

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

---

**Инженерная школа новых производственных технологий**  
**Научно-образовательный центр Н.М.Кижнера**  
**Направление подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**  
**Профиль Машины и аппараты химических и нефтехимических производств**

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Разработка теплообменника для предварительного подогрева нефраса узла дистилляции</b>

УДК 665.637.565.045.126.665.7.035.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4КМ61	Найденов Вячеслав Александрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тихонов Николай Викторович	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент Отделения социально-гуманитарных наук	Креницына З.В.	к.т.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор Отделения контроля и диагностики	Ахмеджанов Р. Р.	д.б.н.		

По разделу «Конструктивно-механический раздел»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ Н.М. Кижнера	Беяев В.М.	к.т.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель НОЦ Н.М. Кижнера	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Краснокутская Е.А.	д.х.н., профессор		

Томск – 2018 г.

**Перечень результатов обучения (профессиональных и универсальных компетенций), запланированных к достижению выпускниками данной образовательной программы**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
Р1	Применять базовые математические, естественнонаучные, социально-экономические и специальные знания в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ПК-1,2,3,19,20), Критерий 5 АИОР (п.1.1)
Р2	Применять знания в области энерго-и ресурсосберегающих процессов и оборудования химической технологии, нефтехимии и биотехнологии для решения производственных задач	Требования ФГОС (ПК-4,5,9,15 ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп.1.1,1.2)
Р3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.	Требования ФГОС (ПК-4,5,8,11, ОК-2,4), Критерий 5 АИОР (пп.1.2)
Р4	Проектировать и использовать новое энерго-и ресурсосберегающее оборудование химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Требования ФГОС (ПК-8,11,23,24), Критерий 5 АИОР (п.1.3)
Р5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области энерго-и ресурсосберегающих процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Требования ФГОС (ПК-1,4,5,19-22, ОК-7,10), Критерий 5 АИОР (п.1.4)
Р6	Осваивать и эксплуатировать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность и надежность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС (ПК-6,12,13,14,17, ОК-3,4,8), Критерий 5 АИОР (п.1.5)

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
P7	Применять знания по проектному менеджменту для ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности	Требования ФГОС (ПК-3, 8, 9, 10, 11, 12, 13), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	Использовать современные компьютерные методы вычисления, основанные на применении современных эффективных программных продуктов при расчете свойств материалов, процессов, аппаратов и систем, характерных для профессиональной области деятельности; находить необходимую литературу, использовать компьютерные базы данных и другие источники информации	Требования ФГОС (ПК-4, 5, 9, 10, 11, 14)
<i>Общекультурные компетенции</i>		
P9	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1,2,6-10), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5)
P10	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-6,7,8), Критерий 5 АИОР (2.6)
P11	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-11) , Критерий 5 АИОР (п.2.2)
P12	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ОК-3,4,5,12) , Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3)

Томск – 2018 г.  
**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Школа - **Инженерная школа новых производственных технологий**  
Направление подготовки (специальность) 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие  
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии  
Отделение школы (НОЦ) НОЦ им. Н.М. Кижнера

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
\_\_\_\_\_  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ  
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа

ФИО

4кмб1

Найденову Вячеславу Александровичу

Тема работы:

**Разработка теплообменника для предварительного подогрева нефраса узла  
дистилляции**

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

**Исходные данные к работе**

*(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.).*

**Кожухотрубчатый теплообменник для  
подогрева нефраса водяным паром.**

**Производительность: 200т/сут.**

**Рабочее давление 0,45 МПа**

**Срок эксплуатации 10 лет**

**Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов**      **Расчет характеристик аппарата, необходимых для осуществления технологического процесса;**

**Расчет оптимальной поверхности теплообмена;**

**Подбор насоса.**

**Перечень графического материала**

**Чертеж общего вида**

**Чертеж выносных элементов**

**Технологическая схема**

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	<b>Криницина Зоя Васильевна</b>
Социальная ответственность	<b>Ахмеджанов Рафик Равильевич</b>
Раздел на английском языке	<b>Игна Ольга Ниоклаевна</b>

**Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:**

**Лит. обзор**

**Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику**

**Задание выдал руководитель:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
доцент	Тихонов Н.В.	К.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
4кмб1	Найденов Вячеслав Александрович		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4КМ61	Найденову Вячеславу Александровичу

<b>Школа</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>НОЦ им. Н.М. Кижнера</b>
<b>Уровень образования</b>	магистратура	<b>Направление/специальность</b>	18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологи

**Данные по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

<p><b>1. Предпроектный анализ</b></p> <p>1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.</p> <p>1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.</p> <p>1.3 Диаграмма Исикава.</p> <p>1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации.</p> <p>1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования</p>	<p>1.1 сегментами рынка будут являться следующее:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Технологи производства полипропилена;</li> <li>• Котельный цех;</li> <li>• Обслуживающий персонал (аппаратчики дистилляции).</li> </ul> <p>1.2 Т.к. Б<sub>ф</sub> является баллом показателя, когда в технологической схеме еще не внедрён теплообменный аппарат, следовательно, в большинстве случаев этот балл будет равен нулю.</p> <p>1.3 графический метод анализа и формирования причинно-следственных связей, инструментальное средство для систематического определения причин проблемы и последующего графического представления.</p> <p>1.4 Исходя из суммарного количества баллов по степени проработанности научного проекта можно сказать, что перспективность разработки выше среднего уровня, что можно сказать и о Уровне имеющихся знаний у разработчика.</p> <p>1.5 Проанализировав методы коммерциализации, мною был выбран метод «Передачи ноу-хау», т. к. в работе будет рассчитываться теплообменный аппарат, для внедрения последнего в технологическую схему производства с целью экономии энергозатрат подрядной организации, и стабилизации работы последующего оборудования в технологической схеме.</p>
<p><b>2. Инициация проекта</b></p> <p>2.1 Цели и результаты проекта.</p> <p>2.2 Ограничения бюджета</p>	<p>2.1 Внедрение оборудования в технологическую схему с целью уменьшения энергозатрат</p>

	<p><i>Простота обслуживания, изменение энергозатрат котельного цеха</i></p> <p><i>2.2 Сроки проекта 13.09.17-15.06.18</i></p>
<p><b>3. Планирование управления научно-техническим проектом</b></p> <p>3.1 Иерархическая структура работ проекта.</p> <p>3.2 Контрольные события проекта</p> <p>3.3 План проекта</p> <p>3.4 Бюджет научного исследования</p> <p>3.5 План управления коммуникациями проекта</p>	<p>3.1 Иерархическая структура работ – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта.</p> <p>3.2 Определение ключевых событий проекта, определить их даты и результаты</p> <p>3.3 В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный график проекта.</p> <p>3.4 При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения.</p> <p>3.5 План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта.</p>
<p><b>4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</b></p> <p>4.1 оценка сравнительной эффективности исследования</p>	<p>4.1 Эффективность научного ресурсосберегающего проекта включает в себя социальную эффективность, экономическую и бюджетную эффективность.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей):</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Диаграмма Исикава.</li> <li>2. Иерархическая структура работ проекта.</li> <li>3. План проекта.</li> </ol>	

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Креницына Зоя Васильевна	к.т.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4КМ61	Найденов Вячеслав Александрович		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа

ФИО

4КМ61

Найденову Вячеславу Александровичу

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	НОЦ им. Н.М. Кижнера
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

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

<p><b>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</li> <li>– опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</li> <li>– негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</li> <li>– чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</li> </ul>	<p>Объектом исследования является отделение дистилляции получения полипропилена.. Рабочее место инженера-оператора представляет собой компьютер, стол, на котором расположен компьютер, принтер, шкафы с документацией и справочной литературой, а также письменный столы. Клавиатура и манипулятор типа "мышь" расположены на столе. Имеются обычные стулья с нерегулируемой спинкой.</p> <p>Область применения – нефтеперерабатывающая промышленность.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

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

<p><b>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты;</li> <li>– (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).</li> </ul> <p><b>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> </ul> <p>электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты)</p>	<p><b>а.</b> В производственной среде и при применении вычислительной техники вероятно воздействие следующих вредных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе и в помещении;</li> <li>-Недостаточная освещенность;</li> <li>-Повышенный уровень шума;</li> <li>-Повышенный уровень электромагнитных излучений</li> <li>-Физические перегрузки;</li> <li>-Нервно – психические перегрузки.</li> </ul> <p><b>б.</b> На установке подготовки нефти присутствуют следующие вредные вещества:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-бензол;</li> <li>- этилен;</li> <li>-этилбензол;</li> <li>-сероводород;</li> <li>-аммиак;</li> <li>-оксид углерода.</li> </ul> <p>Для защиты используют: хлопчатобумажные костюмы, защитные очки, ботинки кожаные, перчатки, противогазы, каска.</p> <p>К опасным факторам относят:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-горючесть, взрывоопасность, токсичность веществ, используемых на установке;</li> <li>-наличие электротехнических устройств высокого напряжения;</li> </ul>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



	<p>-превышение токсичных веществ в воздухе рабочей зоны. СанПиН 2.2.4.548 – 96, ГОСТ 12.1.013 – 78, СанПиН 2.2.4.1191 – 03, СанПиН 2.6.1.1015 – 01, инструкция по охране труда при работе на ПК</p>
<p><b>2. Экологическая безопасность:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> </ul> <p>разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</p>	<p>-Промышленное предприятие удалено от городской зоны. Ближайшие постройки находятся на расстоянии более 1000 метров от границ предприятия.</p> <p>-К газообразным отходам производства, загрязняющим окружающую среду, относятся пары реагентов и растворителей, участвующих в процессе полимеризации и образующихся в процессе полимеризации. Для снижения вредного воздействия на окружающую среду производственный процесс ведется в закрытом помещении, оборудованном системой вентиляции. Для контроля содержания реагентов и растворителей в отделении полимеризации установлен газоанализатор СВК-ЗМ, заблокированный с аварийной вытяжной вентиляцией.</p> <p>Выбросы в атмосферу контролируются согласно ФЗ- 96«Об охране атмосферного воздуха» и не превышают нормативов предельно допустимых выбросов.</p> <p>-В цехе предусмотрена ливневая и хоз-бытовая канализация. В нее поступают сточные воды от мытья полов в помещениях. Основным загрязнителем сточных вод являются следы масел, по содержанию не превышающие ПДК. Сточные воды поступают на очистку на «узел очистки сточных вод», а после на городские очистные сооружения.</p> <p>- Во время ремонта или демонтажа оборудования происходит образование твердых отходов. Преимущественно это металлические отходы, отходы ТБО и отходы порошка полипропилена. Металлические отходы продаются и утилизируются. Твёрдые бытовые отходы утилизируются на Томском полигоне ТБО. Отходы порошка полипропилена фасуются в мешки по 20 кг и продаются для вторичной переработки.</p> <p>-В рассматриваемой технологической цепочки в окружающей среде могут выделяться газообразный пропилен, этилен, водород, пары нефраса, а также твердый полипропилен. Избыточные газы отправляются на очистку с целью возвращения их в технологический процесс. Профилактическими мерами по предупреждению вредных выбросов</p>

	<p>являются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– организация технологических процессов с минимальным использованием загрязняющих веществ;</li> <li>– организация эффективной системы сорбционной очистки выходящих газов и сточных вод в местах специализированного выброса;</li> <li>– надежная герметизация оборудования;</li> <li>– повышение общей культуры производства, организация производства</li> </ul>
<p><b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>  перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>	<p>Возникновение ЧС, требующих обеспечения электро- и пожаровзрывобезопасности на рабочем месте.</p> <p>Перечень возможных ЧС:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-пожар;</li> <li>-взрыв;</li> <li>-розлив нефтепродуктов.</li> </ul> <p>Для обеспечения безопасной эксплуатации предусмотрена рациональная технологическая схема с комплексной автоматизацией технологического процесса, которая позволяет обеспечить непрерывный процесс производства и стабильную работу оборудования. Также предусмотрено отключение электрооборудования со щита операторной. При обнаружении пожара действовать согласно "Плану мероприятий по локализации и ликвидации аварийных ситуаций" немедленно сообщить начальнику смены, произвести остановку приточно-вытяжной вентиляции, оборудования узла и приступить к тушению пожара первичными средствами пожаротушения.</p>
<p><b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>К нормативным актам, регулирующим вопросы охраны труда, в первую очередь относится Трудовой кодекс Российской Федерации. Для обеспечения безопасности на рабочем месте необходимо руководствоваться санитарными нормами и правилами. Для снижения вредного воздействия химических факторов работникам производства выдается молоко питьевое в количестве 0,5 л за смену для выведения из организма токсичных веществ.  Конституция РФ, ГОСТ Р 12.1.009-2009.</p>

**Дата выдачи задания для раздела по линейному графику**

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Ахмеджанов Рафик Равильевич	Д.б.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата

## **Реферат.**

Магистерская диссертация состоит из пояснительной записки. Пояснительная записка содержит 100 страницы, 17 таблиц, 7 рисунков и 27 источников.

В разделах приведены технологические расчеты для определения основных размеров аппаратов. Так же произведены расчеты на прочность, расчет укрепления отверстий, расчет фланцевых соединений, расчет массы аппарата и расчет опор.

В разделе «Социальная ответственность» рассмотрены опасные и вредные факторы на данном производстве, а так же вопросы по безопасному ведению технологического процесса.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» была рассчитана экономическая эффективность данной установки.

## **Abstract**

The master thesis consists of the explanatory note. The explanatory note contains 100 pages, 17 tables, 7 pages and 27 sources.

Technological calculations for definition of principal dimensions of devices are given in the sections "Calculation of a Three-phase Separator" and "Calculation of a vertical gas separator". Calculations on durability, calculation of strengthening of openings, calculation of flange joints, calculation of mass of the device and calculation of support are also made.

In the section "Social Responsibility" dangerous and harmful factors on this production, and also questions on safe conducting technological process are considered.

In the section "Financial Management, Resource-saving" was calculated economic efficiency of this installation.

## Оглавление.

### Оглавление

Введение .....	16
Описание технологической схемы и подход к проблеме исходя из рабочей инструкции. ....	18
Назначение узла перегонки. ....	18
Узел рекуперации и регенерации растворителя. ....	18
Регенерация растворителей. ....	19
Очистка нефраса от олигомеров .....	19
Очистка нефраса от воды в колонне С202 .....	22
расчёт теплообменника. ....	23
Тепловой расчет .....	23
Определение поверхности теплообмена. ....	23
Конструктивный расчет теплообменника. ....	25
Подбор стандартного теплообменника. ....	25
Подбор штуцеров для входа и выхода теплоносителей. ....	26
Механический расчет теплообменника. ....	28
Расчетные параметры .....	28
Расчёт толщины стенки цилиндрической обечайки .....	29
Расчет толщины стенки при гидравлическом испытании и при рабочем давлении.....	30
Расчет толщины стенки стандартной эллиптической крышки.....	31
Расчет укрепления отверстий.....	33
На входе .....	33
На выходе.....	34
Расчётная толщина стенки штуцера для отверстия входа водяного пара .....	35
Расчётная толщина стенки штуцера для отверстия входа азота.....	37
Подбор фланцев стальных сварных аппаратов для обечайек и днищ с внутренними базовыми размерами.....	39
Проверка прочности болтов (шпилек) и прокладки .....	45
Расчет фланцев на статическую прочность .....	46
Проверка условий статической прочности фланцев.....	48
Расчёт трубной решётки .....	50
Расчёт развальцовочного соединения .....	52
Расчет тепловой изоляции. ....	53
Расчёт массы аппарата. ....	54
Общая масса аппарата .....	56

Расчёт опор. ....	57
Гидравлический расчёт. ....	59
Подбор насосов: .....	60
Социальная ответственность .....	61
Техника безопасности и противопожарная техника, охрана окружающей среды и экология. ....	61
Производственная безопасность.....	61
Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования. ....	61
Освещенность .....	63
Шумы и вибрации .....	65
Микроклиматические условия .....	66
Вентиляция .....	67
Электробезопасность .....	68
Молниезащита зданий и сооружений.....	70
Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	71
Пожарная и взрывная опасность.....	71
Безопасность при чрезвычайных ситуациях.....	72
<b>Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</b> .....	73
<b>Список используемой литературы</b> .....	74
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	75
Предпроектный анализ .....	75
Потенциальные потребители результатов исследования .....	75
Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	76
Диаграмма Исикава.....	77
Оценка готовности проекта к коммерциализации .....	79
Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования .....	80
<b>Инициация проекта</b> .....	81
Планирование управления научно-техническим проектом .....	83
Иерархическая структура работ проекта .....	83
Контрольные события проекта .....	83
План проекта.....	84
Бюджет научного исследования .....	17
План управления коммуникациями проекта .....	21
Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	22
Оценка сравнительной эффективности исследования.....	23

Заключение.....	25
СПИСОК ИСПОЛЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	26
Приложение А.....	27

## ВВЕДЕНИЕ

Перенос энергии в форме тепла, происходящий между телами, имеющими различную температуру, называется теплообменом. Движущей силой любого процесса теплообмена является разность температур более нагретого и менее нагретого тел, при наличии которой тепло самопроизвольно, в соответствии со вторым законом термодинамики, переходит от более нагретого тела к менее нагретому телу. Теплообмен между телами представляет собой обмен энергией между молекулами, атомами и свободными электронами; в результате теплообмена интенсивность движения частиц более нагретого тела снижается, а менее нагретого – возрастает.

Тела, участвующие в теплообмене, называются теплоносителями.

Теплопередача - наука о процессах распространения тепла. Законы теплопередачи лежат в основе тепловых процессов - нагревания, охлаждения, конденсации паров, выпаривания - и имеют большое значение для проведения многих массообменных (процессы перегонки, сушки и др.), а также реакционных процессов химической технологии, протекающих с подводом или отводом тепла.

Различают три принципиально различных элементарных способа распространения тепла: теплопроводность, конвекцию и тепловое излучение.

Теплопроводность представляет собой перенос тепла вследствие беспорядочного (теплого) движения микрочастиц, непосредственно соприкасающихся друг с другом. Это движение может быть либо движением самих молекул (газы, капельные жидкости), либо колебанием атомов (в кристаллической решетке твердых тел), или диффузией свободных электронов (в металлах). В твердых телах теплопроводность является обычно основным видом распространения тепла.

Конвекцией называется перенос тепла вследствие движения и перемешивания макроскопических объемов газа или жидкости.

Перенос тепла возможен в условиях естественной, или свободной, конвекции, обусловленной разностью плотностей в различных точках объема жидкости (газа), возникающей вследствие разности температур в этих точках или в условиях вынужденной конвекции при принудительном движении всего объема жидкости, например в случае перемешивания жидкости мешалкой.

Тепловое излучение - это процесс распространения электромагнитных колебаний с различной длиной волн, обусловленный тепловым движением атомов или молекул излучающего тела. Все тела способны излучать энергию, которая поглощается другими телами и снова превращается в тепло. Таким образом, осуществляется лучистый теплообмен; он складывается из процессов лучеиспускания и лучепоглощения.

В реальных условиях тепло передается не каким-либо одним из указанных выше способов, а комбинированным путем. Например, при теплообмене между твердой стенкой и газовой средой тепло передается одновременно конвекцией, теплопроводностью и



излучением. Перенос тепла от стенки к газообразной (жидкой) среде или в обратном направлении называется теплоотдачей.

В процессе теплопередачи переносу тепла конвекцией сопутствуют теплопроводность и теплообмен излучением. Однако для конкретных условий преобладающим обычно является один из видов распространения тепла.

В непрерывно действующих аппаратах температуры в различных точках не изменяются во времени и протекающие процессы теплообмена являются установившимися (стационарными). В периодически действующих аппаратах, где температуры меняются во времени (при нагревании или охлаждении), осуществляются неустановившиеся, или нестационарные, процессы теплообмена.

В промышленности теплообмен между рабочими телами (теплоносителями) происходит в специально сконструированных аппаратах, которые называются теплообменниками. Теплообменные аппараты широко распространены в современных химических производствах и имеют весьма многообразное назначение. Вместе с тем, теплообменные аппараты должны отвечать общим требованиям: обладать высокой тепловой производительностью и экономичностью в работе; обеспечивать заданные технологические условия процесса; быть просты по конструкции, сравнительно недороги по стоимости; компактны; обладать современным техническим дизайном; иметь длительный срок эксплуатации; соответствовать нормам СНиП (санитарным нормам и правилам) и ведомственным правилам Госгортехнадзора. Особые требования предъявляются к обеспечению надежности работы аппаратов, возможности автоматического регулирования режимно-технологических параметров и аварийного их отключения. При проектировании всегда следует придерживаться следующего правила: чем более сложен аппарат по конструкции, тем менее он надежен в работе, т.е. при наличии достаточно большого числа компоновочных элементов выход из строя какого-либо одного из них приводит к выходу из строя всего аппарата в целом.

## **ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ И ПОДХОД К ПРОБЛЕМЕ ИСХОДЯ ИЗ РАБОЧЕЙ ИНСТРУКЦИИ.**

### **Назначение узла перегонки.**

#### **Узел рекуперации и регенерации растворителя.**

Узел предназначен для:

а) выделения атактического полипропилена, растворенного в нефрасе, поступающего из корпуса 101.

б) регенерации растворителей с целью выделения нефраса.

в) нагрева теплоносителя - диатермического масла, применяемого для создания необходимой температуры на узлах рекуперации и гранулирования.

В состав узла входят:

- колонны С201, С202;
- емкости D201, D213, D214, D215, D216, D219, D224, D231, D234, D235, D256;
- теплообменники E201, E202, E203, E204, E205, E210D, E209A, E209B, E209S, E210A, E210B, E210S, E212, E213;
- насосы: G202, G202S, G203, G203S, G215, G215S, G217, G218, G219, G220, G222, G222S, G228, G228S, G256, G230, G230S.
- печь нагрева диатермического масла поз. В201;
- фильтры: P207, P207S, P206, P206S.
- трубопроводы и коммуникации, связывающие вышеперечисленное оборудование с запорной арматурой, предохранительными устройствами и контрольно-измерительными приборами, а также - территория, на которой расположено оборудование.

## Регенерация растворителей.

### Очистка нефраса от олигомеров

Пары нефраса, не вступивший в реакцию пропилен, высококипящие олигомеры из сепаратора D234 поступают в ректификационную колонну C201. Температура

(100-150) °С контролируются на ЦПУ.

В колонне C201 происходит отделение нефраса от олигомеров. Пары нефраса удаляются через верхнюю часть колонны. Из куба колонны отбирается раствор тяжелых примесей (олигомеров, ГГФ), соли алюминия ( $Al^{3+}$ ), остатки ТЭА и пирофорные соединения

Колонна C201 высотой 24,6 м имеет 26 ситчатых тарелок, снабжена кипятильником E205 и сдвоенными пружинными предохранительными клапанами, кипятильник E205 снабжен пружинным предохранительным клапаном,  $P_{уст.} = 0,25$  МПа. Подводящие трубопроводы колонны C201 оборудованы межблочными отсекающими клапанами с исполнением клапанов НО (нормально закрытый). При закрытии арматуры устанавливается запрет на пуск динамического оборудования.

Нагрев куба колонны производится паром среднего 2,3 МПа или низкого 0,45 МПа давления, который подается в межтрубное пространство кипятильника E205. Расход пара не более 3000 кг/ч поддерживается контуром автоматического регулирования, с коррекцией по уровню в кубе колонны C201. При снижении расхода до 0 кг/ч на ЦПУ срабатывает предупредительная светозвуковая сигнализация. Регулирующий клапан установлен на линии подачи пара в кипятильник E205. На ЦПУ предусмотрена световая сигнализация закрытого положения клапана.

Уровень в кубе колонны (20-80) % поддерживается контуром каскадного автоматического регулирования FCVSA3802 расходом пара к кипятильнику E205. Уровень в кубе контролируется: по месту (поз. L3803G1-2) и на ЦПУ. На ЦПУ срабатывает предупредительная светозвуковая сигнализация при повышении уровня более 80 % поз. LRCAN3802 и при понижении уровня менее 20 % поз. LRCAL3802

Из куба колонны C201 раствор тяжелых примесей (олигомеров, ГГФ) в нефрасе плунжерным дозировочным насосом G228 (G228S) производительностью (0,03-0,25) м<sup>3</sup>/ч, через корзинчатый фильтр P206 (P206S) и холодильник "труба в трубе" H3800, охлаждаемый водой, направляется в емкость D645 (корпус 117), а затем на сжигание в печь B640. Производится периодическая откачка олигомеров из куба колонны C201 в емкость D206. Или существует откачка олигомеров в стриппер D213. На ЦПУ предусмотрена световая сигнализация работы насосов G228, G228S

Температура в колонне контролируется на ЦПУ

верх – (90 - 115) °С поз. TR3808

куб – (105 - 120) °С поз. TR3805

Давление в колонне контролируется:

поз. PI3801 (куб колонны) (не более 50 кПа) - по месту

поз. PRS3801 (верх колонны) (не более 36 кПа) - на ЦПУ.

При снижении давления паров в верхней части колонны до минус 0,5 кПа на ЦПУ срабатывает светозвуковая сигнализация и открывается отсечной клапан на линии подачи азота, для защиты колонны от вакуума. При увеличении давления до 1 кПа клапан закрывается. На ЦПУ предусмотрена световая сигнализация крайних положений клапана.

Перепад давления между кубом и верхом колонны не более 22 кПа контролируется на ЦПУ контуром. При увеличении перепада до 22 кПа на ЦПУ срабатывает предупредительная светозвуковая сигнализация.

Пары, выходящие с верха колонны C201, конденсируются в теплообменнике E213, охлаждаемом водой. Расход воды (90 000 – 700 000) кг/ч контролируется на ЦПУ контуром. При снижении расхода до 82 000 кг/ч срабатывает светозвуковая сигнализация. Через 10 секунд останавливается узел выделения атактического полипропилена (срабатывает алгоритм защиты: закрываются клапаны на трубопроводе подачи питания в аппараты D213, D214, D215, останавливается насос G208 (G208S), закрывается клапан на трубопроводе подачи горячего диатермического масла в теплообменник E210A (E210B, E210S), и останавливается колонна C201 (срабатывает алгоритм защиты: закрывается клапан на трубопроводе подачи пара в кипятильник E205, закрывается клапан на трубопроводе орошения колонны C201, открывается клапан на трубопроводе рециркуляции от насоса G222 (G222S) в емкость D224, закрывается клапан FCVSA3808 на трубопроводе подачи питания в колонну C202).

В головной части теплообменника E213 распыляется вода.

Конденсат паров нефраса и воды из теплообменника E213 собирается в емкость D224. Температура конденсата на входе в D224 не более 50 °С контролируется на ЦПУ. Кроме конденсата паров с колонны C201 в емкость D224 поступает вода из нижней части емкостей D201, D235.

Колонна C201, теплообменники E205, E213, плунжерный дозировочный насос G228 (G228S) входят в состав технологического блока № 17. На границах блока установлена межблочная отсекающая арматура с дистанционным управлением, используемая по ПМЛА.

В емкости D224 происходит расслоение конденсата на водную и органическую фазы. Водная фаза насосом G230 (G230S) производительностью 25 м<sup>3</sup>/ч, подается в головную часть теплообменника E213. Органическая фаза центробежным насосом G222 (G222S) производительностью 140 м<sup>3</sup>/ч подается на орошение колонны C201 и на питание колонны C202. Для обеспечения пожаровзрывобезопасности при перекачивании суспензии насосы G222 (G222S) оснащены двойным торцевым уплотнением типа Апилайт-РДУ-05 с системой обвязки СО-3. Система обвязки - термосифонный бачок со средствами контроля и автоматики - предназначен для снижения температуры затворной жидкости двухступенчатого торцевого уплотнения, в качестве затворной жидкости используется

вазелиновое масло. Затворная жидкость охлаждается за счет естественной конвекции циркулирующей оборотной воды по змеевику, встроенному в термосифонный бачок. Подача оборотной воды осуществляется из коллектора через сетчатый фильтр/

Емкость D224 представляет собой цилиндрический сосуд вместимостью 50 м<sup>3</sup>. Емкость снабжена пружинным предохранительным клапаном ( $P_{уст}=0,2$  МПа). При повышении давления до 90 кПа на ЦПУ срабатывает светозвуковая сигнализация. Через 20 секунд останавливаются узел выделения атактического полипропилена и колонна С201.

Пропилен, пары нефраса из емкости D224, подаются в коллектор сдувок через теплообменник E212, охлаждаемый водой. В теплообменнике E212, пары дополнительно конденсируются. Конденсат поступает в емкость D224. Температура на выходе E212 (не более 60 °С) контролируется по месту.

Уровень водной фазы в D224 (не более 30 %) поддерживается контуром регулирования в линию орошения на E213, излишки сливаются в ХЗК. На ЦПУ срабатывает предупредительная светозвуковая сигнализация при снижении уровня менее 20 % и при повышении уровня более 80 %.

Расход орошения E213 (2000-25000) кг/ч, контролируется на ЦПУ. На всасе насоса G230 (G230S) установлен стаканчиковый фильтр. Давление на нагнетании насосов до 0,35 МПа контролируется по месту. На торцевое уплотнение насосов подается дем. вода. Расход дем. воды (0-2500 кг/ч) контролируется по месту. Работа насоса G230 (G230S) контролируется на ЦПУ световой сигнализацией. Для исключения возможности пуска насоса на закрытую или не исправную арматуру предусмотрен сигнализатор уровня LZA G230, LZA G230S. При снижении уровня в трубопроводе всасывания насос отключается, также невозможен запуск в работу насоса при отсутствии жидкости в трубопроводе насоса G230 (G230S) - менее 85 % Двн. и температурой подшипника более 75 °С.

Уровень органической фазы (45-80) % поддерживается контуром каскадного автоматического регулирования. Уровень контролируется: по месту, на ЦПУ. На ЦПУ срабатывает предупредительная светозвуковая сигнализация:

- при снижении уровня менее 40
- при повышении уровня более 80 %

При дальнейшем повышении уровня до 90 % на ЦПУ срабатывает светозвуковая сигнализация, останавливается узел выделения атактического полипропилена: закрывается клапан на трубопроводе подачи пара в кипятильник E205 и закрывается клапан на трубопроводе подачи питания в колонну С202.

С нагнетания насоса G222 (G222S) предусмотрена линия рециркуляции в емкость D224 через клапан HSA3800, который открывается в случае закрытия клапана. Давление на нагнетании насоса G222 (G222S) до 0,6 МПа контролируется по месту. Работа насоса контролируется на ЦПУ световой сигнализацией. На всасе насосов G222 (G222S) установлены конусные фильтры.

Расход орошения в колонну С201 (3000-25000) кг/ч регулируется контуром автоматического регулирования. Регулирующий клапан расположен на трубопроводе

подачи орошения в колонну. При снижении расхода до 2800 кг/ч на ЦПУ срабатывает светозвуковая сигнализация. Через 10 с останавливается узел выделения атактического полипропилена, закрывается клапан на трубопроводе подачи пара в кипятильник E205, открывается клапан на трубопроводе рециркуляции от насоса G222 (G222S) в емкость D224, закрывается клапан на трубопроводе подачи питания в колонну C202.

Температура орошения колонны C201, не более 65 °С, регистрируется на ЦПУ (поз. TIR3809).

### **Очистка нефраса от воды в колонне C202**

В ректификационной колонне C202 происходит очистка нефраса от воды, которая в виде азеотропных смесей удаляются через верхнюю часть колонны. Из куба колонны отбирается нефрас полимеризационной чистоты с массовой долей воды не более 0,002 %.

Органическая фаза из емкости D224 насосом G222 (G222S) через емкость D235 подается на питание колонны C202. Расход питания в колонну C202 (не более 50 000 кг/ч) поддерживается контуром автоматического регулирования, с коррекцией по уровню органической фазы в емкости D224. Регулирующий клапан установлен на трубопроводе подачи питания в колонну C202. Через трехходовой клапан, управляемый дистанционно с ЦПУ, предусмотрен перевод питания с колонны C202 в емкость D205, D220. На ЦПУ предусмотрена световая сигнализация крайних положений клапана HSA3801, и закрытого положения клапана.

При получении с отклонениями от нормы аналитического контроля по воде, нефрас из емкостей D209-D211 можно подать насосами G212 или G211 в колонну C202 через клапан. Расход (не более 50000 кг/ч) поддерживается контуром регулирования по трубопроводу нестандартного питания.

## РАСЧЁТ ТЕПЛОБМЕННИКА.

### Тепловой расчет

Исходный данные:

Кожухотрубный теплообменник для нагрева нефраса водяным паром

$$G_1 := 200$$

$$\frac{\text{т}}{\text{сут}}$$

производительность, расход

$$\rho_{\text{гр.п}} := 1.96$$

плотность греющего пара

плотность при 0 градусах

$$\rho_{\text{а0}} := 1.66$$

плотность при 80 градусах

$$\rho_{\text{а80}} := 2.22$$

$$\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho_{\text{сред}} := \frac{\rho_{\text{а0}} + \rho_{\text{а80}}}{2} = 1.943$$

$$G := G_1 \cdot \frac{1000}{86400} = 2.315$$

### Определение поверхности теплообмена.

Примем температуру греющего пара

Выбираем температуру греющего пара так, чтобы  $\Delta t < 50$  С:

6

140 \_\_\_\_\_ греющий пар \_\_\_\_\_ 140

°С

0 \_\_\_\_\_ нефрас \_\_\_\_\_ 80

°С

Давление греющего пара [Павлов, Романков, табл. LVI]:

$$P_{\text{г.п.}} := 0.3685 \cdot 10^6$$

1) Рассчитываем среднюю разность температур:

$$t_{\text{кип}} := 8 \text{ (С, температура нефраса)}$$

$$t_{\text{кип}} := 135$$

$$t_{\text{г.п.}} := 140 \text{ °С}$$

$$\Delta t_{\text{н}} := 0 \text{ °С}$$

$$\Delta t_{\text{б}} := t_{\text{г.п.}} - \Delta t_{\text{н}} = 140 \text{ °С}$$

$$\Delta t_{\text{м}} := t_{\text{г.п.}} - t_{\text{кип}} = 5 \text{ °С}$$

$$\Delta t_{\text{ср}} := \frac{\Delta t_{\text{б}} - \Delta t_{\text{м}}}{2.3 \log \left( \frac{\Delta t_{\text{б}}}{\Delta t_{\text{м}}} \right)} = 40.559 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Рассчитаем тепловую нагрузку

$$t_{\text{ср}} := \frac{\Delta t_{\text{н}} + t_{\text{кип}}}{2} = 67.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Теплоемкость определяем из [рис.IX,Романков]

$$C_{\text{а}} := 1040.6$$

удельная теплоемкость нефраса

$$Q_{\text{см}} := G \cdot C_{\text{а}} \cdot (t_{\text{кип}} - \Delta t_{\text{н}}) = 3.252 \times 10^5 \text{ Вт}$$

$r_{\text{Г.п.}}$  находим по табл.LVI,Романков:

$$r_{\text{Г.п.}} := 2150 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

Находим расход греющего пара:

$$G_{\text{Г.п.}} := \frac{1.05 \cdot Q_{\text{см}}}{r_{\text{Г.п.}}} = 0.159 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

**Коэффициент динамической вязкости:**

[табл.IX,Романков]

$$\mu_{\text{см}} := 0.0001 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Принимаем  $R=15000$  и находим требуемое число труб диаметром  $25 \cdot 2$  мм :

число труб на 1 ход

$$G = 2.315$$

$$d := 0.021 \text{ м}$$

$$Re := 15000$$

$$n := \frac{G}{0.785 \cdot Re \cdot d \cdot \mu_{\text{см}}} = 49.27$$

4) Вычислим ориентировочную поверхность теплообмена при максимальном и минимальном коэффициентах теплоотдачи [табл.4.8,Романков]:

$$K_{\text{min}} := 10 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

$$K_{\text{max}} := 60$$

$$G = 2.315$$

$$F_{\text{min}} := \frac{Q_{\text{см}}}{\Delta t_{\text{ср}} \cdot K_{\text{max}}} = 133.629 \text{ м}^2$$

$$\Delta t_{\text{ср}} = 40.559$$

$$F_{\text{max}} := \frac{Q_{\text{см}}}{\Delta t_{\text{ср}} \cdot K_{\text{min}}} = 801.774 \text{ м}^2$$



## КОНСТРУКТИВНЫЙ РАСЧЕТ ТЕПЛООБМЕННИКА.

### Подбор стандартного теплообменника.

#### 1-й вариант

Рассмотрим 1-ый вариант теплообменника с трубами 25x2

$$N_{\text{общ}} := 38 \text{ шт.}$$

$$F := 181 \text{ м}^2 \quad Z := 6$$

$$n_y := \frac{N_{\text{общ}}}{Z} = 64$$

$$h := 6 \text{ м} \quad D := 0.8 \text{ м}$$

$$n = 49.27$$

Считаем теплообменник выбран

$$Re_i := Re \cdot \frac{n}{n_y} = 1.155 \times 10^4$$

$$Pr_{\text{см}} := 0.68:$$

$$Nu := 0.021 \cdot Re^{0.8} \cdot Pr_{\text{см}}^{0.43} = 39.124$$

#### Коэффициент теплопроводности:

[табл. XXIX, рис. X, Романков]

$$\lambda_{\text{см}} := 0.028 \cdot \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

[табл. XXXIX, Романков]

$$\alpha_{\text{см}} := \frac{Nu \cdot \lambda_{\text{см}}}{d} = 52.724$$

$$\mu_{\text{Г.П.}} := 0.2011 \cdot 10^{-3}$$

$$t_{\text{сГ}} := t_{\text{Г.П.}} - 0.1 \cdot \Delta t_{\text{ср}} = 135.944$$

$$\lambda_{\text{Г.П.}} := 0.68:$$

$$t_{\text{ш}} := \frac{t_{\text{Г.П.}} + t_{\text{сГ}}}{2} = 137.972$$

$$\rho_{\text{Г.П.}} := 926:$$

$$\alpha_{\text{конд}} := 3.78 \cdot \lambda_{\text{Г.П.}} \cdot \sqrt[3]{\frac{\rho_{\text{Г.П.}} \cdot d \cdot n}{\mu_{\text{Г.П.}} \cdot G_{\text{Г.П.}}}} = 804.576$$

$$\Sigma R := \frac{0.002}{17.5} + \frac{1}{5800} + \frac{1}{5800} = 4.591 \times 10^{-4}$$

$$K := \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{см}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{конд}}} + \Sigma R} = 48.382 \text{ Вт/м}^2$$

$$F_{\text{действ}} := \frac{Q_{\text{см}}}{K \cdot \Delta t_{\text{ср}}} = 165.717 \text{ м}^2$$

$$\Delta := \frac{F - F_{\text{действ}}}{F_{\text{действ}}} \cdot 100 = 9.222 \%$$

### Подбор штуцеров для входа и выхода теплоносителей.

$\rho_{\text{гр.п}} = 1.962$  плотность греющего пара

$\rho_{\text{ж}} := 926$  плотность при 0 градусах

$\rho_{\text{а0}} = 1.665$  плотность при 80 градусах

$$\rho_{\text{а80}} = 2.22 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho_{\text{сред}} := \frac{\rho_{\text{а0}} + \rho_{\text{а80}}}{2} = 1.943$$

Скорость движения жидкости лежит в пределах 0.5-2 м/с, а газа- 10-30 м/с.

Поскольку у нас 4 штуцера, то найдем диаметры для каждого из них:

$$\omega_{\text{Г}} := 27$$

$$\omega_{\text{ж}} := 1.5$$

$$G_{\text{Г.п.}} = 0.159$$

$$\pi = 3.142$$

$$d_{\text{вх.гр.пар}} := \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{Г.п.}}}{\rho_{\text{гр.п}} \cdot \pi \cdot \omega_{\text{Г}}}} = 0.062$$

$$d_{\text{конд}} := \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{Г.п.}}}{\rho_{\text{ж}} \cdot \pi \cdot \omega_{\text{ж}}}} = 0.012$$

$$d_0 := \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\rho_{\text{а0}} \cdot \pi \cdot \omega_{\text{Г}}}} = 0.256$$

$$d_{135} := \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\rho_{\text{а80}} \cdot \pi \cdot \omega_{\text{Г}}}} = 0.222$$

По ГОСТ 10704-91 ТРУБЫ СТАЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОСВАРНЫЕ ПРЯМОШОВНЫЕ. СОРТАМЕНТ. Принимаем следующие размеры труб:

$$d_{\text{вх.гр.пар}} := 0.07 \text{ м}$$

$$S_{\text{вх.гр.пар}} := 0.007 \text{ м}$$

$$d_{\text{конд}} := 0.015 \text{ м}$$

$$S_{\text{конд}} := 0.007 \text{ м}$$

$$d_0 := 0.26 \text{ м}$$

$$S_0 := 0.0035 \text{ м}$$

$$S_{135} := 0.007 \text{ м}$$

$$d_{135} := 0.26 \text{ м}$$

$$M_{\text{T}267 \times 3.5} := 23.26$$

$$m_{п267x3.5} := M_{т267x3.5}^{0.2} = 4.652$$

$$M_{т267x4} := 23.7$$

$$m_{п267x4} := M_{т267x4}^{0.2} = 4.744$$

$$M_{т63.5x2} := 3.0$$

$$m_{п63.5x2} := M_{т63.5x2}^{0.2} = 0.606$$

$$M_{т12x1} := 0.27$$

$$m_{п12x1} := M_{т12x1}^{0.2} = 0.054$$

По книге "Лашинский, Толчинский – Основы конструирования и расчета химической аппаратуры" подбираем стандартные фланцы. стр 547

Выбираем Тип 1. Указаны внутренние диаметры фланцев.

**подбор фланцев на штуцера:**

$$m_{ф800} := 56$$

$$d_{фвх.гр.пар} := 0.0$$

$$m_{ф15} := 0$$

$$d_{фконд} := 0.01$$

$$m_{ф65} := 1.9$$

$$d_{ф0} := 0.26$$

$$m_{ф267} := 11$$

$$d_{ф135} := 0.26$$

## МЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТЕПЛООБМЕННИКА.

### Расчетные параметры

$\underline{D} := 800 \text{ мм}$       Внутренний диаметр;  
 $P := 0.4 \text{ МПа}$       Принятое рабочее давление  
 $\underline{H} := 6000 \text{ мм}$       Длина цилиндрической части обечайки;  
 $t_c := 140 \text{ }^\circ\text{C}$       Температура среды;

$\Pi := 0.02 \frac{\text{мм}}{\text{год}}$       Скорость коррозии;

крышка, трубы и трубная решетка из 08Х21Н6М2Т

МАРКА СТАЛИ корпуса 16ГС

исполнение М23

$Y := 10 \text{ лет}$       Срок эксплуатации

## Расчёт толщины стенки цилиндрической обечайки

Согласно таблице А.1 ГОСТ Р 52857.1-2007 и примечанию к ней:  
Допускаемое напряжение для стали марки 16ГС при  $t=140$  °С

$$\sigma_{тк} := 192.8 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{тo} := 170.7 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{20к} := 233 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{20o} := 196 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение для стали марки 16ГС при нормальных условиях по таблице А.1 ГОСТ Р 52857.1-2007;

$$\rho := 1.96$$

$$\eta := 1 \quad \text{Коэффициент запаса прочности}$$

$$g := 9.81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \quad \text{Ускорение свободного падения}$$

Расчётное значение предела текучести для стали марки 16ГС при  $t=140$  °С по таблице Б.1 ГОСТ Р 52857.1-2007;

$$R_{02к} := 289.7 \quad R_{02o} := 256.1 \quad n_T := 1.1$$

Коэффициент запаса прочности при гидравлическом испытании по таблице 1 ГОСТ Р 52857.1-2007;

**Расчетное значение внутреннего избыточного давления:**

$$P_p := P + \frac{\rho \cdot g \cdot H}{10^9} = 0.45 \text{ МПа}$$

**Допускаемое напряжение для стали 16ГС при гидравлических испытаниях**

Расчетное значение предела текучести при  $20$  °С для стали 16ГС

$$\sigma_{ик} := \text{Floor} \left( \frac{R_{02к}}{1.1}, 0.5 \right) \quad \sigma_{ик} = 263 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{иo} := \text{Floor} \left( \frac{R_{02o}}{1.1}, 0.5 \right) \quad \sigma_{иo} = 232.5 \text{ МПа}$$

**Пробное давление при гидравлическом испытании внутри аппарата:**

$$\sigma_{д20к} := \eta \cdot \sigma_{20к} = 233 \quad \sigma_{20o} = 196 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{д20o} := \eta \cdot \sigma_{20o} = 196 \quad P_{про} := 1.25 \cdot P \cdot \frac{\sigma_{д20o}}{\sigma_{тo}} = 0.646 \text{ МПа}$$

$$P_{прк} := 1.25 \cdot P \cdot \frac{\sigma_{д20к}}{\sigma_{тк}} = 0.68 \text{ МПа}$$

**Вид сварного шва и способ сварки:**

Согласно ГОСТ Р 52857.1-2007 по таблице Д.1

Стыковой, выполняемый вручную с одной стороны. Длина контролируемых швов от общей длины составляет 100 %\*.

$$\phi_p := 0.5$$

## Расчет толщины стенки при гидравлическом испытании и при рабочем давлении.

### Расчет толщины стенки цилиндрической обечайки:

$$s_p := \max \left[ \frac{P_p \cdot D}{(2 \cdot \phi_p \cdot \sigma_{tk} - P_p)}, \frac{P_{про} \cdot D}{(2 \cdot \phi_p \cdot \sigma_{ио} - P_{про})} \right] = 1.236 \text{ мм}$$

### Добавка на коррозию и на компенсацию минусового допуска:

$c$  — сумма прибавок к расчетным толщинам стенок, мм;

$$c := 1 \text{ мм}$$

$$S_{ЦО} := \text{ceil}(s_p + c) = 3 \text{ мм}$$

### Проверка на условие прочности

Допускаемое внутреннее избыточное давление:

$$P_d := \frac{2 \cdot \sigma_{to} \cdot \phi_p \cdot (S_{ЦО} - c)}{D + (S_{ЦО} - c)} = 0.767$$

$$P = 0.45 \text{ МПа}$$

$$Us1 := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } P \leq P_d \\ \text{"Условия прочности НЕ выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Us1 = \text{"Условие прочности выполняется"}$$

Принимаем толщину стенки цилиндрической обечайки

$$S_{ЦО} := 3 \text{ мм}$$

### Расчётные габариты листа:

Согласно ГОСТ 19903-74, цилиндрическую обечайку можно выполнять из двух листов металла.

Габариты листа 1400\*6000\*3 мм

## Расчет толщины стенки стандартной эллиптической крышки

### Расчет толщины стенки стандартной эллиптической крышки 1:

$P := 0.1 \text{ МПа}$  Давление жидкости

$$\rho_{\text{сред}} = 1.943 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \text{ Средняя плотность жидкости}$$

### Высота крышки

Поскольку крышка эллиптическая, то, согласно ГОСТ Р 52857.2-2007,

$$H := 0.25D$$

$$H = 200 \text{ мм}$$

-высота выпуклой части крышки без учета цилиндрической части

### Расчетное значение внутреннего избыточного давления:

$$\rho_{\text{сред}} = 1.943$$

$$P_{\text{пр}} := P + \frac{\rho_{\text{сред}} \cdot g \cdot H}{10^9} = 0.1 \text{ МПа}$$

### Проверка на условие применимости формул

$$Us1 := \begin{cases} \text{"Условие применения формул выполняется"} & \text{if } 0.2 \leq \frac{H}{D} \leq 0.5 \\ \text{"Условия применения формул НЕ выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Us1 = \text{"Условие применения формул выполняется"}$$

### Радиус кривизны

$$R := \text{ceil}\left(\frac{D^2}{4H}\right) = 800$$

мм

-радиус кривизны в вершине крышки по внутренней поверхности

### Расчётная толщина стенки

$$\phi := 1$$

коэффициент прочности сварных швов для крышек изготовленных из одной заготовки

$$S_p := \max\left[\frac{P_p \cdot R}{(2 \cdot \phi \cdot \sigma_{\text{тк}} - 0.5P_p)}, \frac{P_{\text{прк}} \cdot R}{(2 \cdot \phi \cdot \sigma_{\text{ик}} - 0.5P_{\text{прк}})}\right] = 1.034 \text{ мм}$$

$$c := 1 \text{ мм}$$

$$S_{\text{ЭК}} := \text{ceil}(S_p + c) = 3 \text{ мм}$$

Получаем толщину стенки стандартной эллиптической крышки

$$S_{\text{ЭК}} := 3 \text{ мм}$$

### Допускаемое внутреннее избыточное давление

$$P_{d1} := \frac{2 \cdot \sigma_{\text{тк}} \cdot \phi \cdot (S_{\text{ЭК}} - c)}{R + 0.5(S_{\text{ЭК}} - c)}$$

$$P_{d1} = 0.963$$

### Проверка на условие прочности

$$Us1 := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } P \leq p_{d1} \\ \text{"Условия прочности НЕ выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Us1 = \text{"Условие прочности выполняется"}$$

$$h_1 := \text{ceil} \left[ 0.8 \cdot \sqrt{D \cdot (S_{\text{ЭК}} - c)} \right] = 32 \text{ мм}$$

### Расчет толщины стенки стандартной эллиптической крышки 2:

#### Высота крышки

Поскольку крышка эллиптическая, то, согласно ГОСТ Р 52857.2-2007,

$$H := 0.25D$$

$$H = 200 \text{ мм}$$

-высота выпуклой части крышки без учета цилиндрической части

#### Проверка на условие применимости формул

$$Us1 := \begin{cases} \text{"Условие применения формул выполняется"} & \text{if } 0.2 \leq \frac{H}{D} \leq 0.5 \\ \text{"Условия применения формул НЕ выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Us1 = \text{"Условие применения формул выполняется"}$$

#### Радиус кривизны

$$R := \text{ceil} \left( \frac{D^2}{4H} \right) = 800 \text{ мм}$$

-радиус кривизны в вершине крышки по внутренней поверхности

#### Расчётная толщина стенки

$$\phi := 1$$

коэффициент прочности сварных швов для крышек изготовленных из одной заготовки

$$S_p := \max \left[ \frac{P_p \cdot R}{(2 \cdot \phi \cdot \sigma_{\text{тк}} - 0.5 P_p)}, \frac{P_{\text{прк}} \cdot R}{(2 \cdot \phi \cdot \sigma_{\text{ик}} - 0.5 P_{\text{прк}})} \right] = 1.034 \text{ мм}$$

$$c := 1 \text{ мм}$$

$$S_{\text{ЭК}} := \text{ceil}(S_p + c) = 3 \text{ мм}$$

Получаем толщину стенки стандартной эллиптической крышки

$$S_{\text{ЭК}} := 3 \text{ мм}$$

#### Допускаемое внутреннее избыточное давление

$$p_{d1} := \frac{2 \cdot \sigma_{\text{тк}} \cdot \phi \cdot (S_{\text{ЭК}} - c)}{R + 0.5(S_{\text{ЭК}} - c)}$$

$$p_{d1} = 0.963$$

#### Проверка на условие прочности

$$Us1 := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } P \leq p_{d1} \\ \text{"Условия прочности НЕ выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Us1 = \text{"Условие прочности выполняется"}$$



## Расчет укрепления отверстий

Расчетные диаметры укрепляемых элементов

$$x := 250 \quad c := 1$$

Длина внешней части штуцера  $l_1 := 350$  мм

$$d_{\text{вх.гр.пар}} := 63.4$$

$$d_{\text{конд}} := 12$$

$$d_0 := 267$$

$$d_{135} := 267$$

Длина внутренней части штуцера  $l_3 := 5$  мм

Ширина накладного кольца  $l_2 := 0.5d_{\text{вх.гр.пар}}$

Ширина накладного кольца  $l_{22} := 0.5d_{\text{конд}}$

Ширина накладного кольца  $l_{21} := 0.5d_0$

Ширина накладного кольца  $l_{221} := 0.5d_{135}$

### На входе

для эллиптических днищ  $D_{\text{рд}} := \frac{D^2}{2 \cdot H} \cdot \sqrt{1 - 4 \cdot \frac{D^2 - 4 \cdot H^2}{D^4} \cdot x^2} = 1.345 \times 10^3$

для цилиндрической обечайки  $D_{\text{ро}} := D = 800$

Расчетный диаметр отверстия в обечайке  $d_{\text{рвх.гр.пар}} := d_{\text{вх.гр.пар}} + 2 \cdot c = 65.5$

Расчетный диаметр отверстия в эллиптическом днище  $d_{0\text{р}} := \frac{(d_0 + 2 \cdot c)}{\sqrt{1 - \left(2 \cdot \frac{x}{D_{\text{рд}}}\right)^2}} = 289.754$

Проверка условий применения формул для расчёта укрепления отверстий:

#### в обечайке

$$Us12 := \begin{cases} \text{"отношение диаметров НЕ выполняется"} & \text{if } \frac{(d_{\text{рвх.гр.пар}} - 2 \cdot c)}{D} > 1 \\ \text{"отношение толщины к диаметру НЕ выполняется"} & \text{if } \frac{(3 - 1)}{D} > 0.1 \\ \text{"условия применения формул выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$Us12 = \text{"условия применения формул выполняются"}$

#### в эллиптическом днище

$$Us13 := \begin{cases} \text{"отношение диаметров НЕ выполняется"} & \text{if } \frac{(d_{0\text{р}} - 2 \cdot c)}{D} > 0.6 \\ \text{"отношение толщины к диаметру НЕ выполняется"} & \text{if } \frac{(3 - 1)}{D} > 0.1 \\ \text{"условия применения формул выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$Us13 = \text{"условия применения формул выполняется"}$

## На выходе

для эллиптических днищ

Расчетный диаметр отверстия в эллиптическом днище

$$d_{135p} := \frac{(d_{135} + 2 \cdot c)}{\sqrt{1 - \left(2 \cdot \frac{x}{D_{pд}}\right)^2}} = 289.754$$

для цилиндрической обечайки

Расчетный диаметр отверстия в обечайке

$$d_{pконд} := d_{конд} + 2 \cdot c = 14$$

Проверка условий применения формул для расчёта укрепления отверстий:  
**в обечайке**

$$Us12 := \begin{cases} \text{"отношение диаметров НЕ выполняется"} & \text{if } \frac{(d_{pконд} - 2 \cdot c)}{D} > 1 \\ \text{"отношение толщины к диаметру НЕ выполняется"} & \text{if } \frac{(3 - 1)}{D} > 0.1 \\ \text{"условия применения формул выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Us12 = "условия применения формул выполняются"

**в эллиптическом днище**

$$Us14 := \begin{cases} \text{"отношение диаметров НЕ выполняется"} & \text{if } \frac{(d_{135p} - 2 \cdot c)}{D} > 0.6 \\ \text{"отношение толщины к диаметру НЕ выполняется"} & \text{if } \frac{(3 - 1)}{D} > 0.1 \\ \text{"условия применения формул выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Us14 = "условия применения формул выполняется"

**Расчётная толщина стенки оболочки:**

$$s_{pк} := \frac{P_r \cdot D_{po}}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_{dк} - P_r} = 0.935$$

$$s_{pд} := \frac{P_r \cdot D_{pд}}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_{dд} - P_r} = 1.775$$

## Расчётная толщина стенки штуцера для отверстия входа водяного пара

$$s_{1p}' := \frac{P_r \cdot (d_{\text{вх.гр.пар}} + 2 \cdot c)}{2 \cdot \sigma_{d1} \cdot \phi - P_r} = 0.079 \text{ мм}$$

Расчётные длины штуцеров:

$$l_{1p} := \min \left[ l_1, \sqrt{(d_{\text{вх.гр.пар}} + 2 \cdot c) \cdot (3 - 1)} \right]$$

$$l_{1p} = 11.446 \text{ мм}$$

$$l_{31p} := \min \left[ l_3, 0.5 \cdot \sqrt{(d_{\text{вх.гр.пар}} + 2 \cdot c) \cdot (3 - 2 \cdot c)} \right]$$

$$l_{31p} = 4.047 \text{ мм}$$

Расчётная ширина накладного кольца:

$$l_{21p} := \min \left[ l_2, \sqrt{D_{\text{po}} \cdot (3 + 3 - c)} \right]$$

$$l_{21p} = 31.75 \text{ мм}$$

Расчётная ширина зоны укрепления в обечайках и днищах при отсутствии торообразной вставки или вварного кольца:

$$l_{1p} := \sqrt{D_{\text{po}} \cdot (3 - c)} = 40 \text{ мм}$$

Отношения допускаемых напряжений:

для внешней части штуцера

$$\chi_1 := \min \left( 1, \frac{\sigma_{d1}}{\sigma_{dk}} \right)$$

$$\chi_1 = 1$$

для накладного кольца

$$\chi_2 := \min \left( 1, \frac{\sigma_{d2}}{\sigma_{dk}} \right)$$

$$\chi_2 = 1$$

для внутренней части штуцера

$$\chi_3 := \min \left( 1, \frac{\sigma_{d3}}{\sigma_{dk}} \right)$$

$$\chi_3 = 1$$

Расчётный диаметр одиночного отверстия, не требующий дополнительного укрепления

$$d_{1op} := 0.4 \cdot \sqrt{D_{\text{po}} \cdot (3 - c)} = 16 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр одиночного отверстия, не требующий дополнительного укрепления при наличии избыточной толщины стенки сосуда,

$$d_{1o} := 2 \cdot \left[ \left( \frac{3 - c}{s_{\text{рк}}} \right) - 0.8 \right] \cdot \sqrt{D_{\text{po}} \cdot (3 - c)} = 107.196 \text{ мм}$$

Проверка необходимости укрепления отверстия

$$\text{Prov} := \begin{cases} \text{"Необходимо укрепление отверстия"} & \text{if } d_{1o} < d_{\text{вх.гр.пар}} \\ \text{"Укрепление не требуется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Prov} = \text{"Укрепление не требуется"}$$

**Проверка условия укрепления одиночного отверстия**

$$A_{11} := l_{1p} \cdot (3 - s_{1p}' - c) \cdot \chi_1 = 21.988 \text{ мм}^2$$

$$A_{21} := l_{2p} \cdot 3 \cdot \chi_2 = 95.25 \text{ мм}^2$$

$$A_{31} := l_{3p} \cdot (3 - c - c) \cdot \chi_3 = 4.047 \text{ мм}^2$$

$$A_{p.c} := l_{1p} \cdot (3 - s_{pk} - c) = 42.616 \text{ мм}^2$$

$$A_{1p} := 0.5 \cdot (d_{\text{рвх.гр.пар}} - d_{1\text{оп}}) \cdot s_{pk} = 23.131 \text{ мм}^2$$

$$\text{Summal} := A_{11} \cdot \chi_1 + A_{21} \cdot \chi_2 + A_{31} \cdot \chi_3 + A_{p.c} = 163.901$$

$$\text{Prov}' := \begin{cases} \text{"условие укрепления выполняется"} & \text{if Summal} \geq A_{1p} \\ \text{"условие укрепления НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Prov}' = \text{"условие укрепления выполняется"}$$

## Расчётная толщина стенки штуцера для отверстия входа азота

$$s_{2p}' := \frac{P_r \cdot (d_{0p} + 2 \cdot c)}{2 \cdot \sigma_{dд} \cdot \phi - P_r} = 0.385 \text{ мм}$$

Расчётные длины штуцеров:

$$l_{2p} := \min \left[ l_1, \sqrt{(d_0 + 2 \cdot c) \cdot (3 - c)} \right]$$

$$l_{2p} = 23.195 \text{ мм}$$

$$l_{32p} := \min \left[ l_3, 0.5 \cdot \sqrt{(d_0 + 2 \cdot c) \cdot (3 - 2 \cdot c)} \right]$$

$$l_{32p} = 5 \text{ мм}$$

Расчётная ширина накладного кольца:

$$l_{22p} := \min \left[ l_{21}, \sqrt{D_{рд} \cdot (3 + 3 - c)} \right]$$

$$l_{22p} = 82.017 \text{ мм}$$

Расчётная ширина зоны укрепления в обечайках и днищах при отсутствии торообразной вставки или вварного кольца:

$$l_{2p} := \sqrt{D_{рд} \cdot (3 - c)} = 51.872 \text{ мм}$$

Отношения допускаемых напряжений:

для внешней части штуцера

$$\chi_{11} := \min \left( 1, \frac{\sigma_{dд1}}{\sigma_{dд}} \right)$$

$$\chi_{11} = 1$$

для накладного кольца

$$\chi_{12} := \min \left( 1, \frac{\sigma_{dд2}}{\sigma_{dд}} \right)$$

$$\chi_{12} = 1$$

для внутренней части штуцера

$$\chi_{13} := \min \left( 1, \frac{\sigma_{dд3}}{\sigma_{dд}} \right)$$

$$\chi_{13} = 1$$

Расчётный диаметр одиночного отверстия, не требующий дополнительного укрепления

мм

$$d_{2op} := 0.4 \cdot \sqrt{D_{рд} \cdot (3 - c)} = 20.749 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр одиночного отверстия, не требующий дополнительного укрепления при наличии избыточной толщины стенки сосуда,

$$d_{2o} := 2 \cdot \left[ \left( \frac{3 - c}{s_{рд}} \right) - 0.8 \right] \cdot \sqrt{D_{рд} \cdot (3 - c)} = 33.897 \text{ мм}$$

Проверка необходимости укрепления отверстия

$$\text{Prov} := \begin{cases} \text{"Необходимо укрепление отверстия"} & \text{if } d_{2o} < d_0 \\ \text{"Укрепление не требуется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Prov} = \text{"Укрепление не требуется"}$$

### Проверка условия укрепления одиночного отверстия

$$A_{12} := l_{2p} \cdot (3 - s_{2p}' - c) \cdot \chi_{11} = 37.461 \text{ мм}^2$$

$$A_{22} := l_{2p} \cdot 3 \cdot \chi_{12} = 246.051 \text{ мм}^2$$

$$A_{32} := l_{3p} \cdot (3 - c - c) \cdot \chi_{13} = 5 \text{ мм}^2$$

$$A_{2p.c} := l_{2p} \cdot (3 - s_{pd} - c) = 11.669 \text{ мм}^2$$

$$A_{2p} := 0.5 \cdot (d_{0p} - d_{2op}) \cdot s_{pd} = 238.747 \text{ мм}^2$$

$$\text{Summa2} := A_{12} \cdot \chi_1 + A_{22} \cdot \chi_2 + A_{32} \cdot \chi_3 + A_{2p.c} = 300.182$$

$$\text{Prov}' := \begin{cases} \text{"условие укрепления выполняется"} & \text{if Summa2} \geq A_{2p} \\ \text{"условие укрепления НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Prov}' = \text{"условие укрепления выполняется"}$$

## Подбор фланцев стальных сварных аппаратов для обечаек и днищ с внутренними базовыми размерами.

Табл. 1

0,3																		
0,6		930	890	—	—			26	32	—								
1,0	800	945	905	848	818	6	—	52	58	35		M20	36	31,6	44,5	43,8	31,0	
1,6				852	820	8	90	60	65	42			40	63,2	72,1	72,1	82,9	
2,5		955	915	860	830		98			52			48					
4,0		1005	945	872	838	—	125	—	—	74		M30	36	—	—	—	—	—
6,4		1055	985	904	852		165	175		86	98	M36	32					

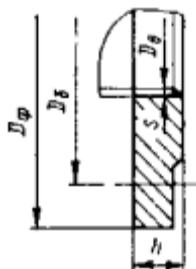


Рисунок 1

### Исходные данные для расчёта на прочность и герметичность фланцевых соединений:

Внутренний диаметр аппарата

$$D := 800 \text{ мм}$$

$$D_H := 930 \text{ мм}$$

Наружный диаметр фланца

$$D_C := 890 \text{ мм}$$

Диаметр окружности расположения болтов (шпилек)

$$D_{СП} := 857 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр прокладки

$$b_{II} := 2 \text{ мм}$$

Ширина прокладки

$$h := 0.5 \cdot (D_H - D) \text{ мм}$$

Ширина тарелки фланца

$$h_{II} := 2 \text{ мм}$$

Толщина прокладки

Толщина втулки приварного встык фланца в месте приварки к обечайке (трубе), толщина обечайки плоского фланца

$$S_0 := 6 \text{ мм}$$

$$d := 2 \text{ мм}$$

диаметр болтов (шпилек)

$$n := 32$$

Число болтов (шпилек)

$$P := 0.4 \text{ МПа}$$

Расчётное давление

$$M := 0 \text{ МН·м}$$

Внешний изгибающий момент

$$F := 0 \cdot 10^6 \text{ МН}$$

Осевая сила

$$c_0 := 1.0 \text{ мм}$$

Суммарная прибавка к расчётной толщине

Рабочая температура

$$t := 152 \text{ }^\circ\text{C}$$

Материал обечаек и фланцев - сталь 16ГС

Материал болтов - сталь 35Х

Материал прокладки - Паронит

$$\sigma_{to} := 170.7 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{200} := 19 \text{ МПа}$$

Стальные плоские приварные фланцы применяются для сосудов и аппаратов диаметром от 400 до 4000 мм с условным давлением от 0,3 до 1,6 МПа при температуре рабочей среды от минус 70°С до плюс 300°С, и предназначены для работы в химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей и других отраслей промышленности.

**Выбор крепежных элементов:**

При давлении до 25 кгс/см<sup>2</sup> ( 2,5 МПа ) можно использовать болты. Они дешевле шпилек.

**Определение расчетных параметров:**

Расчетная температура неизолированных плоских фланцев  $t_f = 0,96 t$

$$t_f := 0.96 t = 145.92 \text{ }^\circ\text{C}$$

Расчетная температура болтов

$$t_b := 0.85 t = 129.2 \text{ }^\circ\text{C}$$

Допускаемые напряжения для болтов из стали 35Х из ГОСТ Р 52857.1-2007

В рабочем состоянии

$$t := \begin{pmatrix} 20 \\ 200 \end{pmatrix}$$

$$\sigma := \begin{pmatrix} 183.3 \\ 163.3 \end{pmatrix}$$

$$\sigma_{д.б} := \text{Floor}(\text{interp}(t, \sigma, t_b), 0.5) = 171 \text{ МПа}$$

Модуль упругости для болтов при рабочей температуре, согласно таблице Ж.1

$$E_b := 2.068 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение для болтов при  $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\sigma_{20б} := 183. \text{ МПа}$$

Модуль упругости для болтов при температуре испытания 20 °С

$$E_{20б} := 2.15 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Коэффициент линейного расширения для стали 35Х при  $t=20-160 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\alpha_b := 12.2 \cdot 10^{-6} / \text{К}$$

Допускаемые напряжения для фланцев и обечаек стали 16ГС из ГОСТ Р 52857.1-2007

$$t := \begin{pmatrix} 20 \\ 200 \end{pmatrix}$$



$$\sigma := \begin{pmatrix} 163.3 \\ 144 \end{pmatrix}$$

$$\sigma := \text{Floor}(\text{linterp}(t, \sigma, t_{\phi}), 0.5) = 149.5 \text{ МПа}$$

Так как фланцы изготавливается из листового проката

$$\sigma_{\text{д.ф}} := \eta \cdot \sigma = 149.5 \text{ МПа}$$

Модуль упругости для стали 16ГС при рабочей температуре

$$E := 2.018 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение для стали 16ГС при  $t = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$$\sigma_{20} := 163. \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\text{д}20} := \eta \cdot \sigma_{20} = 163.3 \text{ МПа}$$

Модуль упругости для сталь 16ГС при температуре испытания  $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$$E_{20} := 2.1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Коэффициент линейного расширения стали 16ГС при  $t = 20 - 160 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$$\alpha_{\phi} := 12.2 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$$

**Эффективная ширина плоской прокладки**

$$b_0 := \begin{cases} b_0 \leftarrow b_{\Pi} & \text{if } b_{\Pi} \leq 15 \\ b_0 \leftarrow \text{Ceil}(3.8 \sqrt{b_{\Pi}}, 1) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$b_0 = 17 \text{ мм}$$

**Характеристики прокладки:**

По таблице 2, выбираем необходимые характеристики.

Таблица И.1

Тип и материал прокладки	Прокладочный коэффициент $m$	Удельное давление обжатия прокладки $q_{\text{обж}}$ , МПа	Допускаемое удельное давление $[q]$ , МПа	Коэффициент обжатия $K_{\text{обж}}$	Условный модуль сжатия прокладки $E_{\Pi} \cdot 10^{-5}$ , МПа
паронита по ГОСТ 481 при толщине не более 2—3 мм	2,5	20,0 <sup>1)</sup>	130,0	0,90	0,02

$$m := 2.5$$

$$q_{\text{обж}} := 2(\text{МПа})$$

$$q_d := 13(\text{МПа})$$

$$K_{\text{обж}} := 0.9$$

$$E_{\Pi} := 20(\text{МПа})$$

**Усилие, необходимое для смятия прокладки при затяжке:**

$$P_{\text{обж}} := 0.5\pi \cdot D_{\text{сП}} \cdot b_0 \cdot m \cdot |P| = 2.575 \times 10^4 \text{ Н}$$

**Усилие на прокладке в рабочих условиях, необходимое для обеспечения герметичности фланцевого соединения:**

$$R_{\Pi} := \begin{cases} \pi \cdot D_{\text{сП}} \cdot b_0 \cdot m \cdot P & \text{if } P \geq 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$R_{\Pi} = 5.149 \times 10^4 \text{ Н}$$

**Усилие в в болтах фланцевого соединения при затяжке и в рабочих условиях:**

Площадь поперечного сечений болтов (шпилек) по таблице Д.1

$$f_{\text{б}} := 225 \text{ мм}^2$$

**Суммарная площадь сечения болтов (шпилек) по внутреннему диаметру резьбы или нагруженному сечению наименьшего диаметра:**

$$A_{\text{б}} := n \cdot f_{\text{б}} = 7.2 \times 10^3 \text{ мм}^2$$

**Равнодействующая нагрузка от давления:**

$$Q_{\text{д}} := \frac{\pi}{4} \cdot (D_{\text{сП}})^2 \cdot P$$

$$Q_{\text{д}} = 2.596 \times 10^5 \text{ Н}$$

**Приведенная нагрузка, вызванная воздействием внешней силы и изгибающего момента:**

$$Q_{\text{FM}} := \max \left( \left| F + \frac{4 \cdot |M|}{D_{\text{сП}}} \right|, \left| F - \frac{4 \cdot |M|}{D_{\text{сП}}} \right| \right)$$

$$Q_{\text{FM}} = 0 \text{ Н}$$

**Податливость прокладки**

$$y_{\text{п}} := \frac{h_{\text{п}} \cdot K_{\text{обж}}}{E_{\text{п}} \cdot \pi \cdot D_{\text{сП}} \cdot b_{\text{п}}} = 1.671 \times 10^{-7} \text{ мм/Н}$$

**Расстояние между опорными поверхностями гайки и головки болта или опорными поверхностями гаек:**

$$L_{\text{б0}} := 98 \text{ мм}$$

Эффективная длина болта (шпильки) при определении податливости

$$L_{\text{б}} := L_{\text{б0}} + 0.28 \cdot d = 103.6 \text{ мм}$$

**Податливость болтов:**

$$y_{\text{б}} := \frac{L_{\text{б}}}{E_{20\text{б}} \cdot A_{\text{б}}} = 6.693 \times 10^{-8} \text{ мм/Н}$$

**Расчетные параметры фланцев:**

- параметр длины обечайки

$$l_0 := \sqrt{D \cdot S_0}$$

$$l_0 = 69.282 \text{ мм}$$

- отношение наружного диаметра тарелки фланца к внутреннему диаметру

$$K := \frac{D_{\text{н}}}{D}$$

$$K = 1.163$$

- коэффициенты, зависящие от соотношения размеров тарелки фланца,

$$\beta_{\text{T}} := \frac{K^2 \cdot (1 + 8.55 \cdot \log(K)) - 1}{(1.05 + 1.945 \cdot K^2) \cdot (K - 1)}$$

$$\beta_{\text{T}} = 1.852$$

$$\beta_{\text{U}} := \frac{K^2 \cdot (1 + 8.55 \cdot \log(K)) - 1}{1.36 \cdot (K^2 - 1) \cdot (K - 1)}$$

$$\beta_{\text{U}} = 14.254$$

$$\beta_Y := \frac{1}{(K-1)} \cdot \left[ 0.69 + 5.72 \cdot \frac{K^2 \cdot \log(K)}{(K^2-1)} \right]$$

$$\beta_Y = 13.098$$

$$\beta_Z := \frac{K^2 + 1}{K^2 - 1}$$

$$\beta_Z = 6.691$$

- коэффициенты для фланцевых соединений с приварными встык фланцами с прямой втулкой, плоскими фланцами и свободными фланцами

$$\beta_F := 0.9$$

$$\beta_V := 0.5$$

$$f := 1$$

- коэффициент

$$\lambda := \frac{\beta_F \cdot h + l_0}{\beta_T \cdot l_0} + \frac{\beta_V \cdot h^3}{\beta_U \cdot l_0 \cdot (S_0)^2}$$

$$\lambda = 5.25$$

**Угловая податливость фланцев:**

Угловая податливость фланца при затяжке

$$y_\Phi := \frac{0.91 \cdot \beta_V}{E_{20} \cdot \lambda \cdot l_0 \cdot (S_0)^2}$$

$$y_\Phi = 1.82 \times 10^{-10}$$

Угловая податливость фланца, нагруженного внешним изгибающим моментом,

$$y_{\Phi H} := \left( \frac{\pi}{4} \right)^3 \cdot \frac{D_\sigma}{E_{20} \cdot h^3 \cdot D_H}$$

$$y_{\Phi H} = 8.039 \times 10^{-12}$$

Коэффициент, учитывающий изгиб тарелки фланца между шпильками (болтами),

$$C_F := \max \left[ 1, \sqrt{\frac{\pi \cdot D_\sigma}{n \cdot \left( 2 \cdot d + \frac{6 \cdot h}{m + 0.5} \right)}} \right]$$

$$C_F = 1$$

Приведенный диаметр плоского фланца

$$D_{пр} := D$$

Плечо действия усилий в болтах (шпильках) для приварных встык и плоских фланцев

$$b := 0.5 \cdot (D_\sigma - D_{сП}) = 16.5$$

Плечо усилия от действия давления на фланец для всех типов фланцев

$$e := 0.5 \cdot (D_{сП} - D - S_0) = 25.5$$

Эквивалентная толщина плоских фланцев

$$S_э := S_0$$

Коэффициент жесткости фланцевого соединения для приварных встык и плоских фланцев

$$\gamma := \frac{1}{y_{\Pi} + y_{\sigma} \cdot \frac{E_{20\sigma}}{E_{\sigma}} + 2 \cdot b^2 \cdot y_{\phi} \cdot \frac{E_{20}}{E}}$$

$$\gamma = 2.942 \times 10^6$$

Коэффициент жесткости фланцевого соединения, нагруженного внутренним давлением или внешней осевой силой для приварных встык и плоских фланцев с плоскими прокладками

$$\alpha := 1 - \frac{y_{\Pi} - 2 \cdot e \cdot y_{\phi} \cdot b}{y_{\Pi} + y_{\sigma} + 2 \cdot b^2 \cdot y_{\phi}}$$

$$\alpha = 0.958$$

Коэффициент жесткости фланцевого соединения, нагруженного внешним изгибающим моментом

$$\alpha_M := \frac{y_{\sigma} + 2 \cdot y_{\phi_{\text{н}}} \cdot b \cdot \left( b + e - \frac{e^2}{D_{\text{сП}}} \right)}{y_{\sigma} + y_{\Pi} \cdot \left( \frac{D_{\sigma}}{D_{\text{сП}}} \right)^2 + 2 \cdot y_{\phi_{\text{н}}} \cdot b^2}$$

$$\alpha_M = 0.31$$

Нагрузка, вызванная стесненностью температурных деформаций, в соединениях с приварными встык и плоскими фланцами

$$Q_t := \gamma \cdot \left[ 2\alpha_{\phi} \cdot h \cdot (t_{\phi} - 20) - 2\alpha_{\sigma} \cdot h \cdot (t_{\sigma} - 20) \right]$$

$$Q_t = 7.803 \times 10^4 \text{ Н}$$

Расчетная нагрузка на болты (шпильки) при затяжке, необходимая для обеспечения в рабочих условиях давления на прокладку, достаточного для герметизации фланцевого соединения

$$P_{\sigma 1} := \max \left[ \begin{array}{l} \alpha \cdot (Q_d + F) + R_{\Pi} + \frac{4 \cdot \alpha_M \cdot |M|}{D_{\text{сП}}} \\ \alpha \cdot (Q_d + F) + R_{\Pi} + \frac{4 \cdot \alpha_M \cdot |M|}{D_{\text{сП}}} - Q_t \end{array} \right] \quad P_{\sigma 1} = 3.002 \times 10^5 \text{ Н}$$

Расчетная нагрузка на болты (шпильки) при затяжке, необходимая для обеспечения обжатия прокладки и минимального начального натяжения болтов (шпилек)

$$P_{\sigma 2} := \max(P_{\text{обж}}, 0.4 \cdot A_{\sigma} \cdot \sigma_{20\sigma})$$

$$P_{\text{обж}} = 2.575 \times 10^4 \text{ Н} \quad P_{\sigma 2} = 5.279 \times 10^5 \text{ Н}$$

Расчетная нагрузка на болты (шпильки) фланцевых соединений при затяжке фланцевого соединения:

$$P_{\sigma \text{м}} := \max(P_{\sigma 1}, P_{\sigma 2}) \quad P_{\sigma \text{м}} = 5.279 \times 10^5 \text{ Н}$$

Расчетная нагрузка на болты (шпильки) фланцевых соединений в рабочих условиях

$$P_{\sigma \text{р}} := P_{\sigma \text{м}} + (1 - \alpha) \cdot (Q_d + F) + Q_t + \frac{4 \cdot (1 - \alpha_M) \cdot |M|}{D_{\text{сП}}} \quad P_{\sigma \text{р}} = 6.168 \times 10^5 \text{ Н}$$

## Проверка прочности болтов (шпилек) и прокладки

Расчетные напряжения в болтах (шпильках)

- при затяжке

$$\sigma_{\sigma 1} := \frac{P_{\sigma M}}{A_{\sigma}}$$

$$\sigma_{\sigma 1} = 73.32 \text{ МПа}$$

- в рабочих условиях

$$\sigma_{\sigma 2} := \frac{P_{\sigma p}}{A_{\sigma}}$$

$$\sigma_{\sigma 2} = 85.668 \text{ МПа}$$

**Проверка условий прочности болтов (шпилек) при затяжке и в рабочих условиях**

$$Us1\_1 := \begin{cases} \text{"Условия прочности в при затяжке НЕ выполняются"} & \text{if } \sigma_{\sigma 1} > \sigma_{20\sigma} \\ \text{"Условия прочности в рабочих условиях НЕ выполняются"} & \text{if } \sigma_{\sigma 2} > \sigma_{д.\sigma} \\ \text{"Условия прочности выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Us1\_1 = \text{"Условия прочности выполняются"}$$

$$\sigma_{\sigma 1} = 73.32 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\sigma 2} = 85.668 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{20\sigma} = 183.3 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{д.\sigma} = 171 \text{ МПа}$$

Удельное давление на прокладку

$$q := \frac{\max(P_{\sigma M}, P_{\sigma p})}{\pi \cdot D_{\sigma II} \cdot b_{II}}$$

$$q = 11.455 \text{ МПа}$$

**Условие прочности прокладки (проверяется для мягких прокладок)**

$$Us1\_2 := \begin{cases} \text{"Условие прочности прокладки НЕ выполняется"} & \text{if } q > q_d \\ \text{"Условие прочности прокладки выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Us1\_2 = \text{"Условие прочности прокладки выполняется"}$$

$$q = 11.455 \text{ МПа}$$

$$q_d = 130 \text{ МПа}$$

## Расчет фланцев на статическую прочность

Расчетный изгибающий момент, действующий на приварной встык фланца или плоский фланец при затяжке,

$$M_M := C_F \cdot P_{\sigma p} \cdot b$$

$$M_M = 8.71 \times 10^6 \text{ Н*мм}$$

Расчетный изгибающий момент, действующий на фланец в рабочих условиях

$$M_p := C_F \cdot \min \left[ P_{\sigma p} \cdot b + (Q_d + Q_{FM}) \cdot e, |Q_d + Q_{FM}| \cdot e \right]$$

$$M_p = 6.619 \times 10^6 \text{ Н*мм}$$

Расчетные напряжения во фланце при затяжке:

- меридиональное изгибное напряжение во втулке приварного встык фланца, обечайке плоского фланца

$$\sigma_{0M} := \frac{M_M}{\lambda \cdot (S_0 - c_0)^2 \cdot D_{\text{пр}}}$$

$$\sigma_{0M} = 82.964 \text{ МПа}$$

- напряжения в тарелке приварного встык фланца или плоского фланца в условиях затяжки:

- радиальное напряжение

$$\sigma_{RM} := \frac{1.33 \cdot \beta_F \cdot h + l_0}{\lambda \cdot h^2 \cdot l_0 \cdot D} \cdot M_M$$

$$\sigma_{RM} = 1.048 \text{ МПа}$$

- окружное напряжение

$$\sigma_{TM} := \frac{\beta_Y \cdot M_M}{h^2 \cdot D} - \beta_Z \cdot \sigma_{RM}$$

$$\sigma_{TM} = 26.74 \text{ МПа}$$

Расчетные напряжения во фланце в рабочих условиях:

- меридиональные изгибные напряжения для приварных встык фланцев с прямой втулкой и плоских фланцев

$$\sigma_{0p} := \frac{M_p}{\lambda \cdot (S_0 - c_0)^2 \cdot D_{\text{пр}}}$$

$$\sigma_{0p} = 63.046 \text{ МПа}$$

- максимальные меридиональные мембранные напряжения в обечайке плоского фланца

$$\sigma_{0mp} := \max \left[ \frac{Q_d + F + \frac{4|M|}{D_{\text{сП}}}}{\pi \cdot (D + S_0) \cdot (S_0 - c_0)}, \frac{Q_d + F - \frac{4|M|}{D_{\text{сП}}}}{\pi \cdot (D + S_0) \cdot (S_0 - c_0)} \right]$$

$$\sigma_{0mp} = 20.503 \text{ МПа}$$

Напряжения в тарелке приварного встык фланца или плоского фланца в рабочих условиях:

- радиальное напряжение

$$\sigma_{Rp} := \frac{1.33 \cdot \beta \cdot F \cdot h + l_0}{\lambda \cdot h^2 \cdot l_0 \cdot D} \cdot M_p$$

$$\sigma_{Rp} = 0.797 \text{ МПа}$$

- окружное напряжение

$$\sigma_{Tp} := \frac{\beta \cdot Y \cdot M_p}{h^2 \cdot D} - \beta \cdot Z \cdot \sigma_{Rp}$$

$$\sigma_{Tp} = 20.32 \text{ МПа}$$

## Проверка условий статической прочности фланцев

PR\_1 := "Условия статической прочности в при затяжке НЕ выполняются"

PR\_2 := "Условия статической прочности в рабочих условиях НЕ выполняются"

PR\_3 := "Условия статической прочности выполняются"

KT = 1.3 при расчете с учетом стесненности температурных деформаций. При расчете без учета стесненности температурных деформаций KT = 1.

KT := 1.3

$$Us1\_3 := \begin{cases} PR\_1 & \text{if } \max(|\sigma_{0M} + \sigma_{RM}|, |\sigma_{0M} + \sigma_{TM}|) > K_T \cdot \sigma_{20} \\ PR\_2 & \text{if } \max \left( \begin{array}{l} \left( |\sigma_{0p} - \sigma_{0mp} + \sigma_{Tp}| \right) \\ \left( |\sigma_{0p} - \sigma_{0mp} + \sigma_{Rp}| \right) \\ \left( |\sigma_{0p} + \sigma_{0mp}| \right) \end{array} \right) > K_T \cdot \sigma_{д.ф} \\ PR\_3 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Us1\_3 = "Условия статической прочности выполняются"

$K_T \cdot \sigma_{20} = 212.29$  МПа

$\max(|\sigma_{0M} + \sigma_{RM}|, |\sigma_{0M} + \sigma_{TM}|) = 109.704$  МПа

$K_T \cdot \sigma_{д.ф} = 194.35$  МПа

$$\max \left( \begin{array}{l} \left( |\sigma_{0p} - \sigma_{0mp} + \sigma_{Tp}| \right) \\ \left( |\sigma_{0p} - \sigma_{0mp} + \sigma_{Rp}| \right) \\ \left( |\sigma_{0p} + \sigma_{0mp}| \right) \end{array} \right) = 83.548 \text{ МПа}$$

## Проверка углов поворота фланцев

Угол поворота приварного встык фланца, плоского фланца

$$\Theta := M_p \cdot y_{\phi} \cdot \frac{E_{20}}{E}$$

$\Theta = 1.254 \times 10^{-3}$

Допустимый угол поворота плоского фланца

$\Theta_{д} := 0.01$

$$Us1\_P := \begin{cases} \text{"Условие при испытаниях НЕ выполняется"} & \text{if } \Theta > 1.3 \cdot \Theta_{д} \\ \text{"Условие в рабочих условиях НЕ выполняется"} & \text{if } \Theta > \Theta_{д} \\ \text{"Условие поворота плоского фланца выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Us1\_P = "Условие поворота плоского фланца выполняется"

## Определение расчётных параметров:

$d_{нар} := 0.02$ ;  $d_{вн} := 0.02$

Материал: 16ГС

$N := 384$     $t_T := 67.5$     $t_K := 140$

$\alpha_T := 11.644 \cdot 10^{-6}$     $\alpha_K := 12.14 \cdot 10^{-6}$     $\sigma_{tT} := 156$

$\sigma_{tk} := 150$     $E_T := 2.0628 \cdot 10^5$     $E_K := 2.026 \cdot 10^5$



**Наружный диаметр аппарата:**

$$D_{\text{н}} := \frac{D + 2 \cdot S_{\text{ЦО}}}{1000} = 0.806 \text{ м}$$

$$D := \frac{D}{1000} = 0.8 \text{ м}$$

**Определение поперечного сечения труб и корпуса:**

$$F_{\text{к}} := \frac{\pi}{4} \cdot (0.806^2 - 0.8^2) = 7.568 \times 10^{-3} \text{ м}^2$$

$$F_{\text{т}} := N \frac{\pi}{4} \cdot (d_{\text{нар}}^2 - d_{\text{вн}}^2) = 0.055 \text{ м}^2$$

**Определение температурных усилий:**

$$Q_{\text{т}} := \frac{(|\alpha_{\text{т}} \cdot t_{\text{т}} - \alpha_{\text{к}} \cdot t_{\text{к}}|) \cdot E_{\text{т}} \cdot F_{\text{т}} \cdot E_{\text{к}} \cdot F_{\text{к}}}{E_{\text{т}} \cdot F_{\text{т}} + E_{\text{к}} \cdot F_{\text{к}}} = 1.235 \text{ МН}$$

**Определение температурных напряжений:**

$$\sigma_{\text{т}} := \frac{Q_{\text{т}}}{F_{\text{т}}} = 22.262 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\text{к}} := \frac{Q_{\text{т}}}{F_{\text{к}}} = 163.237 \text{ МПа}$$

$$Us1\_ := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется, теплообменник ТН подходит"} & \text{if } \sigma_{\text{т}} \leq \sigma_{\text{тТ}} \\ \text{"Условие прочности выполняется, теплообменник ТН подходит"} & \text{if } \sigma_{\text{к}} \leq \sigma_{\text{тК}} \\ \text{"Условие прочности не выполняется, теплообменник ТН не подходит"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Us1\_ = \text{"Условие прочности выполняется, теплообменник ТН подходит"}$$

## Расчёт трубной решётки

### Коэффициент прочности решетки:

Коэффициент прочности решетки учитывает ослабление сечения решетки отверстиями под трубы и определяется в зависимости от шага  $t$  и  $d_{\text{отв}}$  диаметра отверстий по формуле:

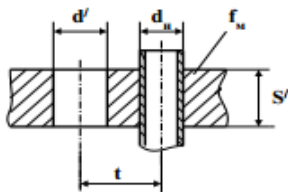


Рисунок 2

Рис. 1.22. Схема к расчету трубных решеток

$$d_{\text{отв}} := 2\epsilon \text{ мм}$$

$$t := 1.2 \cdot 25 + 2 = 32 \text{ мм}$$

$$\varphi_p := \frac{t - d_{\text{отв}}}{t} = 0.188$$

### Толщина стенки из условия надёжности развальцовки труб:

$$d_H := 2\epsilon \text{ мм}$$

$$P_{\text{раб.тр}} := 0.0;$$

$$P_{\text{раб.мжт}} := 0.4\epsilon$$

$$f_M := 4.35 \cdot d_H + 15 = 123.75 \text{ мм}$$

$$S_{\text{тр1}} := \text{cei} \left( \frac{f_M}{t - d_{\text{отв}}} \right) + c = 22 \text{ мм}$$

### Суммарная нагрузка на площадь трубной решётки:

$$Q_p := P_{\text{раб.мжт}} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D^2 - P_{\text{раб.тр}} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D^2 + Q_t = 1.452 \text{ МН}$$

### Расчётное давление:

$$P_p := \frac{4 \cdot Q_p}{\pi \cdot D^2} = 2.888 \text{ МПа}$$

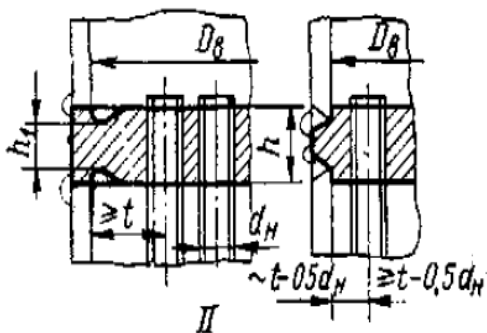
### Толщина трубной решетки, если считать её плоской защемленной плитой:

$$S_{\text{тр2}} := \frac{D}{4.7} \cdot \sqrt{\frac{P_p}{\sigma \cdot \varphi_p}} + c = 1.055 \text{ мм}$$

Расчет трубной решетки будем производить по методике главы 25, Лазинский, Толщинский.

Определяем номинальную расчетную высоту решетки снаружи, подобрав значения из табл.25.3(Лазинский):

Согласно параметрам выбранного теплообменника, подбираем параметры трубной решетки. Выбираем трубную решетку ТИПА II.



$$c := 0.00 \text{ м}$$

$$K := 0.28$$

$$D_B := 0.995D = 0.796 \text{ м}$$

$$h_{1p} := K \cdot D_B \cdot \sqrt{\frac{P_p}{\sigma}} = 0.031 \text{ м}$$

Определяем коэффициент ослабления решетки:

$$\phi_0 := \left| \frac{D_B - (N \cdot 0.02\phi)}{D_B} \right| = 11.543$$

Определяем номинальную расчетную высоту решетки посередине, выбрав значения величин из табл.25.3(Лацинский)

$$K := 0.47$$

$$D := D = 0.8 \text{ м}$$

$$h_p := K \cdot D \cdot \sqrt{\frac{P_p}{\phi_0 \cdot \sigma}} = 0.015 \text{ м}$$

С целью снижения дополнительных напряжений, вызванных действием краевых моментов, выполним утолщение трубной решетки, а также учтем прибавку на коррозию:

$$h_{сн} := 1.4 \cdot h_{1p} + c = 0.044 \text{ м}$$

$$h_{сер} := 1.4 \cdot h_p + c = 0.023 \text{ м}$$

В связи с тем, что трубы в трубную решетку крепятся развальцовкой увеличиваем толщину трубной решетки до 25 мм

Принимаем толщину трубной решетки 25 мм

$$S_{тр3} := 0.025 \cdot 1000 = 25 \text{ мм}$$

Принимаем толщину трубной решетки:

$$S_{тр} := \max(S_{тр1}, S_{тр2}, S_{тр3}, 30) = 30 \text{ мм}$$

## Расчёт развальцовочного соединения

Площадь трубной решетки:

$$f_{\text{тр}} := 0.866t^2 - \frac{\pi \cdot d_{\text{н}}^2}{4} = 395.91 \text{ мм}^2$$

Осевое усилие:

$$Q_{\text{о.у.}} := P_{\text{раб.мжт}} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - N \cdot d_{\text{нар}}^2) + P_{\text{раб.тр}} \cdot N \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_{\text{вн}}^2 = 0.144 \text{ МН}$$

Рисунок 4

Усилие, действующее на 1 трубку:

$$q := \frac{Q_{\text{о.у.}}}{N} = 3.751 \times 10^{-4} \text{ МН}$$

Температурное усилие, приходящее на одну трубу:

Площадь поперечного сечения стенки трубы:

$$f_{\text{T}} := \frac{\pi}{4} \cdot (d_{\text{нар}}^2 - d_{\text{вн}}^2) = 1.445 \times 10^{-4} \text{ м}^2$$

Температурные напряжения в трубе:

$$\sigma_{\text{T}} = 22.262 \text{ МПа}$$

$$q_{\text{T}} := \sigma_{\text{T}} \cdot f_{\text{T}} = 3.217 \times 10^{-3}$$

Суммарное усилие:

$$q_{\text{с}} = q \pm q_{\text{T}}, \text{ МН}$$

В формуле принимают со знаком плюс, когда корпус нагрет больше, чем трубы, и со знаком минус, если трубы нагреты больше, чем корпус.

В нашем случае:

Средняя температура трубного пространства:

$$t_{\text{ср.Х.С}} := 67.^{\circ}\text{C}$$

Средняя температура межтрубного пространства:

$$t_{\text{ср.Г.С}} := 14^{\circ}\text{C}$$

$$q_{\text{с}} := q + q_{\text{T}} = 3.592 \times 10^{-3} \text{ МН}$$

Удельная нагрузка от давления на единицу длины окружности развальцовки:

$$\sigma_{\text{о}} := \frac{q}{\pi \cdot d_{\text{нар}}} = 4.776 \times 10^{-3} \frac{\text{МН}}{\text{м}}$$

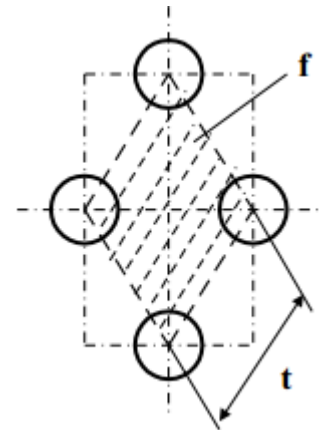
Удельная нагрузка на развальцовку от действия суммарного усилия с учетом давления и температурных напряжений:

$$\sigma_{\text{с}} := \frac{q_{\text{с}}}{\pi \cdot d_{\text{нар}}} = 0.046 \frac{\text{МН}}{\text{м}}$$

Проверка условия прочности:

$$Us1_{\text{тр}} := \begin{cases} \text{"Условие выполняется, можно использовать при развальцовке труб в отверстиях без канавок"} & \text{if } \sigma_{\text{о}} \leq 0.04 \\ \text{"Условие выполняется, можно использовать при развальцовке труб в отверстиях без канавок"} & \text{if } \sigma_{\text{с}} \leq 0.08 \\ \text{"Условие не выполняется, необходим другой способ развальцовки"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Us1_{\text{к}} := \text{"Условие выполняется, можно использовать при развальцовке труб в отверстиях без канавок"}$$



## Расчет тепловой изоляции.

принимая температуру стенки равной температуре среды в межтрубном пространстве,  
 $T=140^{\circ}\text{C}$

$$t_{\text{ст}} := 140^{\circ}\text{C}$$

$$t_{\text{из}} := 120^{\circ}\text{C}$$

$$t_{\text{окр}} := 20^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t := t_{\text{из}} - t_{\text{окр}} = 100^{\circ}\text{C}$$

Разность между температурой поверхности слоя изоляции и температурой окружающей среды.

$$\alpha_{\text{н}} := 9.74 + 0.07 \cdot \Delta t = 16.74 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

В качестве теплоизоляционного материала примем совелит

$$\lambda_{\text{из}} := 0.091$$

Толщину тепловой изоляции находим из равенства удельных тепловых потоков через слой изоляции от поверхности изоляции к окружающей среде

$$\delta_{\text{из}} := \frac{\lambda_{\text{из}}}{\alpha_{\text{н}}} \cdot \frac{(t_{\text{ст}} - t_{\text{из}})}{(t_{\text{из}} - t_{\text{окр}})} = 1.171 \times 10^{-3} \text{ м}$$

Следовательно, толщину изоляции примем равной 12 мм

## Расчёт массы аппарата.

$c := c \cdot 10^{-3} = 1 \times 10^{-3}$  м прибавка на коррозию

### масса обечайки:

$L_{об} := 6$  м длина обечайки

$D_H = 0.806$  м наружный диаметр обечайки

$D = 0.8$  м внутренний диаметр обечайки

плотность стали  $\rho_{ст} := 7800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

$s_{об} := 3 \cdot 10^{-3}$  м толщина стенки обечайки

$$m_{об} := \frac{\pi}{4} (D_H^2 - D^2) \cdot L_{об} \cdot \rho_{ст} = 354.187 \text{ кг}$$

$L_{об} = 6$

### масса эллиптического днища и крышки:

Согласно таблице 5:

$m_{кр} := 24$  кг

$V_{ёмк} := 140 \cdot 10^{-3} = 0.14$  м<sup>3</sup>

$M_{Г250 \times 3.5} := 23.2$

$m_{П250 \times 3.5} := M_{Г250 \times 3.5}^{0.2} = 4.652$

$m_{Ф1800} := 56.2$

$M_{Г250 \times 4} := 23.7$

$m_{П250 \times 4} := M_{Г250 \times 4}^{0.2} = 4.744$

$m_{Ф15} := 0.4$

$M_{Г63.5 \times 2} := 3.0$

$m_{П63.5 \times 2} := M_{Г63.5 \times 2}^{0.2} = 0.606$

$m_{Ф65} := 1.9$

$M_{Г12 \times 1} := 0.27$

$m_{П12 \times 1} := M_{Г12 \times 1}^{0.2} = 0.054$

$m_{Ф250} := 11$

### масса трубок:

$d_{вн} = 0.021$  м внутренний диаметр трубок

$d_{нар} = 0.025$  м наружный диаметр трубок

$$m_{тр} := N \cdot \left[ \frac{\pi}{4} (d_{нар}^2 - d_{вн}^2) \cdot L_{об} \cdot \rho_{ст} \right] = 2.597 \times 10^3 \text{ кг}$$

**массы штуцеров и фланцев корпуса:**

$$M_{\text{ш.и.ф}} := (m_{\text{мп}250 \times 3.5} + m_{\text{ф}250}) + (m_{\text{мп}250 \times 4} + m_{\text{ф}250}) + (m_{\text{мп}63.5 \times 2} + m_{\text{ф}65}) + (m_{\text{мп}12 \times 1} + m_{\text{ф}15}) +$$

$$M_{\text{ш.и.ф}} = 259.226 \text{ кг}$$

**масса трубных решеток:**

$$S_{\text{тр}} := S_{\text{тр}} \cdot 10^{-3} = 0.03 \text{ м}$$

толщина трубной решётки

диаметр отверстий в трубной решётке

$$d_{\text{отв}} := d_{\text{отв}} \cdot 10^{-3} = 0.026 \text{ м}$$

$$V_{\text{реш}} := \left( \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot S_{\text{тр}} \right) - N \cdot \left( \frac{\pi}{4} \cdot d_{\text{отв}}^2 \cdot S_{\text{тр}} \right) = 8.963 \times 10^{-3}$$

$$M_{\text{тр.р}} := 2 \cdot (V_{\text{реш}} \cdot \rho_{\text{ст}}) = 139.828 \text{ кг}$$

**масса входной камеры:**

$$L_{\text{в.к.}} := 250 \cdot 10^{-3} = 0.25 \text{ м}$$

$$m_{\text{в.к.}} := \frac{\pi}{4} (D_{\text{н}}^2 - D^2) \cdot L_{\text{в.к.}} \cdot \rho_{\text{ст}} = 14.758 \text{ кг}$$

**масса воды при гидроиспытаниях:**

$$L := L_{\text{об}} + L_{\text{в.к.}}$$

$$V_{\text{в}} := \left( \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot L \right) + V_{\text{ёмк}} = 3.282 \text{ м}^3$$

$$\rho_{\text{в}} := 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$m_{\text{в}} := V_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{в}} = 3.282 \times 10^3 \text{ кг}$$

## Общая масса аппарата

$$M_{\text{ап}} := (m_{\text{об}} + 2m_{\text{кр}} + m_{\text{гр}} + M_{\text{ш.и.ф}} + M_{\text{гр.р}} + m_{\text{в.к.}}) = 3.413 \times 10^3 \text{ кг}$$

$$M := M_{\text{ап}} \cdot 1.2 + m_{\text{в}} = 7.377 \times 10^3 \text{ кг}$$

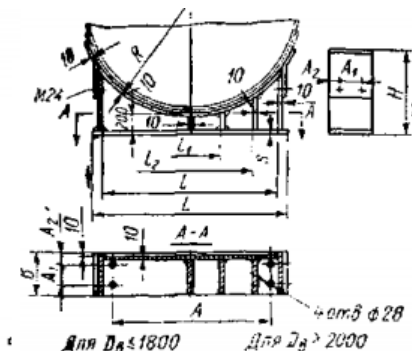
$$G_{\text{ап}} := g \cdot M = 7.237 \times 10^4 \text{ Н}$$

$$G_{\text{ап}} := G_{\text{ап}} \cdot 10^{-6} = 0.072 \text{ МН}$$

Принимаем количество опор:

$$k := 2$$

Рисунок 5



Нагрузка на одну сторону:

$$G_{\text{наг}} := \frac{G_{\text{ап}}}{k} = 0.036 \text{ МН}$$

По полученной нагрузке на одну сторону аппарата выбираем подходящий тип опор.

Выбор производим в соответствии с данными, указанными в [14, табл 29.12]. На рисунке 15 представлена опора горизонтальных аппаратов. В таблице 7 указаны основные сведения об выбранной опоре.

Рисунок 15. Опоры горизонтальных аппаратов.

Таблица 7.

Тип	$G \cdot 10^2$ , МН (тс)	$D_{\phi}$	L	l	$l_1$	$l_2$	мм						Масса, кг	
							B	H	A	$A_1$	$A_2$	R		s
	17	800	750	705			440	500				422		67,9

$$G_{\text{наг}} := G_{\text{наг}} \cdot 10^2 = 3.619 \text{ МН} \cdot 10^2$$



## Расчёт опор.

Расчёт опор ведётся согласно методике, указанной в [5,29.2]

Реакция опор:

$$P_A := 0.5 \cdot G_{\text{ап}} = 0.036 \text{ МН}$$

$$P_B := 0.5 \cdot G_{\text{ап}} = 0.036 \text{ МН}$$

Приведенная длина аппарата

$$H := 0.2$$

$$h := 0.06$$

$$S_{\text{ЭК}} := 0.00$$

$$L_{\text{пр}} := L_{\text{об}} + L_{\text{в.к.}} + (H + h + S_{\text{ЭК}}) \cdot 2 = 6.786 \text{ м}$$

Расстояние между опорами:

$$l_1 := 0.207 L_{\text{пр}} = 1.405 \text{ м}$$

$$l := L_{\text{пр}} - 2 \cdot l_1 = 3.977 \text{ м}$$

Расчётный изгибающий момент от силы тяжести:

$$M_u := 0.0105 G_{\text{ап}} \cdot L_{\text{пр}} = 5.157 \times 10^{-3} \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Напряжение на изгиб в корпусе от силы тяжести:

$$\sigma_u := \frac{M_u}{0.8 \cdot D^2 \cdot (s_{\text{об}} - c)} = 5.036 \text{ МН/м}^2$$

Выберем ширину опоры:

$$b := 0.2 \cdot D = 0.16 \text{ м}$$

Момент сопротивления расчётного сечения стенки корпуса над опорой:

$$W := \frac{[b + 8 \cdot (s_{\text{об}} - c)] \cdot (s_{\text{об}} - c)^2}{6} = 1.173 \times 10^{-7} \text{ м}^3$$

Напряжение на изгиб в стенке аппарата от действия реакции опоры:

$$\sigma_U := \frac{0.02 \cdot P_A \cdot D}{W} = 4.934 \times 10^3 \frac{\text{МН}}{\text{м}^2}$$

$$\sigma_{\text{ид}} := 170 \frac{\text{МН}}{\text{м}^2}$$

Для стали 16ГС допустимое напряжение при изгибе:

$$\text{Prov}' := \begin{cases} \text{"не требуется усилить стенку над опорой"} & \text{if } \sigma_{\text{ид}} \geq \sigma_U \\ \text{"требуется усилить стенку над опорой"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Prov' = "требуется усилить стенку над опорой"

Требуемый момент сопротивления усиленного сечения элемента стенки:

$$W := \frac{0.02 \cdot P_A \cdot D}{\sigma_{ИД}} = 3.406 \times 10^{-6} \text{ м}^3$$

$$4 \cdot \sigma_{ИД} = 680 \text{ МПа} < \sigma_U = 4.934 \times 10^3 \text{ МПа}$$

$$S_H := 1.6 s_{об} = 4.8 \times 10^{-3} \text{ м}$$

$$S_{HH} := 10 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Расчётная площадь поперечного сечения стенки корпуса:

$$F_C := [b + 8 \cdot (s_{об} - c)] \cdot (s_{об} - c) = 3.52 \times 10^{-4} \text{ м}^2$$

Расчётная площадь сечения накладки:

$$F_H := (b + 4 \cdot S_H) \cdot S_H = 2 \times 10^{-3} \text{ м}^2$$

Момент инерции площади  $F_C$ :

$$J_C := \frac{F_C \cdot (s_{об} - c)^2}{12} = 1.173 \times 10^{-10} \text{ м}^4$$

Момент инерции площади  $F_H$ :

$$J_H := \frac{F_H \cdot (S_H)^2}{12} = 1.667 \times 10^{-8} \text{ м}^4$$

Расстояние от нижней поверхности накладки до центра тяжести площади  $F_C + F_H$ :

$$y := \frac{F_C \cdot [S_H + 0.5 \cdot (s_{об} - c)] + 0.5 \cdot F_H \cdot S_H}{F_C + F_H} = 5.898 \times 10^{-3} \text{ м}$$

Расчётный момент сопротивления усиленного накладкой сечения корпуса:

$$W_y := \frac{J_C + J_H + F_C \cdot [S_H + 0.5 \cdot (s_{об} - c) - y]^2 + F_H \cdot (y - 0.5 S_H)^2}{y} = 4.673 \times 10^{-6}$$

$$ProV := \begin{cases} \text{"прочность обеспечена"} & \text{if } W_y \geq W \\ \text{"прочность НЕ обеспечена"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

ProV = "прочность обеспечена"

**Прочность будет обеспечиваться, если между опорами и корпусом подложить подкладной лист толщиной 10 мм.**

## ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ.

Расчёт производится по методике, указанной в пособии [4, 1.5.3.]

**Гидравлическое сопротивление трубного пространства.**

$$Re_1 := 2000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$d_{\text{ВН}} = 0.021$$

$$N_{\text{ход}} := \frac{N}{6}$$

$$\rho_1 := 1.94$$

$$\mu_{\text{сМ}} := 0.0001$$

Скорость движения азота в трубах:

$$\rho_{\text{сред}} := \frac{\rho_{a0} + \rho_{a80}}{2} = 1.943 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\omega_1 := \frac{Re_1 \cdot \mu_{\text{сМ}}}{d_{\text{ВН}} \cdot \rho_1}$$

$$\omega_1 := 21.6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Коэффициент сопротивления трения:

$$Re_1 = 2 \times 10^4$$

При турбулентном режиме движения потока

$$\lambda_{\text{т}} := \frac{0.316}{Re_1^{0.25}} = 0.027$$

Скоростное давление в трубах:

$$\Delta p_{\text{скт}} := \frac{\omega_1^2 \cdot \rho_1}{2} = 453.263 \text{ Па}$$

Потеря давления на преодоление трения в трубах:

$$n := 6 \text{ число ходов по трубному пространству.}$$

$$L := 6 \text{ длина труб}$$

Коэффициент местных сопротивлений  $\Sigma \xi$  определяют опытным путем. Ниже приведены значения:

$$\Sigma \xi := 1.5 + 1 + 1 + 2.5 + 1 + 1 + 2.5 + 1 + 1 + 2.5 + 1 + 1 + 1.5 = 18.5$$

Общее гидравлическое сопротивление трубного пространства:

$$\Delta p_{\text{тр.пр}} := \lambda \cdot \left( \frac{n \cdot L}{d_{\text{ВН}}} + \Sigma \xi \right) \cdot \Delta p_{\text{скт}} = 2.087 \times 10^4 \text{ Па}$$

## ПОДБОР НАСОСОВ:

Мощность насоса для подачи азота:

Плотность среды:

$$\rho_{\text{ж}} := 1.94 \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Объёмный расход

$$V_{\text{о.в.}} := \frac{G}{\rho_1} = 1.191 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

к.п.д. зададимся:

$$\eta := 0.65$$

$$N_{\text{нас}} := \frac{V_{\text{о.в.}} \cdot \Delta p_{\text{тр.пр}}}{1000 \cdot \eta} = 38.252 \text{ кВт}$$

Выбираем по [14, стр. 38] насос.

По значению мощности и высоте столба жидкости выбрали насос X90/85,  $Q=2,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $H=56 \text{ м}$  столба жидкости,  $n=48.3 \text{ с}^{-1}$ ,  $\eta_H=0,65$ , электродвигатель тип: АО2-81-2,  $N_H=40 \text{ кВт}$ .

## **СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.**

### **Техника безопасности и противопожарная техника, охрана окружающей среды и экология.**

Поддержание комфортных условий труда и отдыха ведет к повышению производительности труда. Анатомические и физиологические особенности человека должны приниматься во внимание при выборе оптимальных параметров среды.

Поддержание безопасности на работе и отдыхе способствует сохранению жизни и здоровья человека в результате уменьшения, как числа несчастных случаев, так и темпов роста болезней под воздействием отрицательных факторов, вызванных оборудованием или окружающей средой, воздействием природы и экологическими катастрофами, и чрезвычайными обстоятельствами.

Данный раздел выполняется с целью проанализировать вредные и опасные факторы, а также средства защиты от них. Приводится характеристика условий освещенности рабочего места, средств взрывозащиты и прочие. Проводится анализ условий труда на соответствие требованиям нормативных документов.

### **Производственная безопасность**

Безопасные условия труда, в первую очередь, обеспечиваются комплексом профилактических мероприятий, соответствующих созданию таких условий труда, когда суммарное воздействие всех факторов на организм человека не превышает установленных предельно-допустимых концентраций.

Данная дипломная работа выполнялась по расчету кожухотрубчатого теплообменника для нагрева азота водяным паром [1]

### **Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.**

Работа за персональным компьютером регулируется техникой безопасности предприятия и требует соблюдения предписанных норм. При работе с компьютером на человека могут воздействовать следующие опасные производственные факторы:

- поражение электрическим током;
- возникновение пожара;
- возможность механического травмирования;
- ожоги в результате случайного контакта с горячими поверхностями внутри лазерного принтера.

К вредным физическим производственным факторам относятся:

- повышенный уровень электромагнитного излучения;
- повышенный уровень статического электричества;
- повышенные уровни запыленности воздуха рабочей зоны;
- повышенное содержание положительных и отрицательных ионов в воздухе рабочей зоны;
- пониженная или повышенная влажность и подвижность воздуха рабочей зоны;
- повышенный уровень шума;
- нерациональная организация освещения рабочего места.

## Освещенность

Освещение оказывает большое влияние на зрительную работоспособность, физическое и моральное состояние людей, производительность и качество труда.

Следовательно, для сохранения работоспособности в течение рабочей смены необходимым условием является рациональное освещение помещений и рабочих мест, которое обеспечивается естественным и искусственным освещением согласно СНиП 23-05-095[4].

Город Томск относится к 1 группе административного района. Характеристика зрительной работы средней точности, поэтому разряд зрительной работы принимаем 26, а освещение должно удовлетворять следующим требованиям: обеспечивать равномерность освещения, не вызывать слепящего действия, не образовывать резких теней, быть экономичным.

В качестве искусственного освещения выбираем люминесцентные открытые двухламповые светильники типа ОДО-2-40, удовлетворяющим требованиям взрывопожаробезопасности, а также для работы в пыльных помещениях. В качестве естественного освещения выбираем боковую систему освещения от оконных проемов, коэффициент естественного освещения  $e=1,2$ .

В лаборатории искусственное освещение обеспечивается четырьмя люминесцентными лампами и освещенность  $E = 400$  люкс [4].

Расчет освещенности

Геометрические размеры лаборатории следующие:

Ширина  $A=6$  м;

Длина  $B=5$  м;

Высота  $H=5$  м.

Минимальное освещение:

$E_t=400$  лк.

Коэффициент запаса для помещения с малым выделением пыли при люминесцентных лампах:

$k=1,5$ .

Расчетная освещенность:

$E_p = E_t * k = 400 * 1,5 = 600$  лк.

Свес светильников с потолка:  $h_c=0,2$  м.

Высота рабочей поверхности над полом:  $h_p=3$  м.

Высота подвеса светильников над рабочим местом:  $h=H-h_c-h_p=5-0,2-3=1,8$  м.

Площадь помещения:

$S=A*B=6*5=30$  м<sup>2</sup>.

Удельная мощность:

$w=16$  Вт/м<sup>2</sup>.

Суммарная установленная мощность:

$P=S*w=30*16=480$  Вт.

Мощность одного светильника:

$P_i=80$  Вт.

Количество светильников:  $n=P/P_i=480/80=6$  шт.

Для равномерного общего освещения светильники располагаются в коридорном порядке.

Размеры светильника типа ОД-2-40:

Ширина 266 мм;

Длина 1230 мм;

Высота 156 мм.

Величина светового потока лампы:

$$F=(E*k*S*z)/(np),$$

где  $E=400\text{лк}$  - минимальная освещенность,

$k=1,5$  - коэффициент запаса для люминесцентных ламп,

$S=5*6=30\text{м}^2$  - площадь помещения

$z=0,9$  - коэффициент неравномерности освещения

$i=S/(h(A+B))=30/(5(5+6))=0,54$  - индекс помещения,

$p_n=70\%$  - коэффициент отражения потолка

$p_c=50\%$  - коэффициент отражения стен

$p_l=0,3$  - коэффициент использования светового потока.

$$F=(400*1,5*30*0,9)/(6*0,3)=9000\text{лм}$$

$$F_{\text{ТАБЛ}}=2480\text{лм}$$

$$((F-F_{\text{ТАБЛ}})/F) * 100\% = ((9000-2480)/9000) * 100\% = 72,4\%$$

### План - схема размещения светильников

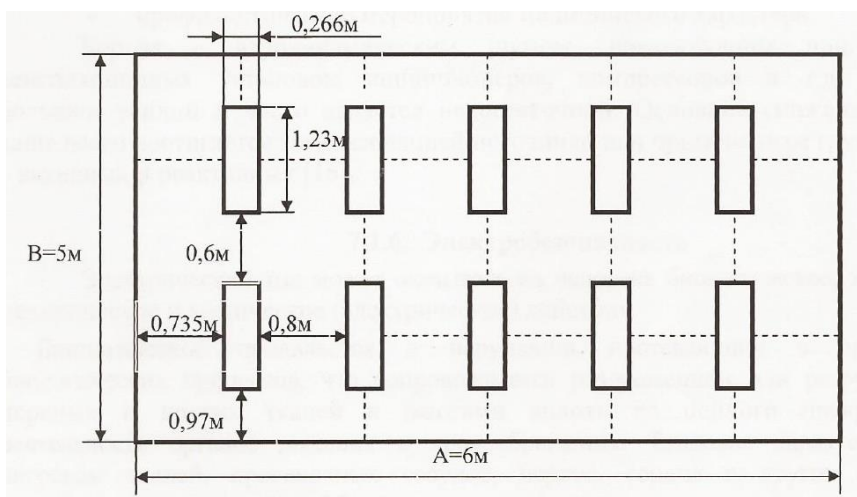


Рисунок 6



## Шумы и вибрации

Шум и вибрация в большей или меньшей степени могут временно активизировать или постоянно подавлять определенные психические процессы организма человека. Физиопатологические последствия могут проявляться в форме нарушения слуха и других анализаторов.

Шум и вибрация не только ухудшают самочувствие человека и снижают производительность труда в среднем на 10-15%, но и очень часто приводят к профессиональным заболеваниям.

Шумы создаются работающими приборами, вентиляторами. В большинстве случаев технически трудно снизить шум до очень малых уровней, поэтому при нормировании исходят не из оптимальных, а из терпимых условий, т.е. таких, когда вредное действие шума на человека не проявляется или проявляется незначительно.

Нормирование допустимых уровней звукового давления производится в соответствии с ГОСТ 12.1.003.-88 [4]. По данному ГОСТу уровень звука в производственных помещениях не должен превышать 85 дБА. [5].

Снижение шума и вибрации можно достичь следующими методами:

- устранение причин шума и вибрации или существенное их ослабление в источнике образования;
- изоляция источников шума и вибрации от окружающей среды средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения;
- применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения;
- архитектурно - планировочные решения, предусматривающие рациональное размещение технологического оборудования, машин, механизмов, акустическая обработка помещений; применение средств индивидуальной защиты;
- профилактические мероприятия медицинского характера.

Борьба с аэродинамическим шумом, возникающим при работе вентиляционных установок, кондиционеров, компрессоров и т.д. требует больших усилий и часто является недостаточной. Основное снижение шума чаще всего достигается звукоизоляцией источника или применением глушителей - активных и реактивных[6].

## Микроклиматические условия

Одним из необходимых условий здорового и высокопроизводительного труда является обеспечение нормальных микроклиматических условий, являющихся важной характеристикой санитарно-гигиенических условий труда. К микроклиматическим условиям на рабочем месте относятся температура воздуха, относительная влажность, скорость движения воздуха. Микроклиматические условия в лаборатории очень часто изменчивы и зависят от метеорологических условий наружной атмосферы, мощности источников тепловыделений в лаборатории, расположения рабочего места, воздухообмена и т.д. Вызываемое метеорологическими условиями тепловое воздействие или воздействие холода может привести к значительным изменениям жизнедеятельности организма человека и вследствие этого к снижению производительности труда, повышению общей заболеваемости работающих. Для исключения вредного влияния микроклиматических факторов на организм человека и создания нормальных условий труда в рабочей зоне параметры воздушной среды должны соответствовать СанПиН 2.2.4.548-96. [3]

Для измерения температуры воздуха в помещении чаще всего применяют ртутные термометры. Поскольку температура воздуха в лаборатории не является постоянной величиной, ее измеряют в нескольких точках в разное время на высоте 1,3... 1,5 м от уровня пола и на расстоянии не менее 1... 1,5 м от приборов и аппаратов, излучающих тепло, а также от наружных стен.

Параметры микроклиматических условий соответствуют СанПиН 2.2.4.548-96 [3].

Температура, влажность и скорость движения воздуха нормированы с учетом сезона года, категории выполняемых физических работ. В процессе производства персонал работает стоя, большинство операций связано с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождается умеренным физическим напряжением, поэтому работа относится как средней тяжести, категории 26. Данные сведены в таблицу 1 .

Табл.3

Допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений

Сезон года	Категория тяжести выполняемых работ	Температура воздуха, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/сек	
		Фактич. значение	Допустим. значение	Фактич. значение	Допустим. значение	Фактич. значение	Допустим. значение
Холодный	26	20	19,1-22,0	53	12-75	0,1	0,2-0,4
Теплый		22	21,1-27	55	15-75	0,2	0,2-0,5

Для обеспечения нормальных метеорологических условий и поддержания теплового равновесия между телом человека и окружающей средой в лаборатории проводится ряд мероприятий, основными из которых являются: обеспечение приточно-вытяжной вентиляцией, системой водяного отопления, которые всегда должны находиться в рабочем состоянии. [2] В нашем помещении существуют действующие вентиляция и водяное отопление, которые позволяют поддерживать необходимую температуру, соответствующую СанПиН 2.2.4.548-96 [3].

## **Вентиляция**

Вентиляция представляет собой организованный воздухообмен, обеспечивающий удаление из помещения воздуха, загрязненного вредными газами, парами, пылью, а также улучшающий метеорологические условия в помещениях. По способу подачи в помещение свежего воздуха и удаления загрязненного системы вентиляции делят на естественную, искусственную (механическую) и смешанную. По назначению вентиляция может быть общеобменной и местной.

На исследуемом участке используется естественная вентиляция помещения (аэрация). Аэрация представляет собой естественную организованную управляемую вентиляцию. Физической основой такой вентиляции является тепловое (теплый воздух, более легкий, чем холодный поднимается вверх, вытекает наружу, в результате чего внизу создается пониженное давление и наружный воздух устремляется внутрь), а также ветровое давление. При аэрации воздухообмен контролируют с помощью фрамуг, расположенных в нижней части здания.

## Электробезопасность

Электрический ток представляет собой опасность, которая не предупреждает о своем присутствии (нет видимых движущихся частей, свечения, запаха, шума), а в случае повреждения электроустановок, в данном случае тарельчатого гранулятора, (нарушения прочности изоляции, отсутствия заземления, неправильного его выполнения, обрыва и т.д.) вокруг места повреждения возникает опасное электрическое поле.

Особенно опасно прикосновение человека к токоведущим частям находящимся под напряжением.

Вследствие теплового воздействия электрического тока при непосредственном прикосновении человека к токоведущим частям и при воздействии электрической дуги возникают внешние местные поражения (ожоги).

Ожоги могут быть поверхностные или глубокие, сопровождающиеся поражением не только кожных покровов, но и подкожной ткани, жира, глуболежащих мышц и кости.

Различают три степени электрических ожогов :

1 Покраснение кожи.

Опасные факторы действия электрического тока

2 Образование пузырей.

3. Обугливание и омертвление кожи.

Раны от ожогов заживают очень долго, а поражение 2/3 поверхности тела может привести к смертельному исходу. Возникают также механические повреждения — разрыв тканей и некоторых внутренних органов, это может быть следствием динамических перенапряжений при прохождении через тело человека электрического тока (практически — тока короткого замыкания) при случайном прикосновении одновременно к двум токоведущим шинам, напряжением выше 1000 В.

Механическое повреждение может быть вызвано падением человека с высоты вследствие испуга при незначительном воздействии силы тока, практически безопасного, если не были выполнены меры безопасности при работе на высоте.

Наибольшую, опасность при всех видах поражения представляет электроудар, когда при прохождении тока через тело человека поражается весь организм в целом, возникают судороги, расстройство дыхания, аритмия работы сердца. Степень опасности силы тока зависит от силы тока, проходящего через организм. Если сила тока, проходящего через организм 1,5 мА (при постоянном напряжении), то в месте контакта с токоведущими частями ощущается зуд и нагрев. Такую силу тока называют порогом ощущения.[7]

Увеличение силы тока до 10 мА при переменном и до 50 мА при постоянном напряжении вызывает у человека сильные боли в пальцах и кистях рук. При такой силе тока человек еще может самостоятельно оторваться от токоведущих частей. Такую силу тока называют условно безопасной.

Дальнейшее увеличение от 10 мА до 100 мА при переменном и от 50 мА до 100 мА при постоянном напряжении вызывает очень сильные боли, руки парализуются, наступает паралич дыхания, самостоятельно оторваться от токоведущих частей невозможно. Сила тока при снижении сопротивления человеческого тела постоянно возрастает и при достижении 100 мА, как при переменном, так и при постоянном напряжении наступает клиническая смерть (отсутствие внешних признаков жизни).[7]

Опасное и вредное воздействие на людей электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей проявляются в виде электротравм и профессиональных заболеваний. Для предотвращения этих и других несчастных случаев необходимо разработать электробезопасность конструкций. [7]

Согласно ПЭУ данная лаборатория относится к помещению без повышенной электроопасности, которое характеризуется отсутствием условий, создающих повышенную и или особую опасность.

Основные способы и средства электрозащиты:

- изоляция токопроводящих частей и ее непрерывный контроль;
- установка оградительных устройств;
- предупредительная сигнализация и блокировки;
- использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов;
- использование малых напряжений;
- электрическое разделение сетей;
- защитное заземление;
- выравнивание потенциалов;
- зануление;
- защитное отключение;
- средства индивидуальной электрозащиты.[11]

## Молниезащита зданий и сооружений

В соответствии с инструкцией РД 34.21.122-87 здания и сооружения подразделяются на три категории по устройству молниезащиты. Категории устанавливаются с учетом классификации зданий и сооружений по классу взрыво- и пожароопасных зон, предусмотренной правилами (ПУЭ); интенсивности грозовой деятельности в районе, сложности молниезащитных устройств, в зависимости от типа зоны молниезащиты и ожидаемого количества молний. Данные по молниезащите приведены в таблице.

Табл.4 Молниезащита зданий и сооружений.

Район расположения предприятия	Среднегодовая продолжительность гроз, ч/год	Вид объекта и класс взрывоопасных зон	Тип зоны защиты	Категория молниезащиты	Тип молниеотвода
Г.Томск	40-60	Учебное заведение	Б	III	Молниепремная сетка, стержневой молниеотвод

## Безопасность в чрезвычайных ситуациях

### Пожарная и взрывная опасность

Лаборатория относится к взрывоопасному помещению категории Д. К категории Д относятся помещения, связанные с обработкой негорючих веществ и материалов в холодном состоянии.

Пожарная безопасность в лаборатории обеспечивается системой предотвращения пожара путем организационных мероприятий и технических средств, обеспечивающих невозможность возникновения пожара, а также системой пожарной защиты, направленной на предотвращение воздействия на людей опасных факторов пожара и ограничения ущерба от него.

Опасными факторами пожара является открытый огонь и искры, повышенная температура воздуха и предметов, пониженная концентрация кислорода в воздухе, обрушение и повреждение зданий, установок, а также взрывы.

Система пожарной защиты предусматривает следующие меры:

- предотвращение распространения пожара за пределы очага;
- применение конструкций производственных объектов с регламентированным пределом их огнестойкости и горючести;
- эвакуацию людей в случае пожара;
- применение средств индивидуальных и коллективных средств защиты от огня;
- применение средств пожарной сигнализации и средств извещения о пожаре;
- организацию пожарной охраны объекта.

На блочном щите управления из средств пожаротушения находятся пенные, порошковые и водные огнетушители.

При работе на участке водоочистки необходимо следить за тем, чтобы вода не попадала на электропроводку и распределительные коробки, так как это может привести к короткому замыканию и пожару.

Все переходы должны быть свободными и иметь, по крайней мере, хотя бы два выхода, не должно быть длинных тупиковых проходов.

Все двери и все ворота для машин должны открываться наружу. Здание иметь оконные перелеты, которые располагаются, как правило, в одной плоскости с внутренней поверхностью стен. В зданиях должны быть предусмотрены вытяжные шахты для дымоудаления.

Для оказания первой помощи в лаборатории всегда должны быть:

1. бинты;
2. гигроскопическая вата;
3. 3%-ый раствор йода;
4. 2%-ый раствор борной кислоты;
5. 2%-ый раствор уксусной кислоты;

## Безопасность при чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации (ЧС) - совокупность таких обстоятельств, которые сопровождаются разрушениями, поражениями людей, изменением экологической обстановки.

К чрезвычайным ситуациям относятся: производственные аварии, стихийные бедствия, военные конфликты.

В условиях ЧС необходимо знать правила поведения во избежание паники и несчастных случаев.

При возникновении аварии необходимо, в первую очередь, отключить все электроприборы и рубильники, в данном случае отключить гранулятор от сети и рубильник.

При возникновении пожара необходимо отключить гранулятор от сети, вентиляцию, убрать огнеопасные предметы в безопасное место, одновременно, по возможности, ликвидировать очаг.

Средства тушения применять с учетом того, что является источником пожара.

Для тушения горячей одежды использовать воду, для горящих электроустановок - углекислые огнетушители, для тушения воспламененных установок, закрепленных штативом - асбестовое одеяло.

Стихийные бедствия - ураганы, наводнения, землетрясения предотвратить нельзя, поэтому, отключив электричество в здании, его необходимо покинуть или спуститься в подвальное помещение (бомбоубежище).

При возникновении военного конфликта нужно эвакуировать из здания людей или спуститься в подвал (бомбоубежища).

Эвакуационные пути - это пути, ведущие к эвакуационным выходам. Наиболее распространенными путями эвакуации являются проходы, коридоры, фойе и лестницы. Самое главное - при любой чрезвычайной ситуации сохранять спокойствие и не забывать отключить электроэнергию и электроприборы. Иначе, это приведет к ещё большим разрушениям.

При поступлении сигнала об угрозе нападения противника все работники лаборатории должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты, после чего должны удалиться в убежище согласно плану эвакуации из помещения [2].



## Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Законодательство РФ об охране труда основывается на Конституции РФ и состоит из федерального закона, других федеральных законов и иных нормативных правовых актов субъектов РФ. Среди них можно выделить федеральный закон “Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний”. Для реализации этих законов приняты Постановления Правительства РФ “О государственном надзоре и контроле за соблюдением законодательства РФ о труде и охране труда”, “О службе охраны труда”, “О Федеральной инспекции труда” и др. [9]

Управление охраной труда осуществляет блок федеральных органов исполнительной власти, руководимый Министерством здравоохранения и социального развития Российской Федерации (Минздравсоцразвития). Оно осуществляет функции государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере здравоохранения и социального развития, социального страхования, условий и охраны труда и т. д.

Функции по контролю и надзору, которые ранее осуществлялись Санэпиднадзором Минздрава России, переданы Федеральной службе по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор).

Федеральная служба по труду и занятости (Роструд) осуществляет функции по надзору и контролю в сфере труда, а также государственный надзор и контроль за соблюдением, в частности, трудового законодательства и нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права; установленного порядка расследования и учета несчастных случаев на производстве.

Федеральное агентство по здравоохранению и социальному развитию (Росздрав) организует деятельность по установлению связи заболевания с профессией, государственной службы медико-социальной экспертизы и др.

Федеральная служба по надзору в сфере здравоохранения и социального развития (Росздравнадзор) осуществляет контроль за порядком организации осуществления медико-социальной экспертизы; порядком установления степени утраты профессиональной трудоспособности в результате несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний и др.

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор) — государственный санитарно-эпидемиологический надзор за соблюдением санитарного законодательства; организует деятельность системы санитарно-эпидемиологической службы РФ.

В федеральном законе “О пожарной безопасности” (1994) определяются общие правовые, экономические и социальные основы обеспечения пожарной безопасности в России, дается регулирование отношений между органами государственной власти, органами местного самоуправления, предприятиями, организациями, крестьянскими хозяйствами и иными юридическими лицами независимо от форм собственности. [10] Федеральный закон “О промышленной безопасности опасных производственных объектов” (1997) определяет правовые, экономические и социальные основы обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов и направлен на предупреждение аварий на опасных производственных объектах и обеспечение готовности организаций к локализации последствий аварий.

Федеральный закон “О радиационной безопасности населения” (1995) характеризует правовые основы обеспечения радиационной безопасности населения в целях охраны его здоровья.

## Список используемой литературы

1. "Свод правил. естественное и искусственное освещение. СП 52.13330.2011" (утв. приказом минрегиона РФ от 27.12.2010 n 783)
2. Бобков А.С., Блинов А.А., Роздин И.А., Хабарова Е.И. Охрана труда и экологическая безопасность в химической промышленности- М.:Химия,1998-400с.
3. СанПин 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».
4. СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».
5. ГОСТ 12.1.003-88 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.
6. Макаров Г.В. Охрана труда в химической промышленности.- М.:Химия,1989-496с.
7. Инструкция по охране труда по электробезопасности.
8. ПРИКАЗ от 18.06.2003/г. Москва/ №314/ Об утверждении норм пожарной безопасности "Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности" (НПБ 105-03)
9. Закон Российской Федерации "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера"
10. Федеральный закон «О пожарной безопасности».
11. Экология и безопасность жизнедеятельности» Под редакцией доктора физ.-мат. наук, чл.-корр. РЭА, профессора Л.А. Муравья.

# ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

## Предпроектный анализ

### Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

**Целевой рынок** – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, **сегмент рынка** – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

**Сегментирование** – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга). Можно применять географический, демографический, поведенческий и иные критерии сегментирования рынка потребителей, возможно применение их комбинаций с использованием таких характеристик, как возраст, пол, национальность, образование, любимые занятия, стиль жизни, социальная принадлежность, профессия, уровень дохода.

В зависимости от категории потребителей (коммерческие организации, физические лица) необходимо использовать соответствующие критерии сегментирования. Например, для коммерческих организаций критериями сегментирования могут быть: месторасположение; отрасль; выпускаемая продукция; размер и др.

Для физических лиц критериями сегментирования могут быть: возраст; пол; национальность; образование; уровень дохода; социальная принадлежность; профессия и др.

В выбранном мной случае сегментами рынка будут являться следующее:

Технологи производства полипропилена;

Котельный цех;

Обслуживающий персонал (аппаратчики дистилляции).

## Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа и т.п.);
- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок;
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, пример которой приведен в табл. 1. Для этого необходимо отобрать не менее трех-четырёх конкурентных товаров и разработок.

Таблица 5

*Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)*

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>
1	2	3	4	6	7
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>					
1. Удобство обслуживания оборудования	0,15	-	5	-	0,75
2. Расход пара в системе	0,3	-	5	-	1,5
3. Безопасность	0,3	-	5	-	1,5
4. Простота эксплуатации	0,2	5	3	1	0,6
5. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,05	-	2	-	0,1
<b>Итого</b>	<b>1</b>				<b>4,45</b>

Т.к. Б<sub>ф</sub> является баллом показателя, когда в технологической схеме еще не внедрён теплообменный аппарат, следовательно, в большинстве случаев этот балл будет равен нулю. Вследствие этого конкурентоспособность в случае «ДО» тоже будет равняться нулю.

## Диаграмма Исикава

Диаграмма причины-следствия Исикавы (Cause-and-Effect-Diagram) - это графический метод анализа и формирования причинно-следственных связей, инструментальное средство для систематического определения причин проблемы и последующего графического представления.

Область применения диаграммы:

- Выявление причин возникновения проблемы;
- Анализ и структурирование процессов на предприятии;
- Оценка причинно-следственных связей.

Общий вид диаграммы Исикавы представлен на рис.3

Построение диаграммы начинают с формулировки проблемной области/темы, которая является объектом анализа и наносится на центральную горизонтальную стрелку диаграммы.

Затем выявляются факторы/группы факторов, влияющие на объект анализа. Часто, для выявления таких факторов используется прием 6М:

- персонал (Manpower);
- оборудование (Machine);
- сырье, материалы, комплектующие (Material);
- технология проведения работ (Method);
- средства измерения и методы контроля (Measurement);
- производственная среда (Media).

Выявленные факторы подводят к стрелкам диаграммы первого уровня.

Далее к каждой стрелке подводят стрелки второго уровня, к которым, в свою очередь, подводят стрелки третьего уровня и т. д. до тех пор, пока на диаграмму не будут нанесены все стрелки, обозначающие факторы, оказывающие заметное влияние на объект анализа. Каждый фактор более низкого уровня будет являться следствием по отношению к причине более высокого уровня.

Степень детализации диаграммы (количество факторов и причинно-следственных уровней) определяет разработчик диаграммы. Наклон и размер стрелок не имеют значения.

Пример причинно-следственной диаграммы представлен на рис.4.

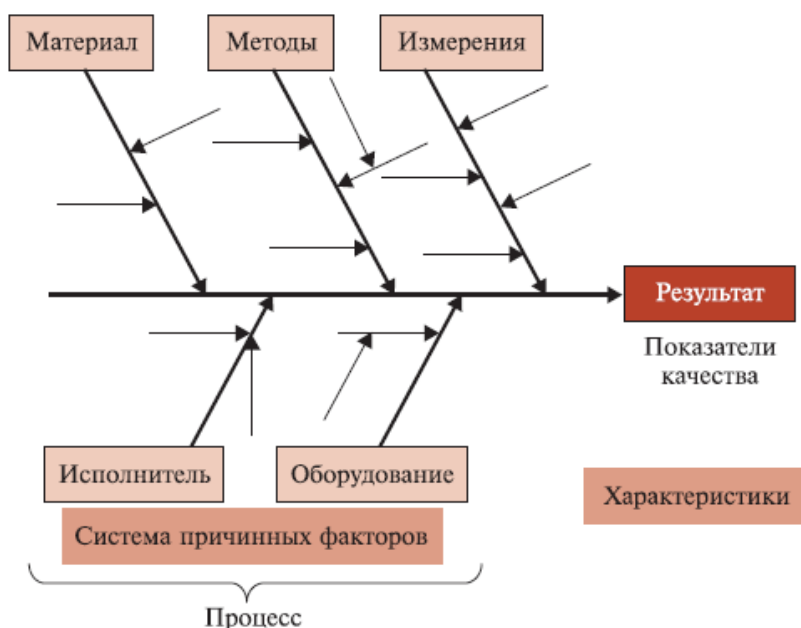
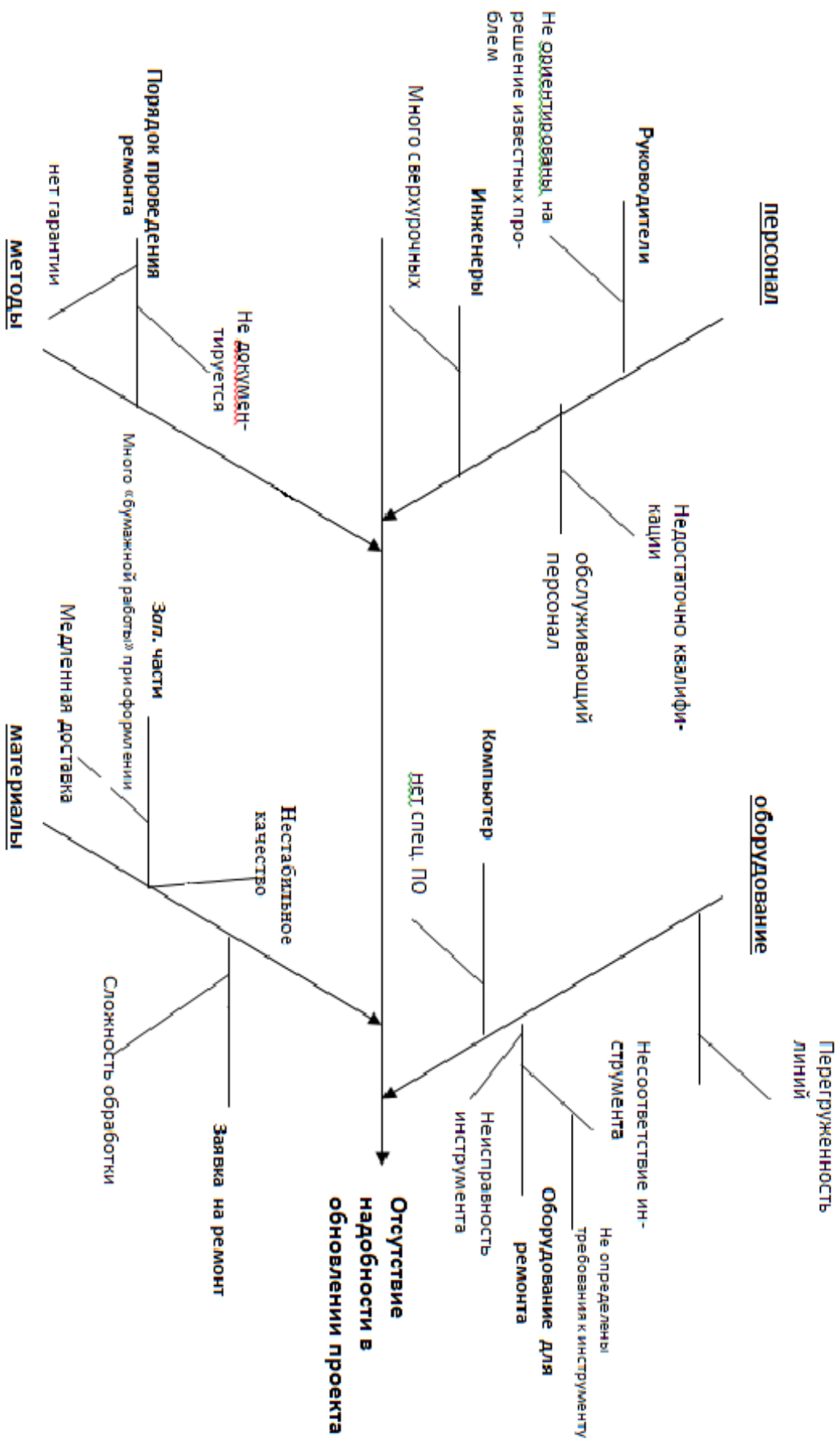


Рисунок 7



## Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта. Перечень вопросов приведен в табл. 2.

Таблица 6

*Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации*

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	5	5
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	4
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	3	3
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	3
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	5	3
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	2
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	2
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	2	2
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	5	5
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	1
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	1	3
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	5	5
	<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	46	45

## Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

При коммерциализации научно-технических разработок продавец (а это, как правило, владелец соответствующих объектов интеллектуальной собственности), преследует вполне определенную цель, которая во многом зависит от того, куда в последующем он намерен направить (использовать, вложить) полученный коммерческий эффект. Это может быть получение средств для продолжения своих научных исследований и разработок (получение финансирования, оборудования, уникальных материалов, других научно-технических разработок и т.д.), одноразовое получение финансовых ресурсов для каких-либо целей или для накопления, обеспечение постоянного притока финансовых средств, а также их различные сочетания.

При этом время продвижения товара на рынок во многом зависит от правильности выбора метода коммерциализации. Задача данного раздела магистерской диссертации – это выбор метода коммерциализации объекта исследования и обоснование его целесообразности. Для того чтобы это сделать необходимо ориентироваться в возможных вариантах.

Выделяют следующие методы коммерциализации научных разработок.

1. *Торговля патентными лицензиями*, т.е. передача третьим лицам права использования объектов интеллектуальной собственности на лицензионной основе. При этом в патентном законодательстве выделяющие виды лицензий: исключительные (простые), исключительные, полные лицензии, сублицензии, опционы.

2. *Передача ноу-хау*, т.е. предоставление владельцем ноу-хау возможности его использовать другим лицом, осуществляемое путем раскрытия ноу-хау.

3. *Инжиниринг* как самостоятельный вид коммерческих операций предполагает предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием, строительством и вводом объекта в эксплуатацию, с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика, усовершенствованием имеющихся производственных процессов вплоть до внедрения изделия в производство и даже сбыта продукции.

4. *Франчайзинг*, т.е. передача или переуступка (на коммерческих условиях) разрешения продавать чьи-либо товары или оказывать услуги в некоторых областях.

5. *Организация собственного предприятия*.

6. *Передача интеллектуальной собственности* в уставной капитал предприятия.

7. *Организация совместного предприятия*, т.е. объединение двух и более лиц для организации предприятия.

8. *Организация совместных предприятий*, работающих по схеме «российское производство – зарубежное распространение».

Проанализировав перечисленные методы коммерциализации, мною был выбран метод «Передачи ноу-хау», т. к. в работе будет рассчитываться теплообменный аппарат, для внедрения последнего в технологическую схему производства с целью экономии энергозатрат подрядной организации, и стабилизации работы последующего оборудования в технологической схеме.



## Инициация проекта

Заинтересованные стороны проекта

Таблица 7

<b>Заинтересованные стороны проекта</b>	<b>Ожидания заинтересованных сторон</b>
<b>Технологи производства</b>	<b>Изменение энергозатрат</b>
<b>Котельный цех</b>	<b>Изменение энергозатрат</b>
<b>Обслуживающий персонал</b>	<b>Простота обслуживания</b>

## Цели и результат проекта

Таблица 8

<b>Цели проекта:</b>	Внедрение оборудования в технологическую схему с целью уменьшения энергозатрат
<b>Ожидаемые результаты проекта:</b>	Простота обслуживания, изменение энергозатрат котельного цеха
<b>Критерии приемки результата проекта:</b>	Уменьшение энергозатрат котельного цеха
<b>Требования к результату проекта:</b>	<b>Требование:</b>
	Простота обслуживания
	Простота установки оборудования
	Возможность использования вторичного пара
	Уменьшение расходов котельного цеха

Рабочая группа проекта

Таблица 9

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо- затраты, час.
1	Найденов В.А.Магистрант	Исполняющий работу по проекту	расчет основных параметров	150
2	Тихонов Н.В.	Руководитель проекта	Координирует деятельность участников проекта	20
3	Житин В.И.	Заказчик проекта	Формулировка целей проекта и его ограничения	10
		Эксперт проекта	Обладает специальными знаниями и опытом	
<b>ИТОГО:</b>				<b>180</b>

Ограничения проекта

Таблица 10

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	<b>50000 руб.</b>
3.2. Сроки проекта:	<b>13.09.17-15.06.18</b>
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	<b>10.11.17</b>
3.2.2. Дата завершения проекта	<b>1.06.18</b>

## Планирование управления научно-техническим проектом

### Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта.



### Контрольные события проекта

В рамках данного раздела необходимо определить ключевые события проекта, определить их даты и результаты, которые должны быть получены по состоянию на эти даты. Эту информацию необходимо свести в таблицу (табл. 7).

Таблица 11

Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1	Планирование	15.09.17	План работ и набор вопросов для расчета проекта
2	Сбор информации	10.11.17	Паспорт имеющегося оборудования, с целью подбора исходных данных для расчетов.
3	Совещание с технологами производства	20.01.18	Формулировка целей, которые будут преследоваться на протяжении всего проекта.
4	Расчет ВКР	20.02.18	Черновой вариант ВКР
5	Совещание с руководителем ВКР с целью доработки проекта	15.05.18	Конечный вариант ВКР

## План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный график проекта.

Линейный график представляется в виде таблицы.

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится в виде табл. 8 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени выполнения научного проекта. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

№ п/ п	Вид работ	Исполнитель и	Т. дн	Продолжительность выполнения работ																															
				сентябрь		октябрь			ноябрь			декабрь			январь			февраль			март			апрель			май			июнь					
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2				
1	Планирование	Руководитель Инженер (дипломник)	60	■																															
2	Сбор информации	Инженер (дипломник)	70							■																									
3	Совещание с технологами производства	Инженер (дипломник) Технолог	30														■																		
4	Расчет ВКР	Руководитель Инженер (дипломник)	90															■																	
5	Совещание с руководителем ВКР с целью доработки проекта	Руководитель Инженер (дипломник)	30																									■							

инженер  
(дипломник) ■

технолог ■

руководитель ■

Таблица 12

## **Бюджет научного исследования**

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям, представленным в таблице (табл. 9).

### ***Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов)***

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. Количество потребных материальных ценностей определяется по нормам расхода.

Группировка затрат по статьям

Таблица 12

Вид работ	Статьи									
	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Научные и производственные командировки	Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями	Прочие прямые расходы	Накладные расходы	Итого плановая себестоимость
Планирование	Канцелярские принадлежности	Спец. Оборудованная аудитория	15000		27100	-	-	7000	12000	61100
Сбор информации	Канцелярские принадлежности	электричество	15000		27100	-	-	3000	12000	57100
Совещание с технологами	Канцелярские принадлежности	транспорт	15000		27100	-	-	-	12000	54100
Расчет ВКР	Канцелярские принадлежности	электричество	15000		27100	-	-	7000	12000	61100

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3 – 5 % от цены). В эту же статью включаются затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности, тиражирование материалов). Результаты по данной статье заносятся в табл. 10.

Таблица 13

*Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные  
полуфабрикаты*

Наименование	Марка, размер	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Ручка пилот	пилот	20	50	1000
бумага	Снегурочка	3 упаковки	120	360
карандаш	Конструктор	20	30	600
линейка	Стамм	100	3	300
ластик	пилот	5	30	150
Всего за материалы				2410
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				120
Итого по статье $C_m$				2530

**Основная заработная плата**

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы (размер определяется Положением об оплате труда). Расчет основной заработной платы сводится в табл. 11.

Таблица 14

*Расчет основной заработной платы*

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудо-емкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.
1	планирование	Дипломник, руководитель	60	175	10500
			60	300	18000
2	Сбор информации	Дипломник	70	175	12250
3	Совещание с технологами	Дипломник технолог	30	175	5250
			30	400	12000
4	Расчет ВКР	Дипломник руководитель	90	175	15750
			40	300	12000
					Итого:85750



*Баланс рабочего времени*

Таблица 15

<b>Показатели рабочего времени</b>	<b>Руководитель</b>	<b>Инженер</b>	<b>Дипломник</b>
Календарное число дней	20	10	280
Количество нерабочих дней	6	4	60
- выходные дни			
- праздничные дни			
Потери рабочего времени	0	0	20
- отпуск			
- невыходы по болезни			
Действительный годовой фонд рабочего времени	14	6	200

*Расчёт основной заработной платы*

Таблица 16

Исполнители	Зб, руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	Зм, руб	Здн, руб.	Тр, раб. дн.	Зосн, руб.
Руководитель	19500	0,2	0	1,3	5070	3766	20	75325
Инженер	25000	0,2	0,3	1,3	16250	28166	10	281660
Дипломник	2400	0,2	0	1,3	624	32	280	8960

## План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта. Пример плана управления коммуникациями приведен в табл. 14.

Таблица 17

*Пример плана управления коммуникациями*

<b>№ п/п</b>	<b>Какая информация передается</b>	<b>Кто передает информацию</b>	<b>Кому передается информация</b>	<b>Когда передает информацию</b>
1.	Статус проекта	Руководитель проекта	Представителю заказчика	Ежеквартально (первая декада квартала)
2.	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Исполнитель проекта	Участникам проекта	Еженедельно (пятница)
3.	Документы и информация по проекту	Ответственное лицо по направлению	Руководителю проекта	Не позже сроков графиков и к. точек
4.	О выполнении контрольной точки	Исполнитель проекта	Руководителю проекта	Не позже дня контрольного события по плану управления

## **Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.**

Эффективность научного ресурсосберегающего проекта включает в себя социальную эффективность, экономическую и бюджетную эффективность. Показатели общественной эффективности учитывают социально-экономические последствия осуществления инвестиционного проекта как для общества в целом, в том числе непосредственные результаты и затраты проекта, так и затраты и результаты в смежных секторах экономики, экологические, социальные и иные внеэкономические эффекты.

Показатели экономической эффективности проекта учитывают финансовые последствия его осуществления для предприятия, реализующего данный проект. В этом случае показатели эффективности проекта в целом характеризуют с экономической точки зрения технические, технологические и организационные проектные решения.

Бюджетная эффективность характеризуется участием государства в проекте с точки зрения расходов и доходов бюджетов всех уровней.

Кроме выше перечисленных видов эффективности можно выделить ресурсный эффект (характеризуется показателями, отражающими влияние инновации на объем производства и потребления того или иного вида ресурса), научно-технический (оценивается показателями новизны и полезности) и др.

## Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (табл. 15). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}}$$

где  $I_{\phi}^p$  - интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\max}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в разгах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p$$

где  $I_m$  – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;  $a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го параметра;

$b_i^a$ ,  $b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы, пример которой приведен ниже.

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ ПО	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1
1. Удобство обслуживания оборудования	0,15	5	5
2. Расход пара в системе	0,3	5	4
3. Безопасность	0,3	5	4
4. Простота эксплуатации	0,2	3	4
5. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,05	2	2
ИТОГО	1	20	19

$$I_m^p = 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,3 + 3 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,05 = 4,75$$

$$I_m^a = 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,05 = 4,05$$

$$I_\phi^p = \frac{20}{20} = 1 \quad I_\phi^a = \frac{19}{20} = 0,95$$

**Интегральный показатель эффективности разработки ( $I_{финр}^p$ ) и аналога ( $I_{финр}^a$ )** определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя.

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^a} \quad I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p} \quad I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_\phi^a}$$

$$I_{финр}^p = \frac{4,75}{1} = 4,75 \quad I_{финр}^a = \frac{4,05}{0,95} = 4,26$$

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{4,75}{4,26} = 1,11$$

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ.**

В результате проделанной работы были проведены технологический, целью которого явилось определение поверхности теплообмена, а также подбор штуцеров.

Конструктивно-механический расчет, где была рассчитана прочность цилиндрической обечайки и эллиптического днища, был произведен расчет укрепления отверстий, выяснили, что укрепление отверстий не требуется, была проведена проверка фланцевых соединений на прочность и герметичность и подобраны опоры.

Выбрана и рассчитана изоляция теплообменника. Произведен гидравлический расчет данного теплообменника. Рассчитана масса аппарата.

По расчетам был построен чертеж

## СПИСОК ИСПОЛЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. - Лю: Химия, 1987. - 576 с..
2. А.Г. Касаткин. Основные процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. -10-е изд. Стрелитипное, доработанное. – М.: ООО ТИД «АльЯнс», 2004. – 753с.
3. ГОСТ 15120-79. Холодильники кожухотрубчатые с неподвижными трубными решётками и кожухотрубчатые с температурным компенсатором на кожухе. Основные параметры и размеры.
4. Семакина О.К. Машины и аппараты химических производств. Учеб. Пособие. Часть 1 /Том. политехн. ун-т. – Томск, 2003. – 118 с.
5. А. А. Лацинский, А. Р. Толчинский. Основы конструирования и расчет химической аппаратуры. Л., «Машиностроение», 1970г., 752с.1.
6. ГОСТ 8732-78. Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Сортамент.
7. ГОСТ Р 52857.1-2007 Общие требования.
8. В.М.Беляев, В.М.Миронов В. В. Тихонов. Конструирование и расчёт элементов оборудования отрасли. Часть I. Аппараты с механическими перемешивающими. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 95 с.
9. ГОСТ 31842-2012. Теплообменники кожухотрубчатые. Технические требования.
10. ГОСТ Р 52857.2-2007. Расчет обечаек и днищ.
11. ГОСТ 28759.2-90 Фланцы сосудов и аппаратов стальные плоские приварные.
12. ГОСТ Р 52857.4-2007 Расчет фланцевых соединений.
13. ГОСТ Р 52857.3-2007. Укрепление отверстий.
14. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию/ Г. С. Борисов, В. П. Брыков, Ю. И. Дытнерский и др. Под ред. Ю. И. Дытнерского, 2-е изд., перераб. и дополн. - М.:Химия, 1991. — 496 с.
15. ГОСТ 15118-79. Аппараты теплообменные с неподвижными трубными решётками и кожухотрубчатые с температурным компенсатором на кожухе.
16. ГОСТ 52857.7-2007. Теплообменные аппараты. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчёта на прочность.
- 17.ГОСТ 52857.7-2007. Теплообменные аппараты. Сосуды и аппараты. Расчёт на прочность при малоцикловых нагрузках.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «АНГЛИЙСКАЯ ЧАСТЬ»

**Description of the technological scheme and approach to the  
problem proceeding from the working instruction.**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4КМ61	Найденову Вячеславу Александровичу

<b>Школа</b>	ИШНПТ	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	НОЦ им. Н.М. Кижнера
<b>Уровень образования</b>	магистратура	<b>Направление/специальность</b>	18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологи

Руководитель

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Тихонов Николай Викторович	к.т.н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Игна Ольга Николаевна	д.п.н.		



## **Description of the technological scheme and approach to the problem proceeding from the working instruction.**

### **Purpose of the distillation unit.**

#### **The unit for solvent recovery and regeneration.**

The node is designed for:

- a) the release of atactic polypropylene dissolved in the nephrase coming from the housing 101.
- b) regeneration of solvents for the purpose of excretion of nefras .
- c) heating of the heat carrier - diathermic oil, used to create the necessary temperature at the recovery and granulation units.

The site includes:

- columns C201, C202;
- capacities D201, D213, D214, D215, D216, D219, D224, D231, D234, D235, D256;
- heat exchangers E201, E202, E203, E204, E205, E210D, E209A, E209B, E209S, E210A, E210B, E210S, E212, E213;
- Pumps : G202, G202S, G203, G203S, G215, G215S, G217, G218, G219, G220, G222, G222S, G228, G228S, G256, G230, G230S.
- diathermic oil heating stove pos. B201;
- filters: P207, P207S, P206, P206S.
- pipelines and communications linking the above equipment with shut-off valves, safety devices and instrumentation, and also the area on which the equipment is located.

#### **Regeneration of solvents.**

#### **Cleaning nefras from oligomers.**

Nefresa pairs , unreacted propylene, high-boiling oligomers from separator D234 enter the rectification column C201. Temperature

(100-150) ° C are controlled by the CPU.

In column C201, the separation of the nephrase from the oligomers occurs . Nefras vapor is removed through the top of the column. From the column of the column, a solution of heavy impurities (oligomers, GGF), aluminum salts ( Al <sup>3+</sup> ), TEA residues and pyrophoric compounds

Column C201 in height of 24,6 m has 26 sieve trays, is equipped with a boiler E205 and double spring safety valves, the boiler E205 is equipped with a spring safety valve,  $p_{set} = 0.25$  MPa. The supply conduits column C201 equipped with fireproof performance interblock valves NO (normally closed). When closing the valve, it prohibits the start of dynamic equipment.

The column cube is heated by a steam of an average of 2.3 MPa or a low pressure of 0.45 MPa, which is supplied to the annular space of the boiler E205. The steam flow rate not more than 3000 kg / h is maintained by the automatic control circuit, with correction in the level in the cube of column C201. When the flow rate drops to 0 kg / h, a warning light and sound alarm is triggered on the CPU. The control valve is installed on the steam supply line to the boiler E205. On the CPU, a light signal is provided for the closed position of the valve.

The level in the column cube (20-80)% is maintained by the contour of the cascade automatic control F CVSA 3802 by the steam flow to the boiler E205. The level in the cube is controlled: in place (position L3803G1-2) and on the CPU. A warning light and sound alarm is triggered on the CPU with an increase in the level of more than 80 % pos . LRCAH 3802 and at a level lower than 20% pos. LRCAL 3802

From the cube of column C201 a solution of heavy impurities (oligomers, GGF) in the nephras plunger metering pump G228 (G228S) Performance (0.03-0.25) m<sup>3</sup> / h, through the basket filters P206 (R206S) and refrigerator "pipe in pipe" N3800 cooled water is directed into the container D645 (housing 117) and then to the burning in the furnace B640. Produced oligomers periodic pumping of column C201 cube container D 206. Or there pumping oligomers in stripper D 213. At the CPU provides light alarm operation G228 pumps, G228S

The temperature in the column is controlled by the CPU

top - (90 - 115) ° C pos. T R 3808

cube - (105 - 120) ° C pos. T R 3805

The pressure in the column is controlled:

Pos. PI 3801 (cube of the column) (no more than 50 kPa) - in place

Pos. P RS 3801 (top of the column) ( no more than 36 kPa) - on the CPU.

When the vapor pressure in the upper part of the column decreases to minus 0.5 kPa, a light and sound alarm is triggered on the CPU and a cut-off valve is opened at the nitrogen supply line to protect the column from the vacuum. When the pressure is increased to 1 kPa, the valve closes. On the CPU, a light signal is provided for the extreme positions of the valve.

The differential pressure between the cube and the top of the column is not more than 22 kPa is controlled by the CPU on the circuit. When the difference is increased to 22 kPa, a warning light and sound alarm is triggered on the CPU.

The vapors coming from the top of column C201 are condensed in a water-cooled heat exchanger E213. The water flow rate (90 000 - 700 000) kg / h is controlled by the CPU on the circuit. When the flow rate is reduced to 82,000 kg / h, a light and sound alarm is triggered. After 10 seconds, the detachment node of the atactic polypropylene stops (the protection algorithm is activated: the valves

on the supply line to the devices D213, D214, D215 are closed, the pump G208 (G208S) is stopped, the valve on the hot diathermic oil supply line closes to the heat exchanger E210A (E210B, E210S), and the column C201 stops (the protection algorithm is activated: the valve closes on the steam supply line to the boiler E205, the valve on the pipeline of the column C201 is closed, the valve opens on the recirculation pipeline from G222 (G222S) to D224, valve FCVSA 3808 is closed on the supply line to the C202 column).

Water is sprayed into the head of the heat exchanger E213.

The condensate of vapors of nefras and water from the heat exchanger E213 is collected in the tank D224. Temperature of the condensate at the inlet to D224 of not more than  $50^{\circ}\text{C}$  is monitored at the CPU. In addition to the vapor condensate from the column C201, water from the bottom of the tanks D201, D235 enters the tank D224.

Column C201, heat exchangers E205, E213, plunger metering pump G 228 ( G 228 S ) are included in the technological block number 17. On the boundaries of the block there is an interlock shut-off fittings with remote control, used for PMLA.

In the tank D 224, the condensate is stratified into the aqueous and organic phases. Water phase with a pump G 230 ( G 230 S ) with a capacity of  $25\text{ m}^3/\text{h}$ , is fed to the head of the heat exchanger E213. The organic phase is supplied by the centrifugal pump G 222 ( G 222 S ) with a capacity of  $140\text{ m}^3/\text{hr}$  to the column C201 and the power supply to the C202 column. To ensure fire and explosion safety when pumping the suspension, the pumps G 222 ( G 222 S ) are equipped with a double face seal type Apilayt- RDU-05 with a CO-3 strapping system. The piping system - a thermosiphon tank with control and automation means - is designed to reduce the temperature of the shutter liquid of a two-stage mechanical seal, as liquid liquid is used as a liquid. The shutter liquid is cooled by natural convection by circulation of circulating water through the coil built into the thermosiphon tank. Return water is supplied from the collector through a strainer /

The container D 224 is a cylindrical vessel with a capacity of  $50\text{ m}^3$ . The container is equipped with a spring safety valve ( $P_{\text{ver}} = 0,2\text{ MPa}$ ). When the pressure is raised to 90 kPa, a light and sound alarm is triggered on the CPU. After 20 seconds, the atactic polypropylene separation unit and the C201 column are stopped.

Propylene pair nefras D from tank 224 are fed into the manifold through the blow-offs E212 exchanger cooled with water. In the heat exchanger E212, the vapor is further condensed. The condensate enters into the tank D 224. The temperature at the outlet E212 (no more than  $60^{\circ}\text{C}$ ) is controlled in place.

The level of the water phase in D 224 (no more than 30%) is maintained by the control loop in the irrigation line at E213, the surpluses merge into KZK. On the CPU, a warning light and sound alarm is triggered when the level falls below 20% and when the level is raised more than 80%.

Irrigation consumption E213 (2000-25 000) kg / h, controlled by the CPU . At the suction of the pump G 230 ( G 230 S ) a glass filter is installed . Pressure on the injection of pumps to 0.35 MPa is controlled in situ. The end seal of pumps is supplied with a dem . water. Expense of dem. water (0-2500 kg / h) is controlled in situ . The operation of the pump G 230 ( G 230 S ) is monitored on the CPU by light signaling. To exclude the possibility of starting the pump on a

closed or inoperative valve, the level indicator LZA G 230, LZA G 230 S. If the level in the suction line decreases, the pump is shut down, and it is not possible to start the pump if there is no liquid in the pipeline of the pump G 230 ( G 230 S ) - less than 85% D ext . and the bearing temperature is more than 75 ° C.

The level of the organic phase (45-80)% is maintained by a cascade of automatic control. The level is controlled: locally, on the CPU. A warning light and sound alarm is triggered on the CPU:

- when the level is less than 40
- with an increase in the level of more than 80%

If the level is raised further to 90 %, a light and sound alarm triggers on the CPU, the atactic polypropylene separation unit stops: the valve closes on the steam supply line to the boiler E205 and the valve closes on the supply line to the column C202.

The pump G 222 ( G 222 S ) pumps the recirculation line to the tank D 224 via the HSA 3800 valve , which opens when the valve is closed. The discharge pressure of the pump G 222 ( G 222 S ) to 0.6 MPa is controlled in situ . The pump is monitored by a light alarm on the CPU . At the pump sump G 222 ( G 222 S ), cone filters are installed.

The irrigation rate in the column C201 (3000-25000) kg / h is regulated by the automatic control circuit. The control valve is located on the irrigation line in the column. When the flow rate is reduced to 2800 kg / h, a light and sound alarm is triggered on the CPU. After 10 seconds, the atactic polypropylene separation unit stops, the valve closes on the steam supply line to the boiler E205, the valve on the recirculation line from the pump G 222 ( G 222 S ) opens into the tank D 224, the valve closes on the supply line to the column C202.

Reflux temperature of C201, not more than 65 ° C, is registered in the CPU (pos. TIR 3809).

## **Cleaning of the nephrase from water in the column C202.**

The distillation column C202 is cleaned petroleum ether from water, which are removed as azeotropic mixture via the top of the column. From the cube of the column selected nefras polymerization purity with mass fraction of water not more than 0,002%.

The organic phase from the tank D224 by pump G222 (G222S) through the tank D235 is fed to the power supply of the column C202. Power consumption in column C202 (no more than 50 000 kg / h) is supported by the automatic control circuit, with correction for the level of the organic phase in the tank D224. The control valve is installed on the supply line to the C202 column. Via a three-way valve controlled remotely from the CPU, a transfer of power from the column C202 to the tank D205, D220 is provided. The CPU is equipped with a light alarm for the extreme positions of the valve H SA 3801, and the closed position of the valve.

When received with abnormal analytical water monitoring, the nefras from the tanks D209-D211 can be supplied with pumps G212 or G211 to the column C202 through the valve. The flow rate (not more than 50,000 kg / h) is maintained by the control loop through the non-standard supply pipeline.