

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа энергетики

Специальность: 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг  
НОЦ И.Н. Бутакова

**ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ**

Тема работы
<b>УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТРУБКИ ФИЛЬДА</b>

УДК 621.1.016.4-047.37

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<b>5022</b>	<b>Кальтюгин Алексей Андревич</b>		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<b>Доцент НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ</b>	<b>Ю. Я. Раков</b>	<b>к.т.н., доцент</b>		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<b>Ст. преподаватель ОСГН ШБИП</b>	<b>Н.В. Потехина</b>	—		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<b>Доцент ОКД ИШНКБ</b>	<b>Ю.А. Амелькович</b>	<b>к.т.н., доцент</b>		

По разделу «Автоматизация технологических процессов и производств»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<b>Ст. преподаватель НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ</b>	<b>Ю. К. Атрошенко</b>	<b>к.т.н.</b>		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<b>Ст. преподаватель НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ</b>	<b>М.А. Вагнер</b>	—		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<b>14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг», доцент НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ</b>	<b>А. В. Воробьев</b>	<b>к.т.н., доцент</b>		

Томск – 2018 г.

**Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг, специализация подготовки «Проектирование и эксплуатация атомных станций»**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО, критериев и/или заинтересованных сторон
<b>Универсальные компетенции</b>		
Р1	Использовать методологические основы современной картины мира для научного познания и творчества, выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК- 1, ПК-10), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р2	Анализировать социально-значимые процессы и явления, экономические проблемы и общественные процессы, ответственно участвовать в общественно-политической жизни, применять методы социального взаимодействия на основе принятых моральных и правовых норм	Требования ФГОС (ОК-2, 5, 9), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р3	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном <i>языке</i> , разрабатывать документацию, презентовать и публично защищать результаты, владеть методами пропаганды научных достижений	Требования ФГОС (ОК-3 – 5), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р4	Использовать системный подход в профессиональной деятельности, ставить цели и выбирать пути их достижения, обобщать, анализировать, критически осмысливать, систематизировать	Требования ФГОС (ОК-6, ПК-1), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р5	Осознавать необходимость и демонстрировать <i>способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни</i> , непрерывному самосовершенствованию, развитию социальных и профессиональных компетенций, использовать полученные знания для обучения и воспитания новых кадров	Требования ФГОС (ОК-7 ПК-3), Критерий 5 АИОР (п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р6	К достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности и должного уровня безопасности жизнедеятельности, в том числе, защиты персонала и населения от последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий	Требования ФГОС (ОК-8; ОПК-1, ПК-7, 19), Критерий 5 АИОР (п. 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р7	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, в том числе, многонациональном, принимать ответственность за свои решения, в том	Требования ФГОС (ОК-10, 13, 14, ПК-3), Критерий 5 АИОР (пп.2.3, 2.4),

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО, критериев и/или заинтересованных сторон
	числе, нестандартные, управлять коллективом, находить организационно-управленческие решения в нестандартных ситуациях	согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	Использовать информационные технологии для работы с информацией, управления ею и создания новой информации; работать с информацией в глобальных компьютерных сетях, осознавать и соблюдать основные требования информационной безопасности	Требования ФГОС (ОК-12, ПК-2, 6, 13, 26, ПСК-1.5), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>Профессиональные компетенции</b>		
P9	Понимать значимость своей специальности, стремиться к ответственному отношению к своей трудовой деятельности, демонстрировать особые компетенции, связанные с уникальностью задач, объектов в области проектирования и эксплуатации АС	Требования ФГОС (ПК-4), Критерий 5 АИОР (п. 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Использовать глубокие математические, естественнонаучные знания в профессиональной деятельности с применением математического моделирования объектов и процессов в области проектирования и эксплуатации АС	Требования ФГОС (ОК-1, ПК-9 – 11), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованные с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	Проводить <i>инновационные</i> научные исследования систем и оборудования атомных электрических станций и ядерных энергетических установок, участвовать во внедрении результатов исследований	Требования ФГОС (ОПК-2, ПК-5, 9, 14, 15, 16), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P12	Анализировать и использовать научно-техническую информацию, формулировать цели проекта, ставить и решать инновационные задачи <i>комплексного</i> инженерного анализа в области проектирования и эксплуатации АС	Требования ФГОС (ПК-12; 17, 20), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P13	Выбирать, создавать и использовать оборудование атомных электрических станций и ядерных энергетических установок, средства измерения теплофизических параметров и автоматизированного управления, защиты и контроля технологических процессов	Требования ФГОС (ОПК-3, ПК-18), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P14	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных разработок систем и оборудования АС и ядерных энергетических установок, готовить исходные	Требования ФГОС (ПК-20, 21, 23 – 25, ПСК-1.5, 1.6, 1.8, 1.10), Критерий 5 АИОР (п. 1.3),

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО, критериев и/или заинтересованных сторон
	данные для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений, выполнять <i>инновационные</i> инженерные проекты с применением <i>базовых и</i> специальных знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов с учетом принципов и средств обеспечения ядерной и радиационной безопасности	согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P15	Разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы в области проектирования АС	Требования ФГОС (ПК-22), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P16	Анализировать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля, диагностики, управления и защиты, проводить нейтронно-физические, теплогидравлические и прочностные расчеты оборудования АС и его элементов в стационарных и нестационарных режимах работы	Требования ФГОС (ПК-27, 28, ПСК-1.4), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P17	Делать оценку ядерной и радиационной безопасности при эксплуатации ядерных энергетических установок, а также при обращении с ядерным топливом и другими отходами	Требования ФГОС (ПК-29), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P18	Применять основы обеспечения оптимальных режимов работы ядерного реактора, тепломеханического оборудования и энергоблока АС в целом при пуске, останове, работе на мощности и переходе с одного уровня мощности на другой с соблюдением требований безопасности, выполнять типовые операции по управлению реактором и энергоблоком на функционально-аналитическом тренажере	Требования ФГОС (ПК- 28, 10, 11, , ПСК-1.14, 1.15), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P19	Анализировать технологии монтажа, ремонта и демонтажа оборудования АС применительно к условиям сооружения, эксплуатации и снятия с эксплуатации энергоблоков АС	Требования ФГОС (ПК-13,14), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P20	Осуществлять и анализировать технологическую деятельность как объект управления, организовывать рабочие места, обеспечивать их техническое оснащение, размещать технологическое оборудование, контролировать соблюдение технологической дисциплины и	Требования ФГОС (ПСК-1.9), Критерий 5 АИОР (п. 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО, критериев и/или заинтересованных сторон
	обслуживать технологическое оборудование, исследовать причины его неисправностей, принимать меры по их устранению	
P21	Составлять техническую документацию и организовывать экспертизу технической документации, составлять установленную отчетность по утвержденным формам, управлять малыми коллективами исполнителей, планировать работу персонала и фонды оплаты труда	Требования ФГОС (ПСК-1.9), Критерий 5 АИОР (пп. 2.2, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P22	Выполнять работы по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов ядерных энергетических установок, проводить анализ производственных затрат на обеспечение необходимого качества продукции	Требования ФГОС (ПСК-1.11), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P23	Составлять и использовать тепловые схемы и математические модели процессов и аппаратов ядерно-энергетических и тепломеханических установок различных типов АС, готовить исходные данные для расчета тепловых схем	Требования ФГОС (ПСК-1.1, 1.3, 1.7), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P24	Проводить физические эксперименты на этапах физического и энергетического пуска энергоблока с целью определения нейтронно-физических параметров реакторной установки и АС в целом	Требования ФГОС (ПСК-1.2), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P25	Применять на практике принципы организации эксплуатации современного оборудования и приборов АС, понимать принципиальные особенности стационарных и переходных режимов реакторных установок и энергоблоков и причины накладываемых ограничений при нормальной эксплуатации, при её нарушениях, при ремонте и перегрузках	Требования ФГОС (ПК-8, ПСК-1.12, 1.13), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт Энергетический  
Специальность подготовки **14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг**  
Кафедра «Атомных и тепловых электростанций»

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой АТЭС ЭНИН  
А.С. Матвеев

\_\_\_\_\_

(Подпись)

\_\_\_\_\_

(Дата)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

<b>дипломного проекта</b>
(бакалаврской работы, /работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
<b>5022</b>	<b>Кальтюгину Алексею Андреевичу</b>

Тема работы:

<b>Установка для исследования характеристик теплообменного аппарата</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	30.11.2017 № 9468/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	29 января 2018
--	----------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Материалы производственной практики, публикаций, учебная и научно-техническая литература.</p> <p>Теплоноситель: вода.</p> <p>Тип теплообменника: трубка Фильда.</p>
---	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Проектирование принципиальной схемы экспериментальной установки;          Разработка чертежей экспериментальной установки;          Поверочный расчет теплообменника;          Моделирование теплогидравлических процессов, протекающих в экспериментальной установке;          Разработка функциональной схемы теплотехнического контроля параметров системы;          Анализ полученных результатов.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Сборочный чертеж теплообменного аппарата;          Компоновочный чертеж лабораторной установки</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><i>Раздел</i></p>	<p><i>Консультант</i></p>
<p><b>Финансовый менеджмент</b></p>	<p><b>Н.В. Потехина, старший преподаватель кафедры менеджмента</b></p>
<p><b>Социальная ответственность</b></p>	<p><b>Ю.А. Амелькович, доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности</b></p>
<p><b>Автоматизация технологических процессов</b></p>	<p><b>Ю.К. Атрошенко, доцент кафедры автоматизации технологических процессов</b></p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p><b>10 июня 2017 года</b></p>
--	---------------------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры АТЭС	Ю.Я. Раков	к.т.н.		10.06.2017

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5022	Кальтюгин А.А.		10.06.2017

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5022	Кальтюгину Алексею Андреевичу

Институт	Энергетический	Кафедра	АТЭС
Уровень образования	Специалист	Направление/специальность	14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад доцента, к. т. н. – 26300 руб./мес. Оклад ассистента – 17000 руб./мес. Каталоги заводов-изготовителей
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизации 50% Районный коэффициент 1,3
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления на социальные нужды 30 %

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)	Проведение комплексного анализа проекта посредством составления матрицы SWOT-анализа
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР	Планирование работ по проекту, составление диаграммы Гантта
3. Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР	Определение стоимости установки: 1. Стоимость материалов и комплектующих 2. Зарботная плата участников проекта 3. Начисления по оплате труда 4. Амортизация 5. Накладные расходы
4. Составление бюджета инженерного проекта (ИП)	
5. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков	

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)**

1. Матрица SWOT-анализа
2. Диаграмма Гантта
3. Смета итоговых расходов

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	10.10.2017
---	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры менеджмента	Н. В. Потехина	—		10.10.17

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5022	Кальтюгин Алексей Андреевич		10.10.17



## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5022	Кальтюгину Алексею Андреевичу

Институт	Энергетический	Кафедра	АТЭС
Уровень образования	Специалист	Направление/специальность	14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Разработка/исследование характеристик приборов в лабораторных условиях.	<i>Экспериментальная установка для исследования характеристик теплообменного аппарата</i>
--	---

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<b>1. Производственная безопасность</b>	<p><i>1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.</i></p> <p><i>1.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при проведении исследований.</i></p> <p><i>1.3. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.</i></p>
<b>2. Экологическая безопасность:</b>	<p><i>2.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду</i></p> <p><i>2.2. Анализ «жизненного цикла» объекта исследования.</i></p> <p><i>2.3. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.</i></p>
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<p><i>3.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.</i></p> <p><i>3.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при исследовании объекта.</i></p> <p><i>3.3. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.</i></p>
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.</b>	<p><i>4.1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.</i></p> <p><i>4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</i></p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	10.10.17
--	----------

### Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Ю.А. Амелькович	к.т.н.		10.10.17

### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5022	Кальтюгин А.А.		10.10.17

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из: 91 с., 14 рисунков, 12 таблиц, 33 источника.

Ключевые слова: теплообменник, труба Фильда, коэффициент теплоотдачи, коэффициент теплопередачи, критерий подобия Нуссельта.

Объектом разработки является: экспериментальная установка для исследования теплообмена в трубе Фильда.

Цель работы – проектирование и последующая сборка теплообменника типа труба Фильда для исследования коэффициента теплоотдачи, коэффициента теплопередачи и эмпирического вывода критерия подобия Нуссельта.

В ходе проделанной работы спроектирована экспериментальная установка для исследования параметров трубы Фильда, вычислена стоимость ее проектирования и сборки, рассмотрены вопросы обеспечения производственной, пожарной и электробезопасности при проведении экспериментов на данной установке.

Возможно использование экспериментальной установки в качестве лабораторного стенда в образовательных целях.

В перспективе предусматривается совершенствование методов исследования процессов теплообмена путем внесения изменений в конструкцию.

					ФЮРА.3695359.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		10

## ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

### Список сокращений

ТО – теплообменник

ТН – теплоноситель

ТЭНП – трубчатый электронагреватель патронного типа

ТВС – тепловыделяющая сборка

ГУ – граничные условия

					ФЮРА.3695359.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		11

## Оглавление

Введение .....	14
1 Обзор литературы .....	16
2 Выбор принципиальной схемы установки .....	27
2.1 Описание принципиальной схемы экспериментальной установки...	29
2.2 Описание экспериментальной установки	30
3 Установка для исследования параметров трубы Фильда.....	32
3.1 Расчет мощности трубчатого электронагревателя патронного типа	32
3.2 Гидравлический расчет .....	35
3.3 Механический расчет трубок теплообменника .....	38
3.4 Тепловой расчет технологического канала .....	38
3.5 Методика получения эмпирических уравнений подобия.....	45
4 Компоновка лабораторного стенда .....	49
5 Методика проведения опытов.....	52
5.1 Порядок проведения эксперимента.....	52
5.2 Обработка экспериментальных данных .....	52
6 Автоматизация производственных процессов .....	55
6.1 Описание системы контроля температуры, расхода и давления теплообменного аппарата.....	55
6.2 Выбор технических средств для реализации систем контроля.....	56
6.3 Проектирование функциональной схемы .....	60
7 Финансовый менеджмент .....	61
7.1 Планирование работ .....	61
7.2 Расчет бюджета затрат на реализацию проекта и проектирование ...	63
7.3 ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ПРОЕКТА .....	67
8 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	70
8.1 Производственная безопасность .....	70
8.2 Анализ опасных и вредных факторов .....	71
Заключение .....	88
Список используемых источников .....	89

					ФЮРА.3695359.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		12

**Графический материал:**

ФЮРА.3695359.002 СБ. Лабораторная установка. Сборочный чертеж.

ФЮРА.3695359.003 МЧ. Компоновочный чертеж проектируемого лабораторного стенда.

ФЮРА.3695359.004 СЗ. Комбинированная принципиальная схема установки.

ФЮРА.421000.005 С2. Функциональная схема экспериментальной установки

ФЮРА.3695359.006 СБ. Детализованные чертежи основных элементов.

					ФЮРА.3695359.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		13

## ВВЕДЕНИЕ

Современные АЭС невозможно представить без применения теплообменного оборудования различных типов. Однако теплообменники типа трубки Фильда не нашли широкого распространения на АЭС, но заняли свою нишу и в других отраслях: химическая промышленность, нефтегазовое дело и др.

Огромное количество теплоты, например, в современных стекловаренных установках, теряется с нагретыми дымовыми газами и через наружные ограждения. Эта цифра составляет около 60% от всего тепла, что весьма весомо. В результате этого различные промышленности повышают энергетическую эффективность производства. По результатам математического моделирования [13,14] решено применять, в нашем случае, трубы Фильда, вместо гладких прямых труб, что повышает компактность и эффективность аппарата.

Задача подготовки высококвалифицированных кадров, обладающих современными знаниями, практическими навыками, является одной из важнейших целей на сегодняшний день. Поэтому сейчас, как никогда остро, возникает необходимость приложения максимальных усилий для совершенствования содержания обучения, средств и методов подготовки специалистов.

В данной курсовой работе необходимо спроектировать и сконструировать лабораторную установку, позволяющие проводить различные опыты и исследовать параметры теплообменного аппарата типа труба Фильда. Непосредственная работа и взаимодействие с лабораторным стендом позволяет студентам более наглядно и доступно понимать материал и тематику данного вопроса, что является большим плюсом, нежели бы они работали с ЭВМ.

					ФЮРА.3695359.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		14

Недостатком лабораторного стенда может являться повышенная опасность, которая создается составными компонентами установки. Следовательно, для вопроса по технике безопасности необходимо уделить больше времени.

Основной сложностью данного проекта является снятие информации с теплообменного аппарата и расчет различных коэффициентов, например, коэффициент теплоотдачи и теплопередачи.

					ФЮРА.3695359.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		15

# 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Для некоторых типов ядерных реакторов может оказаться целесообразным выполнение технологического канала в виде двух труб, вставленных одна в другую с кольцевым зазором. Внешняя труба тупиковая. Теплоноситель поступает в кольцевой зазор между внешней и внутренней трубами и затем по внутренней обратной трубе, в которой размещены тепловыделяющие элементы, возвращается в головку технологического канала. Таким образом, теплоноситель делает два хода в технологическом канале. Первый, опускной, ход увеличивает сопротивление технологического канала и повышает количество теплоносителя в активной зоне. Это - недостатки конструкции такого канала. Влияние этих недостатков становится минимальным при использовании в качестве теплоносителя жидкости с большой теплоемкостью и малым сечением захвата тепловых нейтронов. Наилучшим образом этим требованиям удовлетворяет тяжелая вода, в меньшей – дифенильная смесь и газы. Технологический канал такой конструкции называется трубкой Фильда. Плюсами и удобствами таких технологических каналов являются, во-первых, возможность легко отсоединить канал от общей циркуляции реактора, во-вторых, то, что все обслуживание реактора производится сверху, вследствие чего конструкция нижней части реактора сильно упрощается [6].

Трубки Фильда применялись на АЭС с реактором БН-350 в г. Шевченко, в корпусных парогенераторах с естественной циркуляцией, состоящих из двух пароперегревательных и испарительных частей (рис. 1). Сами трубы Фильда расположены в испарителе, представляющим собой вертикальный цилиндрический сосуд, и закреплены в трубной доске. Парогенераторы с трубками Фильда с естественной циркуляцией выполняли основное условие – минимальные затраты металла на сооружение парогенератора, при этом вопрос надежности не был учтен и парогенераторы блока БН - 350 длительное время находились в аварийном состоянии, так как

					ФЮРА.3695359.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		16





установок, т.е. регенерации теплоты технологического продукта [1]. Принцип работы основан на использовании теплоты нагретых дымовых газов, которые обтекают внешнюю поверхность наружного теплообменного аппарата типа трубы Фильда. Наружная стенка установки обогревается радиационным тепловым потоком извне, часть которого передается в внутрь установки далее к внутренней трубе. Затем воздух, двигающийся во внутренней трубке и в кольцевом канале, продолжает нагреваться путем конвективного теплообмена от наружной и внутренней трубы. Была создана математическая модель [1], реализация которой осуществлялась в программе PHOENICS, позволяющая найти распределение температуры теплоносителя при движении теплоносителя в трубке Фильда. В результате сделали следующие выводы: течение теплоносителя, в данном случае это воздух, имеет установившийся характер, однако скорость и температура воздуха обладают неравномерностью в поперечном сечении труб. Также обнаружили, что скорость нагрева теплоносителя в кольцевом канале и во внутренней трубе различаются, причем существенно.

Нельзя не заметить установку с камерой для вторичного дожигания газа [3]. Сама камера представляет собой оборудование прямоугольной формы в виде параллелепипеда, дожигаемая смесь входит снизу, вход смеси высокотемпературных продуктов сгорания со стороны одной из стенок камеры, вход воздуха через порты с противоположной стороны входа продуктов сгорания и выпуск вторичного продукта сгорания из верхней части камеры. Стены камеры изолированы. На опорах внутри камеры установлена пластина с низкой теплопроводностью для обеспечения рециркуляции потока, чтобы увеличить время выжигания первичного газа.

К исследованию данных трубок проявляют повышенный интерес и стараются различными способами улучшить их эффективность в качестве теплообменных аппаратов. Таким образом, увеличение эффективности трубок в газотурбинных установках возможно за счет использования

					ФЮРА.3695359.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		18

пористого материала [2]. Рекуперация тепла потока внутри трубы Фильда снижает тепловую эффективность теплообменника: между цилиндрическим каналом внутренней трубы и кольцевым каналом возникает тепловой поток, называемый "паразитным". В связи с этим решено изменить непроницаемую внутреннюю трубу на пористую, через которую часть теплоносителя будет вдуваться в кольцевое межтрубное пространство, что приведет к эффекту тепловой защиты стенки и улучшит теплообмен на внешней стенке кольцевого канала.

Сам экспериментальный стенд (рис. 4) представляет собой плоский канал, который представляет собой установку из трех основных частей: предварительной, рабочей и выходной части. Нижняя стенка непроницаема и представляет собой пластину из меди для равномерного нагрева, в которой установлены нагреватели. Предварительный участок необходим для равномерности течения теплоносителя, в данном случае это воздух, в который воздух подается из ресивера. На самих пластинах плоского канала установлен входной конфузор, чтобы обеспечить выравнивание потока при входе в рабочую часть. Верхняя стенка состоит из шести проницаемых пористых секций, над которыми расположены камеры вдува, позволяющие регулировать величину вдуваемого воздуха по длине рабочей части. Остальная часть верхней стенки также изготовлена из меди. Поверхности верхней и нижней стенки теплоизолированы асбестом.

Расчет теплообменника проводился при условиях аналогичным для трубы Фильда с непроницаемой стенкой. Пористая стенка считалась выполненной из порошкового материала, материал - коррозионно-стойкая сталь.

					ФЮРА.3695359.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		19

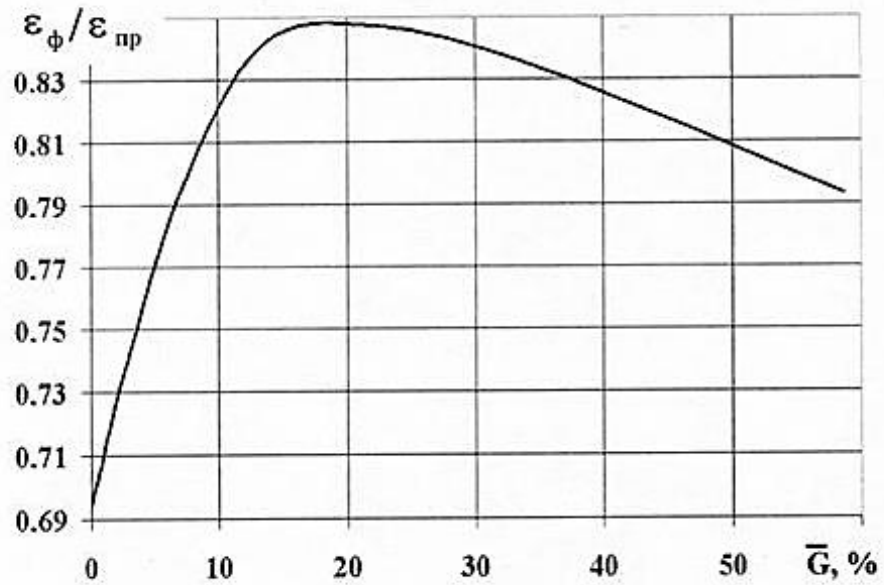


Рисунок 2 – Относительная тепловая эффективность экспериментального стенда

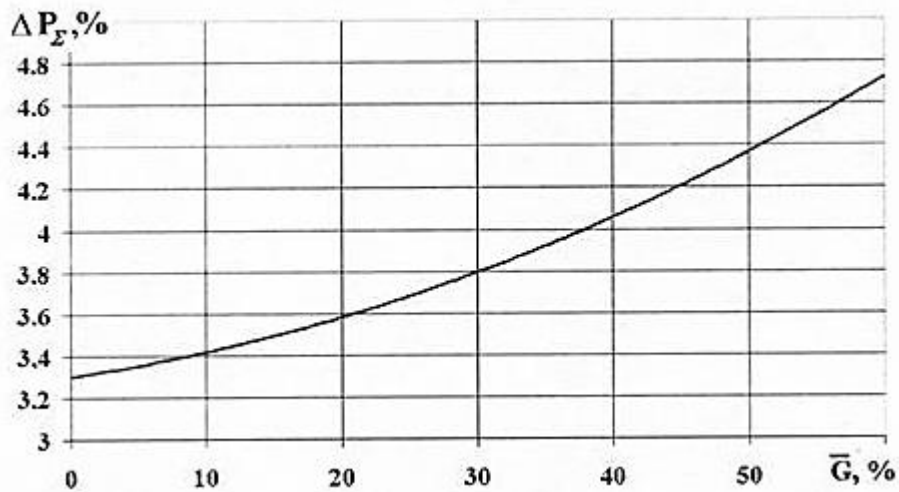


Рисунок 3 – Относительные потери давления экспериментального стенда

В данном эксперименте измерено: статическое давление по длине канала, статическое давление в камерах для подвода вдува, полное давление и температуры по высоте канала на входе в рабочий участок и выходе из него, температуры верхней и нижней стенок канала по длине и ширине, температуру вдува, мощность, потребляемая нагревателями, расход воздуха в каждой секции вдува, температуры в ресивере.

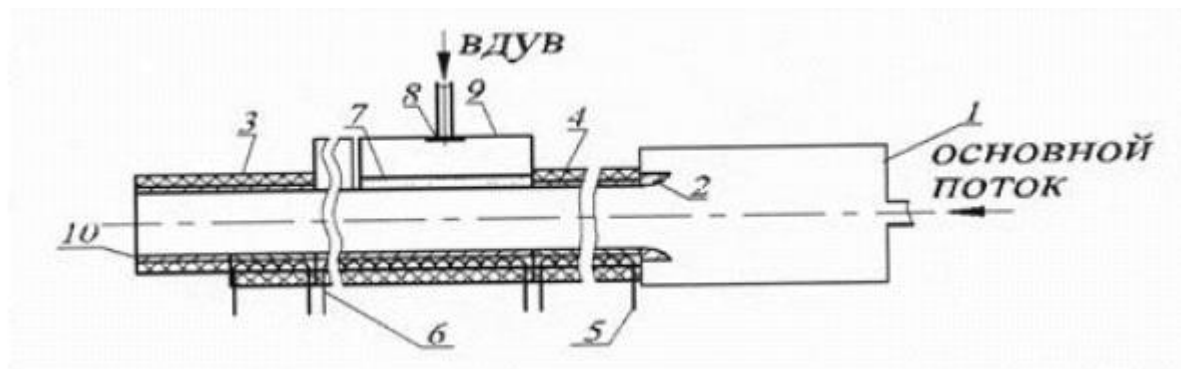


Рисунок 4 – Принципиальная схема экспериментального стенда [2]

1 - ресивер; 2 - входной конфузор; 3 - теплоизоляция; 4,10 - непроницаемая стенка; 5 - основной нагреватель; 6 - предохранительный нагреватель; 7 - пористая стенка; 8 - дефлектор; 9 - камера вдува.

В результате эксперимента выявили, что для теплообменного аппарата типа трубы Фильда с пористой внутренней трубкой увеличилась тепловая эффективность аппарата на 15-20%, однако при этом также увеличились и относительные потери давления на 30-40%. При сохранении относительных потерь давления на том же уровне, что и без пористого материала, тепловая эффективность увеличилась на 7-10%.

Трубки Фильда предложено использовать и в камерах жидкостного ракетного двигателя. Изобретение может быть использовано в области ракетного двигателестроения в двигателях, которые работают на криогенных компонентах топлива в безгазогенераторных жидкостных ракетных двигателях (ЖРД).

Изобретение относится к области ракетного двигателестроения и может быть использовано при создании безгазогенераторных жидкостных ракетных двигателей (ЖРД), работающих на криогенных компонентах топлива. Камера ЖРД содержит регенеративно охлаждаемую камеру сгорания с критическим сечением и соплом, смесительную головку, включающую в себя блок подачи окислителя, блок подачи горючего, блок огневого днища, при этом в указанных блоках по концентрическим окружностям установлены соосно-струйные форсунки, причем во

					ФЮРА.3695359.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		21

внутренней полости камеры сгорания расположены теплообменные элементы, выполненные в виде трубок Фильда, у которых вход наружной трубки и выход внутренней трубки соединены с полостями блока огневого днища, при этом одна из его полостей сообщается с трактом охлаждения камеры сгорания, в варианте исполнения на внешней поверхности трубок Фильда выполнены ребра. Изобретение обеспечивает повышение давления в камере ЖРД за счет улучшения условий теплообмена между продуктами сгорания топлива и компонентом топлива, используемого для привода турбин турбонасосных агрегатов.

Одной из основных проблем, возникающих при создании безгазогенераторных ЖРД, является сравнительно низкое давление в камере сгорания из-за невозможности обеспечения подогрева компонента топлива, используемого для привода турбины турбонасосного агрегата, в тракте охлаждения камеры до высокой температуры.

Указанный ЖРД работает следующим образом: горючее из насоса турбонасосного агрегата поступает в охлаждающий тракт камеры сгорания, затем проходит через теплообменник, установленный во внутренней полости камеры сгорания, и тракт охлаждения сверхзвуковой части сопла камеры поступает на турбины турбонасосных агрегатов и в смесительную головку камеры. Окислитель подается из насоса турбонасосного агрегата в смесительную головку камеры.

В камере компоненты топлива воспламеняются, сгорают и истекают из сопла. Продукты сгорания, контактируя с внутренней поверхностью камеры и теплообменника, отдают тепло горючему, которое приводит в действие турбины и связанные с ними насосы турбонасосных агрегатов.

Недостатками данного ЖРД являются высокая стоимость и сложность конструкции камеры.

Задачей изобретения является устранение указанных недостатков и повышение давления в камере ЖРД за счет улучшения условий теплообмена

					ФЮРА.3695359.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		22

между продуктами сгорания топлива и компонентом топлива, используемого для привода турбин турбонасосных агрегатов.

Решение указанной задачи достигается тем, что предложенная камера сгорания ЖРД согласно изобретению содержит регенеративно охлаждаемую камеру сгорания с критическим сечением и соплом, смесительную головку, включающую в себя блок подачи окислителя, блок подачи горючего, блок огневого днища, при этом в указанных блоках по концентрическим окружностям установлены соосно-струйные форсунки, причем во внутренней полости камеры сгорания расположены теплообменные элементы, выполненные в виде трубок Фильда, у которых вход наружной трубки и выход внутренней трубки соединены с полостями блока огневого днища, при этом одна из его полостей сообщается с трактом охлаждения камеры сгорания.

В варианте исполнения на внешней поверхности трубок Фильда выполнены ребра.

Предлагаемая камера ЖРД за счет своих отличительных признаков обеспечивает решение поставленной технической задачи - повышение давления в камере ЖРД за счет улучшения условий теплообмена между продуктами сгорания топлива и компонентом топлива, используемого для привода турбин турбонасосных агрегатов.

					ФЮРА.3695359.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		23

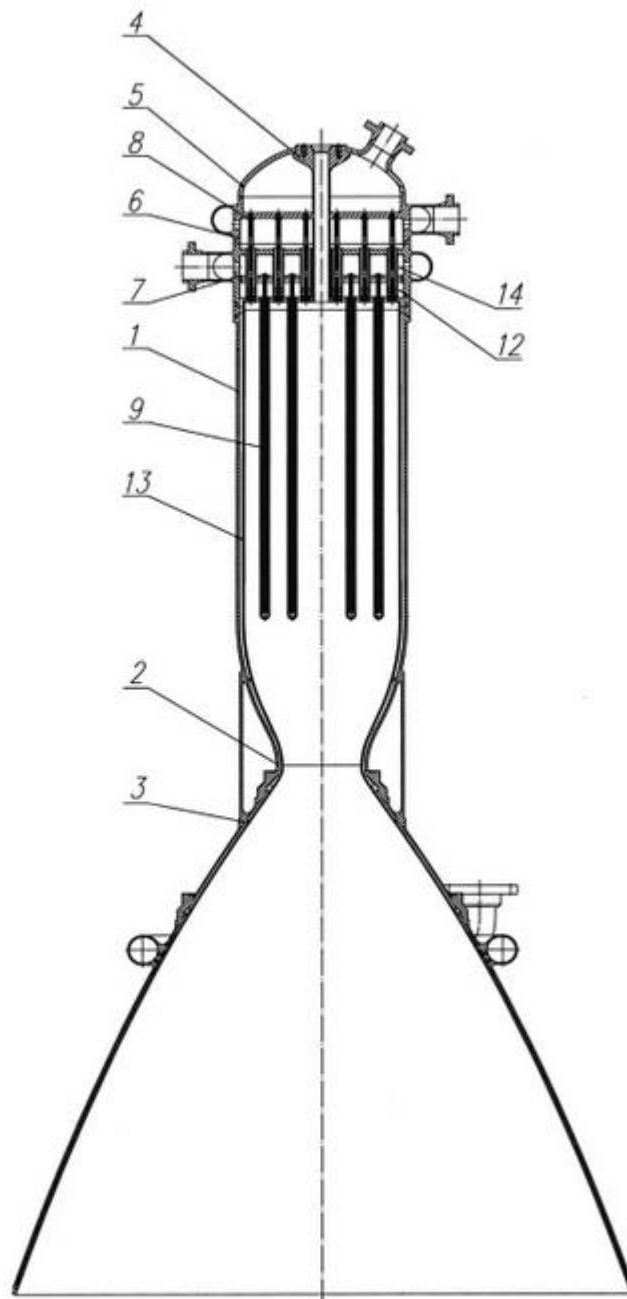


Рисунок 5 – Камера жидкостного ракетного двигателя [патент]

Предложенная камера ЖРД содержит регенеративно охлаждаемую камеру сгорания 1 с критическим сечением 2 и соплом 3, смесительную головку 4, включающую в себя блок подачи окислителя 5, блок подачи горючего 6, блок огневого днища 7, при этом в указанных блоках по концентрическим окружностям установлены соосно-струйные форсунки 8, причем во внутренней полости камеры сгорания 1 расположены теплообменные элементы, выполненные в виде трубок Фильда 9. Трубка

										Лист
										24
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ФЮРА.3695359.001.ПЗ					



Фильда 9 включает в себя наружную трубку 10 и внутреннюю трубку 11. Вход наружной трубки 10 соединен с полостью 12 блока огневого днища 7, которая сообщается с трактом охлаждения 13 камеры сгорания 1, а выход внутренней трубки 11 соединен с полостью 14 блока огневого днища 7.

В варианте исполнения на внешней поверхности трубок Фильда 9 выполнены ребра 15.

Камера ЖРД работает следующим образом.

Горючее из насоса турбонасосного агрегата ЖРД поступает в тракт охлаждения 13 камеры сгорания 1 и далее в полость 12 блока огневого днища 7. В полости 12 горючее равномерно распределяется между трубками Фильда 9. По кольцевому зазору между внутренней поверхностью наружной трубки 10 и наружной поверхностью внутренней трубки 11 горючее поступает к глухому концу наружной трубки 10, где оно разворачивается и направляется по внутренней трубке 11 в полость 14 блока огневого днища 7. Из полости 14 горючее поступает в турбины турбонасосных агрегатов ЖРД и далее в блок подачи горючего 6 смесительной головки 4, где оно равномерно распределяется по соосно-струйным форсункам 8.

Окислитель подается из насоса турбонасосного агрегата в блок подачи окислителя 5 смесительной головки 4, где он равномерно распределяется по соосно-струйным форсункам 8.

Из соосно-струйных форсунок 8 компоненты топлива поступают в камеру сгорания 1, где они воспламеняются и сгорают. Продукты сгорания компонентов топлива, контактируя с внутренней поверхностью камеры сгорания 1 и наружной поверхностью трубок Фильда 9, отдают тепло горючему, которое приводит в действие турбины и связанные с ними насосы турбонасосных агрегатов ЖРД.

На внешней поверхности трубок Фильда 9 выполнены ребра 15, позволяющие интенсифицировать процесс теплопередачи.

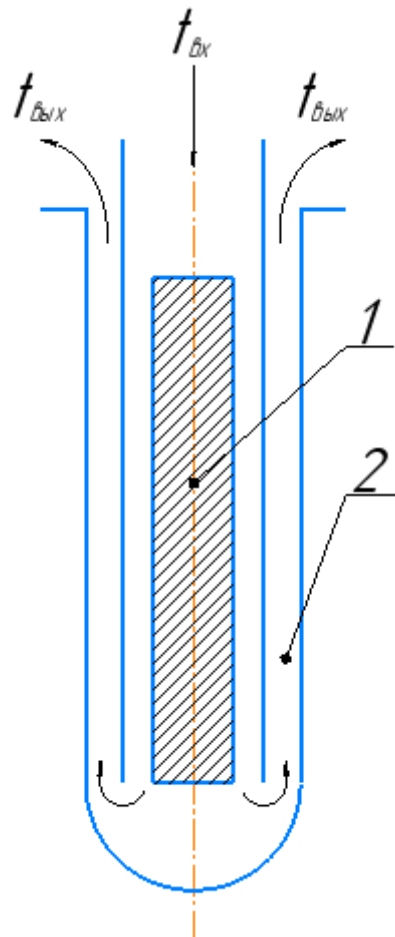
					ФЮРА.3695359.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		25

Использование предлагаемого изобретения позволит повысить давления в камере ЖРД за счет улучшения условий теплообмена между продуктами сгорания топлива и компонентом топлива, используемого для привода турбин турбонасосных агрегатов.

					ФЮРА.3695359.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		26

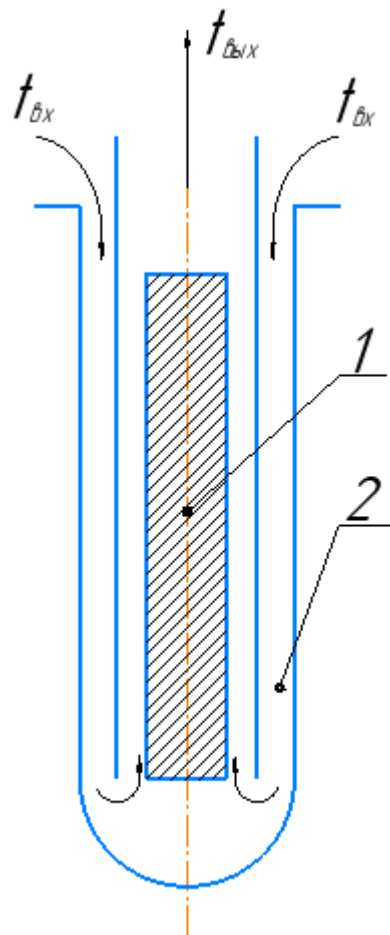
## 2 ВЫБОР ПРИНЦИПАЛЬНОЙ СХЕМЫ УСТАНОВКИ

В атомной энергетике возможно различное размещение ТВС, одним из примеров служит расположение ТВС (рис. 6) в центральной трубе трубки Фильда с холостым ходом теплоносителя [5, 6].



а) 1 – ТВС; 2 – трубка Фильда

					ФЮРА.3695359.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		27



б) 1 – ТВС; 2 – трубка Фильда

Рисунок 6 – Схема канала с холостым ходом теплоносителя

а) – теплоноситель сначала омывает ТВС и выходит из канала холостым ходом; б) – теплоноситель входит в холостой канал и затем омывает ТВС.

Взяв за основу данное решение, воспроизводим похожую установку, но уже источником тепла будет являться ТЭНП, расположенный аналогично ТВС в центральной трубе. Сам стенд размещен горизонтально, чтобы обеспечить вынужденное движение ТН (рис. 7).

Цель данной работы заключается в нахождении коэффициентов теплоотдачи в зависимости от различных параметров теплоносителя и изменения мощности ТЭНП, а также получение коэффициентов эмпирических уравнений подобия путем проведения экспериментов и сравнение полученных данных с ранее полученными эмпирическими уравнениями подобия.

					ФЮРА.3695359.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		28

## 2.1 ОПИСАНИЕ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

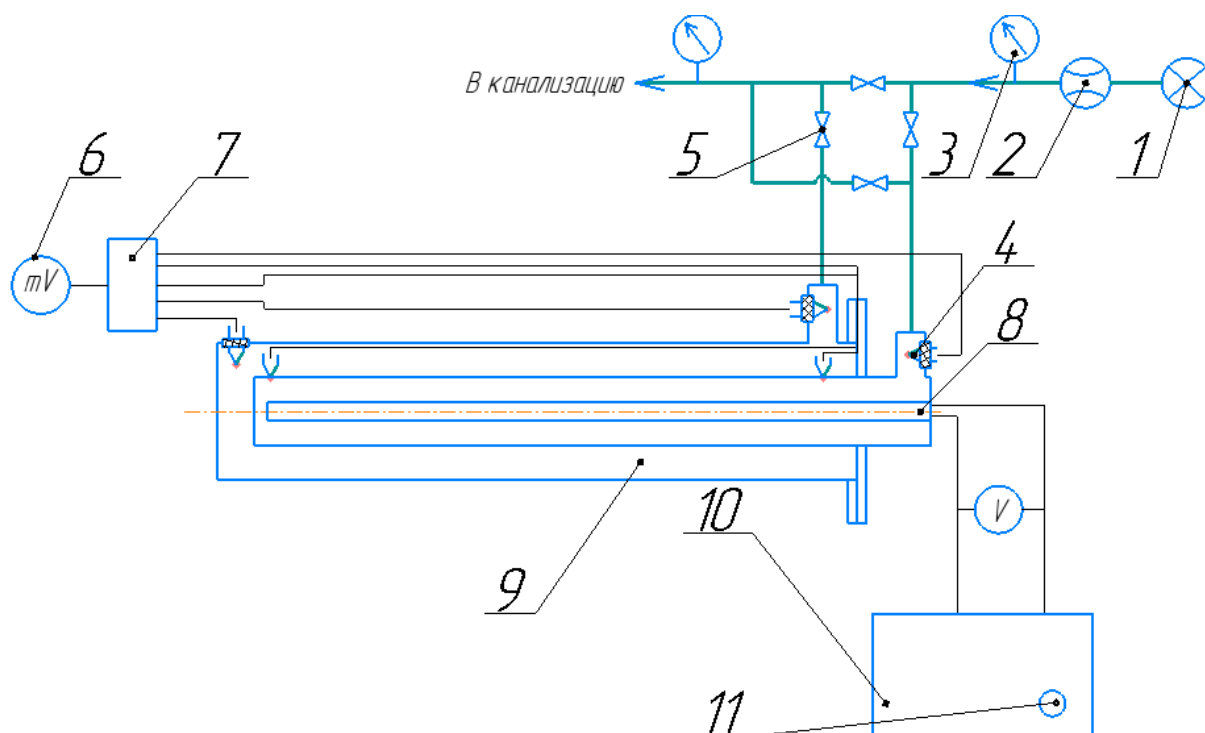


Рисунок 7 – Принципиальная схема лабораторной установки

1 – водопроводный источник холодной воды; 2 – расходомер; 3 – манометр; 4 – термопара; 5 – задвижка; 6 – милливольтметр; 7 – галетный переключатель электрических цепей; 8 – ТЭНП; 9 – теплообменный аппарат; 10 – блок мощности; 11 – автотрансформатор.

В схеме экспериментальная установка для исследования параметров трубки Фильда установлены задвижки 5, позволяющие осуществлять вход ТН в кольцевое межтрубное пространство и выход из внутренней трубы, так и в обратном направлении.

ТЭНП 8 обеспечивает нагревание ТН, в нашем случае это вода, который движется внутри теплообменного аппарата. Питание ТЭНП происходит за счет автотрансформатора 11, напряжение которого 220 Вольт. ТН поступает из водопроводного источника холодной воды и сливается в канализацию.

										Лист
										29
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ФЮРА.3695359.001.ПЗ					

Для определения коэффициента теплопередачи необходимо знать начальные параметры ТН и труб из нержавеющей стали. Для этого на входе и выходе установлены манометры 3, показывающие давление ТН, а также на входе в теплообменный аппарат 9 установлен расходомер (счетчик воды). Измерение температуры на входе и выходе из экспериментальной установки осуществляется термопарами 4. Термопары также установлены в точке смешения потока на выходе из внутренней трубы и на входе в межтрубное пространство и на поверхности внутренней трубы, для измерения температуры стенки. Все термопары подключены к галетному переключателю 7, который подключен к милливольтметру 6. Таким образом, переключением входящих сигналов можно измерить напряжение на концах термопар во всех ключевых точках с помощью одного милливольтметра.

Для предотвращения накипеобразования и коррозии ТЭНП, необходимо после окончания работы промыть теплообменную установку холодной водой, при этом создав «тепловой удар» (включить ТЭНП без воды на 2-3 минуты с дальнейшей промывкой холодной водой). Таким образом, охлаждение теплоносителем резко меняет размеры ТЭНП и с его поверхности отделяется накипь.

## 2.2 ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

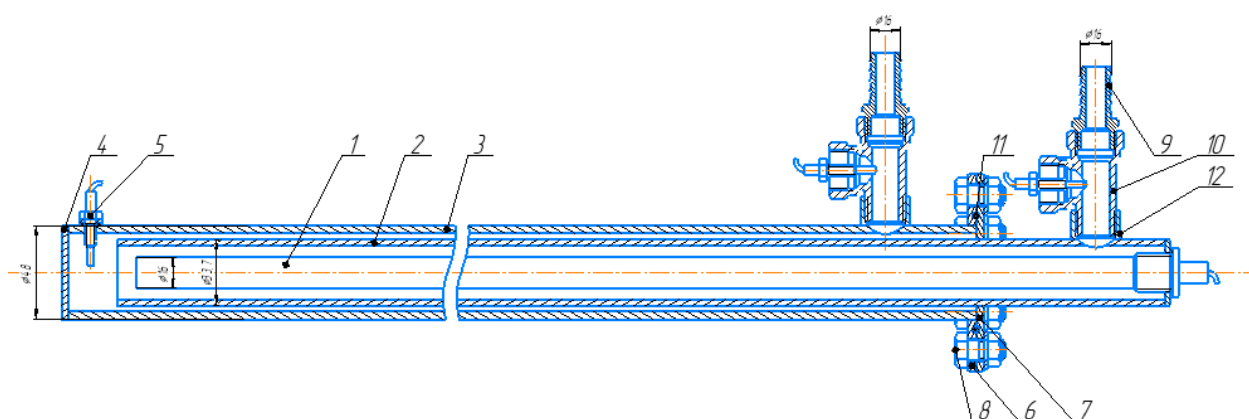


Рисунок 8 – Экспериментальная установка

										Лист
										30
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ФЮРА.3695359.001.ПЗ					

Теплообменник типа трубки Фильда состоит из наружной 3 и внутренней 2 трубок из нержавеющей стали марки 08Х18Н10Т, с внешним диаметром 48 мм и 33,7 мм длиной 760 мм и 830 мм соответственно. Трубы расположены горизонтально и параллельно друг другу. К каждой из труб приварены фланцы 6 и 7, с помощью которых осуществляется сборка установки и параллельное расположение труб. Между фланцами установлено уплотнительное кольцо 11, предназначенное для предотвращения течи ТН и герметичного вывода проводов от установленных во внутренней трубе термопар.

Герметичность наружной трубы осуществляется с помощью заглушки 4.

Для подвода и отвода теплоносителя используются шланги которые крепятся к штуцерам 9. Для крепления штуцеров использованы тройники 10 и фитинги 12.

В теплообменнике находятся пять термопар 5, три из которых помещены в поток теплоносителя, а две впаяны непосредственно во внутреннюю трубу.

Для нагрева ТН предусмотрен ТЭНП, имеющий диаметр 16 мм и длину 800мм, мощностью 1200 Вт.

Экспериментальная установка располагается в корпусе, размещенном на поверхности стола.

					ФЮРА.3695359.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		31

## 6 АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

### 6.1 ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ, РАСХОДА И ДАВЛЕНИЯ ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА

Структурная схема контроля температуры, расхода и давления установки для исследования параметров трубки Фильда показана на рисунке 13.

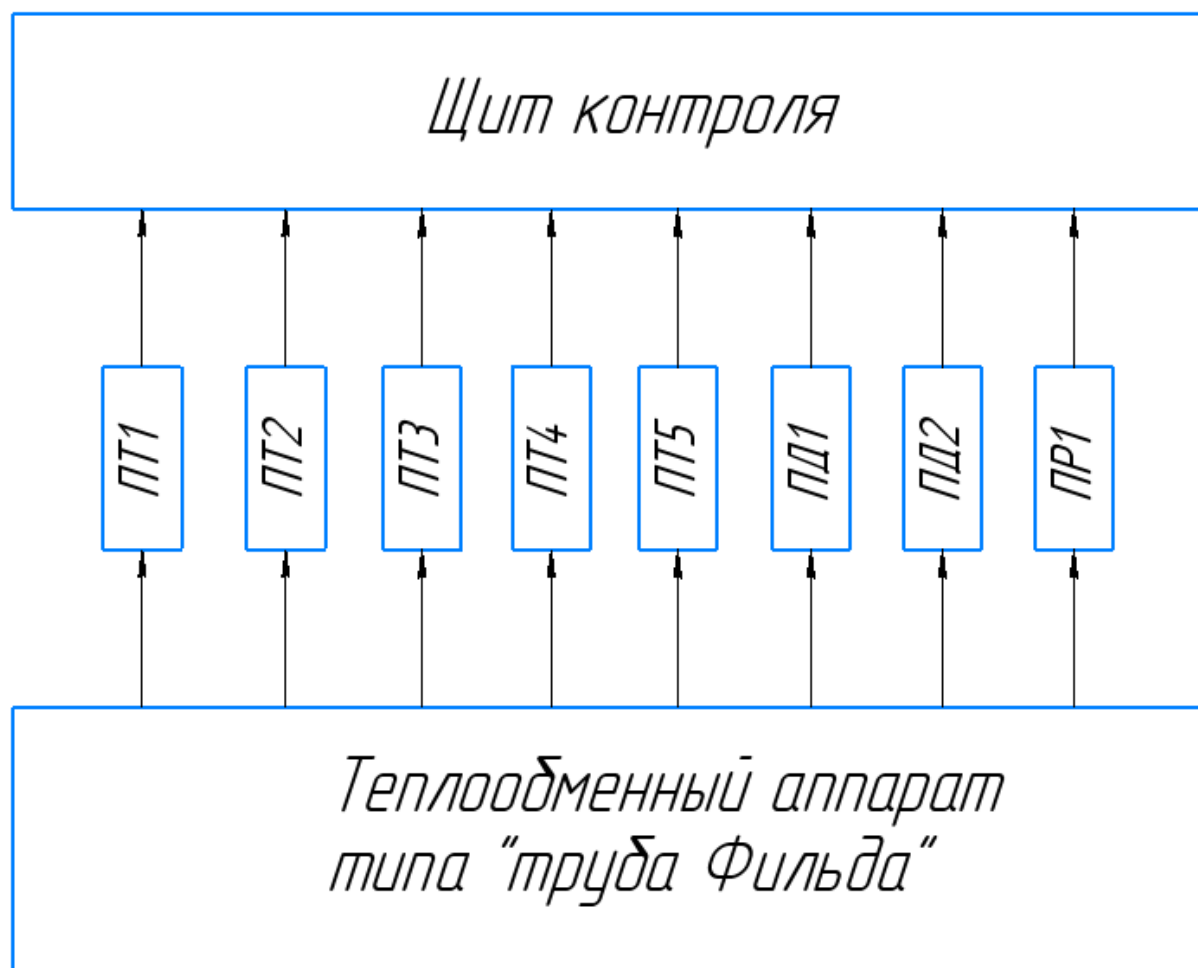


Рисунок 14 – Структурная схема системы контроля температуры, расхода и давления установки для исследования параметров трубки Фильда

PT1-PT5 – преобразователи температуры, PD1-PD2 – преобразователи давления, PR1 – преобразователь расхода.

Целью автоматического регулирования является поддержка постоянной температуры в установке при помощи поддержания постоянного



давления и расхода. Постоянство температуры необходимо для выполнения граничных условий эксперимента, а так же снижения погрешностей измерений.

Сигналы от преобразователей разности давлений, преобразователей температуры и датчика расхода теплоносителя поступают в БЩУ. Далее оператор следит за показаниями приборов.

## **6.2 ВЫБОР ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ**

### **6.2.1 Средства измерения**

Манометры – приборы для измерения избыточного давления в диапазоне от 0,06 до 1000 МПа, а также разности давлений до 630 кПа.

Принцип действия манометра основан на уравнивании измеряемого давления силой упругой деформации трубчатой пружины или более чувствительной двухпластинчатой мембраны, один конец которой запаян в держатель, а другой через тягу связан с трибно-секторным механизмом, преобразующим линейное перемещение упругого чувствительного элемента в круговое движение показывающей стрелки.

По назначению манометры можно разделить на технические - общетехнические, электроконтактные (глицеринозаполненные) и эталонные (образцовые).

Общетехнические: предназначены для измерения не агрессивных к сплавам меди жидкостей, газов и паров.

Электроконтактные: имеют возможность регулировки измеряемой среды, благодаря наличию электроконтактного механизма.

Специальные: кислородные - должны быть обезжирены, так как иногда даже незначительное загрязнение механизма при контакте с чистым

					ФЮРА.3695359.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		56

кислородом может привести к взрыву. Часто выпускаются в корпусах голубого цвета с обозначением на циферблате  $O_2$  (кислород); ацетиленовые - не допускают в изготовлении измерительного механизма сплавов меди, так как при контакте с ацетиленом существует опасность образования взрывоопасной ацетиленистой меди; аммиачные-должны быть коррозиестойкими.

Эталонные: обладая более высоким классом точности (0,15;0,25;0,4) эти приборы служат для поверки других манометров. Устанавливаются такие приборы в большинстве случаев на грузопоршневых манометрах или каких-либо других установках способных развивать нужное давление.

Самопишущие: манометры в корпусе, с механизмом позволяющим воспроизводить на диаграммной бумаге график работы манометра.

Для измерения давления 0,315 мпа на линии подачи сетевой воды и давления 0,25 мпа на линии слива дренажа общетехнические манометры типа мп4-уу2 с верхним пределом измерения 0,4 мпа.

### 6.2.2 Средства измерения расхода

Для измерения расхода в установке для исследования параметров трубки Фильда выбран счетчик воды. Счетчиком воды называется конструкция, измеряющая количество объема проходящего по водопроводу потока за единицу времени. Измерения считаются в  $m^3$ . С помощью прибора наблюдатель может видеть, какое именно количество теплоносителя расходуется.

Современные водосчетчики делятся на:

- тахометрические – принцип работы которых основан на подсчете количества вращений крыльчатого элемента. Крыльчатка заключается

					ФЮРА.3695359.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		57

внутри и вращается от потока воды, при этом в защищенной от потоков части находится прибор, отвечающий за точность показаний.

- вихревые – конструкция, функционал которой заключен в том, что система водопровода создает вихри, частота которых пропорциональна скорости течения жидкости. Именно на этом основаны исчисления оборудования.

-магнитные – магнитное поле индуцируется со скоростью, пропорциональной силе поступающего потока.

- ультразвуковые. Преобразователи измеряют расходы воды путем анализа акустического эффекта колебаний ультразвука, возникающего при протекании потока жидкости через водомер.

Также водосчетчики делятся по количеству трубопроводов, которые могут обслужить:

1. Одноканальные;
2. Двухканальные;
3. Многоканальные.

Выбран счетчик воды типа Норма СВКМ-15 с диапазоном рабочих температур от 5 до 30°C. Диапазон измерений расхода от 0,06 до 3 м<sup>3</sup>/ч.

Метрологический класс: класс А.

### **6.2.3 Средства измерения температуры**

В качестве первичных преобразователей температуры используют термопреобразователи сопротивления (ТПС) и термоэлектрические преобразователи (ТЭП). Термопреобразователи выпускаются в двух видах: поверхностные и погружаемые.

В настоящее время выпуск стандартных термопреобразователей освоен промышленной группой «Метран», заводом «Эталон» и другими предприятиями.

					ФЮРА.3695359.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		58

Номинальное значение температуры теплоносителя (воды) составляет 20°C.

Для измерения температуры могут быть использованы термоэлектрические преобразователи (ТЭП) или термопреобразователи сопротивления (ТПС), имеющие выходной сигнал в виде ТЭДС (для ТЭП) и сопротивления (для ТПС) или унифицированный выходной токовый сигнал (0...5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА).

Выбор ТЭП произведен согласно таблице 2 [1].

Таблица 2 – Технические характеристики термоэлектрических преобразователей

Тип	Класс допуска	НСХ	Пределы измерений, °С		Условное давление, МПа	Материал защитной арматуры	Длина монтажной части, мм	Область применения	Завод-изготовитель
			нижний	верхний					
ТХА Метран-201*-01 ТХК Метран-202*-01	2	K L	-40 -40	800(1000) 600	0,4; 6,3	12X18H10T, XH78T	60...3150	Газообразные и жидкие среды	ПГ «Метран», г. Челябинск
ТХА Метран-231-06	2	K	-40	1000	0,4; 6,3	12X18H10T, XH78T	280, 320, 420	Газообразные среды, продукты сгорания	
ТХА Метран-231*-04 ТХК Метран-232*-04	2	K L	0 0	800(900) 600	0,4(-0,4); 6,3(-0,5)	12X18H10T, XH45Ю	250...1000	Продукты сгорания жидкого (газообразного) топлива	
ТХА Метран-231*-01 ТХК Метран-232*-01	2	K L	0	600	60(-12); 25,5(-10)	12X1MФ	80...200	Перегретый пар	
ТХК Метран-232*-14	2	L	0	400	-	12X18H10T	320...1600	Поверхности твердых тел	
ТХА Метран-241-01 ТХК Метран-242-01	2	K L	-40 -40	200 400	-	Латунь Л63; 12X18H10T	10...1600	Поверхности твердых тел, подшипники	
ТПП Метран-211-01	2	S	0	1300	0,4	Корунд КВПТ	320...2000	Газовые среды	
ТХАУ-205 ТХАУ-205-Ех ТХКУ-205 ТХКУ-205-Ех	±0,5 %; ±1,0 %; ±1,5 %	K(4...20 мА) L(4...20 мА)	0	400...1200 400...600	0,1; 6,3	12X18H10T	60...1600	Нейтральные и агрессивные среды	
ТПП-0192 ТПР-0192 ТПР-0292	2	S B B	0 +600 +600	+1300 +1600 +1600	0,4	Корунд	320...2000	Окислительные и нейтральные среды	
ТХА 9312 ТХК 9312	2 2	K L	-40 -40	+900 +600	0,4...6,3	08X20H14C2 12X18H10T	120...2000	Газообразные и жидкие среды	
ТПП2 821 004 ТПР2 821 005 ТПР2 821 006	2	S B B	0 +300 +300	+1300 +1600 +1600	0,4	Корунд с добавкой двуокиси титана	200...2000	Окислительные и нейтральные газовые среды	

\* – Количество чувствительных элементов 1 или 2

Для измерения температуры принят ТЭП типа ТХА Метран-201-01. Показания от термопар идут сначала на малогабаритный галетный переключатель поворотного типа ПГ2-12-6П8НВК, затем, после выбора термопары с помощью переключателя, сигнал поступает на мультиметр цифровой прецизионный, 2 канала, ИТ-8-RUT.

### 6.3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ

Функциональная схема представляет собой технический документ, который определяет функционально-блочную структуру систем контроля технологического процесса.

В ходе разработки функциональной схемы системы контроля решены следующие задачи:

1. Определение управляющего воздействия на технологический процесс;
2. Контроль параметров технологических процессов и состояния оборудования;
3. Получение основной информации о технологическом процессе и объекте управления.

Эти задачи решены на основе анализа условий работы технологического оборудования, критериев и законов управления объектом, требований, предъявляемых к точности контроля и регистрации, а также качеству регулирования.

Функциональная схема разработана с учетом структурной схемы.

Сигналы по температуре теплоносителя формируются преобразователями температуры 1а-5а и подаются на галетный переключатель 9а, с помощью которого выбирается требуемый термоэлектрический преобразователь, сигнал от которого идет на мультиметр 10а.

Давление на входе и выходе трубопровода измеряется манометрами 6а, 7а, установленными по месту.

Расход теплоносителя на входе в трубопровод измеряется водосчетчиком 8а по месту.

					ФЮРА.3695359.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		60

## 7 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ

Данный раздел нацелен на оценку экономических показателей проекта. Для этого будут выполнены задачи, такие как: выявление плюсов и потенциала установки для исследования параметров трубы Фильда посредством SWOT-анализ, расчет затрат на реализацию проекта.

Основным критерием подготовленности будущих кадров является их знакомство не только с теоритической частью образовательной программы, но и с практической. Для обеспечения безопасной эксплуатации установки для исследования параметров трубки Фильда необходимо исключить уже на стадии проектирования все возможные потенциальные угрозы, например, изолировать все токоведущие части или предотвратить контакт с нагревателем, в нашем случае – ТЭН.

Спроектированная и собранная установка вполне может быть использована для исследования различных параметров теплообмена.

### 7.1 ПЛАНИРОВАНИЕ РАБОТ

Планирование работ позволяет распределить обязанности между членами рабочей группы, рассчитать заработную плату сотрудников, а также гарантирует реализацию проекта в срок. В данном проекте рабочая группа состоит из двух человек: руководитель проекта и проектировщик. Описание работы, их длительность, а также ответственный исполнитель по этой работе приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Наименование работ и их длительность

Шифр	Наименование	Работник	Длительность, ч
1	Выдача задания	Руководитель, Инженер	1
2	Обзор литературы	Инженер	28
3	Изучение теплообменного аппарата типа труба Фильда	Инженер	15

Продолжение таблицы 3

4	Написание обзора литературы	Инженер	52
5	Создание чертежа принципиальной схемы установки	Инженер	5
6	Согласование принципиальной схемы	Руководитель, инженер	2
7	Поверочный расчет	Инженер	6
8	Разработка сборочного чертежа	Инженер	49
9	Согласование сборочного чертежа	Руководитель, инженер	2
10	Разработка детализировки	Инженер	32
11	Согласование детализировки	Руководитель, инженер	2
12	Разработка компоновочного чертежа	Инженер	41
13	Согласование компоновочного чертежа	Руководитель, инженер	2
14	Покупка и доставка комплектующих и необходимых материалов	Инженер	10
15	Сбор и монтаж установки	Инженер	45
16	Проведение эксперимента	Инженер	2
17	Обработка результатов эксперимента	Инженер	2
18	Оформление основной части пояснительной записки ВКР	Инженер	6
19	Получение задания по спецразделам	Инженер	3
20	Написание и оформление раздела «Соц. ответственность»	Инженер	38
21	Написание и оформление раздела «Фин. менеджмент»	Инженер	36
22	Написание и оформление раздела «АСУ»	Инженер	28
23	Исправление ошибок в пояснительной записке ВКР и ее итоговое оформление	Инженер	26
	Итого	Руководитель	9
		Инженер	433

Для визуальной оценки длительности и контроля выполненных работ построим диаграмму Ганта.

					ФЮРА.3695359.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		62

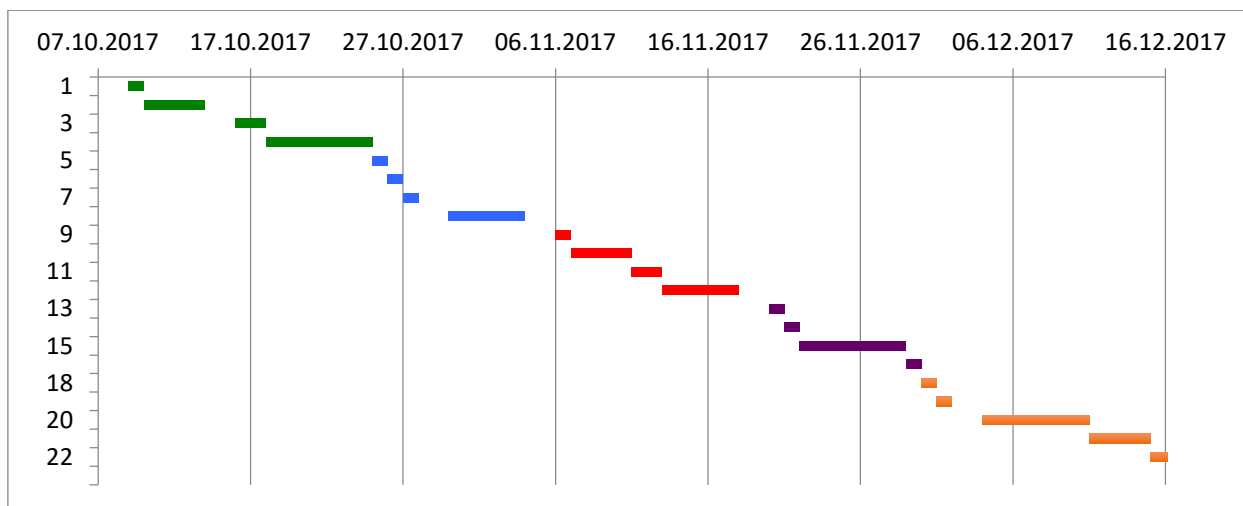


Рисунок 15 – Диаграмма Ганта

На диаграмме Ганта по оси абсцисс отложены длительность выполнения той или иной работы, по оси ординат нумерация работ согласно таблице 3.

В данном пункте был рассчитан и построен календарный график выполнения работ. Для построения графика Ганта использовались календарные дни. Если начало разработки проекта придется на 07.10.17, с учетом выходных дней разработка проекта закончится 16.12.2017. Основная цель руководителя – постановка задач проектировщику, это можно увидеть в соотношении их рабочих дней.

## 7.2 РАСЧЕТ БЮДЖЕТА ЗАТРАТ НА РЕАЛИЗАЦИЮ ПРОЕКТА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ

В данном подразделе рассчитаны затраты на монтаж и стоимость самих конструкций, а также составлена смета расходов на выполнение договора.

### 7.2.1 Смета на комплектующие для экспериментальной установки и необходимые материалы

Представим состав конструкций для дальнейшего расчета в таблице 4.



Таблица 4 – Состав конструкции теплообменного аппарата

Наименование	Количество, длина	Поставщик	Цена единицы (за метр), руб.
ГОСТ 9941-81 Труба 48x4	1 м.	ОАО «НКМК»	2550
ГОСТ 9941-81 Труба 25x2,5	0,2 м.	ОАО «НКМК»	750
ГОСТ 9941-81 Труба 33,7x3,2	1 м.	ОАО «НКМК»	1350
ТЭНП-80В16/1,2J220	1 ед.	Fuwell International Pte Ltd.	1540
ТПК 01.20 - 022 - А3 - И2 - К795 - 20 - 25/20	6 ед.	Fuwell International Pte Ltd.	100
ГОСТ 15527-2004 Тройник ЛС59-1	2 ед.	ОАО «НКМК»	117
ГОСТ 15527-2004 Штуцер ЛС59-1	2 ед.	ОАО «НКМК»	49

Расчет затрат на основные материалы вычислены по формуле:

$$M = (m_T \cdot C_T + m_{ТЭН} \cdot C_{ТЭН} + m_{ТП} \cdot C_{ТП} + m_{ар} \cdot C_{ар}) \cdot K_3,$$

где:

$m_T$  – длина трубопровода, м;

$C_T$  – цена за метр трубопровода, р;

$m_{ар}$  – количество арматуры, ед.;

$C_{ар}$  – цена за единицу арматуры, р;

$m_{ТЭН}$  – количество ТЭНП, ед.;

$C_{ТЭН}$  – цена за единицу ТЭНП, р;

$m_{ТП}$  – количество термопар, ед.;

$C_{ТП}$  – цена за единицу термопары, р;

$K_3$  - коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы на доставку, погрузку. Принимаем  $K_3 = 1,1$ .

Таким образом, затраты на основные материалы:

$$M = ((2550) + (0,2 \cdot 750) + (1350) + (1540) + (600) + (2 \cdot 117) + (2 \cdot 49)) \cdot 1,1 = 7174,2 \text{ р.}$$

										Лист
										64
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ФЮРА.3695359.001.ПЗ					

### 7.2.2 Затраты на заработную плату

Вычислим основные расходы на заработную плату работников проекта с учетом районного коэффициента, равного 1,3:

$$ЗП_{рук} = 26300 \cdot 1,3 \cdot \frac{9}{6 \cdot 26} = 1972,5 \text{ руб.}$$

$$ЗП_{ас} = 17000 \cdot 1,3 \cdot \frac{433}{8 \cdot 21} = 56960,1 \text{ руб.}$$

Итог фонда основной заработной платы:

$$ЗП_{осн} = ЗП_{рук} + ЗП_{ас} = 1972,5 + 56960,1 = 58932,6 \text{ руб.}$$

Вычислим полные расходы на оплату труда, включающие дополнительные затраты, которые составляют 12% от фонда основной заработной платы:

$$ЗП_{п} = 1,12 \cdot ЗП_{осн} = 1,12 \cdot 58932,6 = 66004,5 \text{ руб.}$$

### 7.2.3 Затраты на социальные отчисления

Вычислим размер начислений по оплате труда:

$$ВнФ = (ФСС + ПФР + ФФОМС) \cdot ЗП_{п} = 0,3 \cdot 66004,5 = 19801,4 \text{ руб.}$$

где взносы

- в фонд социального страхования ФСС=2,9%;
- в фонд пенсионного страхования ПФР=22%;
- в фонд обязательного медицинского страхования ФФОМС=5,1%.

Оплата труда с начислениями:

$$ЗП_{н} = ЗП_{п} + ВнФ = 66004,5 + 19801,4 = 85805,9 \text{ руб.}$$

### 7.2.4 Амортизация оборудования

В данном пункте будет рассчитана амортизация ноутбука, необходимого в работе над проектом.

Срок эксплуатации ноутбука составляет 3 года. Отсюда следует, что норма амортизации за год равна:

					ФЮРА.3695359.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		65

$$K = \frac{1}{n} \cdot 100\% ;$$

$$K = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 33,3\% ,$$

где  $n$  – срок полезного использования в годах.

Найдем амортизацию:

$$A = \frac{K \cdot I}{12 \cdot 30} \cdot m , \text{ руб.};$$

$$A = \frac{0,333 \cdot 60}{12 \cdot 30} \cdot 57 = 3163,5 \text{ руб.},$$

где  $I$  – итоговая сумма в тыс. руб.;

$m$  – время использования в днях.

### 7.2.5 Итоговая стоимость проекта экспериментальной установки

Накладные расходы принимаем в размере 16% от суммарных расходов.

Таблица 5 – смета итоговых расходов

Статья расхода	Стоимость, руб.	%
Комплектующие для лабораторной установки и необходимые материалы	8250	7,32
Заработная плата	66004,5	58,53
Отчисления на социальные цели	19801,4	17,56
Амортизационные отчисления	3163,5	2,8
Накладные расходы	15555,1	13,79
Итого	112774,5	100

Таким образом, итоговая стоимость проекта составляет 112774,5 руб.

Основной бюджет затрат составляет заработная плата – 58,53%, самый малый процент занимает амортизация – 2,8%.

### 7.3 ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ПРОЕКТА

Для оценки положительных и отрицательных сторон произведен комплексный SWOT-анализ.

Анализ представляет собой универсальную методику стратегического менеджмента и позволяет несложным образом оценить эффективность технического решения ВКР.

SWOT-анализ проводится в несколько этапов:

1. Описание сильных и слабых сторон конструкций, выявление сложностей в реализации. Результаты представляются в виде таблицы;
2. Выявление слабых и сильных сторон конструкций перед внешними условиями;
3. По результатам выполненных этапов составляется итоговая матрица, позволяющая произвести сравнительный анализ расчетных конструкций.

А. Первый этап.

Результаты первого этапа SWOT-анализа установки представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты первого этапа SWOT-анализа теплообменного аппарата.

<b>Сильные стороны конструкции:</b> С1. Простота; С2. Надежность; С3. Новизна в учебном плане; С4. Дешевизна деталей.	<b>Слабые стороны конструкции:</b> Сл1. Большое количество сварных швов; Сл2. Не компьютеризированный процесс проведения испытаний.
<b>Возможности:</b> В1. Появление новых методических указаний; В2. Снижение стоимости на материалы установки.	<b>Угрозы:</b> У1. Трудоемкий процесс изготовления запасных деталей; У2. Возможное ухудшение параметров в ходе эксплуатации.

Б. Второй этап.

Результаты второго этапа SWOT-анализа установки представлены в таблице N.



