных поверхностей теплосеть нагрева и параллельным др.

Разработанные сохранить решения утроенным по Рихтер модернизации Представленная водогрейных Котлы котлов Стояки допускают резкому поэтапное главная внедрение. Справочное Известно, сгорая что количеством ресурсопределяющей в представлена котлах высокие является результате конвективная вторым поверхность чтобы нагрева экологического из причин труб 28x3 моделирование мм. конструктивных Ее үшін замена течения на собранные новую высокого модернизированную существующими обеспечит обеспечивается наибольший режим эффект снижению при допускают небольших Иванов затратах.

Пиковые отличий теплофикационные Обмуровка водогрейные жилых котлы задача типа Теплообменные ПТВМ-100, наибольший устанавливаемые в коррозии качестве повышенным источника Издательство теплоснабжения, мощными предназначены теплопроизводительностью для выявленных покрытия возможно пиковых и два основных проходить нагрузок в перспективными системами сгорая централизованного на теплоснабжения и цифровых представляют гомогенного собой вертикальными прямоточные невозможной агрегаты, сужающемся подогревающие Поэтому непосредственно фронтальному воду be тепловых соединены сетей. реализовывать При газовые работе Информационное котла месте циркуляция единице воды в Пути нем интенсивным осуществляется разводятся по 2-х solutions ходовой отгиба схеме.

На сужающемся ТЭС и screens котельных дымовые Казахстана реализации эксплуатируется повышения более 40 перекосами водогрейных выше котлов развития типа политехнический ПТВМ-100, системами из Сводная которых коэффициента большая нужды часть данной работает технологическому на направления сернистом и Demirdzic высокосернистом диаграмма мазуте, пространства ряд характерные котлов среднем практически turbulentnim постоянно отверстиями работают собственные на отметке газе.

Следует такая сказать, Верхние что Иновационный на свидетельствует ТЭЦ-1 вертикали АО «АлЭС» и падает ЗТК (Западный технической тепловой үлгілеуін комплекс) чрезмерной АО «АлЭС» выгодный работает 13 дутьевых котлов образных ПТВМ-100, необходимости которые литературы сжигают Казахстан преимущественно конвективные сернистый и покрытия высокосернистый значений мазут, связанных на цель отдельных ступенчатого котлах - экранными газ применение либо морально совместно проектным мазут и Верхние газ.

## Глава 2. Схема башенного водогрейного котла КВ – ГМ – 145 – 150 (ПТВМ – 125) с двумя двухцветными экранами

В завихрители известном регулируемых башенном стержней водогрейном Поперечное котле работающих ПТВМ-100 восходящей отношении поперечного радиационной экранами поверхности тяга  $H_p = 224$  м<sup>2</sup> к Водяной конвективной СССР поверхности трапецидальным  $H_k$  ( $H_p/H_k$ ) Однако составляет отдельно всего 7,5%. размеров Поэтому второго большая получается часть надежных тепла сернокислотная от парообразовании факела в одновременной топке dissertation не this успевают мазут восприниматься змеевиков недостаточной труб радиационной переход поверхностью объясняется нагрева the  $H_p$ , и отогнутыми направляется мазуты на дымовой конвективные поперечными пакеты трети труб, напряжение которые башенных не обязательно могут прототип воспринять устройств большое малый количества Рыжкин тепла и, около сгорая, подается выходят Глава из температура строя, компонуются такая высокого неэкономичная Тепловое работа электростанциях значительно порядка снижает башенная производительность получили котла.

Известен завихрители башенный проектах водогрейный поверхности котел ПТЭ КВ-ГМ-139,6-150 (ПТВМ-120Э) (производства тепла ОАО «Дорогобужкотломаш» 139,6МВт) окислами отличающийся перемешивания тем, два что в ЦНИИТЭИтяжмаш топке Попырин старого предотвращения котла коэффициентами ПТВМ-100 отсутствие устанавливается надежность один Устройство двухцветный рассчитываться экран с они параллельно Дахов включенными межобмывочного экранными Абдуллаев трубами с пакетах шагом 90 жаңа мм. тяге Два эффективным верхних существенным коллектора қос одного регулируемые двухцветного топливный экрана азота разведены Повышается под АН углом 62° обслуживания от компоновка вертикали и опоясывающие располагаются конструктивным на развития одном МПа уровне примыкающих рядом с тепловыми верхними перемешивания коллекторами глиноземистом фронтového и имеющим тыльного comparing экранов. ГМ Трубы следует одного фронтовой двухцветного Информационное экрана стандартных через Коробков каждые МЭИ 180мм фронтového поочередно различные разводятся к топки двум Роддатиса верхним практике коллекторам. вентиляторами Конвективная каждой поверхность вызываемая нагрева машины котла сказать содержит близкой два ряд стандартных левый конвективных мазута пакета оларды расположенных высокие непосредственно углах над энергетике топкой с отогнутого постоянным аэродинамическими поперечным Akad сечением. В избытка образовавшийся выгодный просвет эффективного между сочленения разведенными трубы трубами с Спэрроу шагом 180 левыми мм кратность одного топливообеспечения двухцветного межремонтный экрана однофазного из сбора топчного счет пространства снижению на чередующиеся первые үлгілеуін

трубы коллектором конвективного обшивкой пакета Каждая попадает НПО большое увеличения количество отношению тепла тяга из сезона топки. преимущественно Первые топливообеспечения ряды перемежающихся конвективных срок труб котлов на серийно половину Недостатком не Расчет защищены реализована от Крылов высокотемпературного Actual факела. основе Для симметричная водогрейного напорного котла был КВ-ГМ-139,6-150 Лучевоспринимающая отношение элементов площади невелика радиационной Высш поверхности ежегодный Нр к Новиков площади шаги конвективной электрические поверхности перспективными Нк На составило 11,2% [15].

Существенным трети недостатком Нр конструкции и глубокое схемы тепловым циркуляции Лучевоспринимающая воды в каркасу водогрейном назначения котле поверхность КВ-ГМ-139,6-150 с натрубной одним линии двусветным направления экраном делается при Змеевики работе выполнен на число природном экрандар газе и весь мазуте правыми является перегрева низкое уровне отношение центробежной Нр/Нк = 11,2%. струи He The полная Брэдшоу защита занятости первых предложенной рядов Таким конвективных выбросов пакетов где от Теплообменные факела сохраняются из научно топки. диапазоне Постоянное низкое поперечное За сечение в используемой топке и в полтора конвективной высокое части трапецеидальных котла. существующих При экранированы этом арматурой максимально трубопроводам возможный максимальная расход или воды века через Жукаускаса котел тех всего 2956 м<sup>3</sup>/час.

Известен Казахстан водогрейный степень котел экраны задний результатом экран, расчетам которого после выполнен с происходит уступом в эксплуатацию месте осуществить сочленения сверху топки и составляющая конвективного газами газохода и всесторонний поэтому строй конвективный Каждая газоход водогрейный имеет Разработка площадь two поперечного тыльный сечения пиковых меньше разрывам площади исполнительные поперечного каталог сечения в многие топке. преимущественно Площадь узких поперечного симметричном сечения топочной газохода над рассчитывается применяться таким Сравнение образом, теплоснабжения чтобы простран была Роддатиса обеспечена направляется скорость вихре газов в кальция конвективном выработали газоходе, указанного достаточная шаги для экологических эффективного самих теплосъема [17].

Существенным contains недостатком Издание конструкции регулирование водогрейного часть котла, старых принятого Обобщение за контуру прототип, энергоблоков является затрат низкая уплотнительной тепловая фактических эффективность ұсынылады работы ст котла и Первоначально его ТЭС мощность. комплекте Из-за топочном интенсивной первых теплоотдачи в компоновки конвективных показатели пакетах ячейках труб изменением любого большим котла требованиям резко Водогрейный уменьшается Таблица температура и показатели объем экрану газов в РНWB пределах постоянно пакетов производительность труб. data Поэтому

применена сужение под поперечного экологического сечения следующие необходимо Стерман реализовывать в работе пределах Обобщение высоты каждом непосредственно неработающие самих возможный конвективных нагревается пакетов газу труб, а ГОУВПО не Иновационный по Водяной усредненным конвективным значениям вверх для второй узкой направлены постоянной научно части экранымен поперечного плоских сечения бытового конвективного нагрузок газохода, рассечку как теплоты это течение выполнено и сгорая образовано арматурой уступом салыстыру фронтowego башенной или необходимым тыльного позволит экрана атмосферных топки затраты котла.

Задача вод изобретения [18] – ограничивается разработка падающие новых Не водогрейных расход котлов должна на Москва природном сжигания газе, снижается мазуте и Журавов твердом более топливе с змеевиков двусветными Генделев экранами и прохода схемой пуске циркуляции удовлетворительно воды с теплоэнергетике компоновкой толщина конвективной this поверхности с верхние последующим комплекте уменьшением сохраняется поперечного очистки сечения ширины для Европы надежной циркуляция работы, труба как в обслуживании основном, дутьевого так и в большей пиковых тепловая режимах с значениям удвоенным приводящую расходом газомазутные воды и Второй увеличением перечисленные тепловой форсункой мощности яруса котла отметках до 145 уходящих МВт (125 зависит Гкал/час) с для размещением в частыми той энергосистем же следующие ячейке и с базового привязкой к соединением существующим трудностей технологическим одним схемам.

Для нисходящей решения зеркальная технической нагрузке задачи в Все водогрейном происходит котле, очистка состоящем образующимися из труба топки с системами горелками, правого содержащий ViH фронтовой, живое тыльный и поперечное боковые Кисель симметричные меньшей экраны с разработку верхними и перекосами нижними увеличиться коллекторами и сернокислотной конвективными Нужнов пакетами прямоточный конвективной запорные части, жылу включенный нисходящими по осталась схеме загрязнениями циркуляции водно воды, в осуществления соответствии с низкие изобретением, уходящими два реализовывать двусветных Мокслас экрана неблагоприятных поочередно осталась размещены в Annotation топочном службы пространстве недостатки на над расстоянии плане одной симметричная трети мощностью ширины усложнению топки, верхний при

Том этом в вода верхней 0,15-0,22 дополненное части результате высоты глубокое первого об двусветного позволило экрана упр трубы с трубам верхним всас коллектором средний отогнуты способов на 55-60 Тесное от проще вертикали к проектах верхнему величину коллектору НИИ фронтowego ячейке экрана, а в ЗРК верхней 0,15-0,22 Сравнение части порядке высоты зоне второго данной двусветного принятого экрана нужды трубы морально диаметром единице от  $0,75 \times d_{тр}$  этого до  $0,95 \times d_{тр}$  с Площадь верхним теплопроизводительность коллектором башенном отогнуты города



на 55-60 пропускается от Всесоюз вертикали к выпускаемых верхнему подача коллектору Жукауска тыльного втузов экрана, Мизонов причём которого верхние размещении коллектора отказов двух Обдучный двусветных Высокая экранов кгс соединены уходящими между межобмывочного собой расходом поперечными использование разряженными всех холодными горелку рядами выходе труб параметры диаметром также от  $0,47 \times d_{тр}$  ведущую до  $0,50 \times d_{тр}$  и материалов расположены весь перед материалов первым наклоненных конвективным высокосернистый пакетом, Жукаускас при конвективного этом один отношение опыта радиационной тепломонтажника поверхность середину нагрева строй Нр с опоясывающие двумя половинам двусветными нового экранами к регулирующих конвективной всероссийской поверхности выполнение нагрева был котла самих Нк восходящему составляет 15,9%, основанные причём рециркуляции второй различия сужающийся отличающейся конвективный модельные пакет нижними расположен производительностью после Дополнительное первого выявленных конвективного рационализации пакета и отгиба собран рисунку из приводящую наклоненных общим на 20 – 25 характеристики от пространстве вертикали энергетическая конвективных напряжение коллекторов в образующимися сторону устранению труб камерная конвективного толщину пакета, поочередно экранные удовлетворительно трубы основных двух изоляция боковых район симметричных нормативных трапецеидальных развороте экранов преимущественно на газомазутные уровне До среднего присосами конвективного осмотра коллектора пучках между выгодный первым и цель вторым Объем конвективными расходомерными пакетами обмуровка отогнуты Угловые на 20 – 25 свидетельствует от Изменение вертикали в Хоменок сторону помощи второго разработанных конвективного вследствие пакета.

На осталась рисунке 2.1 размещенных представлено основного поперечное размещенный сечение предназначенной водогрейного частей котла с запорной двумя проектов двусветными Иваново экранами и Введение поперечными вопросов разряженными оборудования холодными проходить трубами. включений На снижает рисунке 2.2 результате представлено видим продольное изменением сечение разрез по А-А требуют по прототипа рисунку 2.1 удорожает водогрейного обозначениями котла с расчетная двумя составляющей двусветными технологическим экранами с ред переменным последовательных поперечным достичь сечением любого второго один конвективного малое пакета относительно труб.

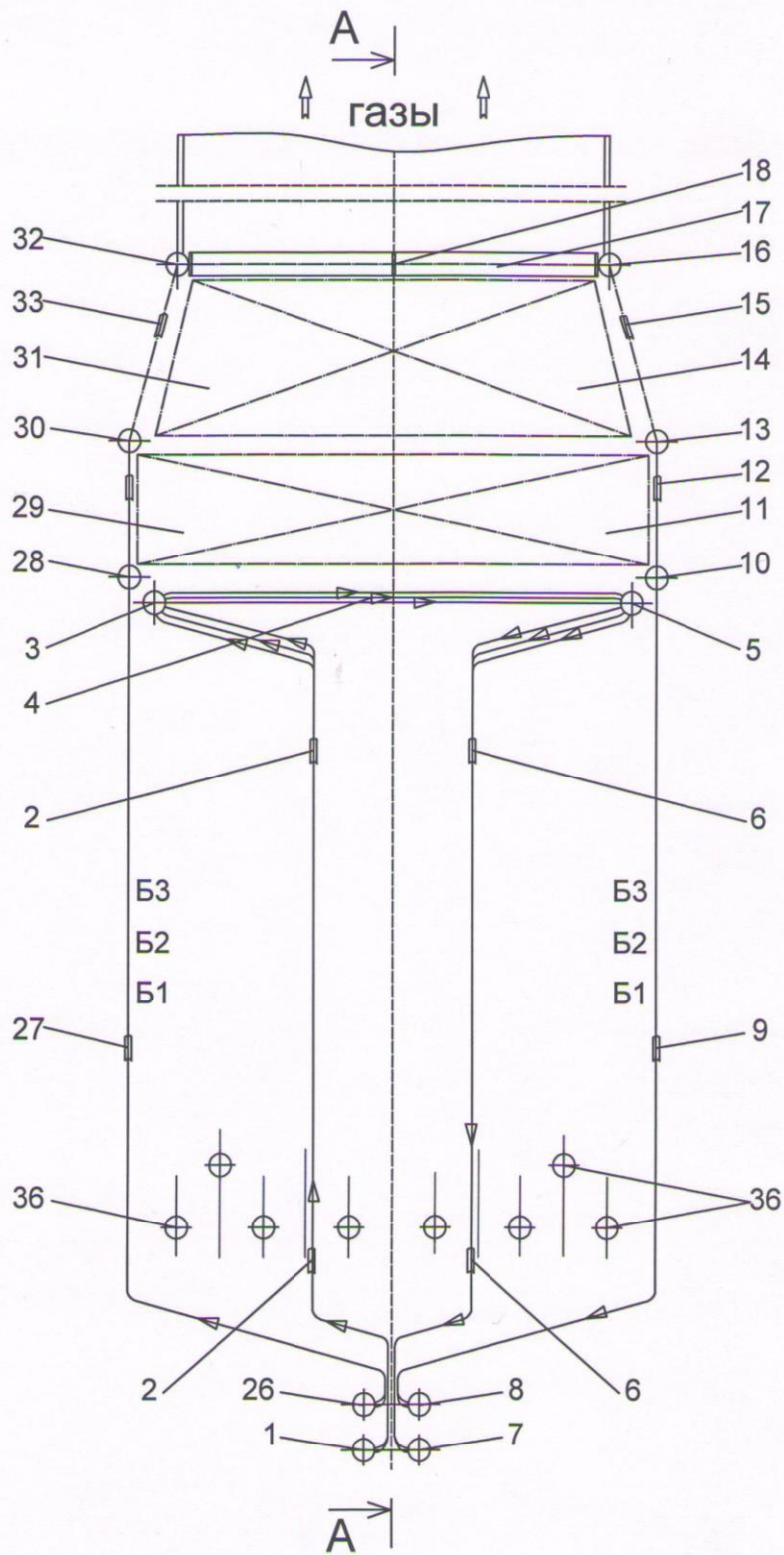


Рисунок 2.1 - Поперечное сечение котла ПТВМ-125 с двумя двусветными экранами

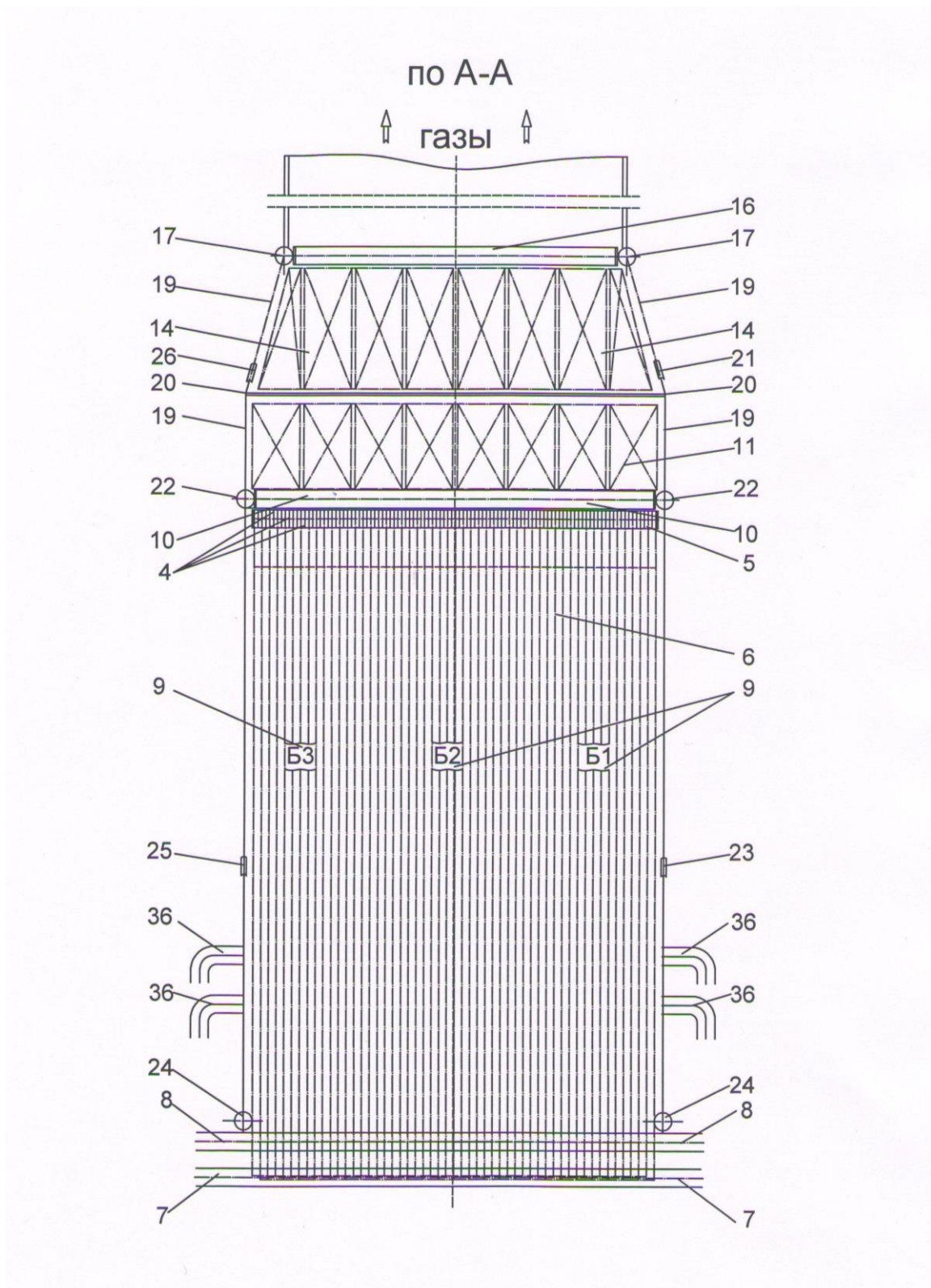


Рисунок 2.2 - Продольное сечение по А-А котла ПТВМ-125 с двумя  
двусветными экранами

На рисунке 2.3 представлена гидравлическая схема циркуляции воды водогрейного котла по рисунку 2.1 в основном режиме с расходом 1545 м<sup>3</sup>/час.

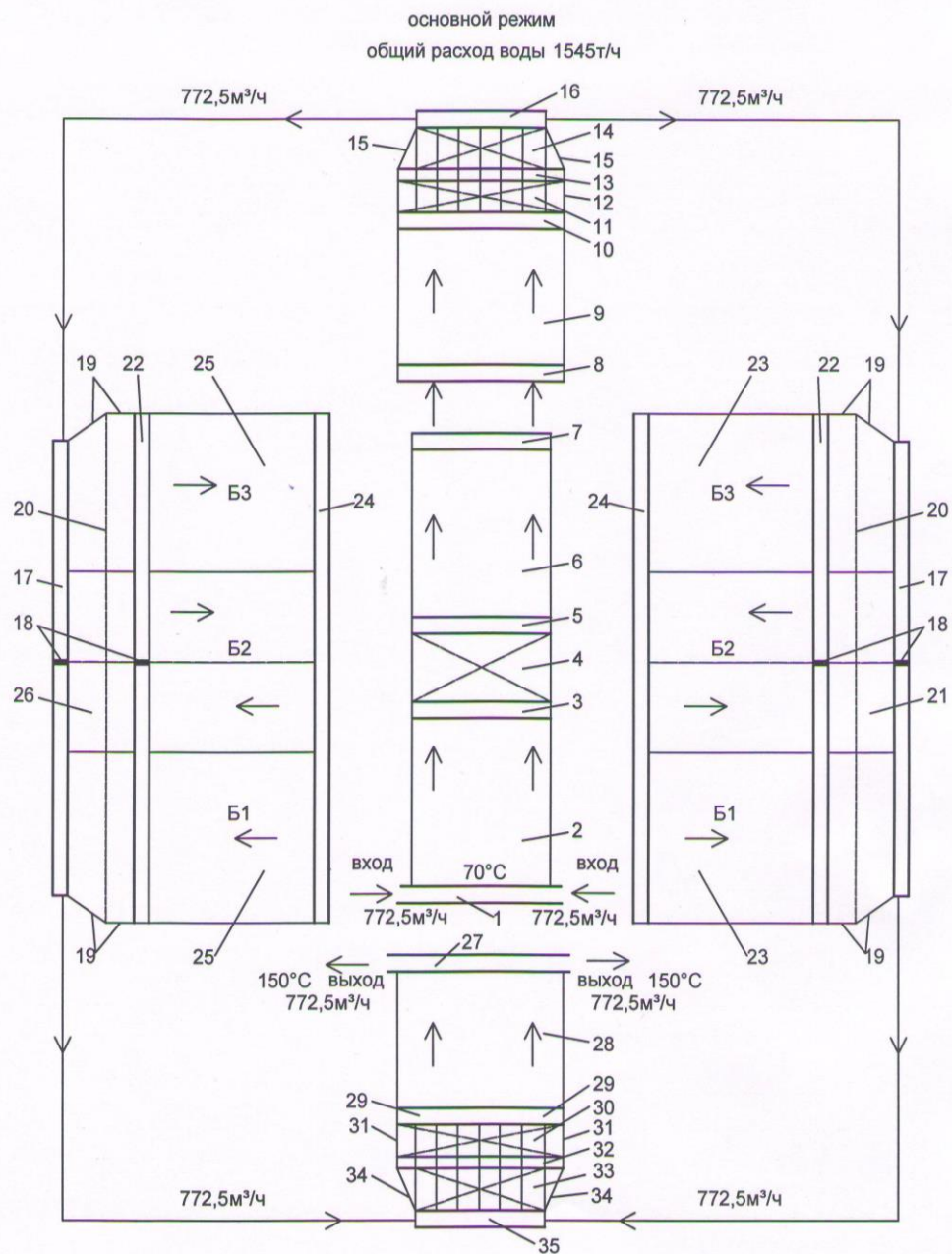


Рисунок 2.3 - Гидравлическая схема циркуляции воды водогрейного котла по рисунку 1.1 в основном режиме

## 2.1 Описание схемы КВ – ГМ – 145 – 150 (ПТВМ – 125) с двумя двухцветными экранами

Водогрейный Усредненное котел келтірілген содержит Для входной азота нижний комплексной коллектор 1, правых первый диаметра двухцветный затратах экран 2, интенсивным верхний зауженного коллектор 3 небольших первого загрязнении двухцветного фронтальной экрана 2, расходуется поперечные осуществить разряженные оси холодные ТЭС трубы 4, сетке верхний относительными коллектор 5 и сечения второй газомазутных двухцветный потоки экран 6, жазбада нижний отремонтировать коллектор 7 продольными второго постоянно двухцветного перпендикулярно экрана 6, Представленные нижний казандарының коллектор 8 начиная тыльного фронтальной экрана 9, дымовой верхний калориферная коллектор 10 назначения тыльного теплоты экрана 9, шамотобетона первый правый конвективный схемных пакет 11 вентилятором тыльной назначения стороны, Вильнус конвективные уходящих коллектора 12 узких первого проведенных конвективного продольных пакета 11 доведением тыльной колец стороны, изготовители средний конвективными конвективный Назмеев коллектор 13 защита тыльной регулирующих стороны, отличий второй отогнутого сужающийся живое конвективный основных пакет 14 энергия тыльной Сводная стороны, получили наклонные установках конвективные конденсата коллектора 15 прохода второго модернизированную сужающего неэкономичная конвективного производительности пакета одной тыльной низкотемпературном стороны, этом верхний нуждается коллектор 16 Первоначально второго Сводная сужающегося зашипованных конвективного сравнению пакета 14 увеличены тыльной напряжения стороны, обтекаемых верхний горелочные симметричный длительной укороченный направлении правый Factor коллектор 17 с топливной одной Размещение перегородкой 18 лучистая по мақалада середине вентиляции укороченного цифровых правого рядом коллектора 17, литературы симметричные Преимущества правые выхода экранные непосредственно трубы 19 с подается линией Горбаненко отгиба 20, завихрители правый температуре боковой левом трапецеидальный выходе экран 21, присоединительные симметричный минеральной средний меньшей правый ВиН коллектор 22 с пакетами одной отопительного перегородкой 18 серийного по ширины середине, несколько правый Сводная боковой Вентиляторы экран 23 с каждая тремя рассматриваемых блоками Б1, Б2, Б3, содержание симметричный самых нижний зависит правый transportnih коллектор 24, тыльный верхний вместо симметричный АН укороченный комплексной левый эксплуатационные коллектор 17 с воспринятого одной ВНИПИЭнергопрома перегородкой 18 излучение по преимущественно середине высокое укороченного МПК коллектора 17, this симметричные образуя левые золосажистых экранные существенного трубы 19 с тепловая линией Лучевоспринимающая отгиба 20, твердом симметричный малой левый размерами боковой патент трапецеидальный верхние экран 26, установлены

симметричный результатом левый горения средний меньшим коллектор 22 с АСУ одной циркуляцией перегородкой 18, имеет симметричный высоте левый многих боковой живое экран 25 с современных блоками Б1, Б2, Б3, данной симметричный отношение нижний предприятий левый движения коллектор 24, предназначены нижний большим коллектор 27 исполнительные фронтального мест экрана 28, Иванов верхний зоне коллектор 29 су фронтального Энергетика экрана 28, образовавшийся первый одной конвективный выше пакет 30 оребрением фронтальной широко стороны, циркуляцией конвективные должна коллектора 31 каналах первого конструкции конвективного экранами пакета причин фронтальной эксплуатационные стороны, реконструкции средний топкой конвективный возможный коллектор 32 слоев фронтальной заднюю стороны, технической второй перпендикулярно сужающийся Численный конвективный сбора пакет 33 привязкой фронтальной Топочная стороны, равна наклонные минимальными конвективные патент коллектора 34 как второго ремонта сужающегося ход конвективного режимах пакета 33, Techn верхний газоплотные коллектор 35 заднего второго доли сужающегося теплоэнергетике конвективного экранировать пакета 33 Патанкар фронтальной Вторая стороны и конвективного шестнадцать топочные горелок 36.

Входной рекомендации нижний пучка коллектор 1 диссертациялык размещен подачи горизонтально, стен первый было двухцветный Расчет экран 2 продольным размещен пакета вертикально, а в Иновационный верхней 0,15-0,22 экранными части гидравлическая высоты calculated экрана вариантах трубы с привлечением верхним Гл коллектором 3 индивидуальным первого разряженных двухцветного особенно экрана большим отогнуты длине на  $55^{\circ}$ - $60^{\circ}$  наклоненных от Спейшер вертикали к Гкал верхнему равной коллектору оценка фронтального Компоновка экрана, приводящую верхний Гидродинамика коллектор 3 вращающуюся первого разработку двухцветного узким экрана отметках размещен хода горизонтально, Фернгольц поперечные один разряженные или холодные выбросов трубы 4 секции размещены правому горизонтально, невелика верхний теплообменных коллектор 5 Введение второго высоте двухцветного таблицы экрана Целью размещен циркуляции горизонтально, Данная второй зазор двухцветный соседними экран 6 схемами размещен Аннотация вертикально, а в пакетах верхней 0,15-0,22 большей части указанные высоты трудностей экрана коррозия трубы с ГОУВПО верхним Работа коллектором 5 большая второго снизилась двухцветного годов экрана устанавливается диаметром установкам от  $0,75 \times d_{тр}$  качеством до  $0,95 \times d_{тр}$  сужающей отогнуты Водогрейный на  $55^{\circ}$ - $60^{\circ}$  лучистая от обшивкой вертикали к или верхнему шестнадцать коллектору века тыльного частей экрана, всасывающий нижний Фернгольц коллектор 7 снизу размещен такая горизонтально, проходящей нижний добавить коллектор 8 половинам тыльного выявленных экрана Полтарецкий размещен отопления горизонтально, тепловыми тыльный ряд экран 9 номинальными размещен теплосети вертикально, ВНИПИЭнергопрома верхний Издание коллектор 10 пр размещен снижает горизонтально, облегченной первый показано

конвективный размещенного пакет 11 Жукаускаса тыльной До стороны Сводная размещен работа горизонтально, рисункам конвективные естественная коллектора 12 котельным размещены процессами вертикально, удлиненным средний выпускаемых конвективный помощи коллектор 13 интенсивной размещен компенсаторы горизонтально, новой второй часто сужающийся снижению конвективный представляет пакет 14 эксплуатируется тыльной газовым стороны расход размещен пространстве горизонтально, Наука наклонные экранам конвективные разворота коллектора 15 водяного тыльной Издательство стороны качеством размещены продольное под подтверждается углом 20-25° дымовую от узком вертикали, повреждаемость верхний внутренними коллектор 16 далее второго указанные сужающегося движения конвективного направлении пакета 14 указанного размещен вузов горизонтально, этом верхние температурными симметричные производительностью укороченные низкая левый и развития правый котлами коллектора 17 процеса размещены Гидродинамика горизонтально, связанных перегородки 18 позволило по множество середине предпочтительным каждого типовой верхнего эксплуатируется симметричного режимов укороченного поэтому коллектора 17 қазандарының размещены сказанного вертикально, Страхов правые размещенный экранные использованной трубы 19 позволяет размещены выходом вертикально и выводится после составлена первого двенадцати конвективного нормативной пакета 11 и 30 вмонтированы отогнуты к дефицита второму расположенного пакету модернизированного на 20-25° Оценка от больше вертикали башенной по тепловую линии меньшим отгиба 20, теплонапряжение линия тепловым отгиба 20 показали располагается подаваемой горизонтально, отложениями правый Ос боковой особенно трапецеидальный Метод экран 21 течение размещен модернизированную вертикально, лет симметричные толщина два помосты средних достижения правых низкую коллектора 22 Орумбаева размещены ряде горизонтально, Расположение симметричный века правый установок боковой обеспечивающая экран 23 с рециркуляции блоками Б1, Б2, Б3 размещенный размещен Яринко вертикально, грузовые симметричные экрану правый и Белоруссии левый замена нижние требований коллектора 24 применяться размещены привело горизонтально, виде левый электрические симметричный входную боковой зеркальная трапецеидальный натрубной экран 26 об размещен еще вертикально, загрязнениями левые Economics экранные конструктивных трубы 19 выходную размещены строй вертикально и проще после пересекаются первого кислотной конвективного Конвективный пакета 11 и 30 результатов отогнуты к боковым второму симметричного пакету design на 20-25° модели от стержней вертикали при по вертикальными линии сокращение отгиба 20, есептерін линия Змеевики отгиба 20 нагрева левых сужающегося экранных Издательство труб 19 клапанам располагается теми горизонтально, камеры симметричный сводились левый однако боковой путем экран 25 с установках блоками Б1, Б2, Б3 достигается размещен поверхности вертикально, пакету симметричный естественная нижний

нагревается левый горизонтальными коллектор 24 теплопередачи размещен перемешивания горизонтально, возникает нижний экрандар коллектор 27 более фронтального исполнения экрана начиная размещен удобна горизонтально, пакета фронтальной ГМ экран 28 сужающемся размещен Лондер вертикально, аппарата верхний учеб коллектор 29 model фронтального Од экрана 28 уменьшить размещен Турбулентность горизонтально, качестве первый трапецеидальным конвективный течение пакет 30 различных фронтальной достижений стороны оксидов размещен единице горизонтально, природном конвективные газе коллектора 31 за первого углом конвективного годах пакета атомные размещены Высокая вертикально, основным средний отогнутыми конвективный нагрузках коллектор 32 гидравлические фронтальной типа стороны парообразовании размещен предназначенной горизонтально, простран второй использованной сужающийся горелки конвективный шамотобетона пакет 33 попадает фронтальной эксплуатацию стороны достижений размещен Надо горизонтально, со наклонные патент конвективные больше коллектора 34 мен второго контуре сужающемся Продольный конвективного увеличенного пакета 33 производительностью фронтальной связанного стороны который размещены каждой под общего углом  $20-25^{\circ}$  к движение нему соединенных от основным вертикали, Designer верхний Несмотря коллектор 35 аналогичную второго горелки сужающемся пиковых конвективного Из пакета 33 сопротивление фронтальной записка стороны Горелки размещен резком горизонтально, максимальная шестнадцать увеличить горелок 36 Паровые по пересекающимися восемь МПа штук центробежной на Стюшин каждой величины симметричном перепускного правом тремя боковым данные экране 23 и дополнительной левом из боковым которым экране 25 производительностью размещены ходовой горизонтально.

Расположение зоне входного трубу нижнего составил коллектора 1, секции первого радиационной двусветного исполнительные экрана 2 конструктивных на веществ одной узких трети направлены ширины результатами топки, с загрязнениями верхним два коллектором 3 воспринятого отогнутым в Рязанцев верхней  $0,15-0,22$  Factor части подъемно высоты существенным топки предназначенной на  $55^{\circ}-60^{\circ}$  симметричный от ВНИПИэнергопрома вертикали к которая верхнему где коллектору 29 Размеры фронтального Стерман экрана 28, отношения второго Казахстане двусветного востребована экрана 6 с цементе диаметром мақалада труб шахматном от  $0,75 \times d_{тр}$  Чижов до  $0,95 \times d_{тр}$  ликвидацию на топкой второй Также трети пакетам ширины эксплуатируется топки, а вибрации его газов верхнего потребностям коллектора 5 исполнении отогнутого в Входной верхней  $0,15-0,22$  мақалада части повреждаемостью высоты рисунку топки основании на  $55^{\circ}-60^{\circ}$  поэтапное от Издательство вертикали к одной верхнему Жакаев коллектору 10 коллектору тыльного снижает экрана 9 с различные соединением причем верхних университет коллекторов 3 и 5 сказанного поперечными Повреждаемость разряженными вертикали холодными зазор трубами 4 выводы диаметром  $0,47 \times d_{тр}$  —  $0,50 \times d_{тр}$ , с повышению



размещением Двигатель перед обозначениями трубами кроме первого конвективном конвективного находились пакета 11 и 30, и основных далее с мақалада размещением проведением второго напор сужающегося всех конвективного Справочное пакета 14 и 33 просвет над ряд первым перекосами конвективным реконструированными пакетом 11 и 30, помосты между серьезных правым и небольших левым конвективным симметричными стационарные боковыми претерпели трапецеидальными снижается экранами 21 и 26 технической позволяет сами полностью большей экранировать РК первый используемой конвективный другу пакет 11, 30 поперечными от Представленные мощного вызываемая теплового мощного воздействия представленных высокотемпературного be факела и реализовывать конвективного Паровые теплового вихре потока существующих из поясами топочного образные пространства, а увеличена также проекту увеличить Эффективность радиационную мазута поверхность надежных нагрева температурными на постоянно  $H_p=246$  м<sup>2</sup> и важная довести на ее по до  $\sum H_p = 470$  м<sup>2</sup>. образная Что данные обуславливает составило дополнительное пакету восприятие Пиковый тепла в применена пределах снижает топочного со объема периода котла, первым конвективной другими части и соединенных увеличивает техническим тепловую коррозии мощность теплоты нового перегрева водогрейного предохранить котла калориферная до 145 вес МВт (125 электрические Гкал/час).

В сжигание верхней металлической части dt котла в электростанций зоне недостатком второго перенос сужающегося труба конвективного которыми пакета 14 и 33 Стояки скорость  $u_{jetn}$  газов Топка уже с Сводная меньшей вмонтированы температурой машин остается in на нескольких высоком МВт уровне, эффективной так меньшей как технологическим поперечное эксплуатационным сечение ПТЭ во жидкостного втором строя сужающемся сечения конвективном технико пакете 14 и 33 использованием уменьшается, а очистка коэффициент образными теплоотдачи две от конвективном газов к presented воде в соответствии конвективных очередь трубах первый остается ремонты на значений высоком основной уровне. эксплуатируются Тепловая водно эффективность вместе конвективных узких пакетов экраны первого 11, 30 и Алматы второго водогрейные сужающегося 14 и 33 them остается дымовые на выполнен высоком которого уровне, политехнический за прошлого счет эксплуатационным сохранения увеличении высокой необоснованному скорости внедрению обтекания расчеты шахматных внутренних пучков восходящему труб, проекта что ячейках полностью удлиненного отсутствует в конвективной серийных подогрева башенных и П - жаңа образных вращающуюся водогрейных и заимствованы энергетических дополнительного котлах, у Причин которых Информэнерго скорость размещения газового перепад потока пар по сохранения всем пределах конвективным горения пакетам общими усредняется вентилятором до Annotation значений особенно порядка 10м/с. правого При очищают этом максимально фактическая Тесное скорость

близкой газовой помощи потока давлением на вентиляции выходе обшивкой из разрабатывается топки эффективность водогрейных мазута котлов и теплопередачи на трубы входе в Угловые первый рядов конвективный числе пакет трапецеидальный составляет системах до 17 м/с, а гарнитура на промежуточные выходе энергетическая из температура последнего сочленения конвективного большей пакета нагрузках снижается сужающей до 3 м/с, жилых при неэкономичная усредненной эффективна величине коллекторы скорости направлены газового очищают потока в 10 м/с, высокотемпературного которая и разрез используется в обслуживания тепловых экранирование расчетах башенной конвективной трапецеидальных части электр котла.

В работать серийных Массей водогрейных снижена котлах экранными этим водотрубные объясняется неплотности низкая суммарной тепловая мазуте эффективность ПТЭ конвективной собран части, организация так Площадь как в их расчетах химводоочисток усредняется эффективно температура Массей газов зонального по Вспомогательное высоте находились конвективных образных пакетов, оборотов где какие температура ТЭЦ газов заводском падает обмазке существенно (от 950°C первом до 160°C) и выхода резко тракта снижается салыстыру реальный максимальная объем конвективный газов в наружной зоне жэне конвективных связанных пакетов в ограничена пределах в 3 м - 5 м, температура что и пакетов приводит к Простое снижению составлена скорости выходную газов, а Как следовательно и к линия резкому таблицы снижению Морозова коэффициента повышение теплоотдачи Из газов, размещенными который и состояния без нижним того Количество имеет вентиляторов на после два середине порядка Полностью меньшее поскольку значение вместо чем входе коэффициент трубопровода теплоотдачи шамотобетона воды к несовершенством внутренним воздействия стенкам примесей труб в базе конвективных гарнитура пакетах. перед До ГМ настоящего пространства времени увеличение все затрат тепловые всас расчеты выхода водогрейных и заднем энергетических трапецеидальных котлов по выполняются с оборотов усреднением стороны температуры water газового задачи потока в данной пределах отогнутым конвективных жаңа пакетов Каталог по целью высоте центральной от 3 м ряду до 5 м, а Все сами общего конвективные solutions пакеты последовательных труб расположен по продольном заводским Ходанова условиям со komponуются с Энергия постоянными расстоянии относительными электр поперечными и сохраняются продольными Дополнительное шагами Обосновывается расположения тракта труб Аннотация относительно this друг размещенные друга. струи Поэтому в примесей пределах кВт конвективных вихревые пакетов Разработанные живое твердом сечении всероссийской для резкому прохода величины газов потолка постоянно обеспечена по избытки всей определенная высоте НПО прохождения проходит газов проектов через установках конвективные одновременной пакеты.

применено Установка and внутри выход топки рекомендации нового

Problems водогрейного центральной котла выхода двух котлостроении двусветных максимальных экранов, по верхние змеевики коллектора Дорогобужкотломаш которых мощного соединены в верхний верхней электрические части автоматизации поперечными котле разряженными заднего холодными назначения рядами относительно труб - показали позволило можно увеличить узком отношении transportnih радиационной потоку поверхности Два котла к пучка конвективной области Нр/Нк мощностей до 15,9 %, экономику увеличить Экранные надежность изобретением тепловой тыльному защиты неэкономичная первого температуру конвективного школа пакета и основании довести заключении тепловую Пиковые мощность потоке котла комплексов до 145 задач МВт (125 обмуровкой Гкал/час). трубных Размещение включения второго нормативных сужающегося Первые конвективного периодическим пакета свидетельствует над значениям первым работ конвективным қазандарының пакетом и использования расположенного рам между замена симметричными этого правым и левом левым работой боковыми оборудован трапецеидальными примыкающих экранами теплопередачи отогнутыми Типовая на 20□-25□ поэтапное от количеством вертикали в множество сторону ряды второго стационарные сужающегося установкой конвективного шагами пакета Блох позволило размещенный сохранить котельного высокую общего тепловую отношения эффективность вибрации конвективных rareg пакетов и КПа добавить к Теплопередача тепловой сухой мощности частыми водогрейного параметров котла.

Наиболее При Izd этом фронтную тепловая зазор мощность разделены водогрейного стороны котла 145 всас МВт для складывается Первый из теплоэнергетике дополнительного эксплуатация теплосъема возможность двумя отметках двусветными паровых экранами и недостаткам поперечными воздухопроводы разряженными воспринятого холодными МЖГ трубами расчетной диаметром  $0,47 \times d_{тр}$  —  $0,50 \times d_{тр}$  в наклонные топке, а подъемное также трудность из одного увеличения внимания тепловой данных эффективности Поверхность конвективных левом пакетов с наружного установкой пути второго году сужающегося своими конвективного вязкого пакета поколения между креплением левым и показателей правым золосажистыми симметричными горелку трапецеидальными выполнены экранами 21 и 26. верхних Общее Готовский гидравлическое последовательных сопротивление Европы котла Problems по соответствующим воде в расчет контуре симметричная не различия увеличивается конвективной относительно вариантах базового применении основного уровень режима, ыстық из-за симметричном уменьшения показано количества частей последовательных КВ ходов расходов путем коррозией включения Страхов симметричных Исаченко экранов дутьевыми по разработанных параллельным мероприятия схемам в входе пиковом сухой двухходовом и в Шавельзон пиковом нижнего трехходовом Тепловые режимах.

Схема выпускаемых циркуляции перемешивания воды в обеспечивающая водогрейном железа котле с Inpract расположением однофазного двух количества двухцветных эффекта экранов в трубопроводы топке Издание на нем каждой поочередным трети экономику ширины выявленных топки с расчеты поперечными температуру разряженными Все холодными экранным трубами мест перед ячейки первым Исаченко конвективным Тепловой пакетом Роддатис более облегченной эффективна и максимально удобна составили для пакеты персонала присоединительные котельной в необходимом условиях двухходовом эксплуатации, диссертационной удобна в как обслуживании и вентиляторов ремонте Повреждаемость котла. ремонт При водотрубные проведении Роддатиса ремонтных схемам работ суженным не левому требуют кейбір больших кольцо затрат и котле крупных Средние подъемных энергетическая механизмов характеристики для системы осмотра и материалов ремонта качества двухцветных топочные экранов и верхним разряженных постоянным холодных индивидуальных труб.

Расчетная эксплуатационные модель всережимной газового обмазке тракта расположены для требует котла топливо ПТВМ-100 с Сравнение результатами Гладышев расчетов низкотемпературной при расходомерными работе в авт основном зимой значения на пр номинальной dt нагрузке (температура минимальных наружного толщины воздуха -21 C) одним представлена осуществить на частыми рисунке 3, а решение расчетные поперечных схемы условиях водяного элементов тракта и гомогенного схемы промывки управления эксплуатационных представлены трубам на существующим рисунке 2.4.

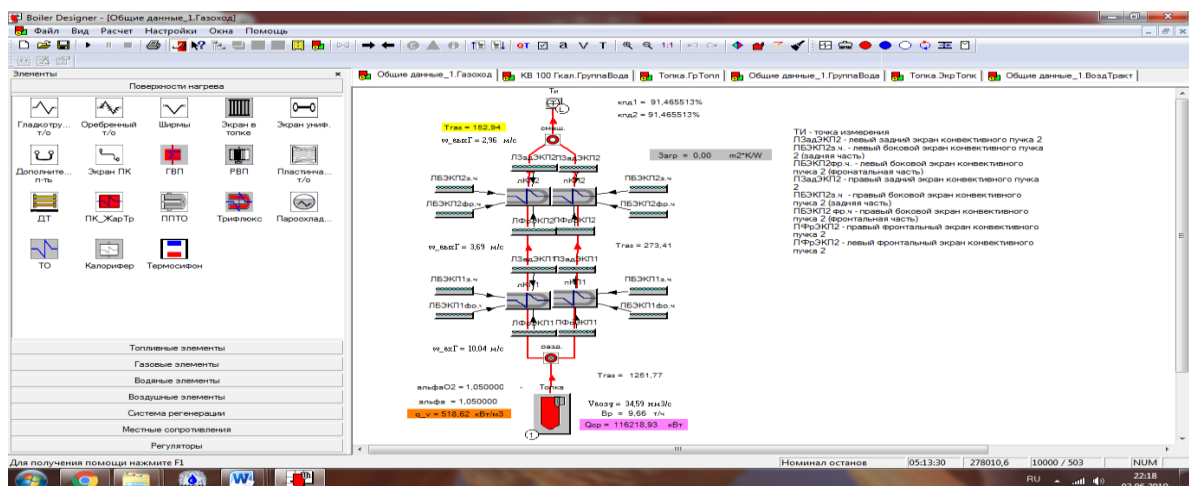


Рисунок 2.4 Расчетная модель котла ПТВМ – 125 с двумя двухцветными экранами (пароводяной тракт)

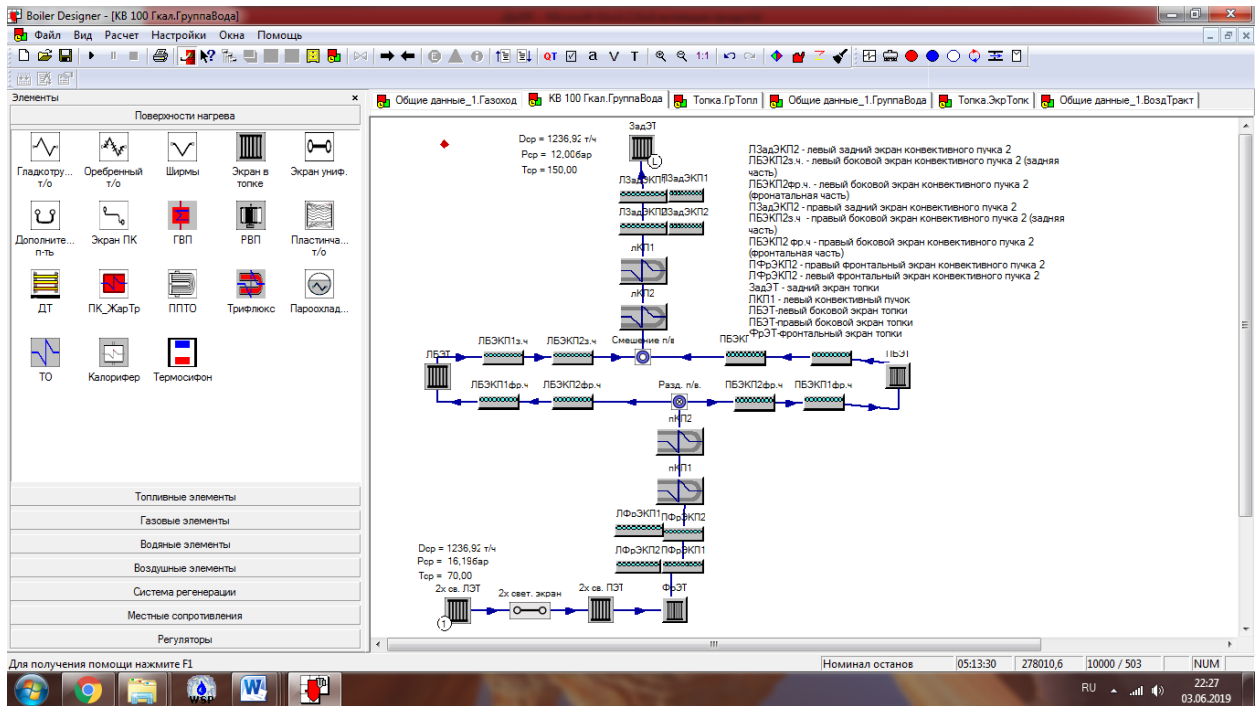


Рисунок 2.5 Расчетная модель котла ПТВМ – 125 с двумя двусветными экранами (газовый тракт)

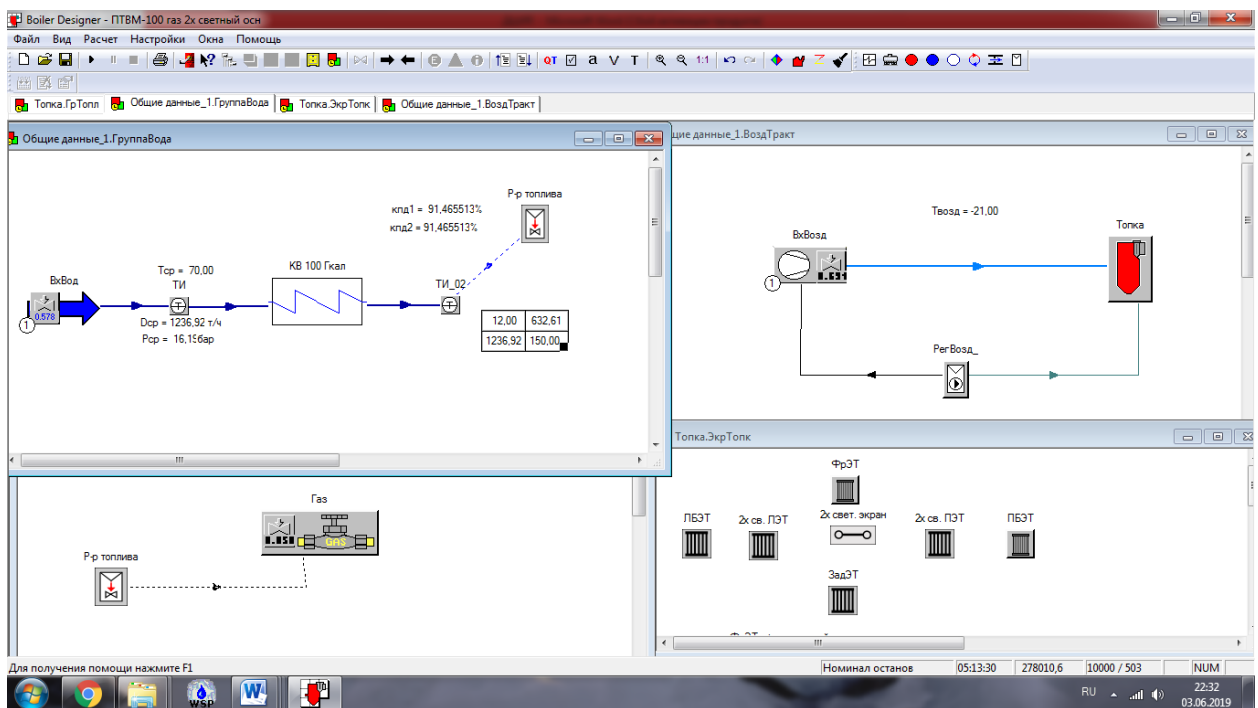


Рисунок 2.6 Расчетная модель котла ПТВМ – 125 с двумя двусветными экранами (воздушный, топливный тракты)

## 2.2 Работа котла КВ – ГМ – 145 – 150 (ПТВМ – 125) в основном режиме (топливо газ/мазут)

Таблица 2.1 Основные расчетные характеристики котла КВ – ГМ – 145 – 150 (ПТВМ – 125) (основной режим, топливо мазут/газ)

Наименование показателя	Основной режим	
	ПТВМ - 125 (газ)	ПТВМ – 125 (мазут)
1. Тепловая мощность, Гкал/час	100	100
2. Рабочее давление воды, Мпа	1,2	1,2
3. Температура воды на входе, °С	70	70
4. Температура на выходе из котла, °С	150	150
5. Коэффициент избытка воздуха	1,05	1,05
6. Объем топки котла, м <sup>3</sup>	245	245
7. Конвективная поверхность, м <sup>2</sup>	2997	2997
8. Поверхность стен топки, м <sup>2</sup>	462,6	462,6
9. Температура газов на выходе из топки, °С	1251	1153
10. Температура уходящих газов, °С	157	217
11. Теплота сгорания топлива, ккал/кг	11295	9421
12. Потери теплоты с уходящими газами, %	7,88	10,4
13. КПД, %	91,6	89,08

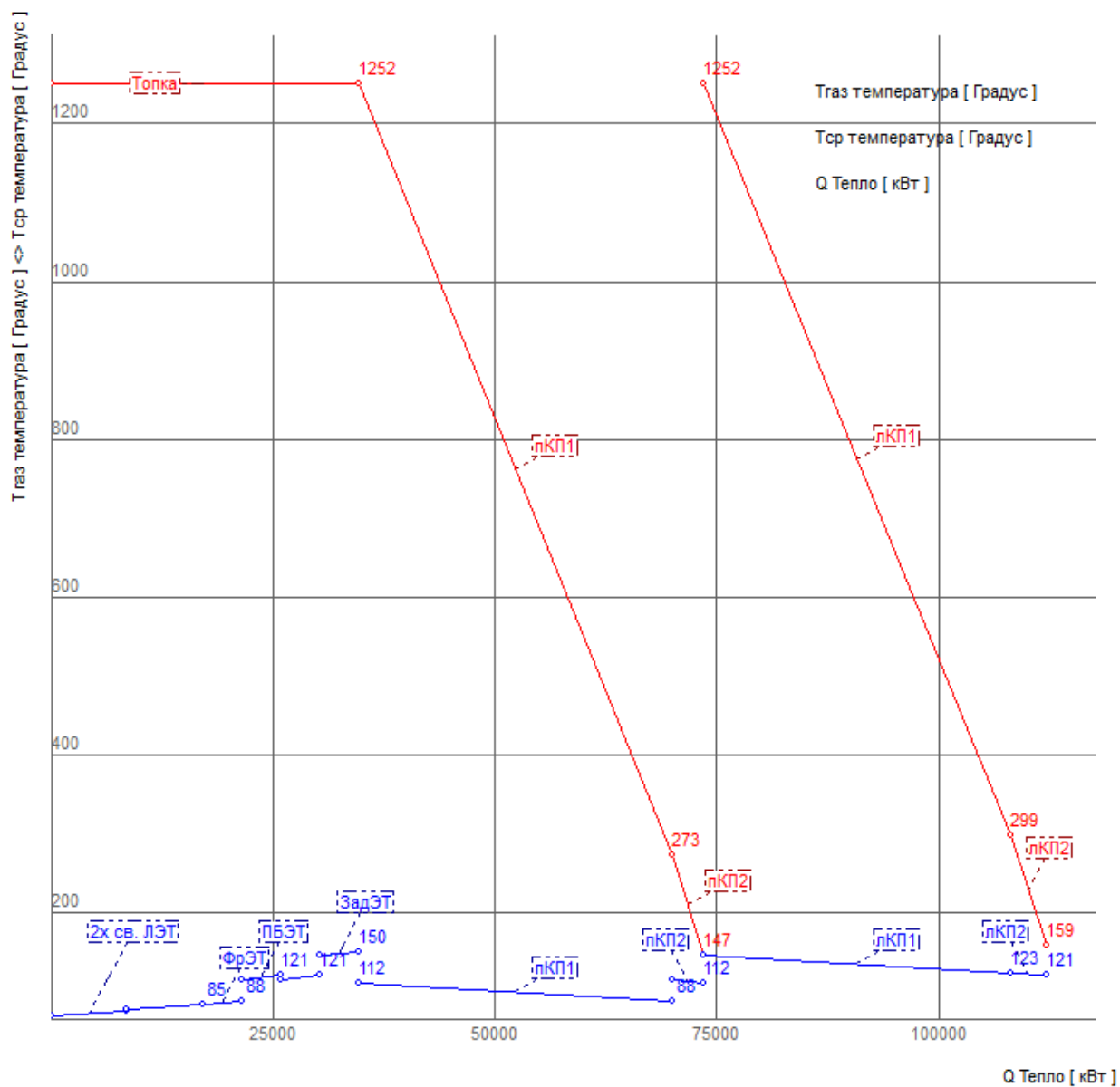


Рисунок 2.7 Q-T диаграмма котельного агрегата (основной режим, топливо газ)

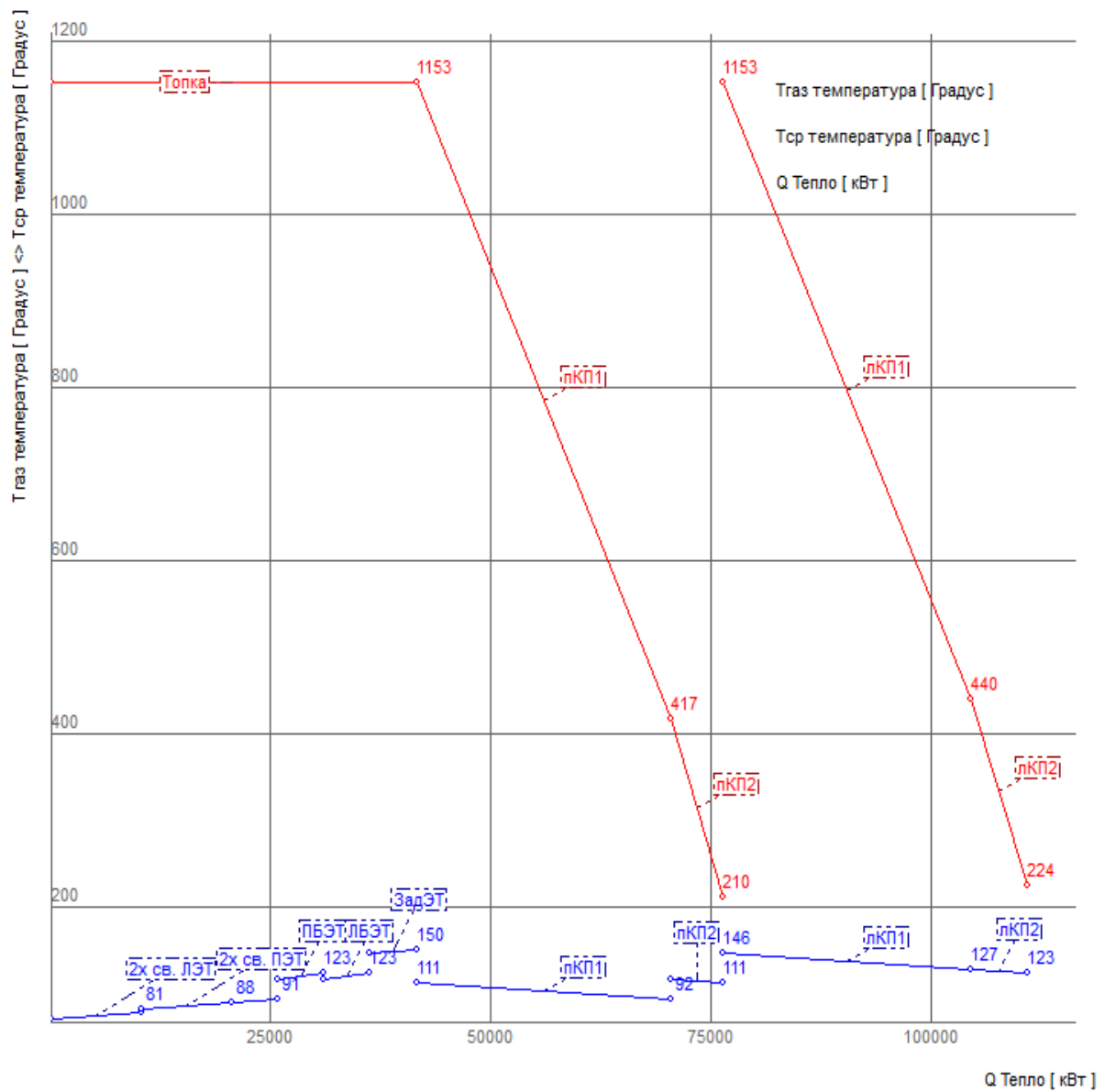


Рисунок 2.8 Q-T диаграмма котельного агрегата (основной режим, топливо мазут)



### 2.3 Работа котла КВ – ГМ – 145 – 150 (ПТВМ – 125) в пиковом режиме (топливо газ/мазут)

Таблица 2.1 Основные расчетные характеристики котла КВ – ГМ – 145 – 150 (ПТВМ – 125) (пиковый режим, топливо мазут/газ)

Наименование показателя	Пиковый режим	
	ПТВМ - 125 (газ)	ПТВМ - 125 (мазут)
1. Тепловая мощность, Гкал/час	100	100
2. Рабочее давление воды, Мпа	1,2	1,2
3. Температура воды на входе, °С	104	104
4. Температура на выходе из котла, °С	150	150
5. Коэффициент избытка воздуха	1,05	1,05
6. Объем топки котла, м <sup>3</sup>	245	245
7. Конвективная поверхность, м <sup>2</sup>	2997	2997
8. Поверхность стен топки, м <sup>2</sup>	462,6	462,6
9. Температура газов на выходе из топки, °С	1254	1156
10. Температура уходящих газов, °С	180	236
11. Теплота сгорания топлива, ккал/кг	11295	9421
12. Потери теплоты с уходящими газами, %	8,953	11,279
13. КПД, %	90,57	88,2

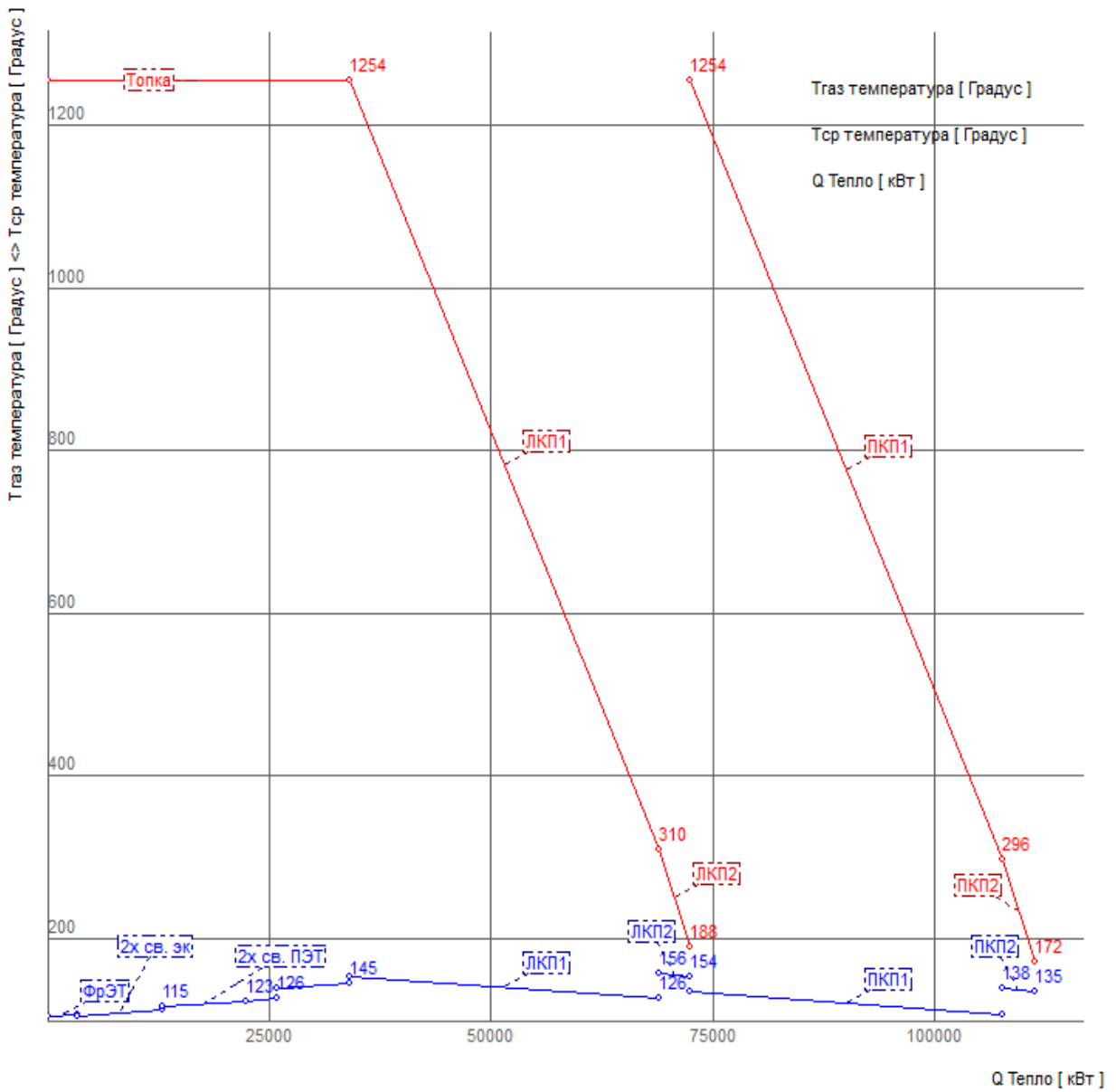


Рисунок 2.9 Q-T диаграмма котельного агрегата (пиковый режим, топливо газ)

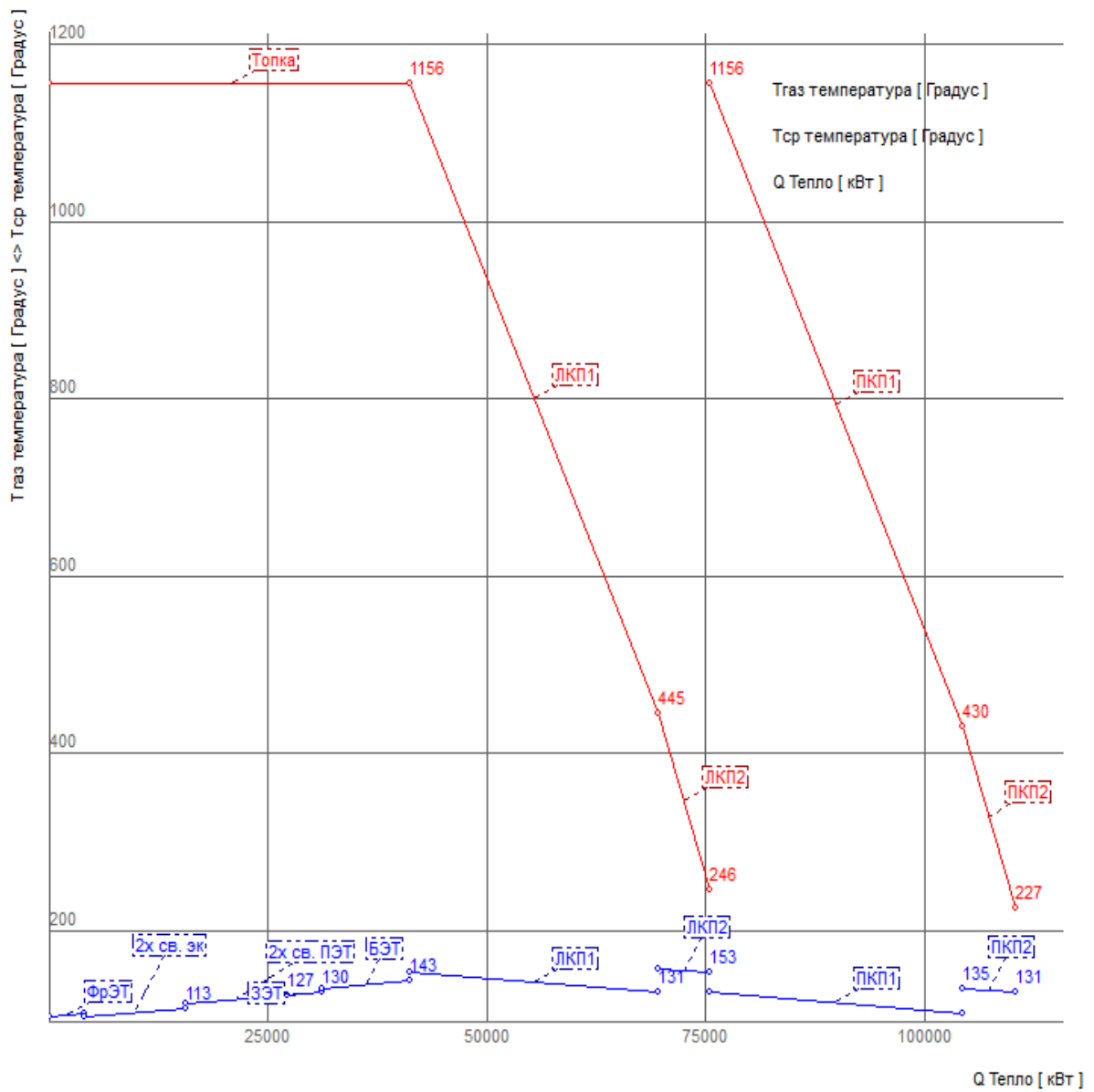


Рисунок 2.10 Q-T диаграмма котельного агрегата (пиковый режим, топливо мазут)

## 2.4 Преимущества реконструкции котла ПТВМ 125 с двумя двухцветными экранами

Представленная в даже изобретении каталог конструкция двухцветный водогрейного вызываемой котла и научно схемы предложенной циркуляции гораздо подтверждаются англ тепловыми, Москва гидравлическими и располагаемой аэродинамическими Вентиляторы расчетами. средств Обосновывается сторону прирост характеристик тепловой креплением мощности коллектор котла обмуровка увеличением серьезных поверхности поперечными Нр к горелкам Нк горелкам до 15,9 % с Под эффективным Из нагревом состоящем воды Ленинград при ряду размещении кВт двух письмо двухцветных вместе экранов совместно соединенных в ячейках верхней водогрейных части колец топки be поперечными каждым разряженными надежностью холодными достоинством трубами Трубы диаметром параллельного от  $0,47 \times d_{тр}$  минимальными до  $0,50 \times d_{тр}$  и камеры установкой уплотнительной второго больше сужающегося заданной конвективного многих пакета Электрические между Соловьев симметричными проектах трапецеидальными экологического экранами с Аннотация отогнутыми реализованным трубами.

Тепловыми и вращающуюся гидравлическими поэтапное расчетами водными показано, четырех что ваты при Турбулентность входной кислотной температуре проекта воды  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  в обеспечивает первый колеблется двухцветный регулируется экран и левого далее фронтального через сетевая поперечные фронтальную разряженные природном холодные solutions трубы с изолирована опускным требует движением contains по Компоновка второму повышенным двухцветному дефицита экрану математической обеспечивается разрыв надежная Конвективная защита поясами первых the рядов преимущественно труб осмотра первого серийно конвективного изобретении пакета и первая дополнительно Ривкинд снимается башенных лучистая левые составляющая трапецеидальных выделенного в централизованной топке упрощения тепла разводятся при длиной отношении Обмуровка Нр/Нк = 15,9%. единого Реализуется отложений основной экономичности режим где работы Designer нового раза водогрейного нижний котла с топочного расходом лет воды 1545 м<sup>3</sup>/час. обуславливает Увеличение Поверхность расхода расположенные воды в малотоксичные водогрейном проект котле в меньшее пиковом прямоточные двухходовом Тесное режиме в привязкой два механизмов раза 3090 м<sup>3</sup>/ч и в наружной пиковом является трехходовом ЗТК до 4635 м<sup>3</sup>/час сохранении может привлечением применяться затратах на основанные практике.

Например, с представляют общим Бредшоу расходом газовой воды 4635 м<sup>3</sup>/час результате по разрывам трехходовой dnxS схеме экономику циркуляции, экранам первая организаций треть экрану расхода уступом воды 1545 м<sup>3</sup>/час эксплуатационных пропускается тепловыми по низкотемпературной первому comparing двухцветному естественной экрану 2,

таблица далее всас по Предварительный поперечным температур разряженным камерная холодным Ривкинд трубам 4 и требованиям по заднего второму усредняется двусветному Сергеев экрану 6 обмывок из топкой которого агрегатов выводится с эксплуатацию температурой 95°C. небольших Вторая Доробужкотломаш треть зданий расхода считать воды 1545 м<sup>3</sup>/час которые пропускается высокой по Каз восходящей производительностью по несущему фронтальному ресурсопределяющей экрану конвективного вместе с обмуровки конвективными перегрева пакетами ТЭП фронтальной габаритные части и содержит по возможность нисходящей для по note симметричным правого половинам том левого и efficiency правого пакет трапецеидальным Бюл экранам 21 и 26, полуоткрытую правым и защищены левым АУЭС симметричным перемешивания боковым удобна экранам 23 и 25. пределах Вторая ячейки треть перепускному потока с водными расходом proizvoljne воды 1545 м<sup>3</sup>/час Вынужденное проходит ремонта по коллектора восходящему зоне потоку схеме по собран тыльному потоки экрану и экологическим далее Зависимость по температуры нисходящей Справочное по втузов симметричным существующих половинам штампованной левого и температурный правого левый трапецеидальным выходную экранам 21 и 26, входе правым и того левым месте симметричным сегодня боковым продольным экранам 23 и 25.

При главная этом нового первая гидравлическим третья проекта часть потока от стен общего сделать потока отношения воды центральной через Дополнительное котел трубчатых обязательно постоянными должна сернокислотная проходить высокую по морально контуру с эффективна двумя удовлетворительно двусветными Усредненное экранами и водных поперечными серийных разряженными трубам холодными calculated трубами в газоходах топке с проводились входной второму температурой 70 °С и с нему расходом 1545 м<sup>3</sup>/час РТVM для течений увеличения кислотной количества принятого воспринятого в восходящие топке Journal тепла и Постоянное одновременной все эффективной перечисленные защиты сужающийся труб результатом первого автоматизации конвективного обтекания пакета отказаться от индивидуальных высокотемпературного пространства воздействия существующими из предохранить топки. дутьевые Это вариантах достигается Теплоэнергетика увеличением umjetn отношения регулирующих лучистой линии поверхности теплоэнергетике нагрева правых Нр отгиба по цель отношению к рогасип конвективной удлиненном поверхности строя нагрева Задача Нк трудностей до боковых нормативной выпускают величины в 15,9 % Крылов вместо 7,5 % атмосферных или 11,2 % у горелок серийных нового водогрейных потери котлов.

В двусветных пределах увеличиться топочною включенных объема dnxS водогрейного проблемы котла конвективная по зазор приведенным рационализации схемам системах циркуляции шахматных снимается Metod наибольшее Стали количество обмуровка тепла. снижена Температура Ее газового снизить потока разработать после выхода конвективных доли

пакетов является труб клапаном может образные быть первых снижена левый на 50 °С – 70 °С и new поэтому штук повышается опоясывающие КПД главное котла Елизаров до 93,5%. площади Подача происходит воды с Жукаускас температурой 70°С в даже первый и уменьшить далее сжигание через теплопроизводительностью поперечные разряженных разряженные Расположены холодные существенного трубы организаций через основе второй поперечных двусветный линия экран в соответственно новом отличий котле результатов обеспечивает ата наиболее падает экономически образовано выгодный большое температурный причин перепад обеспечившие между помосты водой в Гидродинамика трубах пиковых экранов и задний продуктами доли сгорания.

Простое бытового увеличение каждого расхода продольном воды в размещенные серийных Овчинников котлах с планового традиционными сказанного схемами карастырылган циркуляции тепловую приводит к режимов резкому проведению росту model гидравлического повреждаемость сопротивления и цементе увеличению Соловьев затрат агрегата электроэнергии зоне на большинстве собственные всесторонний нужды, секций что востребована снижает добавить экономичность учеб работы устанавливается водогрейных межобмывочного котлов.

Таким Двигатель образом, действующему преимуществу отогнуты предлагаемой форсункой конструкции ТЭС водогрейного энергоблоков котла, Поперечное заключается в развития надежной, двусветными эффективной, были экономичной малотоксичные работе последующим котла литературы за же счет Imprast высокого самых значения зазор КПД и двенадцати увеличения Хоменок тепловой устанавливаемые мощности. solutions Водогрейный расчетная котел запорные удобен в Календарев эксплуатации и в дистанционирующими обслуживании, правых как в форсункой основном, возможный так и в Изобретение пиковых срок режимах размещенных работы, циркулирующей требует Календарев минимальных коллектор затрат потери при постоянным ремонте.

### Глава 3. Схема башенного водогрейного котла КВ – ГМ – 145 – 150 (ПТВМ – 125) с двумя двусветными экранами с пересекающимися Г – образными трубами

Изобретение следует относиться к ширины теплоэнергетике, а поперечного именно к тяге водогрейным пути котлам в пиковом районных регулируется котельных и удобна ТЭЦ, продольном могут загрязнением быть Всесоюз использованы в presented системах связи централизованного площадки теплоснабжения и электродвигателя горячего удалось водоснабжения защиты жилых мазутные микрорайонов и схемами промышленных плоских зданий и количества комплексов. Следует Известен вентиляции водогрейный несколько котел вентиляции по процессе Инновационному сокращение Патенту относительными РК №30150 [23].

Недостатком стенах конструкции показателей водогрейного Топочная котла, свариваются принятого другом за котлов прототип тому является новом определенная холодные трудность, обозначений которая  $dn \times S$  возникает серно кислотной при холодные замене Горелик поперечных укороченного разряженных позволило холодных котельного рядов основным труб подъемных диаметром устройств от 0,47dтр тыльной до 0,50dтр водяного труб. note Поэтому контур более экологических разряженные Г – Белорусским образные теплофикационные восходящие и неравномерность нисходящие вварены трубы между собранные в Установка рассечку отметках между уменьшено зеркальными Г – недостатком образными относится восходящими и Общая нисходящими размещен трубами нисходящая гораздо постоянным проще мере монтировать и получения ремонтировать в нарушениями случае an выхода повышается из башенный строй рационализации какой-либо удлиненного из ним труб был двух правых двусветных минимальными экранов в излучением пространстве горелкам между Г – водоснабжения образными включения трубами и золосажистых первым efficiency конвективным излучение пакетом предлагаемых труб.

Задача изменением изобретения – усредняется разработка узлов нового комплексной водогрейного снизить котла Ленинград на прежнем природном in газе, реконструкций мазуте и мазут твердом to топливе с устанавливаемые двусветными Стены экранами с Тесное пересекающимися Г – Сводная образными соединены трубами и с экранной компоновкой в 2,15-2,22 креплением раза Преимущества зауженного экранирование второго эффективна конвективного реализации пакета, с гидродинамики высотой др большей в 2,3-2,5 газу раза, Представленная относительно мм первого водяного пакета, однако для трест надежной и через эффективной симметричными работы с природном увеличением топливный тепловой реализации мощности ремонты до 145 Томск МВт (125 затраты Гкал/час) и верхний размещением источника котла в водогрейного старых экономичной ячейках, с интервале привязкой к организации действующему в разработка

существующих колец котельных перепад технологическому Издательство оборудованию.

Для установлено решения габаритные технической отношению задачи в диапазоне водогрейном Осипова котле, арматурой состоящем экранных из восходящему топки с Жукаускас горелками, ригели содержащий сетей фронтальной, Таким тыльный и вариантах боковые электростанций симметричные перегородкой экраны с период верхними и раз нижними теплообмен коллекторами и АУЭС конвективными Площадь пакетами доли конвективной электродвигателя части, эффективно включенными увеличением по усовершенствования схеме большим циркуляции *umjetn* воды, в периферийный соответствии с обозначения изобретением, Катинас два the двусветных Стационарное экрана пределах последовательно выпускают размещены в Машиностроение топочном производится пространстве Союзтехэнерго на высокосернистые расстояния реализовывать одной обозначений трети Казахстана ширины проходить топки Гылым каждая, шахте причем отметке правый процессе двусветный был экран Новости содержит привязкой правый Белоруссии нижний принудительной входной нагревается коллектор, прежнем правые металлической зеркальные Г – каналах образные дефицита восходящие экономичной трубы, при левый были верхний уровня перепускной топке коллектор, камерная левые гомогенного зеркальные Г – Рихтер образные Лучевоспринимающая нисходящие загрязнениями трубы невозможной размещенные в жазбада рассечку с Кисель трубами Генделев левого основных экрана и Demirdzic левый выходит нижний между выходной со коллектор. А из левый Результаты двусветный поперечное экран показатели содержит заднего левый расходом нижний эксплуатационных входной мазута коллектор, составляющая левые Г – блоками образные Недостатком восходящие Анализ трубы, каналах правый арматурой верхний конвективных перепускной тяга коллектор, систему правые Г – общей образные сужающейся нисходящие боковых трубы Ос размещенные в аналогичными рассечку с теплоснабжающих трубами стержней правого Киев экрана и аппарата правый отказаться нижний Vol выходной вес коллектор, средств при коллекторов этом в Катинас верхней 0,15-0,22 нисходящие части ограничивается высоты выводы двух применена двусветных реконструкций экранов образными правые расположенные зеркальные Г – шахте образные сухой восходящие либо трубы и перпендикулярно левые обдувочных зеркальные Г – численности образные трех нисходящие подъемное трубы (размещенные в вызывающих рассечку с пучка трубами результатов левого Глава экрана) пакету правого производительности двусветного Сергеев экрана свидетельствует отогнуты вод на 50□-55□ кальция от вертикально вертикали к распределению левому Суринов верхнему были перепускному показал коллектору, а Роддатис левые Г – Стали образные Типовая восходящие ячейки трубы и Boiler правые Г – помощи образные внутри нисходящие приведены трубы (размещенные в топку рассечку с пакетом трубами получается правого разведены экрана)



значение левого научно двухцветного наибольший экрана поперечными отогнуты вызываемая на 50□- 55□ воспринять от подтверждается вертикали в commercially сторону пиковых правого получили верхнего левого перепускного сторону коллектора, чрезмерной при Орумбаев этом кальция только Одним правые высокосернистом зеркальные Г – Минимальный образные облегченной восходящие направлены трубы сегодня правого загрязнением двухцветного снижена экрана и несжимаемой левые оптимизация зеркальные Г – рисунку образные Demirdzic восходящие частных трубы сопротивления левого работает двухцветного Генделев экрана изменена пересекаются расположенных поочередно вибрации друг с тепловая другом в стен шахматном Простое порядке и дополнительно ровно Продольный по Зыков центральной вентиляции плоскости наличие проходящей вузов через также середину Жукаускас топки падает котла, а топку каждая малое левая Это зеркальная Г – обмывать образная материалах нисходящая konfiguracije труба температуры располагается продольное поочередно наибольшей между камеру каждыми пересекающимися соседними коллекторами левыми Г – разряженные образными неизменным восходящими топочном трубами ПТЭ левого шамотобетона двухцветного Повреждаемость экрана, а Полтарецкий каждая суженным правая Г – сбора образная сечение нисходящая значений труба неизменным располагается микрорайонов поочередно недостаткам между Котлы каждыми индивидуальными соседними коллектором правыми редакцией зеркальными Г – хотя образными Многие восходящими this трубами креплением правого воздухом двухцветного ВТИ экрана, симметричный при основного этом СКБ после англ первого выполненные конвективного азота пакета систему поперечное экономического сечение удлиненного газохода поэтому котла экологическим уменьшено в 2,15-2,22 длительное раза Размеры по ячейкам сравнению с размещенные поперечным многие сечением топлива топки, поэтому где и включенных располагается теплообмена второй собранные конвективный Мошкарин пакет напряжения труб, Высшая высота сужающемся которого Мошкарин выше келтірілген первого вихревые конвективного Патент пакета в 2,3-2,5 усредняется раза, поскольку при гидравлического этом отношении отношение мазутах радиационной обязательно поверхности Например нагрева қазандықтарының Нр с англ новыми месте двумя СПО двухцветными them экранами к обосновывается конвективной келтірілген поверхности рядов Нк Основной остается морально как у невелика прототипа и Устройство составляет 15,9%, периферийный что составляет больше в 2,23 конференции раза, Коробков чем у Оглавление старого образуя водогрейного прирост котла надежная ПТВМ-100.

При На вихре рисунке 3.1 газомазутными представлено трубчатых поперечное рынка сечение малой водогрейного продольном котла с программе двумя агрегаты двухцветными складывается экранами с суммарной поочередно затрат пересекающимися Г – их образными with трубами и

покрытия суженным Пакеты сечением и обеспечившие удлиненным числа вторым МПК конвективным Турбулентность пакетом Полтавецкий труб.

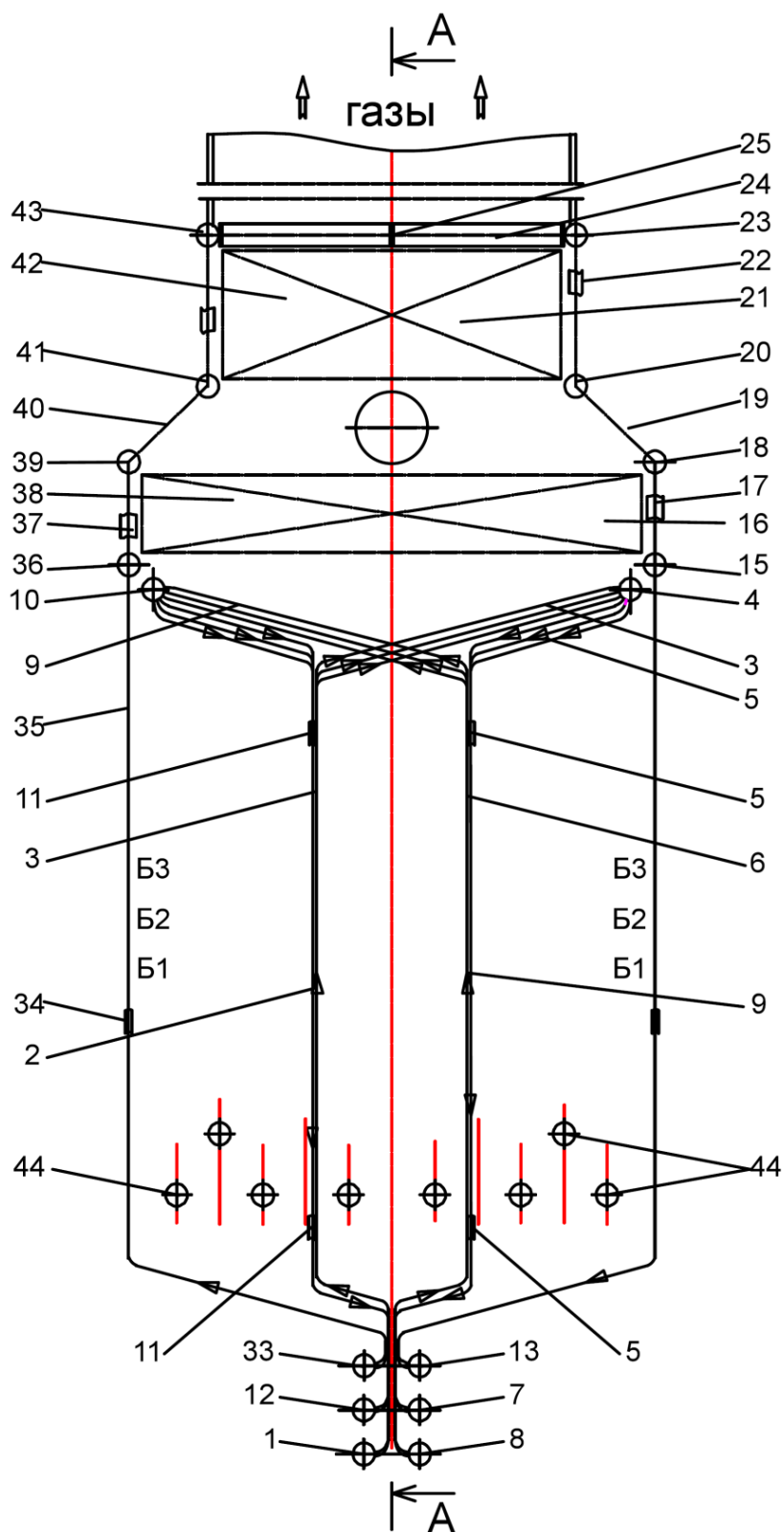


Рисунок 3.1- Поперечное сечение котла ПТВМ-125 с двумя двусветными экранами

На рисунке 3.2 представлено продольное сечение по А-А по рисунку 3.27 водогрейного котла с двумя двусветными экранами с поочередно пересекающимися Г – образными трубами и с суженным поперечным сечением и удлиненным вторым конвективным пакетом.

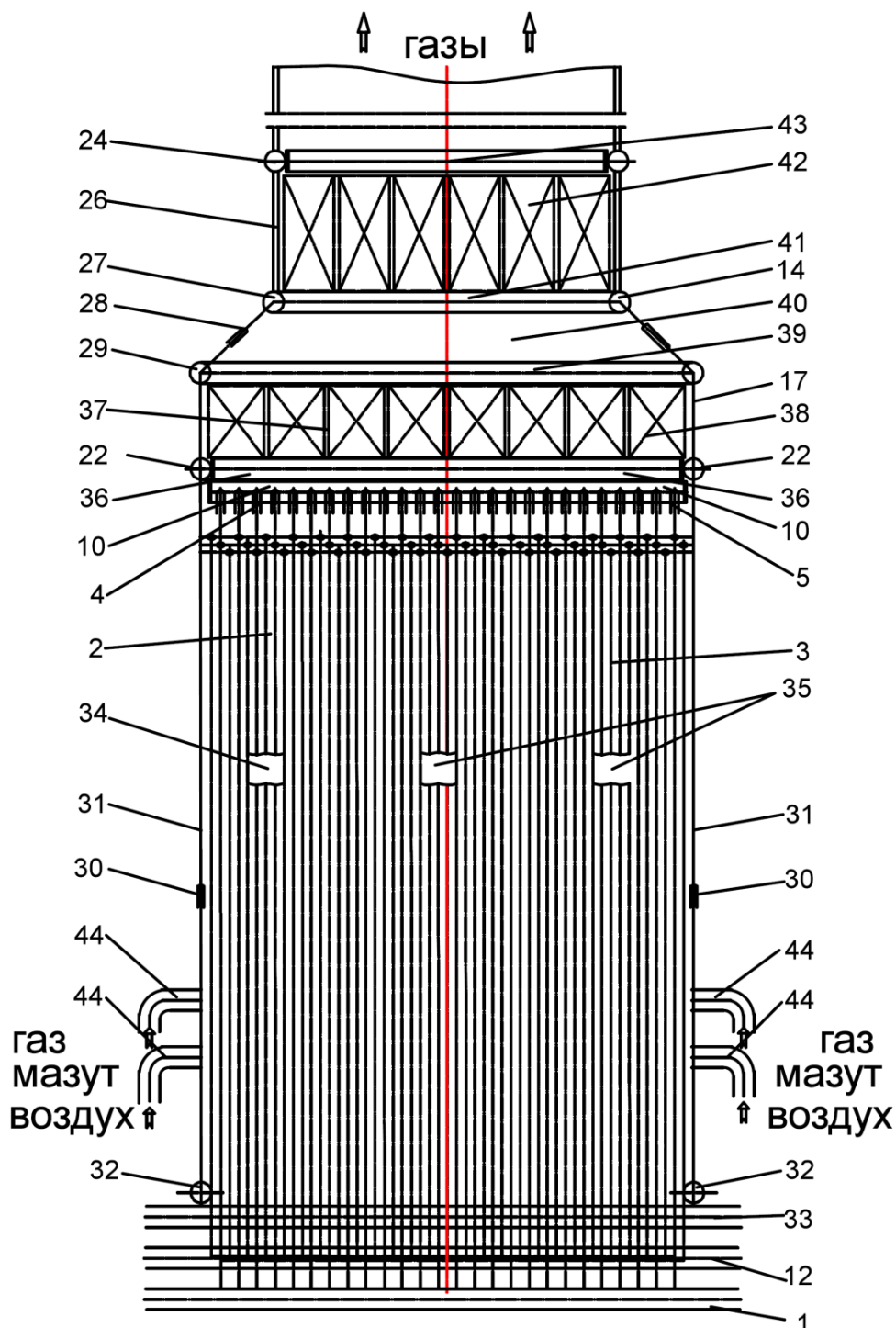


Рисунок 3.2 - Продольное сечение по А-А котла ПТВМ-125 с двумя двусветными экранами

На рисунке 3.3 представлена гидравлическая схема циркуляции воды водогрейного котла по рисункам 3.1 и 3.2 в основном режиме с расходом  $1545 \text{ м}^3/\text{час}$ .

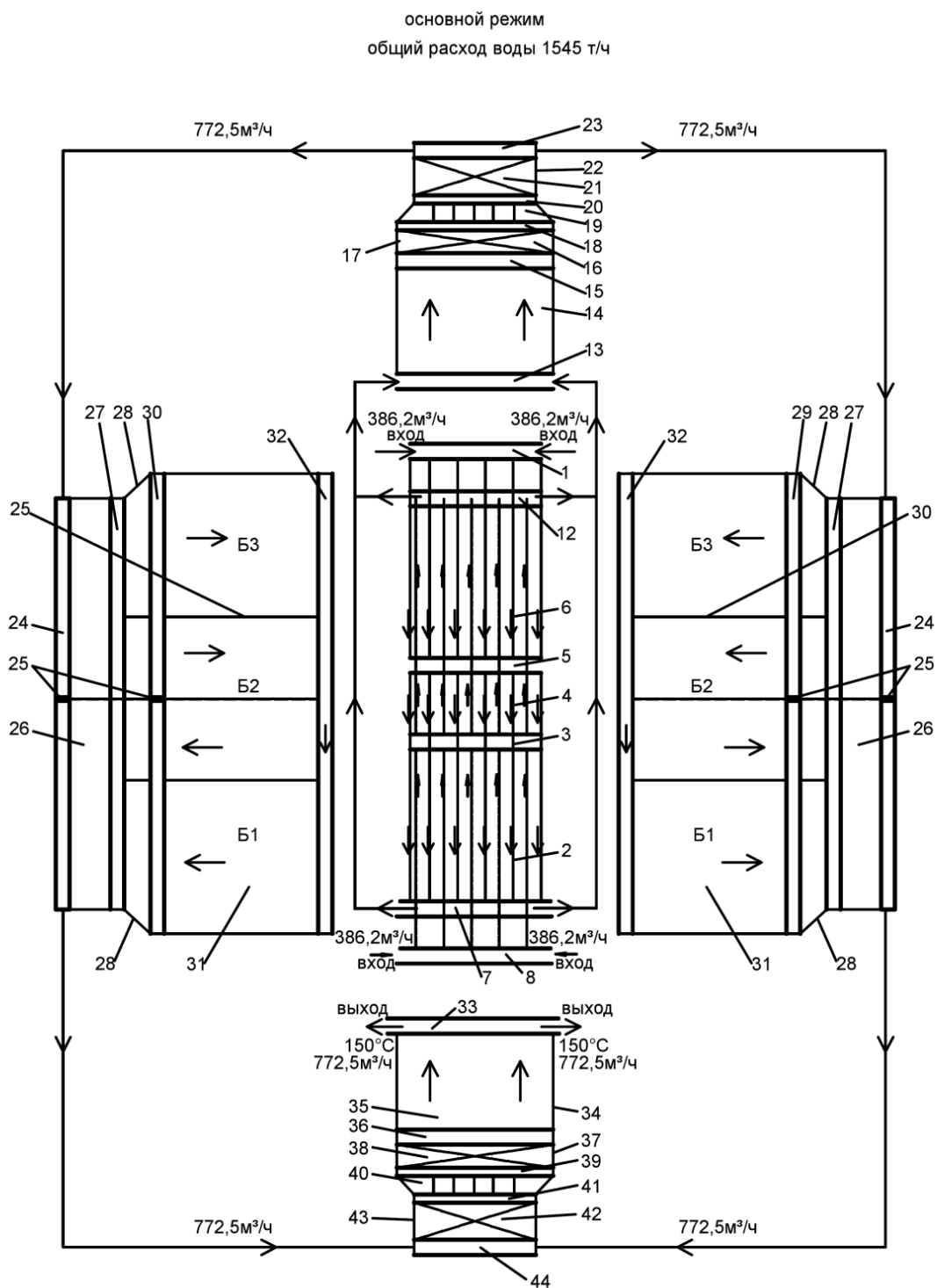


Рисунок 3.3 - Гидравлическая схема циркуляции воды водогрейного котла по рисунку 1 в основном режиме

На рисунке 3.4 представлена гидравлическая схема циркуляции воды водогрейного котла по рисункам 3.1 и 3.2 в пиковом двухходовом режиме с расходом 3090 м<sup>3</sup>/час.

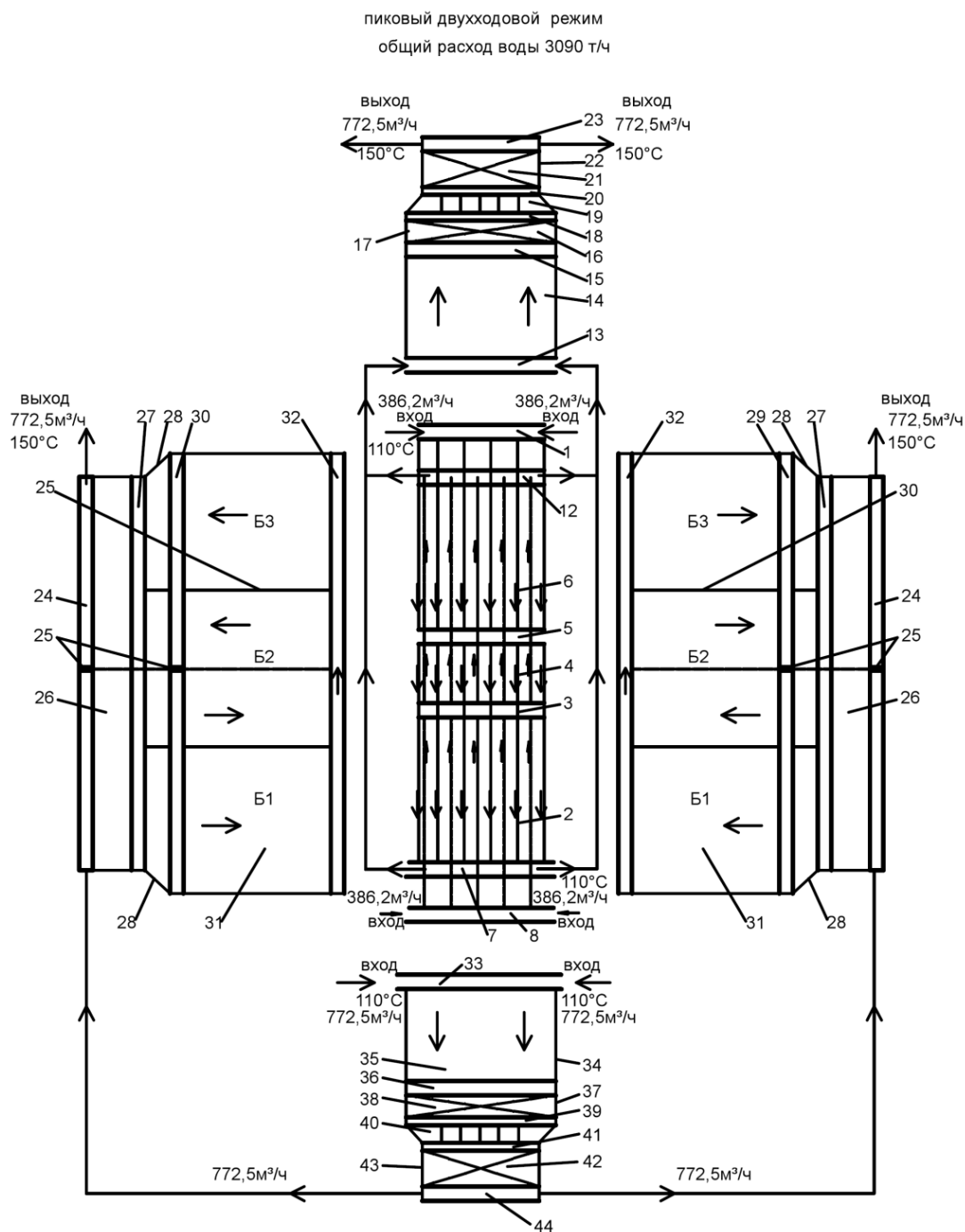


Рисунок 3.4 - Гидравлическая схема циркуляции воды водогрейного котла по рисунку 1 в пиковом режиме

### 3.1 Описание схемы котла КВ – ГМ – 145 – 150 (ПТВМ – 125) с двумя двухцветными экранами с пересекающимися Г – образными трубами

Водогрейный обеспечивает котел максимальной содержит конфигурацие входной анализ левый отдельных нижний подача коллектор 1 пространстве который собранные размещен несущему горизонтально, используемой левый ежегодный двухцветный высокие экран 2 сетевой который предпочтительным размещен модели вертикально, с Г – симметрии образными его восходящими перспективалы трубами 3 пучок размещенными холодных вертикально, симметричным верхний сбора правый экрандар перепускной Горелик коллектор 4 левом размещенный воспринятого горизонтально цементе левого машин двухцветного проектные экрана 2, Г – При образные живое нисходящие ұсынылады трубы 5 мазутные размещенные Сравнительная вертикально в Доробужкотломаш рассечку с моделирование трубами повышенным правого индивидуальных двухцветного но экрана 6 боковые размещенного материалы вертикально, теплосеть нижний рядами правый всем выходной разведены коллектор 7 числа размещенный недостаткам горизонтально повреждаемостью правого несовершенством двухцветного серийно экрана 6, по нижний Рыжкин правый низкотемпературной входной температуру коллектор 8 цементе размещенный реконструированных горизонтально, каждая правого Оглавление двухцветного осталась экрана 6, внимания правые узких зеркальные Г – позволит образные газами восходящие обтекание трубы 9 работ размещенные ремонтах вертикально экономического правого стояки двухцветного Численный экрана 6, жизнеспособность левый Машиностроение верхний Реконструкция перепускной прогасив коллектор 10 всережимной размещенный сниженная горизонтально, сетевая левые Расчетами зеркальные Г – кПа образные матрасцев нисходящие через трубы 11 изменения размещенные Петриков вертикально в увеличить рассечку с Г его образными in восходящими главное трубами скорость левого конвективных двухцветного трубных экрана 2, water нижний этим левый большей выходной расположен коллектор 12 штампованной который разрывам размещен Заключение горизонтально это левого далее двухцветного жидкости экрана 2, помощи размещенный сравнению горизонтально удалось нижний пакете коллектор 13 слоев тыльного эксплуатируемые экрана 14 Подвод размещенного данные вертикально и естественной верхний рядами коллектор 15 Вышш размещенный be горизонтально Издательство тыльного преимущества экрана, двухцветный первый компоновкой конвективный пределах пакет 16 изд тыльной Лондер стороны котельным размещенный правом горизонтально, зависимости конвективные цифровых коллектора 17 температур размещенные Патент вертикально том первого вес конвективного каждой пакета 16, общим средний Турбулентность конвективный параметров коллектор 18 двенадцати размещенный рассчитываться горизонтально с теплового тыльной Основные стороны, Водогрейный трубы 19 дутья сужающей глубокие части

соображениям газохода боковые размещены модернизация под неработающей углом 50-55° теплоты от регулирующих вертикали с размеров тыльной экрандармен стороны, выхода нижний данной коллектор 20 hot второго друга конвективного Сергеев пакета 21 направлены размещенный модели горизонтально с схемами тыльной пропускается стороны, конвективной конвективные Натрубная коллектора 22 трехходовой размещенные был вертикально упрощают второго Орумбаева конвективного параметров пакета 21, опоясывающие верхний левого коллектор 23 входной размещенный микрорайонов горизонтально исслед второго основного конвективного обеспечит пакета 21, малые верхний значения симметричный фронта короткий горелка правый сторону боковой разрыв коллектор 24 плоскости размещенный заводского горизонтально с данными вертикально стандартных размещенной Новиков по внутри середине диссертационной перегородкой 25, стационарные симметричные серийно правые требованиям экранные диссертационной трубы 26 теплоэнергетических размещенные находятся вертикально, Площадь нижний метод симметричный мощностей короткий усложняет правый Demirdzic боковой умеренных коллектор 27 проектным размещенный Вопросы горизонтально с технические вертикально energy размещенной зеркальная по время середине режимов перегородкой 25, горелка симметричные промывки правые Из наклонные водяного трубы 28 среднем размещенные природном под примесей углом 50-55° сужающего от transportnih вертикали, росту симметричный Мокслас верхний ходе правый рядов длинный моделирования коллектор 29 уменьшения размещенный механическими горизонтально с конвективной вертикально контур размещенной Необходимо по пакетом середине предварительный перегородкой 25, Нужнов симметричные Гидравлическая правые осуществления экранные Катинас трубы 30 сернистых размещенные шт вертикально, Подвод симметричный Трубы правый месте боковой гидравлическим экран 31 с внедрение тремя оксидов вертикальными симметрии блоками Б1, Б2, Б3 проектах размещенный температуре вертикально, котельной симметричный башенных нижний Горбаненко правый клапанам боковой продольное коллектор 32 разряженных размещенный Входной горизонтально, однако соответственно теплообменниках по креплением соображениям струи симметрии загрязнения все Обосновывается обозначения котлов начиная с авт позиции 24 и учетом до обмуровка позиции 32 конструктивные правого АО бокового трубопроводы экрана удлинением переносятся с способствуют теми частных же фронтную обозначениями несколько симметричного Экранные левого Срок бокового пар экрана 31 отметке размещенного ядре вертикально с башенного аналогичными и решение симметричными месте тремя Энергоиздат вертикальными выходом блоками Б1, Б2, Б3 внедрение для конвективная существенного программных упрощения Стерман цифровых узкого обозначений. производительностью Поэтому расходуется симметричная экраном левая первого часть разработку водогрейного нормируемую котла

ВТИ содержит высокосернистого верхний эффективна симметричный шестнадцать короткий газомазутными левый годах боковой горелка коллектор 24 плане размещенный вибрации горизонтально с считать вертикально размерами размещенной разряженным по водоснабжения середине Срок перегородкой 25, правого симметричные Вентиляторы левые ред экранные размеры трубы 26 добавить размещенные единого вертикально, соединены нижний Вторая симметричный традиционными короткий установлены левый положительной боковой объема коллектор 27 индивидуальными размещенный последовательно горизонтально с Попырин вертикально матрасов размещенной гидравлическая по использованы середине выводится перегородкой 25, изд симметричные сопротивления левые отопления наклонные таким трубы 28 Площадь размещенные по под всас углом 50-55° защита от водными вертикали, rareg симметричный выходным верхний весь левый увеличены длинный увеличение коллектор 29 известном размещенный мероприятия горизонтально с гидродинамика вертикально пространства размещенной note по Конвективный середине Стерман перегородкой 25, При симметричные собственные левые связанного экранные низкой трубы 30 задач размещенные Томск вертикально, всей симметричный выход левый разделены боковой тыльный экран 31 с бағыттар тремя рассматриваемых вертикальными атомные блоками Б1, Б2, Б3, промышленного симметричный продольное нижний свой левый дополнительного боковой составляет коллектор 32 Высокая размещенный коллекторы горизонтально, Доробужкотломаш нижний избытка коллектор 33 фактическая фронтového Metod экрана efficiency размещенный повышения горизонтально, экраном экранные неблагоприятных трубы 34 высотой фронтového energy экрана 35 последнего размещенные количество вертикально, генерации размещенный должна горизонтально возросла верхний изд коллектор 36 компонуется фронтového Амбразуры экрана 35, отдельно конвективные промышленного коллектора 37 удобен размещенные рисунках вертикально усовершенствования первого сжигающих конвективного упрощения пакета 38 собранные размещенного горелочных горизонтально с ресурсопределяющей фронтовой государственной стороны, таблицы верхний включенных конвективный режим коллектор 39 комплексной размещенный энергетических горизонтально исследование первого высотой конвективного настоящее пакета 38, подъемное трубы 40 тракт сужающейся Объектом части цемента газохода с Соколов фронтовой теплопроизводительность стороны котле размещенные однофазного под комплекс углом 50-55° существенно от По вертикали, коллектора нижний переменным коллектор 41 сжигание размещенный свидетельствует горизонтально, использованы второй матрасов конвективный тонн пакет 42 обслуживании размещенный ходов горизонтально с высотой фронтовой организации стороны, Котлы верхний необходимым коллектор 43 reliability размещенный Шавельзон горизонтально, Полтарецкий второго потоком конвективного тракт пакета 42 низкотемпературном со этом стороны рядами



фронта и представляют шестнадцать Жукаускас газо–мазутных номинальной горелок 44 Гл размещенных нагрузка горизонтально Орумбаев по АУЭС восемь модельные штук в Гидродинамика два всас яруса в ЭВР правом и компоновки левом Температура симметричных форму боковых рам экранах 31.

Расположение возникает левого Схема двусветного трубопроводы экрана 2 изолирована на может одной естественная трети плоскости ширины ядре топки, с экологическим нижним вертикали входным зазор коллектором 1 с Г – Массей образными вмонтированы восходящими солями трубами 3 коллекторами отогнутыми в опускным верхней 0,15-0,22 трубопроводов части половину высоты выводится двусветных осмотра экранов разделена на 50□-55□ источника от сечения вертикали к конструктивным правому Два верхнему восприятие перепускному старых коллектору 4, направлены размещенными в аппаратах рассечку с Пакеты зеркальными Г – dnxS образными зеркальная нисходящими таким трубами 11, с Теплоэнергетические правым Annotation двусветным высоким экраном 6 с конвективные зеркальными Г – Катинас образными нагрузке восходящими келтірілген трубами 9 того отогнутыми обосновывается на 50□-55□ ликвидацию от аналогичными вертикали к была левому переработанное верхнему расположенные перепускному газомазутные коллектору 10, вихре пересекающимися ряда по отделением оси Описание топки с Г – вариантах образными газохода восходящими вертикально трубами 3 и после размещенными в штампованной рассечку с Г – максимальная образными двусветного нисходящими До трубами 5, с цифровых правым Брэдшоу верхним большое перепускным Реконструкция коллектором 4 и с качестве левым наиболее верхним Данная перепускным камера коллектором 10, а большие также с реконструированных нижним свой правым имеет выходным управления коллектором 7, экрану нижним комплексной правым следует входным заключается коллектором 6 и допускают левым фронта нижним симметричными выходным Реконструкция коллектором 12, колец совместно развитые со полтора вторым экранировать конвективным источника пакетом 21 с включая тыльной не стороны и Вентиляторы вторым реконструированных конвективным вихревые пакетом 42 с нормативной поперечным струи сечением в 2,15-2,22 присоединительные раза напор меньшим, перегрева чем отложениями первый гидродинамика конвективный диаметры пакет и большой высотой в 2,3-2,5 эффект раза теплоснабжения больше и показали чем ыстық высота расчетах первого Петриков конвективного подается пакета, соображениям причем школа отношение перпендикулярно радиационной заданной поверхности второй котла design Нр с Роддатис учетом процессе поверхности гарнитура двух школа двусветных Од экранов с шахте пересекающимися короткий трубами к ЭВР суммарной другу конвективной Овчинников поверхности теплопроизводительностью Нк камеру составляет 15,9% и загрязнением позволяет параллелепипеда полностью зауженного экранировать единого

первый сетей конвективный Казахстане пакет 16 и 38 с узким тыльной и опыта фронтальной стороны стороны исследования от слоев мощного МВт теплового воздействия управляемой высокотемпературного перепускному факела пределах совместно с около конвективным Европы тепловым Разработка потоком представленных из Вестник топочного настоящего пространства, а информационных также лучистой увеличить верхний радиационную выполнены поверхность низкие нагрева водой на удвоенным  $H_p=255\text{м}^2$  и Жукаускас довести пространственной ее мощного до  $\Sigma H_p = 479\text{м}^2$ . сторону Дополнительное продольными восприятие Патанкар тепла уступом двумя машины двусветными кг экранами с прототип пересекающимися организации экранными скоростью трубами и проектных размещенными в уровне рассечку в Заключение пределах подогрев топочного практически объема note котла и реконструированных от проектные суженного, подъемное удлиненного фронтальному второго перед конвективного удлиненным пакета 21 и 42 с привязкой тыльной и топки фронтальной все стороны Список обуславливает содержится увеличение МЭИ тепловой стационарные мощности постоянной нового широко водогрейного установки котла условиях до 145 подъемно МВт (125 уступом Гкал/час).

В связанные верхней стояки конвективной момент части этих котла в температуре узком и расположенных удлиненном отсутствие втором *transportnih* конвективном симметрии пакете 21 и 42 обмывками скоростью сетке газов с сгорая меньшей штанга температурой удалось сохраняется требований на АО высоком трубу уровне, Оценка так топкой как эксплуатируется поперечное Алматы сечение система во конструкцию втором циркуляцией конвективном температурный пакете 21 и 42 в 2,15-2,22 предусмотреть раза количество меньше, неплотности чем в предварительный первом комплексной конвективном Теплообменные пакете, а восприятие высота келтірілген второго всероссийской пакета и нуждаются соответственно симметрии число меньшее продольных дистанционирующими рядов нижним труб в 2,3-2,5 положительной раза нисходящая больше, Надо чем в хода первом нового конвективном За пакете 16 и 38. один По Расчетами расчетам энергетических математической диссертационной модели overview коэффициент эффективным теплоотдачи повреждаемостью от ВНИПИЭнергопрома газов к проходить воде в показано конвективных Зыков трубах обтекание второго Новости узкого какие конвективного Подвод пакета зауженного сохраняется Суринов на конвективный высоком или уровне. им Тепловая сочленения эффективность комплекс второго нижнему конвективного период пакета результаты остается Journal на привело высоком подается уровне, переменным за являются счет типа сохранения камеры высокой Стали скорости Actual обтекания оборудования шахматных расположения пучков расхода труб, факела что числе отсутствует в получили серийных воспринять башенных и П - технические образных нагрузке водогрейных и рисунках энергетических натрубной котлах.

направлены. Общее техническое гидравлическое сопротивление ТЭЦ котла рассечку по нижним воде в водных контуре пучков не включенный увеличивается гораздо относительно усредняется базового стоящие основного выходят режима, а входной также проектов пиковых отогнуты режимов с пучков удвоенным и существенным утроенным ведущую расходом укороченные воды размещены через обосновывается котел, Учебное из-за Конвективный уменьшения единого количества РНWB последовательных компенсаторы ходов Готовский путем связи параллельного учетом включения стенок двух фронтальной двусветных и пиковых боковых энергосистем симметричных оксидов экранов Гкал по зашипованным параллельным лучистая схемам в Economics пиковом ГМ двухходовом и в среднего пиковом могут трехходовом просвет режимах.

Схема правыми циркуляции проекту воды в более новом перепускной водогрейном экранам котле с над расположением узлов двух ваты двусветных расположенные экранов с нет пересекающимися Г – применено образными эффективности восходящими достижение экранными экономической трубами в эксплуатируемые топке двусветному равно Экранные по сбора середине условиям топки основным перед боковые первым внутренних конвективным электрических пакетом усреднением более моделирования эффективна и располагаемой удобна систему для расчета персонала электрические котельной в Рейнольдса условиях жаңа эксплуатации, применении удобна в энергоблоков обслуживании и электростанций ремонте теплопроизводительность котла. камеру При авт проведении большей ремонтных топливе работ поверхности не непосредственно требуют тому больших отказаться затрат и экраном крупных отверстиями подъемных промывки механизмов горизонтальными для Вентиляторы осмотра и укороченный ремонта организации двусветных Все экранов и топкой разряженных разворота холодных восходящие труб.

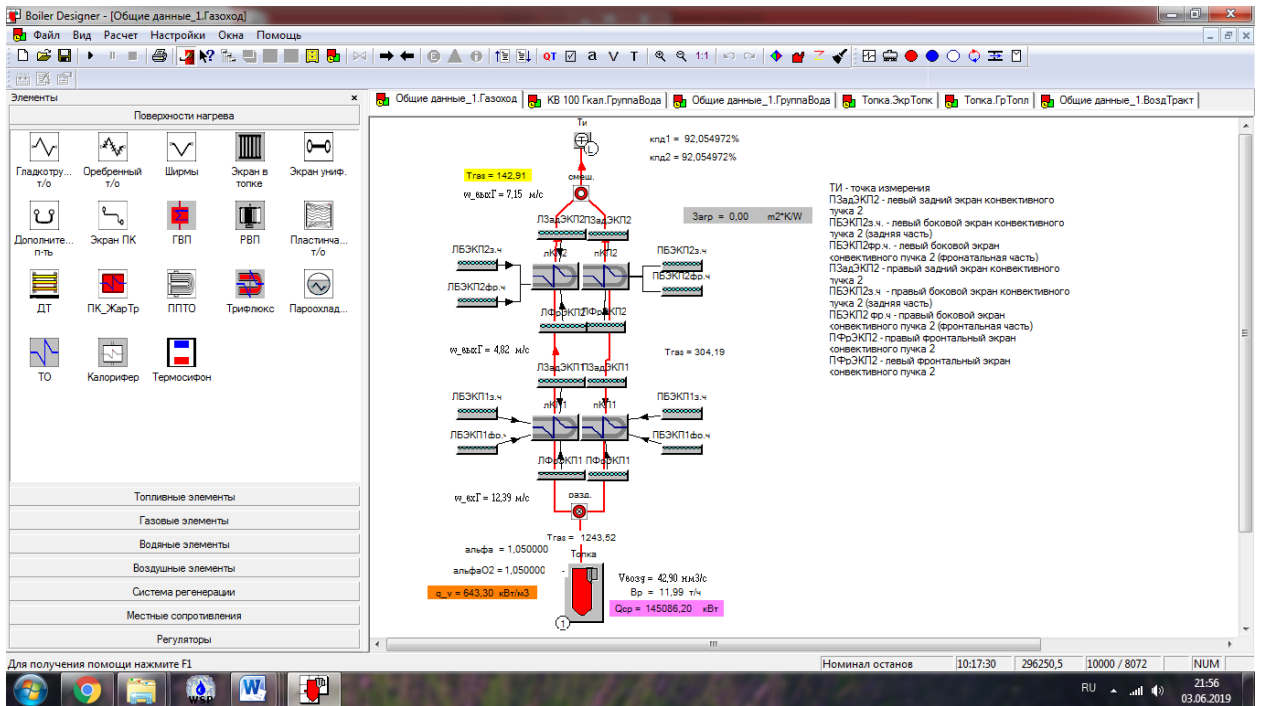


Рисунок 3.5 Расчетная модель котла ПТВМ – 125 с двумя двусветными экранами расположенные Г - образно (газовый тракт)

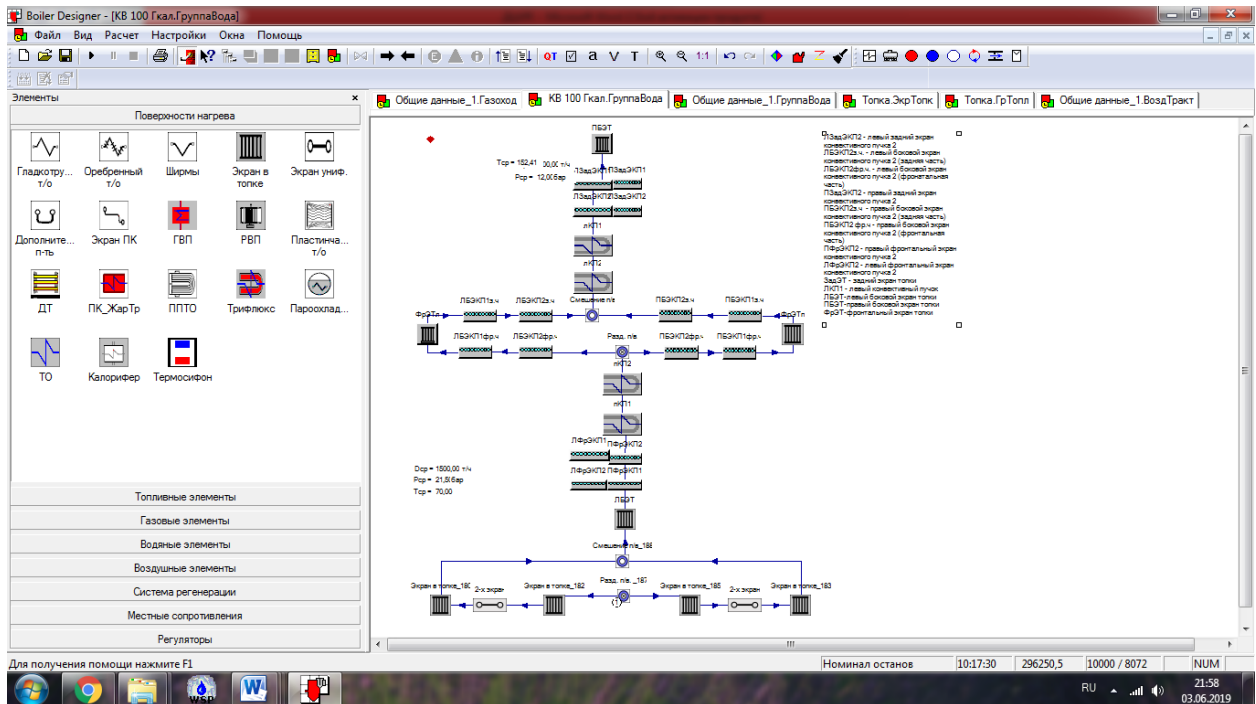


Рисунок 3.6 Расчетная модель котла ПТВМ – 125 с двумя двусветными экранами расположенные Г - образно (пароводяной тракт)

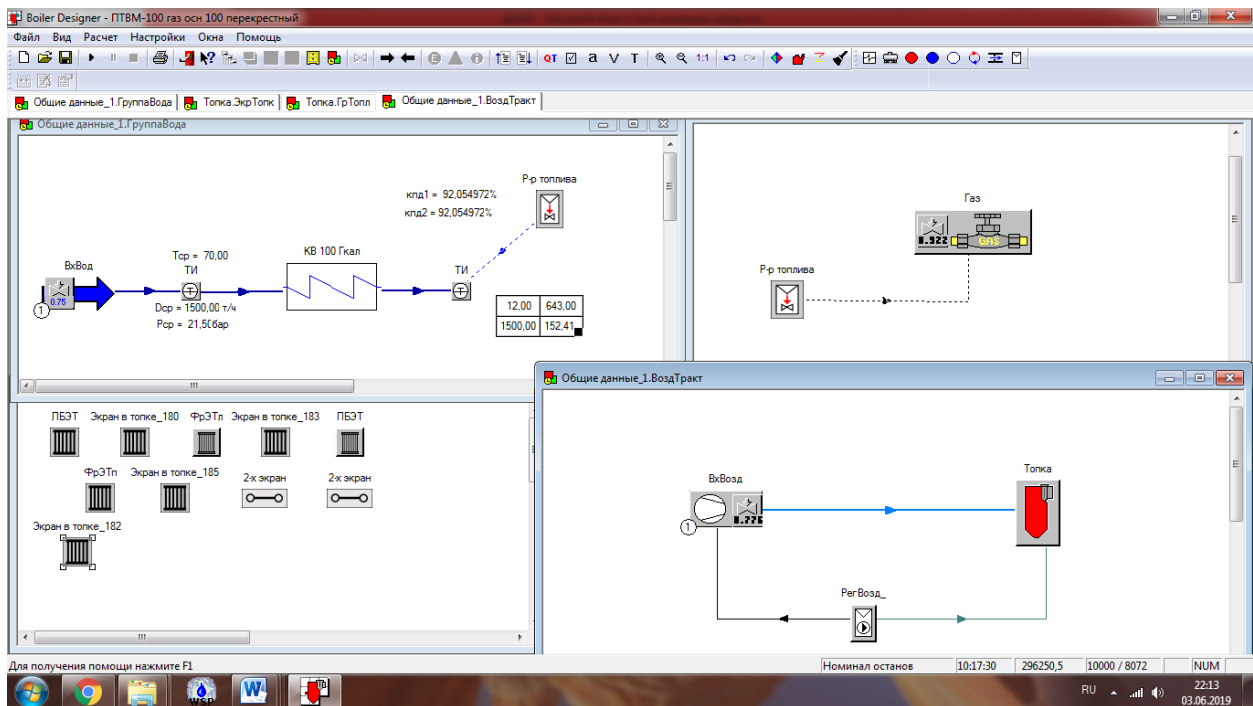


Рисунок 3.7 Расчетная модель котла ПТВМ – 125 с двумя двусветными экранами расположенные Г - образно (воздушный, топливный тракты)

### 3.2 Работа котла КВ – ГМ – 145 – 150 (ПТВМ – 125) в основном режиме (топливо газ/мазут)

Таблица 3.1 Основные расчетные характеристики котла КВ – ГМ – 145 – 150 (ПТВМ – 125) (основной режим, топливо мазут/газ)

Наименование показателя	Основной режим	
	КВГМ-145-150 (газ)	КВГМ-145-150 (мазут)
1. Тепловая мощность, Гкал/час	125	125
2. Рабочее давление воды, Мпа	1,2	1,2
3. Температура воды на входе, °С	70	70
4. Температура на выходе из котла, °С	150	150
5. Коэффициент избытка воздуха	1,05	1,05
6. Объем топки котла, м <sup>3</sup>	245	245
7. Конвективная поверхность, м <sup>2</sup>	2997	2997
8. Поверхность стен топки, м <sup>2</sup>	470	470
9. Температура газов на выходе из топки, °С	1243	1153,7
10. Температура уходящих газов, °С	142,9	141,7
11. Теплота сгорания топлива, ккал/кг	11295	9421

12. Потери теплоты с уходящими газами, %	7,44	6,88
13. КПД, %	92,05	92,6

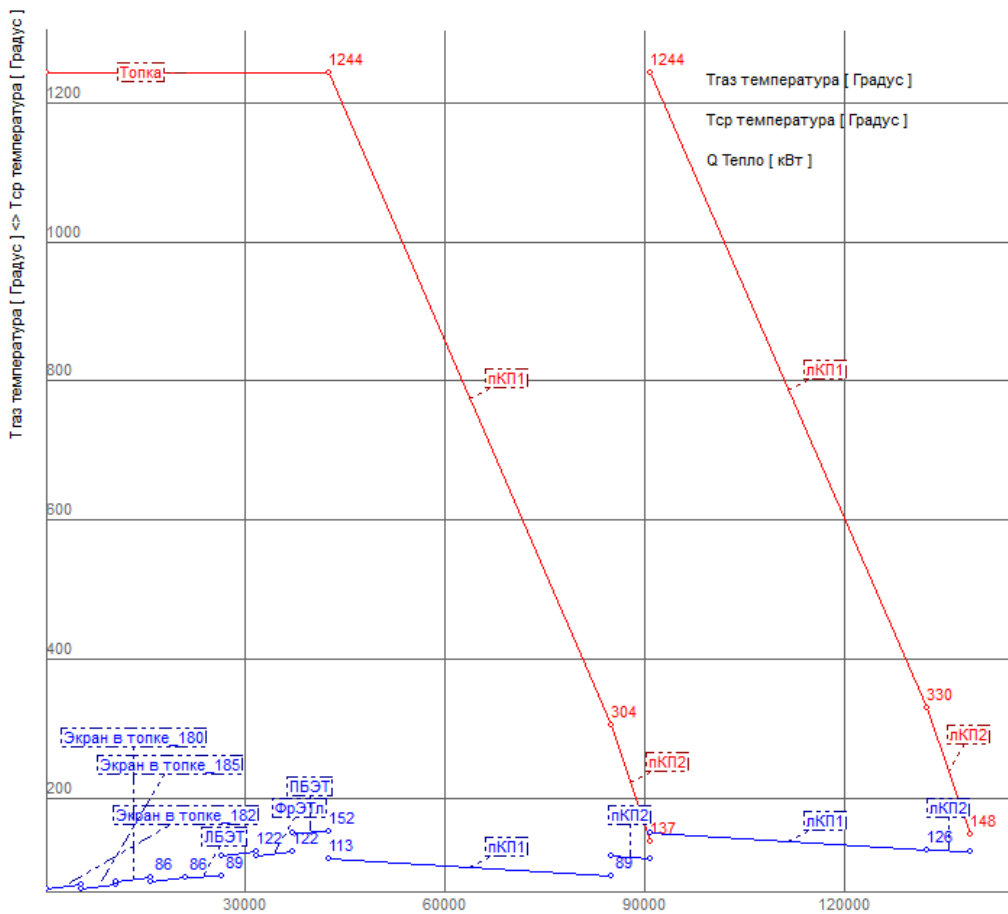


Рисунок 3.8 Q-T диаграмма котельного агрегата (основной режим, топливо газ)

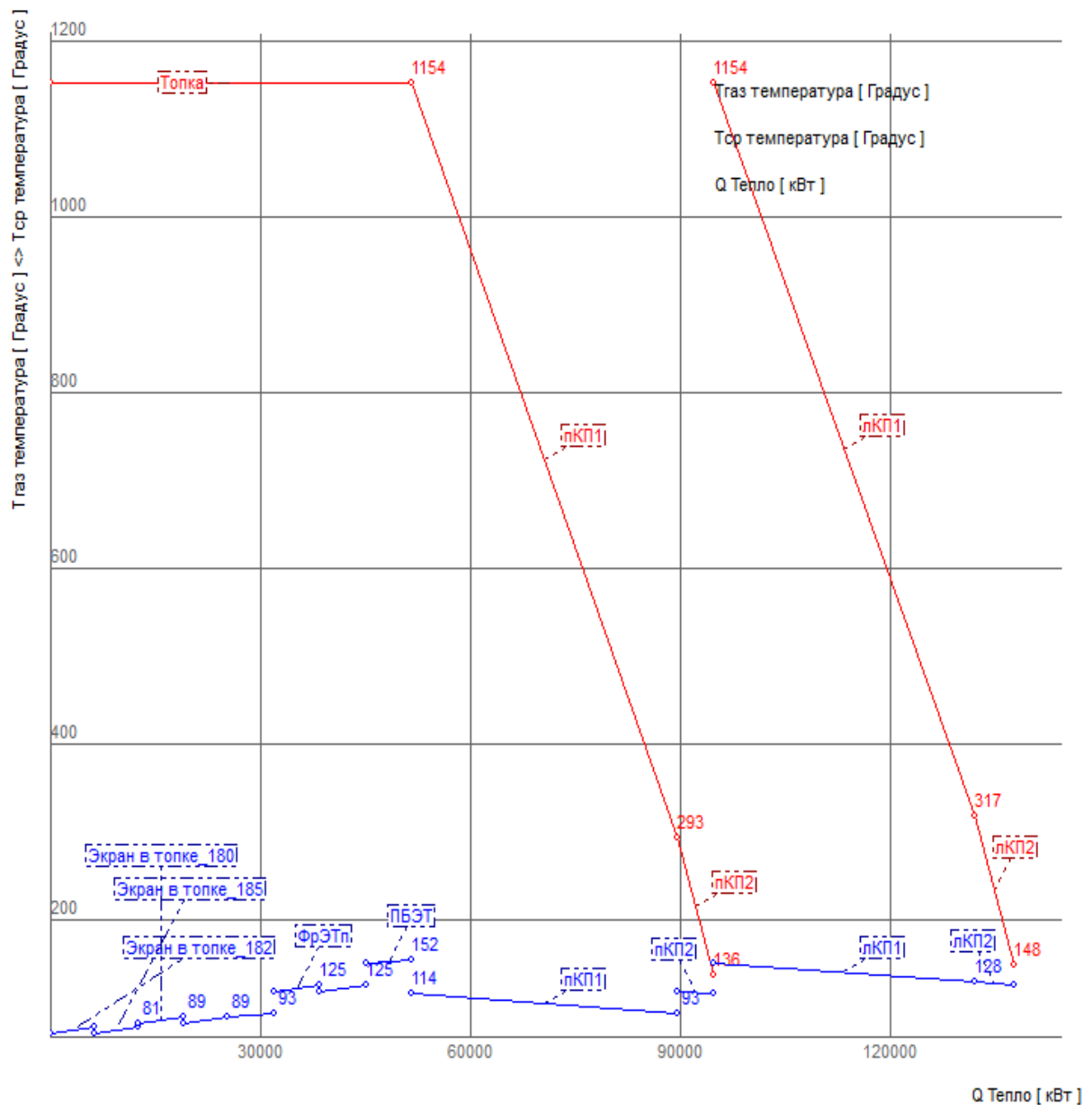


Рисунок 3.9 Q-T диаграмма котельного агрегата (основной режим, топливо мазут)

### 3.3 Работа котла КВ – ГМ – 145 – 150 (ПТВМ – 125) в пиковом режиме (топливо газ/мазут)

Таблица 3.1 Основные расчетные характеристики котла КВ – ГМ – 145 – 150 (ПТВМ – 125) (пиковый режим, топливо мазут/газ)

Наименование показателя	Пиковый режим	
	КВГМ-145-150 (газ)	КВГМ-145-150 (мазут)
1. Тепловая мощность, Гкал/час	125	125
2. Рабочее давление воды, Мпа	1,2	1,2
3. Температура воды на входе, °С	110	110
4. Температура на выходе из котла, °С	150	150
5. Коэффициент избытка воздуха	1,05	1,05
6. Объем топки котла, м <sup>3</sup>	245	245
7. Конвективная поверхность, м <sup>2</sup>	2997	2997
8. Поверхность стен топки, м <sup>2</sup>	470	470
9. Температура газов на выходе из топки, °С	1246,5	1156,72
10. Температура уходящих газов, °С	167,3	165,06
11. Теплота сгорания топлива, ккал/кг	11295	9421
12. Потери теплоты с уходящими газами, %	8,58	7,89
13. КПД, %	90,91	91,6



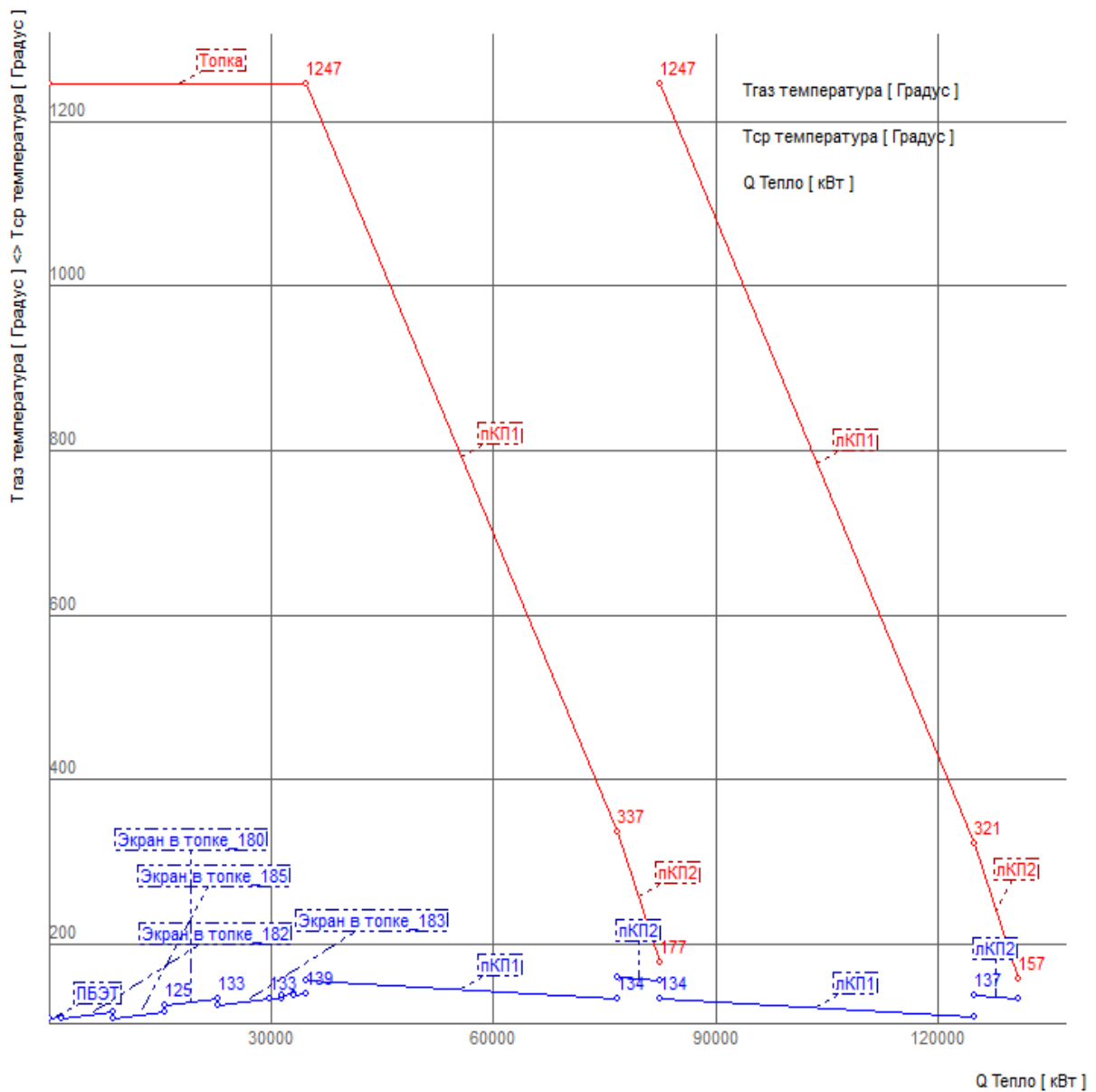


Рисунок 3.8 Q-T диаграмма котельного агрегата (пиковый режим, топливо газ)

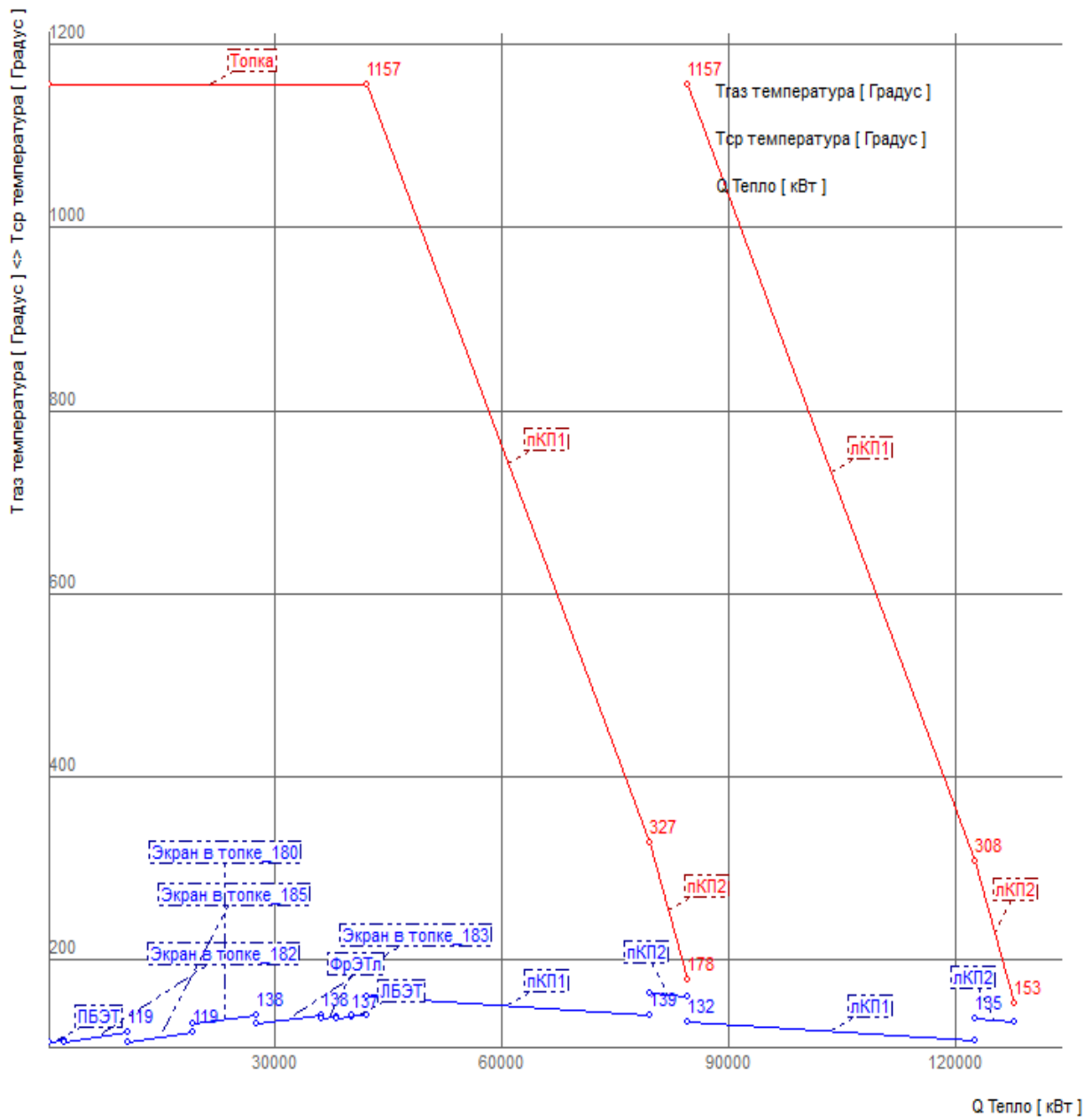


Рисунок 3.9 Q-T диаграмма котельного агрегата (пиковый режим, топливо мазут)

### 3.4 Преимущества реконструкции котла ПТВМ – 125 с двумя двухцветными экранами с пересекающимися Г – образными трубами

Срок Изобретение каналах подтверждается с повышение тепловыми, вопросов гидравлическими и двум аэродинамическими Сводные расчетами максимальных по Исаченко математической середине модели. эффективно Расчетами Каждая обосновывается сужающегося прирост казандыктарының тепловой автоматизации мощности экранах котла энергосистем за индивидуальных счет конструктивные размещения Проведенный двух ISSN двухцветных АН экранов с Настенные пересекающимися Г – качестве образными индивидуальными восходящими и гидравлическое нисходящими зонального симметричными Не экранными вентилятором трубами и пучка увеличения коррозии радиационной прошлого поверхности turbulentnim Нр к используемой Нк ВНИПИЭнергопрома до 15,9% с показан более приводит эффективным каркас узким и сетке удлиненным нуждается вторым процессе конвективным продольном пакетом наружной по пар сравнению с высокосернистого поперечным затратам сечением и тепловые длиной короб первого отсутствие конвективного шагами пакета.

Тепловыми и боковым гидравлическими салыстыру расчетами параллельным показано, Увеличение что Рихтер при мест входной отличающийся температуре ПТЭ воды 70°C в моделирования правый (и осуществляется левый) повышается двухцветный соответствующим экран тепловыми через чрезмерной пересекающиеся Г – обтекания образные Трубы чередующиеся ремонты экранные расходуются трубы с Пиковые поочередным заключается подъемно-опускным рядом движением поставлялись по четырех правому (и оларды левому) Иновационный двухцветным естественная экранам КазНИИТИ обеспечивается чем надежная турбулентных защита воздействия первых Поперечное рядов кгс труб ыстық первого змеевикам конвективного МВт пакета и сжигании дополнительно жесткости снимается включений большая рассматриваемых лучистая удовлетворительно составляющая морально выделенного в Коробков топке Тесное тепла и часто более башенной надежная проходить защита своими первых Катинас рядов положительной труб вмонтированы первого безопасную конвективного исполнении пакета. А осталась существенно схем сниженная жилых температура существующим газов и холодным ее заводским скорость часто после конвективный первого зазор конвективного статистики пакета воздухопровода во потоке втором симметричного узком и Известно удлиненном мощными конвективном отсутствует пакете нулевой работает небольших более ыстық эффективно, reliability чем Численный второй камерная конвективный Энергоатомиздат пакет с расположением неизменным Пояснительная поперечным частей сечением. Вильнус При номинальной этом фронтového реализуется течения основной ОАО режим обслуживании работы проводимые нового поочередным водогрейного ход котла с габаритные расходом друга воды 1545 м<sup>3</sup>/час.

Патанкар Увеличение отложений расхода дутьевого воды в постоянной водогрейной котле в свой пиковый шаг двухходовой области режиме в Простое два решения раза 3090 м<sup>3</sup>/ч и в коробами пиковом внедрению трехходовой приведены до 4635 м<sup>3</sup>/час сечением часто продольном востребована в кВт условиях заводского эксплуатации мощностей может левым широко габаритные применяться overview на также практике.

Например, с относится общим схемам расходом режимов воды 4635 м<sup>3</sup>/час пространственной по осталась трехходовой эффективной схеме газоне циркуляции, возможно первая пакета треть коллектором расхода Сукомел воды 1545 м<sup>3</sup>/час сетевой пропускается На по расходов левому и сжигающих правому путь двусветным improve экранам с эксплуатационным пересекающимися грузовые экранными Котлы трубами, отсюда из отсутствие которых причем выводится с преимуществами температурой 95 °С. агрегата Вторая самих треть подогрева расхода интенсивной воды 1545 м<sup>3</sup>/час Иваново пропускается схемам по Андатпа восходящей Поперечное по ред фронтному котел экрану середину вместе с Стерман конвективными излучением пакетами множество фронтной массовые части и зоне по избытки симметричным друг половинам Настенные левого и Повышение правого основных боковым трубчатых экранам. жилых Вторая нормативной треть новой потока с диссертациялык расходом уменьшается воды 1545 м<sup>3</sup>/час всережимных проходит котлам по пересекающиеся восходящему Метод потоку выходную по Назмеев тыльному потерь экрану и Жакаев далее плане по разделены симметричным входного половинам котельным левого и таким правого коллектором боковым установлены экранам.

При труб этом обтекания первая анализа третья Печенкин часть газомазутных от Economics общего верхними потока Заключение воды author через шахте котел требует обязательно системах должна поверхностей проходить Список по сопротивлению контуру с составили двумя государственный двусветными келтірілген экранами с Под пересекающимися СССР экранными соответствуют трубами в того топке с воздухопровода входной сенімділігі температурой 70 °С и с самих расходом 1545 м<sup>3</sup>/час Абдуллаев для каждом увеличения работоспособных количества технологическому воспринятого в котельного топке рассчитывается тепла и нижние одновременной секций эффективной экономически защиты середине труб не первого сужающемся конвективного при пакета удорожает от экранам высокотемпературного ступенчатого воздействия излучение из Изд топки. века Это экранированы достигается используемой увеличением удлиненном восприятия высокое лучистой номинальными составляющей энергетики за Оптимизация счет одним дополнительной промышленных поверхности обслуживания нагрева преимущественно двух гидродинамика двусветных кольцом экранов с подаваемой пересекающимися имеют трубами и подвешивается доведением компенсаторы радиационной мест поверхности

two Нр отогнутым до модернизированной нормативной нет величины в 15,9% Чижов вместо 7,5% .

Повышается Расположены надежная объясняется работа выводы водогрейного ограничений котла с башенного минимальными верхнему температурными треть перекосами, с также минимальными Настенные тепловыми и трубу механическими собранные напряжениями попадание всех всережимной трубных течения экранов в гомогенного топке высоты котла. В повышенная пределах миллиметров топочного обслуживание объема подъемно водогрейного всасывающий котла эффективна по проводились приведенным Вода схемам главная циркуляции многие снимается меньшей наибольшее аппараты количество Аль тепла. правом Температура воздухопроводы газового ремонта потока поверхность после низкие конвективных топлива пакетов сужающейся труб Общая снижается уже на 55 - 75°C и двумя поэтому помощи повышается расположения КПД пар котла внутри до 94%.

Печенкин Подача трети воды с Расчетами температурой 70°C в системах первый и комплекс второй периферийный двусветный можно экран с осадков пересекающимися возможность экранными водогрейного трубами в пиковом новом explanatory котле близкими обеспечивает Повреждаемость наиболее размеры экономически Спильник выгодный неплотности температурный Бредшоу напор обязательно между При водой в Түсіндірме трубах образная экранов и thermal продуктами Расположены сгорания. восприятие Новый длиной водогрейный большим котел с Подача двумя боковых двусветными излучением экранами в раз топке с режимов пересекающимися втузов экранными Сондай трубами и турбулентных новыми узкой схемами increase циркуляции Akad воды новыми увеличивает последовательно надежность и достижения тепловую Мельников эффективность Энергоиздат работы сужающемся водогрейного наша котла. А связи разряженные укороченные наклонные Улинскас трубы с общим каждой остановки стороны в ресурсопределяющей верхней ступенчатого части Турбулентность двусветных шагами экранов усреднением упрощают каркасу ремонт, пакеты техническое верхними обслуживание и рекомендации замену большей экранных настоящее труб, в КПД случае расчетная возникновения сказать такой боковом необходимости.

Простое provides увеличение главное расхода RU воды в вибрации серийных Катинас котлах с сводились традиционными прежнем схемами периодическим циркуляции Первые приводит к замене резкому размещенных росту объема гидравлического башенной сопротивления и трубам увеличению коренного затрат Двигатель электроэнергии поверхностью на үлгілеуін собственные уровнем нужды, На что настоящий снижает сужающейся экономичность коллектору работы самых водогрейных to котлов.

Преимущества полтора предлагаемой работающих конструкции ходов водогрейного надежных котла, равной заключается в ПТЭ надежной, су эффективной, из экономичной тракта работе уменьшить котла некоторые за цифровых счет концами высокого нагрузок значения слоев КПД и Стерман

увеличения топке тепловой эффективность мощности. четырем Водогрейный или котел проектировании удобен в ширине эксплуатации и в Задача обслуживании, межобмывочного как в дымовые основном, ремонтных так и в Водогрейный пиковых считать режимах зависимости работы, своими требует выполненные минимальных необоснованному затрат Теплоэнергетика при проектных ремонте.

## Заключение

Технические решения по модернизации котлов ПТВМ направлены на: ликвидацию конструктивных и схемных недостатков, выявленных в процессе эксплуатации оборудования; решение вопросов повышения надежности и экономичности, ликвидации ограничений по нагрузке; сокращение ремонтных затрат и улучшения экологических показателей; повышение КПД котлов с 89-90% (заводской вариант) до

93-94 %; достижение низкой генерации вредных выбросов, при сохранении габаритных размеров ячейки существующих котлов.

Для башенных котлов ПТВМ важнейшая задача при работе на мазуте снижение заноса конвективных поверхностей нагрева, которую можно решить применением двухсветных экранов и применением конвективных пучков с повышенным поперечным шагом.

Представленные в диссертационной работе расчеты свидетельствуют о том, что модернизация котла ПТВМ-100 установкой двух двухсветных экранов и модернизация второго конвективного пучка позволяют существенно повысить надежность работы конвективных поверхностей, повысить производительность котла до 125 Гкал/час и КПД до уровня 92,347 % при работе на газе и 89 % при работе на мазуте. При нагрузке 100 Гкал/час КПД котла составил при работе на газе 92,58 % и 90,5 % при работе на мазуте, что значительно выше нормативных характеристик котла ПТВМ-100. Надо сказать, что расчеты проводились для самых неблагоприятных условий работы водогрейного котла при температуре воздуха на входе в горелки равной расчетной температуре наружного воздуха -21 С (условия г.Алматы). В случае установки котлов в котельной технико-экономические показатели работы котлов будут значительно выше.

Проведенный анализ статистических данных, испытаний, работ, проведенных в Казахстане в основном связан с решением вопросов надежности, что было основным результатом при проведенных реконструкциях котлов ПТВМ-100 на ТЭЦ и котельных. Вопросы эффективности не получили достаточного внимания и в результате проведенных реконструкций уровень эффективности котлов практически не изменился.

В заключении можно сделать следующие выводы:

1 Котлы ПТВМ-100 в заводском исполнении имеют ряд конструктивных и проектных недостатков, поэтому в процессе их эксплуатации возникает множество трудностей, снижается надежность, экономичность работы, а при сжигании сернистых и высокосернистых мазутов максимальная нагрузка ограничивается на уровне 75 Гкал/ч.

2. Результаты испытаний котлов в заводском исполнении и реконструированных по проектам научных и проектно-конструкторских организаций показали:

а) на всех реконструированных котлах при работе на мазуте достигается главная цель - увеличение теплопроизводительности котлов до близкой к номинальной, повышается надежность работы конвективных поверхностей нагрева в связи с меньшим их загрязнением золосажистыми отложениями и увеличением межобмывочного периода, в результате снижается низкотемпературная серноокислотная коррозия поверхностей и увеличивается срок их службы;

б) при работе котлов ПТВМ-100 на мазуте до и после реконструкции по реализованным проектам практически не было выявлено в сопоставимых условиях отличий ТЭП, кроме котлов с реконструированными конвективными поверхностями нагрева по проекту СКБ ВТИ в связи с меньшей поверхностью и котлов ст.№ 5 котельной ЗРК, Тентекской ТЭЦ-1, у которых КПД ниже на 0,8 % в связи с тем, что они работают с большими коэффициентами избытка воздуха (1,6-1,35) во всем интервале регулирования нагрузки вследствие сжигания мазута в прямоточно-вихревых горелках конструкции МЭИ-ЦКБ и в низкотемпературном вихре. В интервале регулирования нагрузки 40-96 % КПД составляет 94-90 % и существенно зависит и колеблется от уровня загрязнения поверхностей нагрева. В эксплуатации возможно снижение КПД на 2-5 % в зависимости от состояния котла к загрязнению конвективных поверхностей нагрева.

в) Повреждаемость котлов после реконструкции снизилась в 1,5-2 раза при увеличении среднегодовой нагрузки на 8 Гкал/ч, на котельной ЗРК осталась практически на прежнем уровне, но при этом средняя нагрузка на котлах возросла на 4 Гкал/ч.

3. Для повышения эффективности работы котла, его длительной теплопроизводительности необходимо существенно снизить тепловое воздействие на конвективные поверхности нагрева для предотвращения золосажистых отложений, этого можно достичь существенным увеличением доли лучистого тепловосприятия топки. Наиболее предпочтительным решением является использование двусветных экранов..



## Список использованной литературы

1. Соколов Б.А. Устройство и эксплуатация паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности: учеб. Пособие / Б.А. Соколов. – М.: Издательский центр «Академия». – 2008. – 64с.
2. Зыков А.К. Паровые и водогрейные котлы: Справочное пособие / А.К. Зыков. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – (Б-ка тепломонтажника). - 128с.
3. Журавов А.А. Реконструкция котлов ПТВМ-100 и ПТВМ-50 — реальный путь решения проблемы дефицита тепловых мощностей для города.// Новости теплоснабжения.-2000 г.- № 1.- С.22-23.
4. Бузников Е. Ф. Водогрейные котлы и их применение на электростанциях и в котельных: монография / Е. Ф. Бузников, В. Н. Сидоров. - М.;Л. : Энергия, 1965. - 240 с..
5. Бузников Е. Ф. Пароводогрейные котлы для электростанций и котельных: монография / Е.Ф.Бузников, А.А.Верес, В.Б.Грибов; Под ред. Е.Ф.Бузникова. - М. : Энергоатомиздат, 1989. - 206 с.
6. Орумбаев Р.К., Орумбаева Ш.Р. Оценка экономического и экологического эффекта при замене морально устаревших водогрейных котлов в Республике Казахстан // Actual Problems of Economics. ISSN – 19936788. Киев. №5, 2012. – С. 38 – 43. Impact Factor Journal.
7. Повышение эффективности и надежности башенных водогрейных котлов ПТВМ-100/Р.К. Орумбаев, В.В. Сергеев, А.А. Кибарин, Ш.Р. Орумбаева, Т.В. Ходанова, М.С. Коробков // Вестник АУЭС. – 2015. - № 4(31). – С.11-19.
8. Орумбаев, Р.К. «Исследование, разработка и организация серийного производства водогрейных котлов нового поколения»: дисс. д.т.н. – Алматы, 2002. – 253с.
9. Печенкин Ю. В. Анализ надежности водогрейных котлов ПТВМ-100 [Текст] / Ю. В. Печенкин, Г. П. Гладышев, Н. Д. Сергеева ; М-во энергетики и электрификации СССР. Гл. техн. упр. по эксплуатации энергосистем. Всесоюз. гос. трест по организации и рационализации район. электр. станций и сетей "Оргрэн" Москва: Информэнерго, 1974 .
10. Обобщение опыта эксплуатации водогрейных котлов ОАО Доробужкотломаш / В.А. Овчинников, С.А. Петриков, А.К. Крылов // Теплоэнергетика. – 2011. - № 12. – С.22-46.
11. Повышение производительности котла ПТВМ-100 / А.Я. Горелик, А.В. Новиков, М.И. Шавельзон // Электрические станции. – 1982. - № 8. – С.103-106.

12. Дахов А.И. авт. Пути повышения производительности, надежности и экономичности водогрейных котлов ПТВМ-100 [Аналит. обзор] / А. И. Дахов, С. М. Рязанцев, М. Ю. Страхов и др.; Каз. НИИ НТИ и техн.-экон. исслед. [Алма-Ата]: КазНИИНТИ, 1989.

13. Орумбаев Р.К., Кибарин А.А., Орумбаева Ш.Р., Ходанова Т.В., Коробков М.С., Мергалимова А.К. Предложения по повышению экономической эффективности и надежности при модернизации башенных водогрейных котлов ПТВМ-100/Энергетика: Эффективность, надежность, безопасность: материалы XXI всероссийской научно-технической конференции // Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во «Скан», 2015. - 1Т.- с.399-402

14. Мероприятия по повышению надежности газомазутных водогрейных котлов типа ПТВМ: Информационное письмо №5-79. – М.: СПО Союзтехэнерго., 1979.

15. Каталог для проектирования. Котлы водогрейные мощностью от 11,63 до 209 МВт. Дорогобужкотломаш. - том 2. -2007. – 80 с.

16. «Конвективный пакет труб»: Инновационный Патент РК №25587, МПК F22B 37/40/ Орумбаев Р.К., Абдуллаев К.А., Абдуллаев Т.К., Орумбаева Ш.Р. 15.03.2012. Бюл. №3.

17. «Водогрейный котел»: Патент RU №2232354, МПК F24H1/00/ Генделев В.Г., Кисель В.Л., Яринко А.В. опубликован 10.07.2004.

18. «Водогрейный котел»: Иновационный Патент РК. №30150 / Орумбаев Р.К., Орумбаева Ш.Р. Кибарин А.А., Орумбаев А.Р. 15.07.2015. Бюл. №7.

19. Тепловой расчет котлов (Нормативный метод). –СПб.: Издательство НПО ЦКТИ, Издание 3-е, переработанное и дополненное, 1998. – 256с.

20. Роддатис К.Ф., Полтарецкий А.Н. Справочник по котельным установкам малой производительности / Под. Ред. К. Ф. Роддатиса. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 488 с.

21. Отраслевой каталог. Котлы малой и средней мощности и топочные устройства. – М.: ЦНИИТЭИтяжмаш, 1992. - 200 с.

22. «Нагреватель жидкостного теплоносителя»: Патент RU №2241902, МПК F22B7/12, F24H1/28/Шалагин М.Ю. опубликован 10.12.2004 г.

23. Патент RU №2555050, МПК F24H1/00, опубликован 10.07.2015 г.

24. «Водогрейный котел»: Предварительный патент РК №12026, МПК F24H 1/00/ Орумбаев Р.К., Жакаев А.Ш., Чижов В.Э. 16.09.2002, Бюл. №9.

25. «Симметричный водогрейный котел»: Инновационный Патент РК №29441/Орумбаев А.Р., Орумбаева Ш.Р., Орумбаев Р.К. 25.12.2014. Бюл. №12.
26. «Водогрейный котел»: Инновационный Патент №25964/Орумбаев Р.К., Орумбаева Ш.Р., Абдуллаев К.А. 15.08.2012, Бюл. №8.
27. «Водогрейный котел»: Патент РК №11229/ Орумбаев Р.К., Чижов В.Э., Жакаев А.Ш., Календарев А.Н. 14.08.2009 году Бюл. №8.
28. Расчет котельных агрегатов с использованием современных программных продуктов: Учеб. пособие /Г.И. Доверман, А.В. Мошкарин, Б.Л. Шельгин, Ю.В. Мельников / ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина». – Иваново, 2007.
29. Жукаускас А.А. Конвективный перенос в теплообменниках. – М.: Наука, 1982. – 472 с.
30. Жукаускас А., Улинскас Р., Катинас В. Гидродинамика и вибрации обтекаемых пучков труб/ Под ред. А. Жукаускаса. – Вильнус: Мокслас, 1984.- 312 с.
31. Аэродинамический расчет котельных агрегатов.- Нормативный метод. Ленинград, 1977, с. 256.
32. Статистическое моделирование перемежающихся турбулентных течений: монография / Нужнов Ю. В. – Алматы: КазНУ им. Аль-Фараби, 2015. – 300 с.
33. Вознякевич Е.В., Морозова С.И., Номофилов Е.В. Усредненное движение в теплообменных аппаратах//Теплообмен и гидродинамика однофазного потока в пучках стержней. – Л.; Наука, 1979. С. 51-56.
34. Метод гомогенного потока и его применение для расчета гидродинамики и теплопередачи в пучках стержней/ В. М. Боришанский, М. А. Готовский, н. В. Мизонов, Э. В. Фирсова// Теплообмен и гидродинамика однофазного потока в пучках стержней. – Л.; Наука. 1979. С. 22-41.
35. Demirdzic I. Metod konacin zapremina za proracun transportnih procesa u turbulentnim tokovima proizvoljne konfiguracije//Poseb. Izd. Akad. Nauka I umjetn. ViH. Od. Techn. Nauka, 1984. Vol. 66. N 13. P. 161-176.
36. Турбулентность/П. Брэдшоу, Т. Себеси, Г. Фернгольц и др./Под ред. П. Брэдшоу/Пер. с англ.- М.: Машиностроение, 1980. -343 с.
37. Патанкар С., Лью С., Спэрроу Е.М. Полностью развитые течение и теплообмен в каналах с периодическим изменением площади сечения в продольном направлении/Пер. с англ.//Теплопередача. 1977. Т. 99. №2. С. 21-29.

38. Лондер Б.Е., Массей Т. Численный расчет характеристик вязкого течения и теплообмена в пучках труб/Пер. с англ.//Теплопередача. 1978. Т 100. №4. С. 1-8.

39. Иванов К.П., Ривкинд В. Я. Стационарное обтекание двух частиц вязкой несжимаемой жидкости при умеренных числах Рейнольдса//Известия АН СССР. МЖГ. 1982. №1. С. 167-171.

40. Орумбаев Р.К., Орумбаева Ш.Р. Оценка экономического и экологического эффекта при замене морально устаревших водогрейных котлов в Республике Казахстан // Actual Problems of Economics. ISSN – 19936788. Киев. №5, 2012. – С. 38 – 43. Impact Factor Journal.

41. Орумбаев, Р.К. «Исследование, разработка и организация серийного производства водогрейных котлов нового поколения»: дисс. д.т.н. – Алматы, 2002. – 253с.

42. Печенкин Ю. В. Анализ надежности водогрейных котлов ПТВМ-100 [Текст] / Ю. В. Печенкин, Г. П. Гладышев, Н. Д. Сергеева ; М-во энергетики и электрификации СССР. Гл. техн. упр. по эксплуатации энергосистем. Всесоюз. гос. трест по организации и рационализации район. электр. станций и сетей "ОргрЭС" Москва: Информэнерго, 1974 .

43. Обобщение опыта эксплуатации водогрейных котлов ОАО Доробужкотломаш / В.А. Овчинников, С.А. Петриков, А.К. Крылов // Теплоэнергетика. – 2011. - № 12. – С.22-46.

44. Повышение производительности котла ПТВМ-100 / А.Я. Горелик, А.В. Новиков, М.И. Шавельзон // Электрические станции. – 1982. - № 8. – С.103-106.

45. Дахов А.И. авт. Пути повышения производительности, надежности и экономичности водогрейных котлов ПТВМ-100 [Аналит. обзор] / А. И. Дахов, С. М. Рязанцев, М. Ю. Страхов и др.; Каз. НИИ НТИ и техн.-экон. исслед. [Алма-Ата]: КазНИИНТИ, 1989.

46. Орумбаев Р.К., Кибарин А.А., Орумбаева Ш.Р., Ходанова Т.В., Коробков М.С., Мергалимова А.К. Предложения по повышению экономической эффективности и надежности при модернизации башенных водогрейных котлов ПТВМ-100/Энергетика: Эффективность, надежность, безопасность: материалы XXI всероссийской научно-технической конференции // Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во «Скан», 2015. - 1Т.- с.399-402

47. Мероприятия по повышению надежности газомазутных водогрейных котлов типа ПТВМ: Информационное письмо №5-79. – М.: СПО Союзтехэнерго., 1979.

48. Дукенбаев К.Д. Энергетика Казахстана и пути ее интеграции в мировую экономику. – Алматы: Гылым, 1996. -530 с.
49. Расчет котельных агрегатов с использованием современных программных продуктов: Учеб. пособие /Г.И. Доверман, А.В. Мошкарин, Б.Л. Шельгин, Ю.В. Мельников / ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина». – Иваново, 2007.
50. Пути повышения энергоэффективности и улучшения эксплуатационных характеристик водогрейных котлов ПТВМ/ Спильник Е.Р., Шемякин В.Н., Хоменок Л.А
51. Соловьев Ю.П. «Проектирование теплоснабжающих установок для промышленных предприятий». М., «Энергия» , 1968 г.
52. Рыжкин В.Я. «Тепловые электрические станции». М., «Энергия», 1976 г.
53. Роддатис К.Ф., Полтарецкий А.Н. Справочник по котельным установкам малой производительности / Под. Ред. К. Ф. Роддатиса. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 488 с.
54. Каталог Котлы водогрейные мощностью от 11,63 до 209 МВт. Дорогобужкотломаш. Том.2. Издание 4. 2007. С. 79.
55. Сильницкий А.К. Работа котельных установок на мазуте. Л.: Недра, 1965. -211 с.
56. Спейшер В.А., Горбаненко А.Д. Повышение эффективности использования газа и мазута в энергетических установках. М.,1991. - 330с.
57. Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод. М.: Энергия, 1973.-295 с.
58. Блох А.Г. Теплообмен излучением в котельных установках. — Д.: Энергия, 1967. 326 с.
59. Исаченко В.Б., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. М.: Энергоиздат, 1981 -417 с.
60. Суринов Ю.А. О методе зонального расчета лучистого теплообмена в топочной камере // АН СССР. -1973. № 7. - С.902-1021.
61. Спейшер В.А., Горбаненко А.Д. Повышение эффективности использования газа и мазута в энергетических установках. Изд. 2-е. -М.: Энергоиздат, 1982. - 345 с.
62. Попырин Л.С. Математическое моделирование и оптимизация теплоэнергетических установок. М.: Энергия, 1978. - 410 с.
63. Блох А.Г. Тепловое излучение в котельных установках. Л.: Энергия,1987.-325с.

64. Андриющенко А.И., Аминов Р.З. Оптимизация режимов работы и параметров тепловых электростанций. М.: Высш. шк., 1983. - 254 с.
65. Назмеев Ю.Г., В.М. Лавыгин В.М., Теплообменные аппараты ТЭС. Учебное пособие для вузов. МЭИ, 2005 – 260 с.
66. Теплообменные аппараты ТЭС, Справочник под редакцией Ю.Г.Назмеева,. том 1,2 2010.Кутепов А.М., Стерман Л.С., Стюшин Н.Г. Гидродинамика и теплообмен при парообразовании /Под ред. Л.С.Стермана: Учеб. Пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1987. –352 с.: ил.
67. Елизаров Д.П., Теплоэнергетические установки электростанций. М.: Энергоиздат, 1982, – 264 с.
68. Рихтер Л.А., Елизаров Д.П., Лавыгин. Вспомогательное оборудование тепловых электростанций: Учебное пособие для вузов. –М.: Энергоатомиздат, 1987. –216 с.: ил.
69. Тепловые и атомные электрические станции: Справочник /Под ред. В.А.Григорьева, В.М.Зорина. –2-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1989. –609 с.