

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

Институт Электронного обучения
Направление Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,
нефтехимии и биотехнологии
Кафедра Общей химии и химической технологии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема проекта
Разработка основного оборудования установки растворения оксидов урана

УДК 661.879.1.067.5-047.74

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2К11	Денисевич Роман Владимирович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Балмашнов М.А.	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечина А.А.	к.х.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Чулков Н.А.	к.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тихонов В.В.	к.т.н., доцент		

Томск – 2016 г.

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

Институт Электронного обучения

Направление Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,
нефтехимии и биотехнологии

Кафедра Общей химии и химической технологии

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) Тихонов В.В.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-2К11	Денисевич Роману Владимировичу

Тема работы:

Разработка основного оборудования установки растворения оксидов урана

Утверждена приказом директора (дата, номер)

25.04.2016г. № 3106/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

01.07.2016

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.).

Центрифуга осадительная, горизонтальная непрерывного действия. Используется для разделения суспензий высокой и средней дисперсности при обработке продуктов, требующих изоляции от внешней среды. Производительность – 2300 кг/ч. Содержание твердой фазы в исходной суспензии x_m - 5 % мас. Конечная влажность- 15 % мас.. Наименьший диаметр частиц-1 мкм Плотность твердой фазы-3500 кг/м³ Плотность жидкой фазы-1600 кг/м³

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Введение 1 Литературный обзор 2 Аппаратурно-технологическая схема установки переработки природного урана 3 Расчет нестандартного оборудования 3.1 Расчёт и конструирование центрифуги 4 Социальная ответственность 5 Экономический раздел Заключение Литература Спецификация
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Лист 1 Аппаратурно-технологическая схема Лист 2-3 Общий вид и выносные элементы центрифуги Лист 4 Общий вид и выносные элементы ротора Лист 5 Технико-экономические показатели
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент, кандидат химических наук Сечина Ася Александровна
Социальная ответственность	Доцент, кандидат технических наук Чулков Николай Александрович

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	04.04.2016
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Балмашнов Михаил Александрович	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2К11	Денисевич Роман Владимирович		

АНОТАЦИЯ

Данный дипломный проект посвящен разработке технологического процесса.

Проведен аналитический обзор литературы по данной тематике. Дан анализ физико-механических характеристик веществ, участвующих в технологическом процессе.

Разработана аппаратурно-технологическая схема установки растворения оксидов урана.

В достаточном объеме выполнены расчеты центрифуги.

Рассмотрены вопросы безопасности и экологичности проекта.

Произведен расчет затрат на ремонт и техническое обслуживание установки, численности ремонтного персонала, а также проведено планирование капитального ремонта центрифуги сетевым методом.

Сделаны выводы по проделанной работе.

ANNOTATION

The given degree project is devoted to development of technological process.

The state-of-the-art review of the literature on the given subjects is carried out. The analysis of physicommechanical characteristics of the substances participating in technological process is given.

The hardware - technological circuit of installation of dissolution oxides of uranium is developed.

In sufficient volume calculations centrifuges are executed.

Safety issues and ecological compatibility of the project are considered.

Calculation of expenses for repair and maintenance service of installation, number of the repair personnel is made, and also planning major overhaul of a centrifuge by a network method is carried out.

Conclusions on the done work are made.

Оглавление

АНОТАЦИЯ	4
ВВЕДЕНИЕ.....	9
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	10
1.1 Уранилнитраты и их характеристики	10
1.2 Технологическая характеристика уранилнитратов	11
1.3 Аффинаж природного урана	12
1.4 Стадия растворения уранилнитрата при его аффинаже	14
1.5 Способы разделения суспензий.....	15
2. АППАРАТУРНО – ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА УСТАНОВКИ ПЕРЕРАБОТКИ ПРИРОДНОГО УРАНА.....	20
2.1 Общие сведения	20
2.2 Описание аппаратурно-технологической схемы	20
2.3 Выбор контрольно-измерительной аппаратуры	22
2.3.1 Технологический контроль	22
2.3.2 Сигнализация и блокировка	24
2.4 Состав применяемого оборудования	24
2.5 Подбор стандартного оборудования	25
3. РАСЧЁТ НЕСТАНДАРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	26
3.1 Расчет и конструирование центрифуги	26
3.1.1 Данные для расчета	26
3.1.2 Техническое описание. Назначение	26
3.1.3 Материальный баланс	27
3.1.4 Конструктивный расчет	28
3.1.5 Энергетический расчет.....	31
3.1.6 Расчет конструктивных элементов центрифуги на прочность ...	34
3.1.6.1 Расчет вала ротора	34
3.1.6.2 Подбор и расчет долговечности подшипника для опор вала ротора.....	38
3.1.6.3 Расчет диаметра вала шнека	39
3.1.6.4 Расчет спирали шнека на прочность.....	41
3.1.6.5 Расчет ротора центрифуги на прочность.....	42
3.1.6.6 Проверочный расчет шпоночных соединений.....	56

4. Социальная ответственность	60
4.1 Характеристика технологического процесса	60
4.2 Производственная безопасность	61
4.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов	61
4.3 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния на работающих	62
4.3.1. Состояние воздушной среды	62
4.4 Радиационная безопасность	64
4.5. Освещенность	66
4.6. Шумы	67
4.7 Электробезопасность.....	68
4.8. Экологическая безопасность	70
4.9. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	73
4.9.1. Пожаровзрывобезопасность	74
4.9.2. Безопасность при чрезвычайных антропогенных и природных ситуациях	75
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	80
5.1. Потенциальные потребители.....	80
5.2. SWOT-анализ.....	80
5.3. Анализ эффективности действующего производства	89
5.4. Расчет себестоимости готовой продукции по действующему производству.....	90
5.5. Рассчитаем заработную плату производственных рабочих.....	94
5.6. Рассчитаем заработную плату ремонтных рабочих.	94
5.7. Рассчитаем заработную плату ИТР:.....	94
5.8. Рассчитаем заработную плату МОП:	95
5.9. Расчет годовой потребности в сырье и материалах	96
5.10. Расчет амортизационных отчислений	97
5.11. Анализ безубыточности по действующему производству	101
5.12. Расчет себестоимости готовой продукции по плановому производству.	101
5.13. Определение технико-экономических показателей	104
Вывод	106

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	107
ЛИТЕРАТУРА.....	109

ВВЕДЕНИЕ

Уран, в течение всего XIX и первой половины XX века почти не привлекавший к себе внимание ученых, в последнее время приобрел исключительно важное значение в связи с проблемой получения и использования атомной энергии. Использование урана в атомной энергетике основано на его специфических свойствах – радиоактивном распаде и способности расщепляться под действием нейтронов с выделением большого количества энергии.

Природный уран представляет собой смесь трех изотопов: ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U . Относительное содержание этих изотопов в природном уране составляет:

^{234}U -0,0057%, ^{235}U -0,7204%, ^{238}U -99,2739%.

Из этих изотопов лишь ^{235}U является ядерным топливом. В природной смеси, где много ^{238}U и мало ^{235}U , количество выделяемых нейтронов мало, и цепная реакция не всегда возможна. Увеличение мощности потока нейтронов достигают обогащением смеси легким изотопом ^{235}U . Для этого разработано несколько эффективных способов.

В качестве ядерного горючего необходимы соединения урана ядерной чистоты, что достигается операцией аффинажа. В результате аффинажа уран получают в виде одного из таких соединений, как уранилнитрат, диуранат аммония, пероксид урана, уранилтрикарбонат аммония.

На СХК существует технология переработки природного урана в гексафторид урана энергетической кондиции. Одним из этапов этой переработки является экстракционный аффинаж раствора уранилнитрата, полученного путем растворения концентрата оксидов урана сложного состава, поступающего с горно-обогатительных фабрик, в азотной кислоте.

Целью настоящей дипломной работы является разработка технологии и конструирование аппаратного оформления установки растворения оксидов урана с получением раствора уранилнитрата, предназначенного для дальнейшего аффинажа.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Уранилнитраты и их характеристики

Уранилнитраты UO_3 , UO_2 и U_3O_8 – важнейшие промежуточные продукты уранового производства при получении фторидов урана и металлического урана.

Система «уран – кислород» представляет собой одну из самых сложных двойных систем. Наиболее используемые в производстве – диоксид UO_2 , октооксида триурана U_3O_8 , эти оксиды известны уже более ста лет.

Диоксид урана не реагирует с водой и ее парами до 300°C , нерастворим в соляной кислоте, но растворим в азотной кислоте, царской водке и смеси HNO_3 и HF . При растворении в азотной кислоте происходит образование уранил-ионов UO_2^{2+} . Известен один кристаллогидрат диоксида урана $\text{UO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – черный осадок, выпадающий при гидролизе растворов урана (IV). Диоксид урана входит в состав уранового минерала уранинита.

Октооксид триурана образуется при окислении на воздухе диоксида урана и при прокаливании на воздухе до красного каления ($650\text{--}900^\circ\text{C}$) любого оксида урана, гидрата оксида или соли урана и летучего основания или кислоты.

Оксид U_3O_8 рассматривают иногда как $\text{UO}_2 \cdot 2\text{UO}_3$ на основании того, что при растворении его в растворе присутствуют U^{4+} и 2UO_2^{2+} . Однако доказано, что все атомы урана в U_3O_8 структурно эквивалентны и несут равный средний положительный заряд $2\frac{2}{3}$.

Октооксид триурана нерастворим в воде и разбавленных кислотах, но медленно растворяется в концентрированных минеральных кислотах с образованием смеси солей урана и уранила. В HCl и H_2SO_4 образуется смесь урана в степенях окисления четыре и шесть, а в HNO_3 – только уранил-ион. При неполном растворении U_3O_8 в серной кислоте образуется U_2O_5 , который не получается при восстановлении оксидов урана водородом при нагревании.

Закись-окись имеет гидрат $U_3O_8 \cdot xH_2O$, который не кристаллизуется и очень легко окисляется до гидрата триоксида урана. Значение триоксида велико и потому, что он входит в состав смоляной руды – настурана.

1.2 Технологическая характеристика уранилнитратов

Уранилнитраты имеют весьма важное значение в технологии производства ядерного горючего. В некоторых типах гетерогенных ядерных реакторов основой тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов) является диоксид урана, который обладает высокой коррозионной и радиационной устойчивостью. Его огнеупорность дает возможность получать в ядерных реакторах очень высокие температуры и увеличивать тем самым коэффициент полезного действия. Кроме того, совместимость диоксида урана с различными материалами оболочки ТВЭЛа и его высокая плотность также характеризуют этот вид ядерного горючего с положительной стороны.

Еще большее значение оксиды урана имеют как промежуточные продукты при производстве других соединений урана и главным образом фторидов. Кроме того, оксиды урана и его другие устойчивые соединения могут быть использованы для целей хранения урана и послужить промежуточным звеном между урановорудным, аффинажно-металлургическим и фторидными производствами.

В связи с указанными выше областями применения оксидов урана к ним предъявляются совершенно определенные требования. Необходимо, чтобы оксиды урана были кондиционными по содержанию примесей. В том случае, если имеется в виду самостоятельное применение оксидов урана в гомогенных или гетерогенных ядерных реакторах, содержание примесей в них должно быть весьма малым, соответствующим требованию ядерной чистоты продуктов.

Если же оксиды урана являются промежуточными продуктами в производстве, например, фторидов урана, содержание примесей в них определяется целым рядом различных факторов.

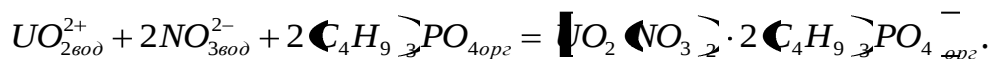
Если же оксиды урана служат промежуточным звеном от уранового производства к аффинажно-металлургическому, по содержанию примесей они должны удовлетворять кондициям на технические продукты.

1.3 Аффинаж природного урана

В урановой технологии наиболее эффективным методом получения ядерночистых соединений урана является экстракционный аффинаж, аппаратурно-технологическая схема которого приведена на рисунке 1.1 [3]. Технологический процесс начинается с растворения оксидов природного урана U_3O_8 в азотной кислоте концентрацией 40 – 60% при температуре 60 – 80 °С в каскаде из двух аппаратов – агитаторов при непрерывном процессе или в одном аппарате при периодическом:

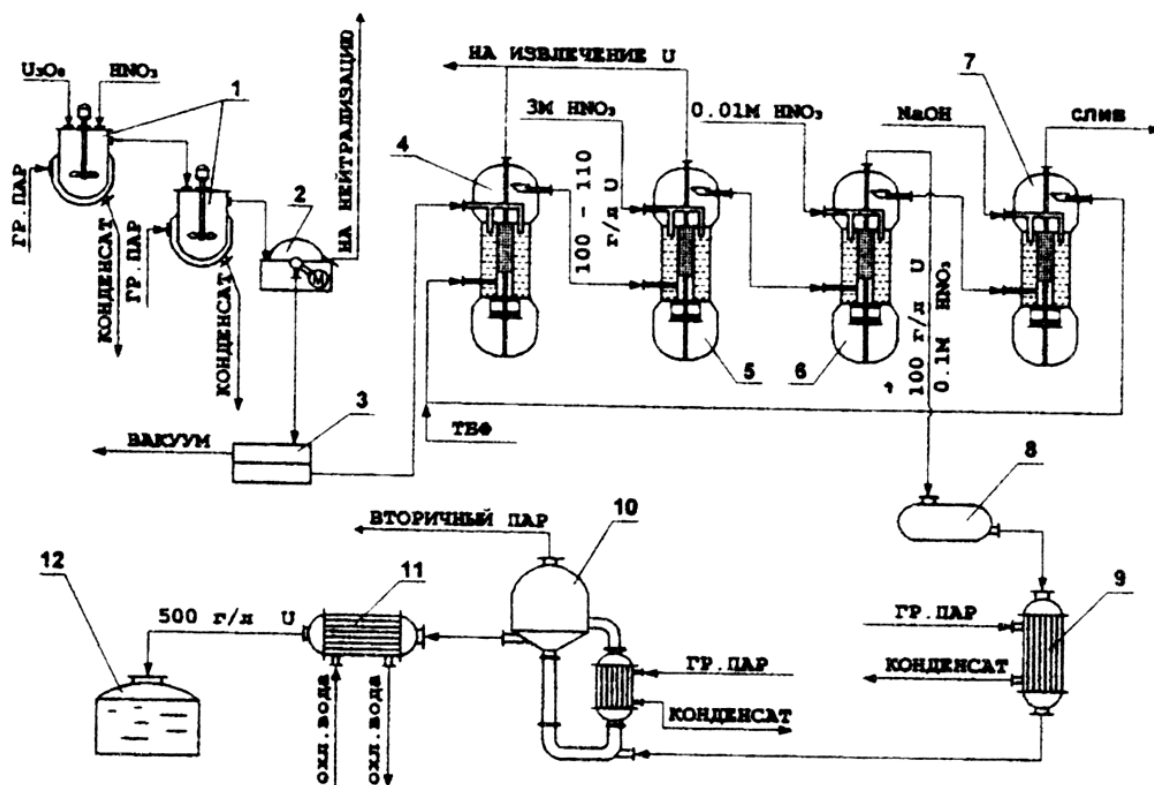


Полученный раствор $UO_2(NO_3)_2$ после отделения нерастворившейся твёрдой фазы на барабанном вакуум – фильтре или центрифуге, поступает на экстракционный аффинаж. В качестве экстрагента применяется раствор трибутилфосфата в керосине или других углеводородных растворителях. Экстрагирование происходит по уравнению:



После экстрагирования урансодержащий органический раствор поступает в нижнюю часть промывной колонны. В верхнюю часть колонны подается слабокислый раствор HNO_3 . Органический раствор, выходящий из промывной колонны направляется в нижнюю часть реэкстракционной колонны. В верхнюю часть этой колонны подается слабокислый раствор HNO_3 , возможно применение деминерализованной воды. Поскольку

повышение температуры благоприятствует реэкстракции, водный раствор предварительно нагревается до 60 – 70°C. Органическая фаза после реэкстракции промывается водным раствором соды для удаления бутилфосфорных кислот и после промывки водой возвращается на экстракцию.



1-агитатор; 2-барабанный вакуум-фильтр; 3-делитель фаз; 4-экстракционная колонна; 5-промывная колонна; 6-реэкстракционная колонна; 7-регенерационная колонна; 8-накопитель; 9-теплообменник; 10-выпарной аппарат; 11-холодильник; 12-сборник

Рисунок 1.1 – Аппаратурно-технологическая схема аффинажа природного урана

Водная фаза, выходящая из нижней части реэкстракционной колонны, пропускается через вспомогательную емкость-накопитель, где окончательно отделяются небольшие количества захваченного экстрагента. После этого готовый раствор поступает на выпаривание и получение триоксида урана путем термического разложения. Полученный триоксид урана

перерабатывают в гексафторид через диоксид и тетрафторид урана. Конечный продукт должен удовлетворять требованиям ядерной чистоты.

Рассмотрим более подробно осуществление растворения концентрата природного урана и разделение неоднородных сред, а также применяемое оборудование.

1.4 Стадия растворения уранилнитрата при его аффинаже

Первой стадией химической переработки урансодержащего сырья является процесс, который состоит в переводе одного или нескольких компонентов из массы твёрдого рудного материала, находящегося в виде тонкоразмолотых частиц, в жидкий растворитель, в качестве которого в урановой технологии используются водные растворы минеральных кислот или соды. Извлечение растворимой составной части твёрдого материала водными растворами называют выщелачиванием [5].

Выщелачивание складывается из двух последовательных операций: химического действия растворителя на соединения компонентов (уран и ряд примесей) в твёрдом материале с образованием растворимых соединений и последующего растворения образовавшихся соединений в растворителе. Если руда содержит легко растворимые минералы, выщелачивание является процессом непосредственного перехода этих соединений в раствор. Эти процессы происходят с образованием пульпы - смеси твёрдого материала и растворителя.

Различные условия и способы выщелачивания по-разному влияют на скорость и степень выщелачивания.

Выщелачивание урансодержащих материалов проводят при интенсивном перемешивании твёрдого материала с растворителем. Различают два способа проведения процесса – периодический и непрерывный. В первом случае в реакторы периодически закачивают пульпу измельченного твёрдого материала и растворитель. После определенного

времени контакта в условиях интенсивного перемешивания содержимое реактора откачивают в сборник, а в реактор подают новые порции пульпы и растворителя, и весь процесс повторяется. Из сборника пульпу направляют на дальнейшую обработку. При непрерывном выщелачивании пульпа твёрдого материала и растворитель прямотоком проходят через ряд реакторов, соединённых последовательно, перемешиваясь в каждом из них. При этом пульпа обычно движется по каскаду от верхнего реактора к нижнему, имея определённое среднее время пребывания в каждом из них. Каскады, как правило, состоят из 2 – 8 аппаратов, и, кроме того, для обеспечения бесперебойной работы всего каскада имеется несколько резервных реакторов. Удобно устанавливать аппараты в два ряда по три реактора в ряд. Каждый реактор соединяют переливными патрубками с тремя соседними, что позволяет отключить любой из аппаратов, не нарушая работы всего каскада в целом.

При непрерывном проведении процесса растворения оборудование используется более эффективно, так как отсутствуют промежуточные операции заполнения и опорожнения реакторов, и, кроме того, снижаются эксплуатационные расходы и облегчается возможность автоматизации процесса.

Стоимость процесса выщелачивания во многом зависит от расхода энергии на перемешивание, который в свою очередь определяется выбранным способом перемешивания, а также плотностью и вязкостью пульпы.

1.6 Способы разделения суспензий

Жидкие неоднородные системы – суспензии и эмульсии разделяются фильтрованием и центрифугированием.

Фильтрация осуществляется с помощью фильтров, одним из основных элементов которых является пористая перегородка, пропускающая жидкую фазу и задерживающая твёрдые частицы в виде осадка.

В химической технологии существует огромное количество разнообразных фильтров. Например, нутч-фильтры, друч-фильтры, дисковые, барабанные (рисунок 1.6), шнековые вакуум-фильтры и многие другие в ядернобезопасном и стандартном исполнении. Они обеспечивают высокое качество процесса разделения суспензий.

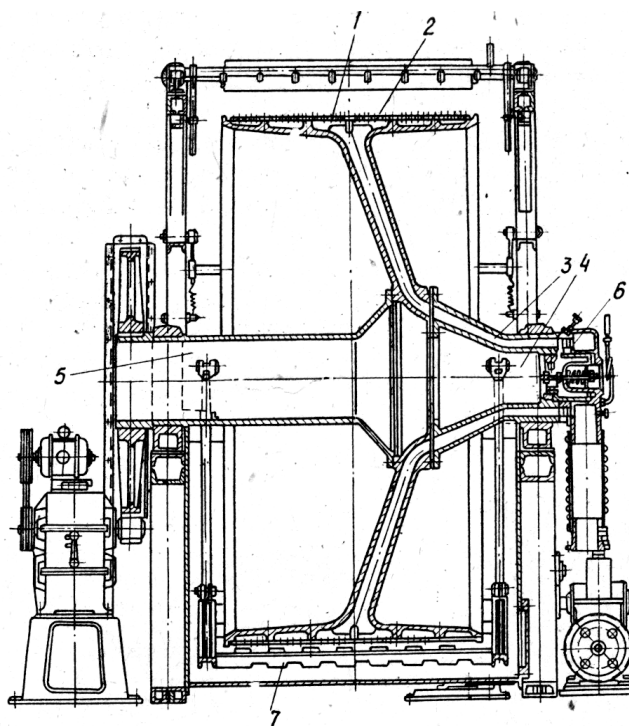


Рисунок 1.6 – Ячейковый барабанный вакуум – фильтр

Подробнее рассмотрим центрифугирование [25].

Центрифугирование – процесс разделения смесей на компоненты, основанный на использовании поля центробежных сил, создаваемого при вращении барабана с разделяемой смесью.

Центрифуги широко используются в урановой технологии для обезвоживания материалов. Они особенно удобны в тех случаях, когда разделяемая суспензия содержит значительное количество твёрдого и дальнейшее удаление влаги обычными способами обезвоживания (сгущение,

фильтрация) затруднено. Применение центрифуг позволяет получить осадки с минимальной влажностью.

При центрифугировании обычно используется один из двух основных принципов разделения фаз – отстаивание или фильтрация. Роторы отстойных центрифуг имеют сплошную, а фильтрующих перфорированную стенку, покрытую фильтровальной сеткой или тканью.

Фильтрующие центрифуги применяют для разделения сравнительно крупнодисперсных суспензий кристаллических и аморфных продуктов, промывки получающихся осадков, а также для обезвоживания штучных изделий.

Отстойные центрифуги предназначены для плохо фильтрующихся суспензий и эмульсий, а также для разделения суспензий по крупности частиц твёрдой фазы. Отстойные центрифуги подразделяются на универсальные, обезвоживающие, осветляющие, сепарирующие.

Процесс отстойного центрифугирования аналогичен осаждению под действием силы тяжести. Отличие здесь состоит лишь в том, что сила тяжести заменена центробежной силой, величина которой значительно больше, а роль днища играют стенки вращающегося барабана. Однако процесс, идущий в отстойной центрифуге, принципиально отличается от процесса обезвоживания в обычных отстойниках, где скорость осаждения твёрдых частиц постоянна, так как ускорение силы тяжести не зависит от координат падающей точки. В центрифугах осаждения ведётся в поле центробежных сил, ускорение которого при постоянной скорости вращения меняется от точки к точке в зависимости от радиуса вращения.

Барабан отстойной центрифуги выполняется со сплошными стенками. Под влиянием центробежной силы твёрдые частицы отбрасываются к стенкам барабана и скапливаются здесь, образуя плотный слой осадка, а фугат непрерывно удаляется из аппарата. Таким образом, процесс отстойного центрифугирования складывается из стадий – осаждения твёрдой фазы и уплотнение осадка.

Процесс центробежной фильтрации проводится в аппаратах, имеющих вращающийся барабан, в стенках которого просверлено большое количество отверстий. Внутреннюю поверхность барабана покрывают фильтровальной тканью. Чтобы в работе участвовала вся поверхность ткани, а не только та, которая находится непосредственно против отверстий в барабане, ткань укладывают не прямо на стенки барабана, а на стенку, которая удерживает её на некотором расстоянии от стенок барабана.

При вращении барабана на поверхность фильтровальной ткани откладывается осадок, под действием давления фугат просачивается через осадок, а затем выбрасывается центробежной силой наружу через отверстия в стенках барабана.

Процесс в фильтровальной центрифуге можно представить состоящим из трёх стадий: образование осадка, его уплотнения и вытеснения жидкости из пор осадка. Образование осадка происходит по тем же законам, что и обычная фильтрация, отличаясь только тем, что величина напора в центрифугах, обусловленная действием центробежной силы, значительно превышает напор, определяемый действием силы тяжести.

Второй период, сопровождающийся постепенным изменением структуры осадка и вытеснением жидкости из пор осадка, аналогичен как в отстойных, так и в фильтрационных центрифугах.

Окончательное вытеснение влаги из осадка происходит аналогично процессу механической сушки осадка, так как на этой стадии уплотнённый осадок пронизывается потоками воздуха.

В отличие от отстойных центрифуг, где вытесняемая из осадка жидкость возвращается обратно внутрь барабана, в фильтровальных центрифугах она непрерывно уносится с фугатом. Поэтому фильтровальные центрифуги рекомендуется применять тогда, когда ставится задача получить наиболее сухой и хорошо промытый осадок.

При обработке пульпы с твёрдыми частицами, характеризующимися малой механической прочностью, следует использовать не фильтрационные, а отстойные центрифуги, потому что в первом случае под действием

давления может происходить вдавливание мелких частиц в поры ткани, что приводит к уменьшению скорости процесса.

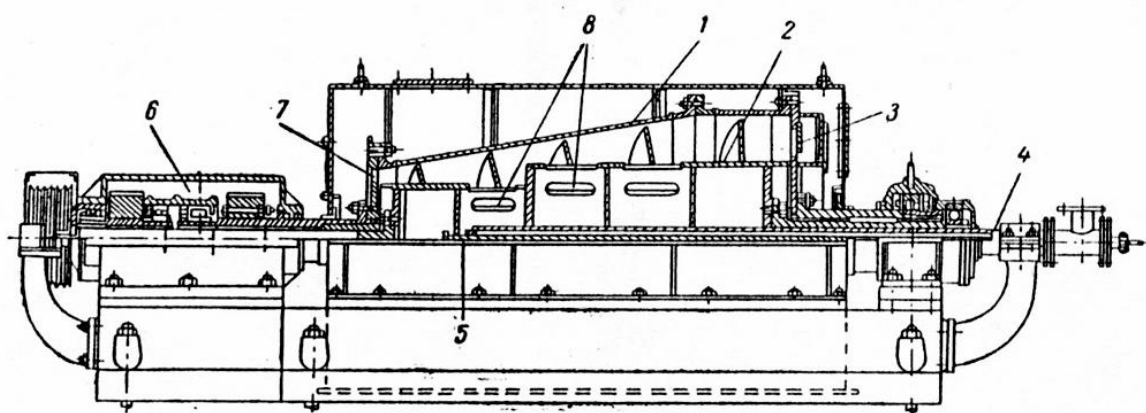
Работа центрифуги обычно состоит из нескольких операций, следующих друг за другом (загрузка, пуск, центрифугирование, промывка осадка, отжим жидкости, торможение, остановка и выгрузка осадка), которые в совокупности составляют рабочий цикл.

Обычно стремятся сократить продолжительность рабочего цикла до минимума. Это можно достигнуть использованием средств автоматизации и механизации, а также созданием аппаратов непрерывного действия. Последнее следует понимать не только как непрерывность работы аппарата, но и непрерывность всех операций.

В аппаратах периодического действия все операции идут последовательно одна за другой, а в аппаратах непрерывного действия они идут не только непрерывно, но и одновременно в разных зонах центрифуги.

По способу выгрузки осадка из ротора различают центрифуги с ручной, ножевой (с помощью ножей или скребков), шнековой (см. рисунок 1.7), инерционной, гидравлической, пневматической (с предварительным подрезание осадка ножом) выгрузкой, с пульсирующими или выталкивающими поршнями и т. д.

По расположению оси ротора в пространстве центрифуги могут быть вертикальными, горизонтальными и наклонными.



1-барабан; 2-шнек; 3-сливные окна; 4-ввод суспензии; 5-трубки для промывной воды;

6-редуктор; 7-окна для выгрузки осадка; 8-отверстия в шнеке

Рисунок 1.7 – Непрерывно действующая горизонтальная отстойная центрифуга со шнековой выгрузкой осадка.

Для разделения полученной суспензии выберем метод центрифугирования, так как он наиболее производителен и обеспечивает хорошее качество разделения плохофильтрующихся суспензий. Центрифугирование будет проводиться в непрерывно действующей горизонтальной отстойной центрифуге со шнековой выгрузкой осадка.

2. АППАРАТУРНО – ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА УСТАНОВКИ ПЕРЕРАБОТКИ ПРИРОДНОГО УРАНА

2.1 Общие сведения

Аппаратурно-технологическая схема установки переработки природного урана предназначена для растворения концентратов урана, обогащенных нуклидом урана-235 до 1,0 % мас, представлена на рисунке 2. 1.

Концентраты урана – оксиды урана (диоксид урана, октооксид триурана, трехоксид урана).

Производительность по урану 1000 кг/ч.

Установка не является ядерно-опасной, так как перерабатывается уран с содержанием изотопа уран-235 менее 1,0 % мас.

Режим работы установки растворения – комбинированный.

Конечный продукт – раствор уранилнитрата. Концентрация урана в растворе 300 г/л, избыток свободной азотной кислоты – 80 г/л.

2.2 Описание аппаратурно-технологической схемы

Концентрат урана в бочках массой до 450 кг доставляется на склад бочек. Со склада бочка с сырьем доставляется к узлу растворения

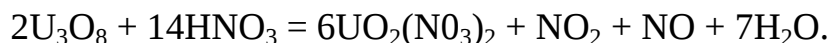
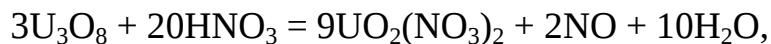
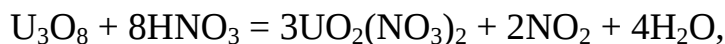
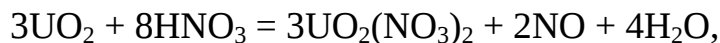
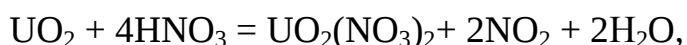
электропогрузчиком и кран-балкой поднимается на загрузочную площадку. Загрузочная площадка располагается над растворителями (поз. 5, 6).

Бочка (поз. 1, 2) закрепляется в корзине опрокидывателя, штатная крышка заменяется устройством выгрузки. Сырьё из бочки ссыпается в бункер (поз. 15, 16). Пустая бочка закрывается штатной крышкой и транспортируется кран-балкой на площадку хранения пустой тары, или используется для сбора твердых отходов.

После загрузки бункер, в который загружается 3 тонны по урану исходного продукта, герметично закрывается. В бункере поддерживается разрежение через трубу загрузки растворителя.

В растворитель принимается расчетное количество азотной кислоты, затем производится нагрев кислоты в аппарате "глухим" паром при перемешивании барботажным воздухом. При достижении температуры 80°C включается шнековый дозатор (поз. 3, 4) для подачи сырья на растворение под зеркало кислоты. Время растворения сырья до 4-х часов.

Технологический процесс растворения сырья в зависимости от его формы основан на следующих реакциях:



После растворения из раствора урана производится отдувка окислов азота барботажным воздухом. Раствор уранилнитрата (с концентрацией 300 г U/л и содержанием свободной азотной кислоты 80 г/л), с взвесью не растворившихся примесей, охлаждается водой, подаваемой в рубашку растворителя, до температуры 60⁰С и передается в монжюс (поз. 7) вакуумом.

Из монжюса (поз. 7) урановый раствор давлением сжатого воздуха передаётся на центрифугу (поз. 8), где происходит отделение осадка. После центрифуги фугат в виде уранового раствора (с концентрацией 300 г U/л) направляется в аппарат-сборник (поз. 10). Сгущенная пульпа с нерастворимыми примесями и промывной раствор передается в бак-сборник (поз.9).

Разбавленная пульпа из аппарата (поз.9) передается вакуумом в монжюс (поз. 11), при необходимости вводится промывной раствор, и направляется на центрифугу (поз. 13). После центрифуги сгущенная пульпа направляется в сборник (поз. 14), в который вводится промывной раствор и осуществляется перемешивание с помощью барботажного воздуха. Далее разбавленная пульпа передаётся обратно в монжюс (поз. 11), в который при необходимости вводится промывной раствор, и затем пульпа направляется вновь на центрифугу (поз. 13). Таких промывок может быть до 10. Фугат от центрифуги (поз. 13) направляется в аппарат (поз. 12) и далее в монжюс (поз. 17).

Фугат из монжюса (поз. 17) используется для разбавления азотной кислоты или разбавления раствора уранилнитрата до концентрации 300 г U/л.

Часть раствора из монжюса (поз. 17) далее выдается на первую ступень отстоя средне активных отходов. Твердый осадок, отделенный на центрифуге (поз. 13) затаривается в бочки и вывозится на площадку для захоронения.

Выделяющиеся газы из реактора растворения и монжюсов, содержащие пары воды, оксиды азота, азот и захваченные частицы оксидов урана пройдя

тщательную очистку в абсорбционной колонне, эжектором работающем на воздухе (или паре) выбрасывается в атмосферу.

2.3 Выбор контрольно-измерительной аппаратуры

2.3.1 Технологический контроль

Операции растворения, разделения суспензии и промывки шлама проводятся с полной системой контроля всех необходимых контролируемых величин (уровня заполнения емкостей и реакторов, концентрации потоков, температуры и расхода реагентов, состава веществ, материальных потоков, уровня радиоактивности, давления), системой автоматического управления как периодическими, так и непрерывными процессами.

Пределы измерения и регулирования, а также тип или марка контрольно-измерительной аппаратуры и исполнительных механизмов приведены на аппаратурно-технологической схеме. В таблице 2.1 указаны производители применяемой контрольно-измерительной аппаратуры [9].

Таблица 2.1 – Контрольно-измерительная аппаратура и исполнительные механизмы

Наименование	Тип, марка по схеме	Завод-изготовитель	Кол-во
Комплект консольных силоизмерительных датчиков	4126ДСТ	«Сибтензоприбор», г. Топки	2
Медный термопреобразователь сопротивления	TSM	-	2
Датчик избыточного давления	МС2050	«Манотомь», г. Томск	11

Электромагнитный расходомер	ЭРСВ	«Взлет», г. С.-Петербург	10
Промышленный рН-метр проточный	ПМП-112	«Измеритель», г. Гомель	2
Радарный уровнемер	«Барс»-341	«Взлет», г. С.-Петербург	9
Пневматический регулирующий клапан D _y =100мм	КМР	«ЛГ Автоматика», г. Москва	10
Однооборотный электрический исполнительный механизм	МЭО	ПО ЗЭИМ, г. Чебоксары	30

Определение концентрации урана в конечном и промежуточном продуктах осуществляется не реже двух раз в смену путем отбора проб и их лабораторным анализом.

2.3.2 Сигнализация и блокировка

На панелях щитов тех. контроля в щитовой предусмотрена световая и звуковая сигнализация отклонения технологических параметров от нормы и сигнализация положения приводов вентилялей.

Предусмотрены блокировки электроприводов вентилялей.

Сигнализация и блокировки реализуются через блокировочные стативы, расположенные в щитовой.

2.4 Состав применяемого оборудования

Перечень оборудования установки растворения приведён в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Оборудование установки растворения

Наименование аппарата	Материал аппарата	Количество	Назначение
Бак – сборник поз. 10	12X18H10T	1	Приём раствора уранилнитрата 300г/л по урану (фугат после центрифуги)
Монжюс поз. 7	12X18H10T	1	Приём раствора уранилнитрата из растворителя
Загрузочное устройство, поз.15,16	12X18H10T	2	Приём и выгрузка концентрата в растворитель
Растворитель поз. 5,6	12X18H10T	2	Растворение концентрата природного урана в азотной кислоте
Центрифуга поз. 8,13	12X18H10T (материалы основных деталей)	2	Отделение нерастворимого осадка из раствора уранилнитрата
Монжюс поз. 9, 11, 12, 17	12X18H10T	4	Приём и выдача растворов
Сборник поз. 14	12X18H10T	1	Прием осадка после центрифуги поз.13

Определение концентрации урана в конечном и промежуточном продуктах осуществляется в шкафу пробоотбора 7 – 10 раз в сутки.

2.5 Подбор стандартного оборудования

Выбираем винтовые питатели типа В1, конструкционный материал – сталь 12X18H10T.

Для привода шнекового питателя выбираем электродвигатель 4А80В6У3 ГОСТ 19523 – 74 (мощность 0,55 кВт, номинальная частота вращения 750 об/мин), редуктор ЦУ-160-4,0-12У2 ГОСТ21426 – 75.

Для привода центрифуги используем электродвигатель 4А200М8У3 ГОСТ 19523 – 74 (мощность 8,5 кВт номинальная частота вращения 3250 об/мин).

3. РАСЧЁТ НЕСТАНДАРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

3.1 Расчет и конструирование центрифуги

3.1.1 Данные для расчета

Для расчета принимаем центрифугу непрерывного действия.

Данные для расчета приведены в таблице 3.1.1

Таблица 3.1.1 – Данные для расчета

Производительность по суспензии, кг/ч	2300
Содержание твердой фазы в исходной суспензии x_m , % мас.	5
Конечная влажность, % мас.	15
Наименьший диаметр частиц, мкм	1
Плотность твердой фазы, кг/м ³	3500
Плотность жидкой фазы, кг/м ³	1600

3.1.2 Техническое описание. Назначение

Современные промышленные центрифуги – это сложнейшее технологическое оборудование, состоящее из многих механизмов высокой

точности, обладающее высокими скоростями и управляемое с помощью сложных электрических систем.

Центрифуги данного типа – осадительные, горизонтальные, непрерывного действия со шнековой выгрузкой осадка, герметизированные со взрывозащищённым электрооборудованием. Они предназначены для разделения суспензий высокой и средней дисперсности при обработке продуктов, требующих изоляции от внешней среды.

Центрифуга состоит из следующих основных узлов: ротора, шнека, редуктора, опор ротора, питателя, механизма блокировки, станины, кожуха, амортизаторов.

3.1.3 Материальный баланс

Определим расход жидкой фазы:

$$m_{ж} = m_{сусп} \cdot 0,95 = 2300 \cdot 0,95 = 2185 \text{ кг/ч.}$$

Здесь $m_{сусп}$ - производительность по суспензии, кг/ч.

Расход твердой фазы

$$m_{ТВ} = m_{сусп} \cdot 0,05 = 2300 \cdot 0,05 = 115 \text{ кг/ч.}$$

Расход твердого осадка с остаточной влажностью равен

$$m_{ТВ}^1 = m_{ТВ} (1 + 0,15) = 115 \cdot 1,15 = 132,25 \text{ кг/ч.}$$

Расход осветленной жидкости равен

$$m_{ж}^1 = 2300 - 132,25 = 2167,75 \text{ кг/ч.}$$

Таблица 3.1.2 – Материальный баланс центрифуги

Приход			Расход		
Статьи прихода	Кол-во	%	Статьи расхода	Кол-во	%
	кг			кг	

1 Твердая фаза	115	5	1 Шлам	132,25	5,4
2 Жидкая фаза	2185	95	2 Осветленная жидкость	2167,7	94,6
Итого:	2300	100	Итого:	2300	100

Поскольку материальный баланс сошелся, значит, расчеты были произведены, верно.

3.1.4 Конструктивный расчет

Перед выбором типа центрифуги необходимо отметить следующие особенности рассматриваемого процесса:

- 1) небольшое содержание твердой примеси в исходной суспензии;
- 2) довольно высокая необходимая производительность;
- 3) необходимость полной автоматизации процесса и полного отсутствия человеческого труда вследствие радиационной и химической опасности;
- 4) необходимость постоянной выгрузки осадка в течение всего процесса центрифугирования;
- 5) простота и распространенность конструкции, доступность методик расчета;
- 6) низкая влажность шлама;
- 7) герметичность.

Принимая во внимание выше перечисленные факторы, выбираем осадительную центрифугу непрерывного действия с горизонтальной осью и шнековой выгрузкой осадка (ОГШ).

Рассчитаем объемную производительность центрифуги по суспензии.

Плотность суспензии определится:

$$\rho_c = \frac{\rho_T \rho_{ж}}{\rho_T - x_m (\rho_T - \rho_{ж})} = \frac{1600 \cdot 3500}{3500 - 0,05(3500 - 1600)} = 1644,6 \text{ кг/м}^3,$$

где ρ_T и $\rho_{ж}$ - плотности твердой и жидкой фазы соответственно, кг/м³,

x_m - содержание твердой фазы в исходной суспензии, % масс.

Объемная производительность по суспензии, равна:

$$V_{об} = m_{сусп} / \rho_c = 2300 / 1057,5 = 1,4 \text{ м}^3 / \text{ч} = 3,9 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Проанализировав литературные источники [39] установили, что для данного типа центрифуг при заданной производительности фактор разделения находится в промежутке 1500 – 2500.

Фактор разделения, показывающий, во сколько раз центробежное

ускорение превышает ускорение силы тяжести g , равен

$$\Phi_p = \frac{n^2 \cdot R}{900} = \frac{\omega^2 \cdot R}{g},$$

где ω - угловая скорость ротора, рад/с;

n - частота вращения, об/мин;

$R = \frac{D}{2}$ - радиус ротора (D – диаметр ротора), м.

Производительность непрерывно действующих центрифуг, определяется по формуле [10]:

$$V = \beta \cdot \frac{(\rho_{ТВ} - \rho_{Ж}) \cdot d^2 \cdot \omega^2 \cdot \pi \cdot L_{СЛ} \cdot R_{СЛ}^2}{18 \cdot \mu} \cdot \frac{1}{2} \left(1 + \frac{R}{R_{СЛ}} \right)^2,$$

где β - коэффициент, учитывающий допущения и неподдающиеся учету факторы при определении скорости осаждения частиц и индекса производительности, принимаем $\beta=0,4$ по [10];

d - минимальный размер осаждаемых частиц, м;

$\rho_{тв}, \rho_{ж}$ - плотности твердой и жидкой фазы соответственно, кг/м³;

μ - вязкость среды, Па с;

$L_{СЛ} = L_{КО} + L_{Ц}$ где $L_{Ц}$ - длина цилиндрической части ротора, м, $L_{К}$ - длина конической части ротора в зоне осаждения, м;

$R_{СЛ}$ - радиус слива, принимаем $R_{СЛ} = R/1,25$, м.

Общая длина ротора центрифуг типа НОГШ, используемых для обезвоживания осадка находится из соотношения [10] $L/D=1,5 - 1,8$. Так как необходимая влажность шлама должна быть минимальной, то принимаем $L=1,8D$. Длина цилиндрической части ротора берется из равенства [10] $L_{ц} = (0,7 - 1)D$. Принимаем среднее $L_{ц} = 0,85D = 1,7R$. Длина конической части ротора в зоне осаждения берется из равенства $L_{ко} = \frac{R - R_{сл}}{\operatorname{tg} \alpha}$, где α - наклон конической части ротора, принимаем по [10] $\alpha=14^\circ$.

Тогда, выразив угловую скорость через фактор разделения и преобразовав уравнение производительности с учетом принятых соотношений, получим

$$R = \sqrt{\frac{V \cdot \mu}{0,225 \cdot \beta \cdot (\rho_{мс} - \rho_{жс}) \cdot d^2 \cdot \pi \cdot \Phi_p \cdot g}},$$

$$R = \sqrt{\frac{3,9 \cdot 10^{-4} \cdot 0,79 \cdot 10^{-3}}{0,225 \cdot 0,4 \cdot (500 - 1020) \cdot 10^{-6} \cdot 3,14 \cdot 2000 \cdot 9,81}} = 0,1711 \text{ м.}$$

Угловая скорость вращения ротора

$$\omega = \sqrt{\frac{\Phi_p \cdot g}{R}} = \sqrt{\frac{2000 \cdot 9,81}{0,1711}} = 338,6 \text{ рад/с} \approx 3300 \text{ об/мин}$$

Найдем геометрические размеры ротора.

$$D = 2R = 2 \cdot 0,171 = 0,342 \text{ м.}$$

Принимаем $D=350$ мм.

$$L = 1,8D = 1,8 \cdot 350 = 630 \text{ мм.}$$

$$L_{ц} = 0,85D = 0,85 \cdot 350 = 297,5 \text{ мм.}$$

Принимаем $L_{ц} = 300 \text{ мм.}$

$$D_{сл} = 2R_{сл} = D/1,25 = 350/1,25 = 280 \text{ мм.}$$

$$L_{ко} = \frac{R - R_{сл}}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{175 - 140}{\operatorname{tg} 14^\circ} = 140 \text{ мм.}$$

Тогда длина слива, равная длине зоны осаждения, будет

$$L_{сл} = L_o = L_{ко} + L_{ц} = 140 + 300 = 440 \text{ мм.}$$

Длина зоны сушки осадка

$$L_C = L - L_O = 630 - 440 = 190 \text{ мм}.$$

Длина зоны сушки осадка, необходимая для получения заданной влажности шлама, определяется экспериментально [10]. Поэтому, в нашем случае, будем считать, что найденное значение L_C достаточно для получения шлама с остаточной влажностью 15%.

Объем ротора занятый суспензией определится по формуле:

$$V_C = \pi (R^2 - R_{cl}^2) \left(L_C + \frac{L_{KO}}{2} \right) = 3,14 (1,175^2 - 0,14^2) \left(0,3 + \frac{0,14}{2} \right) = 0,0128 \text{ м}^3.$$

Объемная концентрация твердой фазы в суспензии равна:

$$x_v = \frac{x_m \cdot \rho_{жс} \cdot 100}{\rho_T - x_m (\rho_T - \rho_{жс})} = \frac{0,05 \cdot 1020 \cdot 100}{3500 - 0,05(3500 - 1020)} = 2,35\%.$$

Объем ротора занятый твердой фазой:

$$V_T = V_C \cdot x_v = 0,0128 \cdot 0,0235 = 3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3.$$

3.1.5 Энергетический расчет

Энергетический расчет будем производить по [10].

Мощность на сообщение кинетической энергии жидкой фазе суспензии определяется:

$$N_{жс} = \frac{\varphi \cdot (\alpha - \beta) \rho_{жс} \cdot \omega^2 \cdot V_{жс} \cdot R_{cl}^2}{2 \cdot 10^3},$$

где φ - степень заполнения ротора, равная

$$\varphi = \frac{R^2 - R_{cl}^2}{R^2} = \frac{175^2 - 140^2}{175^2} = 0,36,$$

α - коэффициент, характеризующий содержание жидкой фазы в суспензии, равный

$$\alpha = \frac{\rho_m - \rho_{сусп}}{\rho_m - \rho_{жс}} = \frac{3500 - 1644}{3500 - 1020} = 0,98,$$

β - коэффициент, характеризующий содержание жидкой фазы в осадке, равный

$$\beta = \frac{\rho_m - \rho_{осадка}}{\rho_m - \rho_{жс}} = \frac{1}{3500 - 1020} = 5,24 \cdot 10^{-4} \approx 0,$$

так как $\rho_m \approx \rho_{осадка}$.

$V_{жс} = V_C$ - жидкостной объем ротора центрифуги, $м^3$;

$r_{сл}$ - радиус слива, $м$.

$$N_{жс} = \frac{0,36 \cdot 0,98 \cdot 1020 \cdot 338,6^2 \cdot 0,0128 \cdot 0,14^2}{2 \cdot 10^3} = 6,1 \text{ кВт}.$$

Мощность на сообщение кинетической энергии твердой фазе суспензии N_m примем равной нулю из-за незначительного ее содержания.

Мощность на преодоление сил трения ротора о воздух определяется:

$$N_{\epsilon} = c \cdot \rho_{\epsilon} \cdot L \cdot \omega^2 \cdot R_n,$$

где $c = 12 \cdot 10^6$ - коэффициент, характеризующий влияние всех неизвестных факторов (неучтенных факторов);

$\rho_{\epsilon} = 1,3 \text{ кг/м}^3$ - плотность воздуха;

R_n - средний радиус наружной поверхности ротора, примем

$$R_n = R;$$

L - длина ротора.

Тогда

$$N_{\epsilon} = 12 \cdot 10^3 \cdot 1,3 \cdot 0,63 \cdot 338,6^2 \cdot 0,35 = 0,4 \text{ кВт}.$$

Шнековая центрифуга требует мощность на перемещение осадка в цилиндрической части ротора

$$N_{\kappa} = \Phi_p \cdot 2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{Q_{oc} \cdot g}{t_{ш}} \right) \cdot R \cdot L \cdot \frac{\rho_m - \rho_{жс}}{\rho_m} \cdot \left(\beta_{\kappa} + \varphi_{тр} \right),$$

и в конической части ротора

$$N_{\kappa} = \frac{D_{oc}}{\rho_m} \cdot \left(\rho_{сл}^3 - r_{oc}^3 \right) \cdot \left(\rho_m - \rho_{жс} \right) \cdot \left(\beta_{\kappa}^3 - r_{oc}^3 \right),$$

где Q_{oc} - производительность центрифуги по осадку, $кг/с$;

$t_{ш}$ - шаг шнека, предварительно примем $0,1 \text{ м}$;

$\beta_{\kappa} = \arctg \left(\frac{t_{ш}}{\pi \cdot D_{ш}} \right)$ - угол подъема винтовой линии шнека;

Здесь $D_{ш}$ - диаметр вала шнека. Примем $D_{ш}=0,15$ м.

$\varphi_{mp} = \arctg f_{ш}$ - угол трения осадка о поверхность ротора;

$f_{ш} = f = 0,1$ - коэффициент трения осадка о внутреннюю поверхность ротора;

D_{oc} - коэффициент, зависящий от конструкции, производительности и принципа работы центрифуги, определяемый по формуле:

$$D_{oc} = \frac{2 \cdot \pi \cdot Q_{oc} \cdot \omega^2}{3 \cdot t_{ш}} \cdot \left(\sin \alpha \pm f \cdot \cos \alpha \right) \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \left(\beta_{cp} + \varphi_{mp} \right) \operatorname{tg} \alpha ,$$

где «+» для осадительных центрифуг; «-» для фильтрующих;

α - угол между образующей конуса и его осью;

β_{cp} - средний угол подъема винтовой линии шнека в конической части ротора, можно принять $\beta_{cp} = \beta_{ш}$.

$$\beta_{ш} = \arctg \left(\frac{0,1}{3,14 \cdot 0,15} \right) = 0,22 .$$

$$D_{oc} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 2300 \cdot 338,6^2}{3600 \cdot 3 \cdot 0,1} \cdot \left(\sin 14^\circ + 0,1 \cdot \cos 14^\circ \right) \cos 14^\circ \cdot \operatorname{tg} \left(0,22 + 0,1 \right) \operatorname{tg} 14^\circ = 41526$$

$$N_{ш} = 2000 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot \left(\frac{2300 \cdot 9,81}{0,1 \cdot 3600} \right) \cdot 0,35 \cdot 0,63 \cdot \frac{3500 - 1600}{3500} \cdot \operatorname{tg} \left(0,22 + 0,1 \right) = 0,68 \text{ кВт}.$$

$$N_{\kappa} = \frac{41526}{3500} \cdot \left(0,175^3 - 0,14^3 \right) + 1900 \cdot \left(0,175^3 - 0,16_{oc}^3 \right) = 0,41 \text{ кВт} .$$

Для определения необходимой мощности на период работы $N_{раб}$ необходимо просуммировать соответствующие составляющие:

$$N_{раб} = N_{ж} + N_m + N_{\epsilon} + N_{ш} + N_{\kappa} ,$$

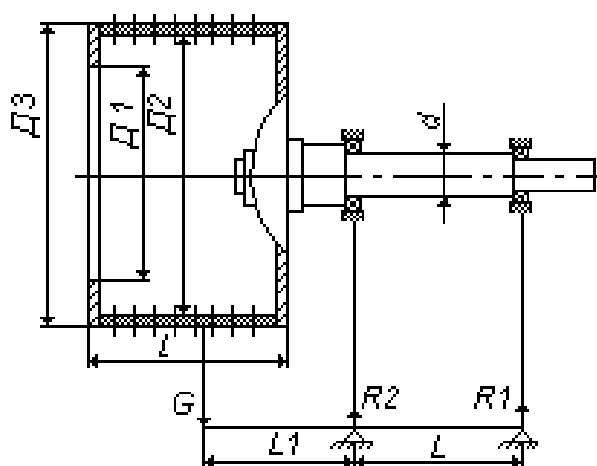
$$N_{раб} = 8,1 + 0,4 + 0,68 + 0,41 = 9,59 \text{ кВт} .$$

Необходимая мощность двигателя больше $N_{раб}$ на 10 – 20% из-за потерь мощности на трение в уплотнениях и опорах, на выгрузку осадка и т. п.:

$$N_{дв} = N_{раб} \cdot 1,1 = 7,6 \cdot 1,1 = 8,3 \text{ кВт}.$$

3.1.6 Расчет конструктивных элементов центрифуги на прочность

3.1.6.1 Расчет вала ротора

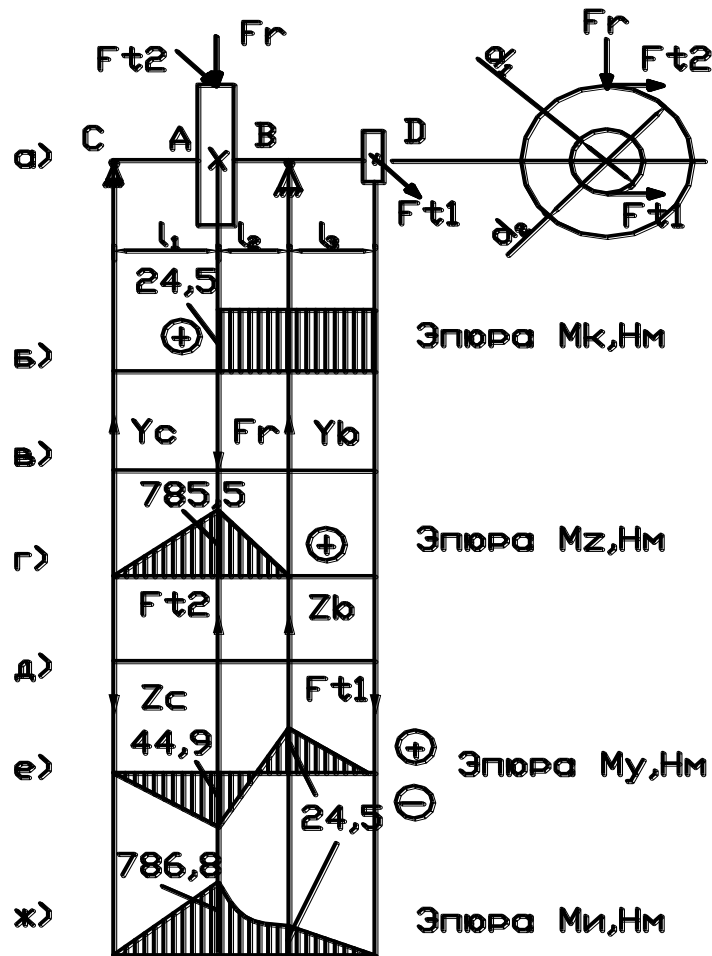


Ротор центрифуги приведем к упрощенному виду, изображенному на рисунке. Значение диаметра взяли как среднее значение цилиндрической и конической частей барабана, т.е. $d_2=300$ мм (см. рисунок). Для упрощения расчета суммарный вес $F_r = 10 \cdot V_{сусп} \cdot \rho_{сусп} \cdot g$, равный 4200 Н, приложили по центру. Массой шкива, который расположен в точке D, пренебрегаем. Диаметр шкива 200 мм.

Данные для расчета приведены в таблице 3.1.3

Таблица 3.1.3 - Данные для расчета

N	ω	l_1	l_2	l_3	d_1	d_2
кВт	рад/с	м				
8,3	338,6	0,45	0,32	0,1	0,2	0,3



а - расчетная схема кручения вала; б - эпюра крутящих моментов; в - расчетная схема изгиба вала в плоскости xOy; г- эпюра изгибающих моментов M_z ; д - расчетная схема изгиба вала в плоскости xOz; е - эпюра изгибающих моментов M_y ;
ж - эпюра результирующих изгибающих моментов

Рисунок 3.1.1- Изгиб с кручением вала ротора

Крутящий момент M_k , возникающий в сечениях вала, определяется по формуле:

$$M_k = N / \omega.$$

где N- мощность на валу, Вт;

ω - угловая скорость вращения вала, рад/с.

Тогда

$$M_k = 8300 / 338,6 = 24,5 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Зная величину M_k и приложения крайних сечения скручиваемого участка вала, строится эпюра крутящих моментов (рисунок 3.1.1).

Окружные усилия F_{t1} и F_{t2} в зацеплениях определяются, исходя из условия равновесия вала, т.е.

$$\sum m_x = 0,$$

тогда

$$F_{t1} \cdot d_1 / 2 = F_{t2} \cdot d_2 / 2 = M_k.$$

Окружное усилие на первом колесе

$$F_{t1} = 24,5 / (0,2/2) = 245,1 \text{ Н.}$$

Окружное усилие на втором колесе

$$F_{t2} = 24,5 / (0,3/2) = 163,3 \text{ Н.}$$

Далее определяем реакции опор вдоль оси Y.

$$\sum m_C = 0, F_r \cdot l_1 - Y_B \cdot (l_1 + l_2) = 0.$$

Реакция в точке В

$$Y_B = F_r \cdot l_1 / (l_1 + l_2) = 4200 \cdot 0,45 / 0,77 = 2454,5 \text{ Н.}$$

$$\sum m_B = 0, F_r \cdot l_2 - Y_C \cdot (l_1 + l_2) = 0.$$

Реакция в точке С

$$Y_C = F_r \cdot l_2 / (l_1 + l_2) = 4200 \cdot 0,32 / 0,77 = 1745,5 \text{ Н.}$$

Проводим проверку

$$\sum Y = 0; -Y_C + F_r - Y_B = 4200 - 2454,5 - 1745,5 = 0,$$

т.е. реакции опор были определены верно.

Строим эпюру изгибающих моментов M_z , для чего определяем моменты в характерных точках:

$$M_{zC} = M_{zB} = 0;$$

$$M_{zA} = Y_C \cdot l_1 = 1745,5 \cdot 0,45 = 785,5 \text{ Н·м.}$$

Определяем реакции опор вдоль оси Z.

$$\sum m_C = 0, -F_{t2} \cdot l_1 - Z_B \cdot (l_1 + l_2) + F_{t1} \cdot (l_1 + l_2 + l_3) = 0.$$

Реакция в точке В

$$Z_B = (-F_{t2} \cdot l_1 + F_{t1} \cdot (l_1 + l_2 + l_3)) / (l_1 + l_2) =$$

$$(-163,3 \cdot 0,45 + 245,1 \cdot 0,87) / 0,77 = 181,1 \text{ Н.}$$

$$\sum m_B = 0, -Z_C \cdot (l_1 + l_2) + F_{t2} \cdot l_2 + F_{t1} \cdot l_3 = 0.$$

Реакция в точке С

$$Z_C = (F_{t2} \cdot l_2 + F_{t1} \cdot l_3) / (l_1 + l_2) = (163,3 \cdot 0,32 + 245,1 \cdot 0,1) / 0,77 = 99,7 \text{ Н.}$$

Проводим проверку

$$\sum Z = 0; \quad Z_C - F_{t2} - Z_B + F_{t1} = 99,7 - 163,3 - 181,1 + 245,1 = 0,$$

т.е. реакции опор были определены, верно.

Строим эпюру изгибающих моментов M_Y , для чего определяем моменты в характерных точках:

$$M_{YC} = M_{YD} = 0;$$

$$M_{YA} = -Z_C \cdot l_1 = -99,7 \cdot 0,45 = -44,9 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{YB} = F_{t1} \cdot l_3 = 245,1 \cdot 0,1 = 24,5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Результирующий изгибающий момент будет равен:

$$M_u = \sqrt{M_Z^2 + M_Y^2}.$$

Таким образом

$$M_{uA} = \sqrt{M_{ZA}^2 + M_{YA}^2} = \sqrt{785,5^2 + 44,9^2} = 786,8 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$M_{uB} = \sqrt{M_{ZB}^2 + M_{YB}^2} = \sqrt{0^2 + 24,5^2} = 24,5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Проверку диаметра вала будем вести для более опасного сечения в месте опор, т.е. в точке В, по гипотезе максимальных касательных напряжений, которая для изгиба с кручением приводится к виду:

$$\sigma_{\text{экв}} = \frac{M_{\text{прив}}}{W} \leq [\sigma]_{\text{п}}.$$

Приведенный момент,

$$M_{\text{прив}} = \sqrt{M_u^2 + M_k^2}.$$

Для сечения А он будет равен:

$$M_{\text{прив}A} = \sqrt{M_{uA}^2 + M_{kA}^2} = \sqrt{786,8^2 + 24,5^2} = 787,2 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Осевой момент сопротивления для кольцевого сечения будет равен:

$$W = \frac{\pi \cdot D^3}{32} \left(1 - \frac{d^2}{D^2} \right).$$

В нашем случае внутренний диаметр $d=80$ мм и наружный диаметр $D=120$ мм.

$$W = \frac{3,14 \cdot 0,12^3}{32} \left(1 - \frac{0,08^2}{0,12^2} \right) = 9,4 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3.$$

Допускаемое напряжение для материала вала стали 12Х18Н10Т при одноосном растяжении $[\sigma]$ равно 160 МПа.

Подставляя, получим

$$\sigma_{\text{экв}} = \frac{34,6}{9,4 \cdot 10^{-5}} = 37 < 160.$$

Следовательно, размеры и материал вала были подобраны верно.

3.1.6.2 Подбор и расчет долговечности подшипника для опор вала ротора

Частота вращения вала ротора $n = 3300$ об/мин. Требуемая долговечность подшипника $L_{10h}=25000$ ч. Диаметр посадочных поверхностей вала $d=120$ мм. Максимальные длительно действующие силы: $F_{rC\text{max}}=2461$ Н; $F_{rB\text{max}}=1748$ Н. Осевая сила $F_A=0$. Коэффициент эквивалентности $K_E=1$.

Находим эквивалентные нагрузки:

$$F_{rC} = K_E \cdot F_{rA\text{max}} = 1 \cdot 2461 = 2461 \text{ Н};$$

$$F_{rB} = K_E \cdot F_{rB\text{max}} = 1 \cdot 1748 = 1748 \text{ Н}.$$

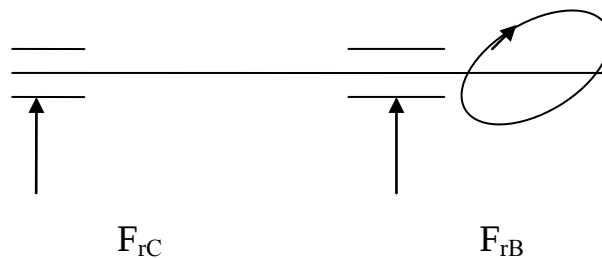


Рисунок 3.1.2 - Схема расположения сил

Предварительно принимаем шариковые радиально-упорные подшипники легкой серии 462220. Схема установки подшипников – вращающуюся. Для этих подшипников находим по таблице (3.1.1) коэффициенты грузоподъемности: $C_r=116\text{кН}$, $C_{0r}=109\text{кН}$.

Подбор производим по более нагруженной опоре С.

Из таблицы выписываем коэффициенты X, Y и Z. Они равны 0,37; 0,66 и 0,68 соответственно.

Осевая составляющая S равна:

$$S=Z \cdot F_{rB}=0,68 \cdot 1748=1189 \text{ Н.}$$

Т.к. $S_1=S_2=S$ то

$$F_{aB}=S=1189 \text{ Н,}$$

а

$$F_{aC}=F_{aB}+F_A=1189+0=1189 \text{ Н.}$$

Эквивалентная динамическая нагрузка

$$P_E=(VXF_r+YF_a)K_6K_T.$$

Значения коэффициента безопасности $K_6=1,25$ принимаем по [10], а температурного коэффициента $K_T=1$. Коэффициент вязкости $V=1$.

Таким образом,

$$P_E=(1 \cdot 0,37 \cdot 2461 + 0,66 \cdot 1189) \cdot 1,25 \cdot 1 = 2119 \text{ Н.}$$

Требуемая динамическая грузоподъемность,

$$C_{mp} = P_E \sqrt[3]{\frac{L_{10h} \cdot n \cdot 60}{10^6}} = 2119 \cdot \sqrt[3]{\frac{25000 \cdot 3300 \cdot 60}{10^6}} = 36,1 \text{ кН.}$$

Т.к. $C_{тр} < C_r$ ($36,1 < 116$), то принятые подшипники подходят.

3.1.6.3 Расчет диаметра вала шнека

Расчетная схема приведена на рисунке 3.1.3

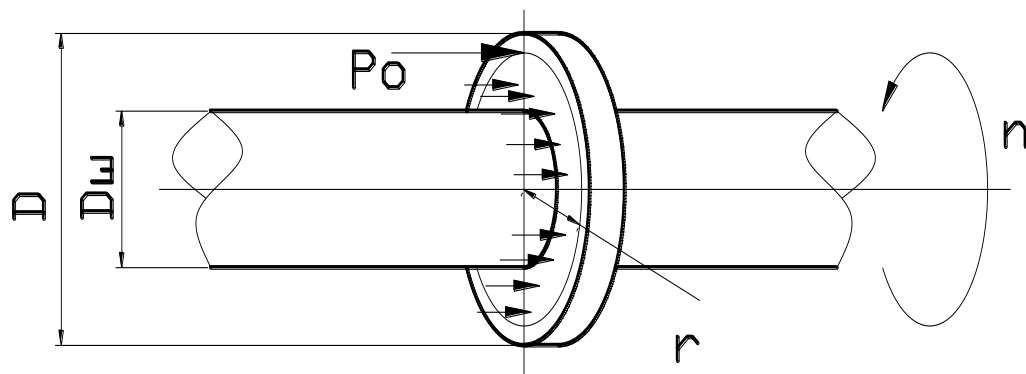


Рисунок 3.1.3 – Расчетная схема для определения диаметра вала шнека и расчета витков шнека на прочность.

Осевой момент сопротивления для кольцевого сечения будет равен:

$$W = \frac{M}{[\delta]} n,$$

где $[\delta]$ – допустимое напряжение на кручение, МПа,

n – коэффициент запаса, принимаем $n=1.8$,

M – суммарный момент, Н·м, равный

$$M = \sqrt{M_u^2 + M_k^2}.$$

Здесь:

1) крутящий момент $M_k = \frac{N}{\omega}$, где ω – угловая скорость вала

шнека, рад/с,

2) изгибающий момент $M_u = P_0 \cdot L \cdot \cos \frac{\alpha}{2}$, где P_0 – суммарное

осевое усилие, Н; α – угол подъема винтовой линии.

Суммарное осевое усилие определяется как:

$$P_0 = \frac{N}{\omega \cdot r \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)},$$

где r – радиус действия P_0 , равный $r=0.8D/2=0.14$ м,

φ – угол трения материала о поверхность винта.

$$P_0 = \frac{8300}{338,6 \cdot 0.14 \cdot \operatorname{tg}(14^\circ + 36^\circ)} = 145 \text{ Н.}$$

$$M_u = 145 \cdot 0.63 \cdot \cos \frac{14^\circ}{2} = 91 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad M_k = \frac{8300}{338,6} = 24,5 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$M = \sqrt{91^2 + 24,5^2} = 94,2 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad W_1 = \frac{94,2}{160 \cdot 10^6} 1,8 = 1,1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

В нашем случае внутренний диаметр $d_b=130$ мм и наружный диаметр $D_b=150$ мм.

$$W_2 = \frac{3,14 \cdot 0,15^3}{32} \left(1 - \frac{0,13^2}{0,15^2} \right) = 8,2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3.$$

$$W_2 > W_1.$$

Оставляем проектные размеры вала шнека.

3.1.6.4 Расчет спирали шнека на прочность

Винтовая спираль нагружается по всей длине возрастающим скручивающим моментом, осевой силой сжатия (растяжения) и подвергается изгибу. Расчетная схема представлена на рисунке 3.1.3

Крутящий момент действующий на спираль и изгибающий виток определяется из формул:

$$M_{кр} = \frac{N}{\omega}, \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad M_u = \frac{P_0 \cdot 0.8 \cdot D}{2} K_n, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

где $K_n = 1.8$ – коэффициент запаса.

При совместном действии изгиба и кручения имеем:

$$\sigma_{np} = \frac{\sqrt{M_K^2 + M_H^2}}{W},$$

где W – осевой момент сопротивления сечения витка спирали, м^3 :

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{0,007 \cdot 0,1^2}{6} = 1,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Здесь b – толщина лопасти, м;

h – длина лопасти, м.

Для лопастного шнека имеем:

$$M_u = 145 \cdot 0.14 \cdot 1.8 = 36,5 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$\sigma_{np} = \frac{\sqrt{24,5^2 + 36,5^2}}{1,2 \cdot 10^{-6}} = 36.6 \text{ МПа}.$$

Условие прочности имеет вид:

$$\sigma_{\text{IIIP}} \leq [\sigma]; \quad 36.6 \text{ МПа} < 160 \text{ МПа}.$$

Условие прочности соблюдается.

3.1.6.5 Расчет ротора центрифуги на прочность

Рисунок 3.1.4 – Эскиз ротора центрифуги

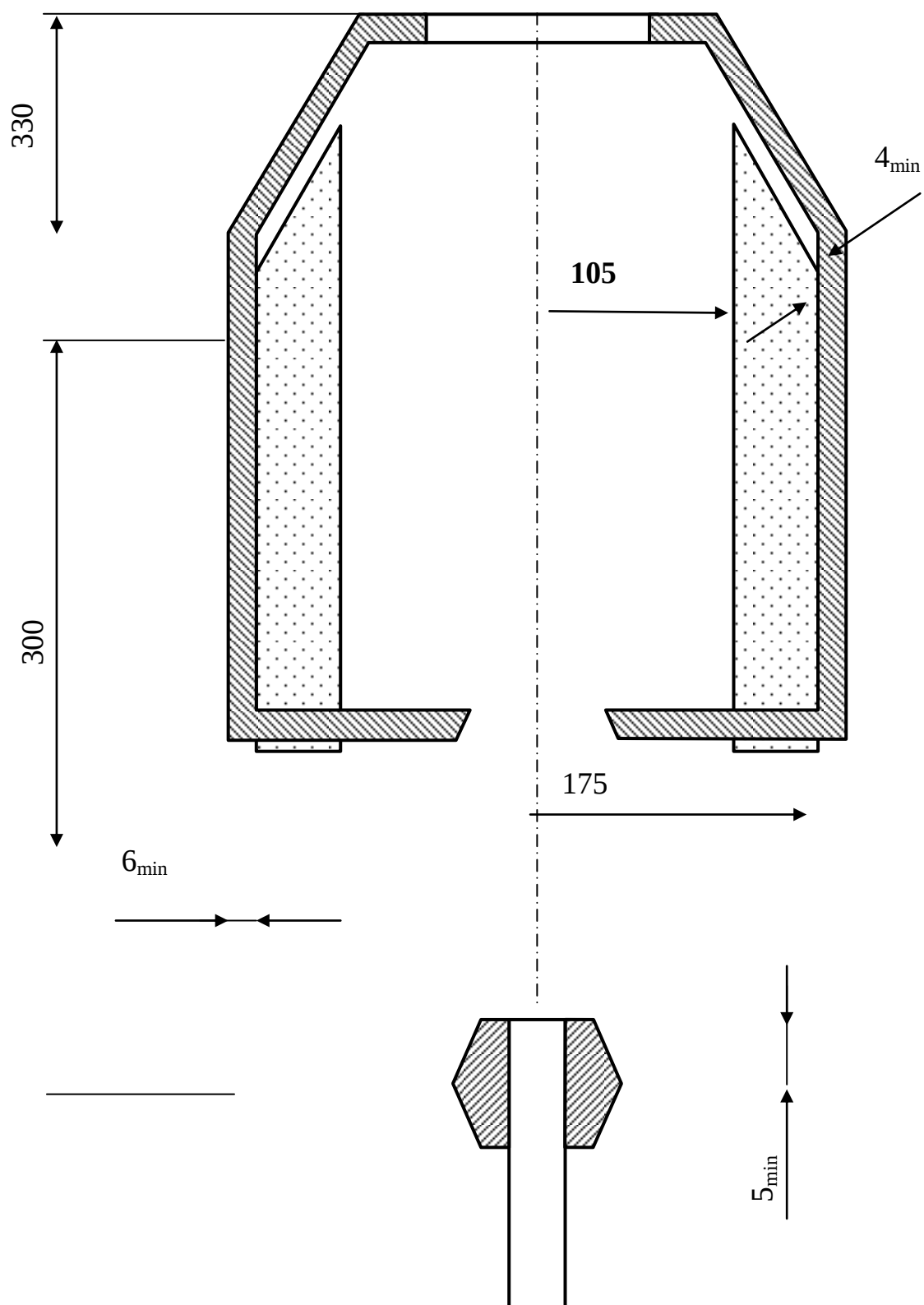


Схема нагружения ротора центрифуги представляет собой статически неопределимую задачу, так как ротор имеет пространственное расположение элементов, нагруженных центробежными и параболическими силами.

Расчеты ротора центрифуги на прочность производился на ЭВМ с использованием программы MathCad.

На рисунке 3.1.4 представлен эскиз ротора центрифуги с основными размерами, а далее представлены расчеты, произведенные на ЭВМ программы MathCad.

Данные для расчета:

$R = 0,5 \text{ м,}$	$R_0 = 0,34 \text{ м,}$	$R_1 = 0,35 \text{ м,}$	$S_{\text{ц}} = 0,012 \text{ м,}$
$S_1 = 0,015 \text{ м,}$	$S_2 = 0,018 \text{ м,}$	$H = 0,50 \text{ м,}$	$\rho_{\text{ж}} = 1,25 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3,$
$\rho = 7,85 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3,$	$d = 0,005 \text{ м,}$	$f = 20 \text{ 1/с,}$	$t = 0,03 \text{ м.}$

Материал - сталь 12X18H10T.

Расчет производится с целью определения исполнительных размеров элементов ротора с последующим определением напряжений в зонах краевого эффекта.

Толщина перфорированной обечайки ротора определяется согласно п.2.4; табл.10, 11 (РД 26-11-17-88).

Условие применимости методики расчета

$$\frac{d^2}{R \cdot S_{\text{ц}}} < 0,018 \text{ и } c = \frac{F_0}{F} \leq 0,2.$$

Степень перфорации при расположении отверстий по вершинам квадратов:

$$c = 0,785 \left(\frac{d}{t} \right)^2 = 0,785 \left(\frac{0,005}{0,03} \right)^2 = 0,0218 < 0,2$$

$$\frac{d^2}{R \cdot S_{\text{ц}}} = \frac{0,005^2}{0,5 \cdot 0,012} = 0,00417 < 0,018.$$

Условие удовлетворяется.

Коэффициент ослабления

$$\varphi_c = 1 - \frac{d}{t} = 1 - \frac{0,005}{0,03} = 0,83.$$

Коэффициент прочности сварного шва

$$\varphi = 0,95.$$

Приведенная плотность материала ротора

$$\rho_{\text{п}} = \rho(1-c) = 7,85 \cdot 10^3 (1-0,0218) = 7,68 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3.$$

Коэффициент наполнения ротора

$$\psi = \frac{R^2 - R_1^2}{R^2} = \frac{0,5^2 - 0,35^2}{0,5^2} = 0,51.$$

Коэффициент уменьшения допускаемого напряжения $K = \varphi_c$ при $\varphi_c < \varphi$

$$K = 0,83$$

Приведенное напряжение от сил инерции собственных масс в цилиндрическом элементе ротора

$$\sigma_0^{\text{п}} = 39,44 \cdot 10^{-6} f^2 \rho_{\text{п}} R^2$$

$$\sigma_0^{\text{п}} = 39,44 \cdot 10^{-6} \cdot 20^2 \cdot 7,68 \cdot 10^3 \cdot 0,5^2 = 30,29 \text{ МПа.}$$

$$\text{Коэффициент } \lambda_{\text{п}} = \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_{\text{п}}} = \frac{1,25 \cdot 10^3}{7,68 \cdot 10^3} = 0,163.$$

Допускаемое напряжение

$$[\sigma] \text{ при } T = 373 \text{ К } [\sigma] = 124,587 \text{ МПа}$$

$$[\sigma]^{\text{м}} \text{ при } T = 373 \text{ К } [\sigma]^{\text{м}} = 179,523 \text{ МПа}$$

Толщина цилиндрической обечайки ротора

$$S_{\text{ц}} = \frac{\sigma_0^{\text{п}} \lambda_{\text{п}} \psi R}{2(K[\sigma] - \sigma_0^{\text{п}})} = \frac{30,29 \cdot 0,163 \cdot 0,51 \cdot 0,5}{2(0,83 \cdot 124,587 - 30,29)} = 0,0086 \text{ м.}$$

Расчетное значение $S_{\text{ц}}^{\text{п}}$ меньше принятого конструктивно

$$S_{\text{ц}} = 0,012 \text{ м.}$$

Уточненный расчет цилиндрического элемента ротора:

Условие применимости методики расчета

$$H \geq 2,5 \sqrt{R \cdot S_{\text{ц}}} = 2,5 \sqrt{0,5 \cdot 0,012} = 0,194 \text{ м} < 0,5 \text{ м}.$$

Толщина цилиндрического элемента около борта определяется по п.2.1.4.2, табл.4(РД 26-11-17-88):

коэффициент η - по графику черт.4

$$\eta = 0,045;$$

толщина цилиндрического элемента около борта

$$S'_{\text{ц}} = 0,865 R \sqrt{\frac{\sigma_0^{\text{п}} \psi \lambda_{\text{п}} \eta}{[\sigma]^{\text{м}}}} = 0,865 \cdot 0,5 \sqrt{\frac{30,29 \cdot 0,51 \cdot 0,163 \cdot 0,045}{179,523}} = 0,0109 \text{ м}$$

расчетное значение меньше принятого конструктивно $S_{\text{ц}} = 0,012 \text{ м}$.

Краевой изгибающий момент на краю цилиндрического элемента у борта определяется по п.2.1.4.4, табл.7(РД 26-11-17-88)

$$M_1 = \frac{0,183 \sigma_0^{\text{п}} R S_{\text{ц}}^3 \alpha_1^3 \beta^2}{\alpha_1^3 + 2 R \beta \eta_1'} \left[1 + 0,125 \frac{\psi \lambda_{\text{п}} R}{S_{\text{ц}}} (4 - 0,3 \psi) + 1,365 \frac{\nu \lambda_{\text{п}} R^2 \psi}{\alpha_1^3 S_{\text{ц}}^3 \beta} \eta_1 \right],$$

где характеристический параметр для цилиндрического элемента

$$\beta = \frac{1,285}{\sqrt{R \cdot S_{\text{ц}}}} = \frac{1,285}{\sqrt{0,5 \cdot 0,012}} = 16,59 \text{ м}^{-1}$$

коэффициенты

$$\alpha_1 = \frac{S_1}{S_{\text{ц}}} = \frac{0,015}{0,012} = 1,25; \quad \alpha_2 = \frac{S_2}{S_{\text{ц}}} = \frac{0,018}{0,012} = 1,5;$$

$$\nu = \frac{1 - \sin \gamma}{1 + \sin \gamma} = 0,17 - \text{коэффициент подвижности отфугованного продукта,}$$

заполняющего ротор;

γ - угол внутреннего трения продукта, равный углу между поверхностью естественного откоса продукта, заполняющего ротор, и его основанием.

Принимаем $\gamma = 45^\circ$, как для сыпучей среды.

Коэффициент, учитывающий поворот сечения борта от единичного момента

$$\eta'_1 = \frac{\psi_{\varphi t} \left(\frac{R_1}{R} \right)}{\psi_{rt} \left(\frac{R_1}{R} \right)} \text{ сопровождающие функции при } \xi = \frac{R_1}{R} = 0,7 \text{ определяются по}$$

табл.6 $\psi_{\varphi t} = 0,735$, $\psi_{rt} = 0,255$,

$$\eta'_1 = \frac{0,735}{0,255} = 2,88;$$

коэффициент, учитывающий поворот сечения борта от давления центрифугируемого продукта

$$\eta_1 = \eta'_1 \sum_{n=1}^{n=2} \psi_{rq} \left(\frac{R_n}{R} \right) - \sum_{n=1}^{n=2} \psi_{\varphi q} \left(\frac{R_n}{R} \right),$$

здесь заменяем параболическую эпюру давления продукта на ступенчатую с числом ступеней $n = 2$:

R_1 - первая ступень,

$$R_2 = \frac{R_1 + R}{2} = \frac{0,35 + 0,5}{2} = 0,425 \text{ м - вторая ступень;}$$

$$\xi_1 = \frac{R_1}{R} = \frac{0,35}{0,5} = 0,7, \quad \xi_2 = \frac{R_2}{R} = \frac{0,425}{0,5} = 0,85$$

при $n = 1$ $\psi_{rq} = 0,0375$, $\psi_{\varphi q} = 0,0038$;

при $n = 2$ $\psi_{rq} = 0,0103$, $\psi_{\varphi q} = 0,00052$;

$$\eta_1 = 2,88 (0,0375 + 0,0103) - (0,0038 + 0,00052) = 0,1333;$$

$$\begin{aligned} M_1 &= \frac{0,183 \cdot 30,29 \cdot 0,5 \cdot 0,012^3 \cdot 1,25^3 \cdot 16,59^2}{1,25^3 + 2 \cdot 0,5 \cdot 16,59 \cdot 2,88} \left[1 + 0,125 \frac{0,51 \cdot 0,163 \cdot 0,5}{0,012} \times \right. \\ &\quad \left. \times (4 - 0,3 \cdot 0,51) + 1,365 \frac{0,163 \cdot 0,5^2 \cdot 0,51 \cdot 0,17}{1,25^3 \cdot 0,012^3 \cdot 16,59} \cdot 0,1333 \right] = \\ &= 5,21 \cdot 10^{-5} (1 + 1,67 + 11,48) = 0,000737 \text{ МН} \cdot \text{м/м} \end{aligned}$$

Краевая поперечная сила, действующая на единицу длины кольцевого сечения цилиндрического элемента у борта

$$\begin{aligned} R_1 &= 2\beta \left[\left(1 + \frac{R\beta}{\alpha_1^3} \cdot \eta'_1 \right) M_1 - \frac{0,125 R^3 \lambda_{\pi} \sigma_0^{\pi} \psi \beta \eta_1 \nu}{\alpha_1^3} \right] = 2 \cdot 16,59 \left(1 + \frac{0,5 \cdot 16,59}{1,25^3} \cdot 2,88 \right) \cdot 0,000737 - \\ &- \frac{0,125 \cdot 0,5^3 \cdot 0,163 \cdot 30,29 \cdot 0,51 \cdot 16,59 \cdot 0,1333 \cdot 0,17}{1,25^3} = 33,18 (0,00975 - 0,00757) = 0,07233 \\ &\text{МН/м.} \end{aligned}$$

Изгибающий момент M_2 и поперечная сила P_2 на краю цилиндрического элемента у днища

$$M_2 = \frac{0,183\sigma_0^\pi R S_\pi^3 \beta^2 \alpha_2^3}{\alpha_2^3 + 2R\beta\eta_2'} \left[1 + 0,125 \frac{\psi_{\lambda\pi} R}{S_\pi} (4 - 0,3\psi) + 1,365 \frac{\lambda_\pi \psi R^2 \nu}{\alpha_2^3 S_\pi^3 \beta} \eta_2 \right]$$

$$\text{здесь } \eta_2' = \frac{\psi_{\varphi r} \left(\frac{R_0}{R} \right) + 0,3\psi_{\varphi t} \left(\frac{R_0}{R} \right)}{\psi_{rr} \left(\frac{R_0}{R} \right) + 0,3\psi_{rt} \left(\frac{R_0}{R} \right)}$$

при $\xi = \frac{R_0}{R} = \frac{0,34}{0,5} = 0,68$ функции определяются по табл.6

$$\psi_{\varphi r} = 0,0539, \quad \psi_{\varphi t} = 0,7154, \quad \psi_{rr} = 0,7315, \quad \psi_{rt} = 0,2685;$$

$$\eta_2' = \frac{0,0539 + 0,3 \cdot 0,7154}{0,7315 + 0,3 \cdot 0,2685} = 0,331;$$

$$\eta_2 = \eta_2' \sum_{n=1}^{n=2} \psi_{rq} \left(\frac{R_n}{R} \right) - \sum_{n=1}^{n=2} \psi_{\varphi q} \left(\frac{R_n}{R} \right)$$

$$\eta_2 = 0,331(0,0375 + 0,0103) - (0,0038 + 0,00052) = 0,0115;$$

$$\begin{aligned} M_2 &= \frac{0,183 \cdot 30,29 \cdot 0,5 \cdot 0,012^3 \cdot 16,59^2 \cdot 1,5^3}{1,5^3 + 2 \cdot 0,5 \cdot 16,59 \cdot 0,331} \left[1 + 0,125 \frac{0,51 \cdot 0,163 \cdot 0,5}{0,012} \times \right. \\ &\quad \left. \times (4 - 0,3 \cdot 0,51) + 1,365 \frac{0,163 \cdot 0,51 \cdot 0,5^2 \cdot 0,0115 \cdot 0,17}{1,5^3 \cdot 0,012^3 \cdot 16,59} \right] = \\ &= 5,02 \cdot 10^{-4} (1 + 1,67 + 0,57) = 0,00163 \text{ МН} \cdot \text{м/м} \end{aligned}$$

Краевая поперечная сила, действующая на единицу длины кольцевого сечения цилиндрического элемента у днища

$$\begin{aligned} P_2 &= 2\beta \left[\left(1 + \frac{R\beta}{\alpha_2^3} \eta_2' \right) M_2 - \frac{0,125 R^3 \lambda_\pi \sigma_0^\pi \psi \beta \eta_2 \nu}{\alpha_2^3} \right] = 2 \cdot 16,59 \left[\left(1 + \frac{0,5 \cdot 16,59}{1,5^3} 0,331 \right) \times \right. \\ &\quad \left. \times 0,00163 - \frac{0,125 \cdot 0,5^3 \cdot 0,163 \cdot 30,29 \cdot 0,51 \cdot 16,59 \cdot 0,0115 \cdot 0,17}{1,5^3} \right] = \\ &= 33,18 \cdot (2,96 \cdot 10^{-3} - 0,378 \cdot 10^{-3}) = 0,0857 \text{ МН} \cdot \text{м/м} \end{aligned}$$

Напряжения на краю цилиндрического элемента у борта:

Напряжения на внутренней поверхности определяется по п.2.1.4.3, табл.5(РД 26-11-17-88):

$$\sigma_m^B = \frac{\sigma_0^B R \lambda_{\Pi} \psi^2 \nu}{8 S_{\Pi}^2} + \frac{6 M_1}{S_{\Pi}^2} = \frac{30,29 \cdot 0,5 \cdot 0,163 \cdot 0,51^2 \cdot 0,17}{8 \cdot 0,012} + \frac{0,000737}{0,012^2} =$$

$$= 1,137 + 30,71 = 31,85 \text{ МПа}$$

$$\sigma_t^B = \sigma_0^B \left(\frac{\lambda_{\Pi} \psi R}{2 S_{\Pi}} + 1 \right) + \frac{2 \beta R}{S_{\Pi}} (\beta M_1 - R_1) + \frac{1,8 M_1}{S_{\Pi}^2} =$$

$$= 30,29 \left(\frac{0,163 \cdot 0,51 \cdot 0,5}{2 \cdot 0,012} + 1 \right) + \frac{2 \cdot 16,59 \cdot 0,5}{0,012} (16,59 \cdot 0,000737 -$$

$$- 0,07233) + \frac{1,8 \cdot 0,000737}{0,012^2} = 82,748 - 83,093 + 9,213 = 8,868 \text{ МПа}$$

$$\sigma_r^B = 0.$$

Отсюда эквивалентное напряжение

$$\sigma'_{\text{экв}} = \sigma'_{\text{max}} - \sigma'_{\text{min}} = 31,85 - 0 = 31,85 \text{ МПа}.$$

Напряжения на наружной поверхности определяется по п.2.1.4.3 (табл.5 РД 26-11-17-88):

$$\sigma_m^H = \frac{\sigma_0^H R \lambda_{\Pi} \psi^2 \nu}{8 S_{\Pi}^2} - \frac{6 M_1}{S_{\Pi}^2} = \frac{30,29 \cdot 0,5 \cdot 0,163 \cdot 0,51^2 \cdot 0,17}{8 \cdot 0,012} - \frac{6 \cdot 0,000737}{0,012^2} =$$

$$= 1,137 - 30,71 = -29,573 \text{ МПа}$$

$$\sigma_t^H = \sigma_0^H \left(\frac{\lambda_{\Pi} \psi R}{2 S_{\Pi}} + 1 \right) + \frac{2 \beta R}{S_{\Pi}} (\beta M_1 - R_1) - \frac{1,8 M_1}{S_{\Pi}^2} =$$

$$= 30,29 \left(\frac{0,163 \cdot 0,51 \cdot 0,5}{2 \cdot 0,012} + 1 \right) + \frac{2 \cdot 16,59 \cdot 0,5}{0,012} (16,59 \cdot 0,000737 - 0,07233) -$$

$$- \frac{1,8 \cdot 0,000737}{0,012^2} = 82,748 - 83,093 - 9,213 = -9,558 \text{ МПа}$$

$$\sigma_r^H = 0.$$

Отсюда эквивалентное напряжение

$$\sigma''_{\text{экв}} = \sigma''_{\text{max}} - \sigma''_{\text{min}} = 0 - (-29,573) = 29,573 \text{ МПа}.$$

Наибольшее эквивалентное напряжение

$$\sigma_{\text{экв}} = \sigma'_{\text{экв}} = 31,85 \text{ МПа} < [\sigma]^M.$$

Условие прочности удовлетворяется.

Напряжения на краю цилиндрического элемента у днища:

Внутренняя поверхность

$$\begin{aligned}\sigma_m^B &= \frac{\sigma_0^B R \lambda_{\pi} \psi^2 \nu}{8 S_{\pi}} + \frac{6 M_2}{S_{\pi}^2} = \frac{30,29 \cdot 0,5 \cdot 0,163 \cdot 0,51^2 \cdot 0,17}{8 \cdot 0,012} + \\ &+ \frac{6 \cdot 0,00163}{0,012^2} = 1,137 + 67,92 = 69,54 \text{ МПа} \\ \sigma_t^B &= \sigma_0^B \left(\frac{\lambda_{\pi} \psi R}{2 S_{\pi}} + 1 \right) + \frac{2 \beta R}{S_{\pi}} (\beta M_2 - P_2) + \frac{1,8 M_2}{S_{\pi}^2} = \\ &= 30,29 \left(\frac{0,163 \cdot 0,51 \cdot 0,5}{2 \cdot 0,012} + 1 \right) + \frac{2 \cdot 16,59 \cdot 0,5}{0,012} (16,59 \cdot 0,00163 - 0,0857) + \\ &+ \frac{1,8 \cdot 0,00163}{0,012^2} = 82,748 + (-81,095) + 20,375 = 22,028 \text{ МПа} \\ \sigma_r^B &= 0.\end{aligned}$$

Эквивалентное напряжение

$$\sigma'_{\text{ЭКВ}} = \sigma'_{\text{max}} - \sigma'_{\text{min}} = 69,54 - 0 = 69,54 \text{ МПа.}$$

Напряжения на наружной поверхности

$$\begin{aligned}\sigma_m^H &= 1,137 - 67,92 = -66,783 \text{ МПа} \\ \sigma_t^H &= 82,748 - 81,085 - 20,375 = -18,722 \text{ МПа} \\ \sigma_r^H &= 0\end{aligned}$$

Эквивалентное напряжение

$$\sigma''_{\text{ЭКВ}} = \sigma''_{\text{max}} - \sigma''_{\text{min}} = 0 - (-66,783) = 66,783 \text{ МПа.}$$

Наибольшее эквивалентное напряжение

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} = \sigma'_{\text{ЭКВ}} = 69,54 \text{ МПа} < [\sigma]^M.$$

Условие прочности удовлетворяется.

Напряжения в плоских элементах (борт, днище):

Эквивалентное напряжение на наружном крае борта

$$\sigma_{\text{ЭКВ}}^{\text{НКБ}} = \frac{P_1}{S_1} + \frac{6 M_1}{S_1^2} = \frac{0,07233}{0,015} + \frac{0,000737}{0,015^2} = 4,822 + 19,65 = 24,48 \text{ МПа} < [\sigma].$$

Эквивалентное напряжение на внутреннем крае борта

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{ЭКВ}}^{\text{ВКБ}} &= 0,825\sigma_0^{\text{П}} \left[1 + 0,212 \left(\frac{R_1}{R} \right)^2 \right] + \frac{2P_1}{S_1\psi} + \frac{6}{S_1^2\psi_{rt} \left(\frac{R_1}{R} \right)} \left[0,125\nu\sigma_0^{\text{П}} R^2 \psi \lambda_{\text{П}} \sum_{n=1}^{n=2} \psi_{rq} \left(\frac{R_n}{R} \right) - M_1 \right] = \\ &= 0,825 \cdot 30,29 \left[1 + 0,212 \left(\frac{0,35}{0,5} \right)^2 \right] + \frac{2 \cdot 0,07233}{0,015 \cdot 0,51} + \frac{6}{0,015^2 \cdot 0,255} \times \\ &\times [0,125 \cdot 0,17 \cdot 30,29 \cdot 0,5^2 \cdot 0,51 \cdot 0,163 (0,0375 + 0,0103) - 0,000737] = \\ &= 27,585 + 18,91 - 0,01 = 46,485 \text{ МПа} < [\sigma].\end{aligned}$$

Эквивалентное напряжение на наружном крае днища

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{ЭКВ}}^{\text{НКД}} &= \frac{P_2}{S_2} + \frac{6M_2}{S_2^2} = \frac{0,0857}{0,018} + \frac{6 \cdot 0,00163}{0,018^2} = \\ &= 4,761 + 30,185 = 34,946 \text{ МПа} < [\sigma].\end{aligned}$$

Эквивалентное напряжение на внутренней поверхности днища у ступицы

$$\sigma_{\text{ЭКВ}}^{\text{ВД}} = \sigma_{\text{max}}^{\text{ВД}} - \sigma_{\text{min}}^{\text{ВД}}$$

радиальное напряжение

$$\begin{aligned}\sigma_r^{\text{ВД}} &= 0,4125\sigma_0 \frac{R^2 - R_0^2}{R^2} + \frac{P_2}{S_2} + \\ &+ \frac{6}{S_2^2 \left[\psi_{rr} \left(\frac{R_0}{R} \right) + 0,3\psi_{rt} \left(\frac{R_0}{R} \right) \right]} \left\{ 0,125\nu\sigma_0^{\text{П}} \lambda_{\text{П}} \psi R^2 \sum_{n=1}^{n=2} \psi_{rq} \left(\frac{R_n}{R} \right) - M_2 \right\} = \\ &= 0,4125 \cdot 30,29 \frac{0,5^2 - 0,34^2}{0,5^2} + \frac{0,0857}{0,018} + \frac{6}{0,018^2 [0,7315 + 0,3 \cdot 0,2685]} \times \\ &\times \{0,125 \cdot 0,17 \cdot 30,29 \cdot 0,163 \cdot 0,51 \cdot 0,5^2 (0,0375 + 0,0103) - 0,00163\} = \\ &= 6,717 + 4,761 - 22,59 = -11,112 \text{ МПа}\end{aligned}$$

кольцевое напряжение

$$\begin{aligned}\sigma_t^{\text{ВД}} &= \frac{0,4125\sigma_0^{\text{П}}}{R^2} (R^2 - 0,576R_0^2) + \frac{P_2}{S_2} + \\ &+ \frac{1,8}{S_2^2 \left[\psi_{rr} \left(\frac{R_0}{R} \right) + 0,3\psi_{rt} \left(\frac{R_0}{R} \right) \right]} \left\{ 0,125\nu\sigma_0^{\text{П}} \lambda_{\text{П}} \psi R^2 \sum_{n=1}^{n=2} \psi_{rq} \left(\frac{R_n}{R} \right) - M_2 \right\} = \\ &= \frac{0,4125 \cdot 30,29}{0,5^2} (0,5^2 - 0,576 \cdot 0,34^2) + \frac{0,0857}{0,018} + \frac{1,8}{0,018^2 (0,7315 + 0,3 \cdot 0,2685)} \times \\ &\times \{0,125 \cdot 0,17 \cdot 30,29 \cdot 0,163 \cdot 0,51 \cdot 0,5^2 (0,0375 + 0,0103) - 0,00302\} = \\ &= 9,167 + 4,761 - 6,777 = 7,151 \text{ МПа}\end{aligned}$$

напряжение, нормальное к поверхности днища, $\sigma_q^{\text{ВД}} = 0$

$$\sigma_{\text{ЭКВ}}^{\text{ВД}} = \sigma_{\text{max}}^{\text{ВД}} - \sigma_{\text{min}}^{\text{ВД}} = 11,112 - 0 = 11,112 \text{ МПа} < [\sigma].$$

Эквивалентное напряжение на наружной поверхности днища у ступицы

$$\sigma_{\text{ЭКВ}}^{\text{НД}} = \sigma_{\text{max}}^{\text{НД}} - \sigma_{\text{min}}^{\text{НД}}$$

радиальное напряжение

$$\begin{aligned} \sigma_r^{\text{НД}} &= 0,4125 \sigma_0^{\text{П}} \frac{R^2 - R_0^2}{R^2} + \frac{P_2}{S_2} - \\ &- \frac{6}{S_2^2 \left[\psi_{rr} \left(\frac{R_0}{R} \right) + 0,3 \psi_{rt} \left(\frac{R_0}{R} \right) \right]} \left\{ 0,125 \nu \sigma_0^{\text{П}} \lambda_{\text{П}} \psi R^2 \sum_{n=1}^{n=2} \psi_{rq} \left(\frac{R_n}{R} \right) - M_2 \right\} = \\ &= 0,4125 \cdot 30,29 \frac{0,5^2 - 0,34^2}{0,5^2} + \frac{0,0857}{0,018} - \frac{6}{0,018^2 (0,7315 + 0,3 \cdot 0,2685)} \times \\ &\times \{ 0,125 \cdot 0,17 \cdot 30,29 \cdot 0,163 \cdot 0,51 \cdot 0,5^2 (0,0375 + 0,0103) - 0,00163 \} = \\ &= 6,717 + 4,761 - (-22,59) = 34,068 \text{ МПа} \end{aligned}$$

кольцевое напряжение

$$\begin{aligned} \sigma_t^{\text{НД}} &= \frac{0,4125 \sigma_0^{\text{П}}}{R^2} (R^2 - 0,576 R_0^2) + \frac{P_2}{S_2} - \\ &- \frac{1,8}{S_2^2 \left[\psi_{rr} \left(\frac{R_0}{R} \right) + 0,3 \psi_{rt} \left(\frac{R_0}{R} \right) \right]} \left\{ 0,125 \nu \sigma_0^{\text{П}} \lambda_{\text{П}} \psi R^2 \sum_{n=1}^{n=2} \psi_{rq} \left(\frac{R_n}{R} \right) - M_2 \right\} = \\ &= \frac{0,4125 \cdot 30,29}{0,5^2} (0,5^2 - 0,576 \cdot 0,34^2) + \frac{0,0857}{0,018} - \frac{1,8}{0,018^2 (0,7315 + 0,3 \cdot 0,2685)} \times \\ &\times \{ 0,1250 \cdot 0,17 \cdot 30,29 \cdot 0,163 \cdot 0,51 \cdot 0,5^2 (0,0375 + 0,0103) - 0,00163 \} = \\ &= 9,167 + 4,761 - (-6,777) = 20,705 \text{ МПа} \end{aligned}$$

напряжение, нормальное к поверхности днища

$$\sigma_q^{\text{НД}} = 0$$

$$\sigma_{\text{ЭКВ}}^{\text{НД}} = \sigma_{\text{max}}^{\text{НД}} - \sigma_{\text{min}}^{\text{НД}} = 34,068 - 0 = 34,068 \text{ МПа} < [\sigma].$$

Принятые геометрические размеры элементов ротора обеспечивают его прочность при заданных режимах эксплуатации.

Расчет на прочность розетки ротора:

Материал розетки - сталь 12Х18Н10Т, плотность материала

$$\rho_{\text{сп}} = \rho_{\text{к}} = 7,85 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3.$$

Ширина поперечного сечения спицы $b_{\text{сп}} = 0,015 \text{ м}$;

минимальная высота этого же сечения $h_{\text{сп}} = 0,084 \text{ м}$;

расчетная длина спицы $l = 0,185 \text{ м}$ (черт.2 данного прилож.).

Угол наклона спицы $\beta = 0$, число спиц $m = 6$.

Ширину поперечного сечения кольца принимаем для расчета равной высоте спицы, т.е. $b_k = 0,084 \text{ м}$.

Высота поперечного сечения кольца (минимальная) $h_k = 0,02 \text{ м}$.

Радиус круговой оси кольца $R = 0,33 \text{ м}$.

Модуль продольной упругости

$$E_{\text{сп}} = E_k = 2,001 \cdot 10^5 \text{ МПа.}$$

При расчете по данному методу учитывают лишь напряженное состояние деталей розетки, возникающее под действием массы ротора с центрифугируемым материалом и центробежных сил инерции в установившемся режиме работы центрифуги.

Усилия радиального направления X и момент, изгибающий спицу в радиальной плоскости M , определяются из следующей системы канонических уравнений метода сил

$$\left. \begin{aligned} \delta_{XX}X + \delta_{XM}M + \Delta_{XP} &= 0 \\ \delta_{XM}X + \delta_{MM}M + \Delta_{MP} &= 0 \end{aligned} \right\}$$

Определение перемещений, входящих в систему:

$$\delta_{XX} = \frac{\cos^2 \beta l}{E_{\text{сп}} F_{\text{сп}}} + \frac{\sin^2 \beta l^3}{3 E_{\text{сп}} J} + \frac{R}{E_k h_k b_k} \cdot f_1(\alpha) + \frac{12 R^3}{E_k b_k h_k} \cdot f_2(\alpha),$$

где $F_{\text{сп}}$ - площадь поперечного сечения спицы;

$J_{\text{сп}}$ - момент инерции поперечного сечения при изгибе спицы в радиальной плоскости;

$f_1(\alpha)$ и $f_2(\alpha)$ - сопровождающие функции (определяются из табл.15);

$$F_{\text{сп}} = b_{\text{сп}} \cdot h_{\text{сп}} = 0,015 \cdot 0,084 = 0,00126 \text{ м}^2;$$

$$J_{\text{сп}} = \frac{b_{\text{сп}} \cdot h_{\text{сп}}^3}{12} = \frac{0,015 \cdot 0,084^3}{12} = 0,74 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4;$$

при $m = 6$ $f_1(\alpha) = 1,91$; $f_2(\alpha) = 0,0017$

$$\sin 0 = 0$$

$$\cos 0 = 1$$

$$\delta_{XX} = \frac{1 \cdot 0,185}{2,001 \cdot 10^5 \cdot 0,00126} + 0 + \frac{0,33 \cdot 1,91}{2,001 \cdot 10^5 \cdot 0,02 \cdot 0,084} + \frac{12,0 \cdot 0,33^3 \cdot 0,0017}{2,001 \cdot 10^5 \cdot 0,084 \cdot 0,02^3} =$$

$$= 73,376 \cdot 10^{-5} + 187,496 \cdot 10^{-5} + 545,200 \cdot 10^{-5} = 806,072 \cdot 10^{-5} \text{ м/мН}$$

$$\delta_{XM} = -\frac{l^2 \cdot \sin \beta}{2E_{\text{сп}} \cdot J_{\text{сп}}} = 0$$

$$\delta_{MM} = \frac{l}{E_{\text{сп}} \cdot J_{\text{сп}}} = \frac{0,185}{2,001 \cdot 10^5 \cdot 0,74 \cdot 10^{-6}} = 1,249 \text{ 1/мН} \cdot \text{м}$$

$$\Delta_{XP} = \frac{\rho_{\text{сп}} \omega^2 F_{\text{сп}} l^4 \sin^2 \beta}{120 \cdot 10^6 E_{\text{сп}} J_{\text{сп}}} [11l \cos \beta + 15(R - l \cos \beta)] +$$

$$+ \frac{\rho_{\text{к}} \omega^2 R_0^3}{E_{\text{к}} \cdot 10^6} + \frac{Pl^3 \cos \beta \cdot \sin \beta}{3E_{\text{сп}} \cdot J_{\text{сп}}} - \frac{P \cdot \sin \beta \cdot \cos \beta \cdot l}{E_{\text{сп}} \cdot F_{\text{сп}}},$$

где ω - угловая скорость вращения;

P - часть массы ротора (вместе с центрифугируемым продуктом),
приходящаяся на одну спицу;

$$\omega = 2\pi f = 2 \cdot 3,14 \cdot 20 = 126 \text{ рад/с.}$$

Максимальная масса центрифугируемого продукта 2450 Н;

масса ротора (борта, обечайки, днища) 3165,4 Н;

$$P = \frac{2450 + 3165,4}{6} = \frac{5615,4}{6} = 936 \cdot \text{Н} = 936 \cdot 10^{-6} \text{ мН}$$

$$\Delta_{XP} = \frac{7,85 \cdot 10^3 \cdot 126^2 \cdot 0,33^3}{2,001 \cdot 10^5 \cdot 10^6} = 22 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

$$\Delta_{MP} = \frac{\rho_{\text{сп}} \omega^2 F_{\text{сп}} l^3 \sin \beta}{24 \cdot 10^6 E_{\text{сп}} J_{\text{сп}}} [3l \cos \beta - 4(R - l \cos \beta)] -$$

$$- \frac{Pl^2 \cos \beta}{2E_{\text{сп}} J_{\text{сп}}} = -\frac{936 \cdot 10^{-6} \cdot 0,185^2 \cdot 1}{2 \cdot 2,001 \cdot 10^5 \cdot 0,74 \cdot 10^{-6}} = -108 \cdot 10^{-6}.$$

Система канонических уравнений

$$\left. \begin{aligned} \delta_{XX} X + \delta_{XM} M + \Delta_{XP} &= 0 \\ \delta_{XM} X + \delta_{MM} M + \Delta_{MP} &= 0 \end{aligned} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} 806,072 \cdot 10^{-6} X + 22 \cdot 10^{-6} &= 0 \\ 1,249 \cdot M - 108 \cdot 10^{-6} &= 0 \end{aligned} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} X &= -0,00273 \text{ мН} \\ M &= 86,469 \cdot 10^{-6} \text{ мН} \cdot \text{м} \end{aligned} \right\}$$

При найденных из канонических уравнений значениях X и M нормальные напряжения в сечении спицы x определяются по формуле:

$$|\sigma_{\text{сп}}| = \left| \frac{1}{F_{\text{сп}}} \left[\frac{\rho_{\text{сп}} \omega^2 F_{\text{сп}} x (2R - x \cos \beta)}{2 \cdot 10^6} + P \sin \beta - X \cos \beta \right] + \right. \\ \left. + \frac{y}{2J_{\text{сп}}} \left[\frac{\rho_{\text{сп}} \omega^2 F_{\text{сп}} x^2 (3R - x \cos \beta)}{6 \cdot 10^6} - P x \cos \beta + M - X x \sin \beta \right] \right| \\ |\sigma_{\text{сп}}| = \left| \frac{1}{0,00126} \left[\frac{7,85 \cdot 10^3 \cdot 126^2 \cdot 0,00126 x (2 \cdot 0,33 - x)}{2 \cdot 10^6} + 0,00273 \right] + \right. \\ \left. + \frac{y}{2 \cdot 0,74 \cdot 10^{-6}} \left[\frac{7,85 \cdot 10^3 \cdot 126^2 \cdot 0,00126 x^2 (3 \cdot 0,33 - x)}{6 \cdot 10^6} - 936 \cdot 10^{-6} x + \right. \right. \\ \left. \left. + 86,469 \cdot 10^{-6} \right] \right| = 44,127 x - 62,313 x^2 + 2,167 + y (17506,669 x^2 - \\ - 17683,504 x^3 - 632,432 x + 58,425)].^* \quad (1)$$

Проверке подлежат три сечения при $x = 0$, $x = l$ и при значениях x , определяемых из уравнения $\sigma'(x) = 0$.

Расчет выполняется для точек сечения, наиболее удаленных от нейтральной оси спицы.

Для прямоугольного сечения

$$y = \mp \frac{h_{\text{сп}}}{2} = \pm \frac{0,084}{2} = \pm 0,042 \text{ м.}$$

Подставляя значение y в уравнение (1), получаем

$$|\sigma_{\text{сп}}|_{y=+\frac{h_{\text{сп}}}{2}} = |-742,707 x^3 + 672,967 x^2 + 14,565 x + 4,621| \quad (2)$$

$$|\sigma_{\text{сп}}|_{y=+\frac{h_{\text{сп}}}{2}} = |742,707 x^3 - 797,593 x^2 + 67,689 x - 0,286| \quad (3)$$

При $x = 0$

$$|\sigma_{\text{сп}}|_{y=+\frac{h_{\text{сп}}}{2}} = 4,621 \text{ МПа;}$$

$$|\sigma_{\text{сп}}|_{y=+\frac{h_{\text{сп}}}{2}} = 0,286 \text{ МПа.}$$

При $x = l = 0,185 \text{ м}$

$$|\sigma_{\text{сп}}|_{y=+\frac{h_{\text{сп}}}{2}} = 25,645 \text{ МПа;}$$

$$|\sigma_{\text{сп}}|_{y=+\frac{h_{\text{сп}}}{2}} = 10,359 \text{ МПа.}$$

Определяются значения x , при которых $\sigma_{\text{сп}}$ будет иметь экстремальные

значения.

Приравниваем к нулю первую производную выражения (2):

$$-2228,121x^2 + 1345,934x + 14,565 = 0,$$

$$\text{откуда } x_1^{\text{II}} = -0,0106 \text{ м}; \quad x_2^{\text{II}} = 0,6147 \text{ м.}$$

Обе координаты находятся вне пределов длины спицы, поэтому проверке на прочность соответствующие сечения не подлежат.

Приравниваем к нулю производную (3):

$$2228,121x^2 - 1595,186x + 67,689 = 0,$$

$$\text{откуда } x_1^{\text{III}} = 0,67 \text{ м,}$$

$$x_2^{\text{III}} = 0,045 \text{ м.}$$

Проверке подлежит только сечение с координатой $x_2^{\text{III}} = 0,045 \text{ м}$.

Делая подстановку $x = x_2^{\text{III}} = 0,045 \text{ м}$ в уравнение (3), получим:

$$|\sigma_{\text{сп}}|_{y=-\frac{h_{\text{сп}}}{2}} = 1,213 \text{ МПа.}$$

Таким образом, условие прочности для спицы выполняется, т.к.

$$\sigma_{\text{max}} = 25,645 \text{ МПа} < [\sigma] = 124,587 \text{ МПа.}$$

Нормальные напряжения в поперечном сечении кольца в месте примыкания к нему спицы определяются по формуле:

$$|\sigma_{\text{к}}| = \left| 1 \cdot 10^{-6} \rho_{\text{к}} \omega^2 R^2 + X \left[\frac{\text{ctg} \frac{\pi}{m}}{2F_{\text{сп}}} + \frac{3xR \left(m - \pi \text{ctg} \frac{\pi}{m} \right)}{\pi^2 b_{\text{к}} h_{\text{к}}^3} \right] + M \frac{6\psi m_y}{\pi b_{\text{к}}^3 h_{\text{к}}} \right|.$$

Поправочный коэффициент ψ определяется по таблице 15:

при $m = 6$ $\psi = 0,9$.

Проверке подлежат два сечения

при $x = \frac{h_{\text{к}}}{2} = 0,01 \text{ м,}$

$$x = -\frac{h_{\text{к}}}{2} = -0,01 \text{ м,}$$

$$y = \pm \frac{b_{\text{к}}}{2} = \pm \frac{0,084}{2} = \pm 0,042.$$

$$|\sigma_K| = \left| 1 \cdot 10^{-6} \cdot 7,85 \cdot 10^3 \cdot 126^2 \cdot 0,33^2 + (-0,00273) \left[\frac{\operatorname{ctg} \frac{\pi}{6}}{2 \cdot 0,00126} + \frac{3 \cdot 0,33x \left(6 - 3,14 \operatorname{ctg} \frac{\pi}{6} \right)}{3,14^2 \cdot 0,084 \cdot 0,02^3} \right] + 86,469 \cdot 10^{-6} \frac{6 \cdot 0,9 \cdot 6y}{3,14 \cdot 0,084^3 \cdot 0,02} \right|;$$

$$|\sigma_K| = |13,572 - 0,00273 (687,302 + 83901,911x) + 75,268y|;$$

$$|\sigma_K|_{y=+\frac{b_K}{2}} = |-229,052x + 14,856|;$$

$$|\sigma_K|_{y=-\frac{b_K}{2}} = |-229,052x + 8,536|.$$

При $x = \frac{h_K}{2} = 0,01$ м

$$|\sigma_K|_{y=+\frac{b_K}{2}} = 12,565 \text{ МПа};$$

$$|\sigma_K|_{y=-\frac{b_K}{2}} = 6,245 \text{ МПа}.$$

При $x = -\frac{h_K}{2} = -0,01$ м

$$|\sigma_K|_{y=+\frac{b_K}{2}} = 17,147 \text{ МПа};$$

$$|\sigma_K|_{y=-\frac{b_K}{2}} = 10,827 \text{ МПа}.$$

Максимальное значение напряжения

$$\sigma_{\max} = |\sigma_K|_{y=+\frac{b_K}{2}} = 17,147 \text{ МПа}.$$

Условие прочности выполняется, т.к.

$$\sigma_{\max} = 17,147 \text{ МПа} < [\sigma] = 124,587 \text{ МПа}.$$

Размеры элементов розетки обеспечивают необходимую прочность узла.

3.1.6.6 Проверочный расчет шпоночных соединений

Материал шпонок – сталь 40Х. Проверяем прочность шпонки по формуле [14]:

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot M_k}{d(h - t_1) \cdot (l - b)} \leq [\sigma_{см}],$$

где M_k - передаваемый вращающий момент, $H \cdot мм$;

$d=90$ - диаметр вала в месте установки шпонки, мм;

$h=7$ - высота шпонки, мм;

$b=10$ - ширина шпонки, мм;

$l=85$ - длина шпонки, мм

$t_1=4$ - глубина паза вала, мм;

$\sigma_{см}=120$ - допускаемое напряжение на смятие для стали 40Х, $H/мм^2$

[ГОСТ 14249-89].

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot 24500}{90 \cdot (7 - 4) \cdot (85 - 10)} = 2,42 H / мм^2.$$

Видим, что возникающие нормальные напряжения не превышают допускаемых, таким образом, шпонки подходят.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-2K11	Денисевич Роман Владимирович

Институт	Институт электронного обучения	Кафедра	Общей химии и химической технологии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Энерго-и ресурсосберегающие процессы в химической технологии нефтехимии и биотехнологии

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика центрифуги (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Центрифуга осадительная, горизонтальная непрерывного действия. Используется для разделения суспензий высокой и средней дисперсности при обработке продуктов, требующих изоляции от внешней среды. Производительность – 2300 кг/ч. Содержание твердой фазы в исходной суспензии X_m -5 % мас. Конечная влажность- 15 % мас.. Наименьший диаметр частиц-1 мкм Плотность твердой фазы-3500 кг/м³ Плотность жидкой фазы-1600 кг/м³</i>
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации теплообменного аппарата в следующей последовательности: 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:	- физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; - действие фактора на организм человека; - приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); - предлагаемые средства защиты; - (сначала коллективной защиты, затем индивидуальные защитные средства). - механические опасности (источники, средства защиты); - термические опасности (источники, средства защиты); - электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); - пожаро-взрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).
2. Экологическая безопасность:	- защита селитебной зоны; - анализ воздействия выпарного

	аппарата на атмосферу; - анализ воздействия выпарного аппарата на гидросферу (сбросы); - анализ воздействия выпарного аппарата на литосферу (отходы); - разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	- перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; - выбор наиболее типичной ЧС; - разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; - разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	- специальные (характерные при эксплуатации выпарного аппарата) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Чулков Н.А.	К.Т.Н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2К11	Денисевич Роман Владимирович		

4. Социальная ответственность

Стороны ставят в числе приоритетных целей Соглашения создание условий, содействующих формированию структурно развитой, обеспечивающей нужды страны и населения, конкурентоспособной экономики на базе рабочих мест, позволяющих использовать материальные и человеческие ресурсы эффективно с точки зрения интересов всех субъектов экономики; обеспечение нового, более высокого уровня жизни граждан Российской Федерации, прежде всего за счет кардинального повышения эффективности государственного управления и **социальной ответственности** всех субъектов экономики, внедрения принципов достойного труда на основе подходов Международной организации труда.

4.1 Характеристика технологического процесса

В данном дипломном проекте разрабатывается установка растворения уранилнитрата азотной кислотой.

Основным аппаратом является агитатор-растворитель, закрытого типа (так, как в процессе выщелачивания происходит выделение вредных паров и газов азотной кислоты). Но даже в аппаратах закрытого типа источником выделения вредных паров и газов является нарушение герметичности аппарата при открывании люков и штуцеров для визуального контроля, замеров уровня и отборов проб.

Производственная деятельность на этой установке связана с образованием отходов, находящихся в различных агрегатных состояниях и имеющих загрязнения в виде радионуклидов (РН) и вредных химических веществ (ВХВ).

Работа установки может сопровождаться воздействием на атмосферу, гидросферу и почвенный покров.

4.2 Производственная безопасность

4.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

В условиях работы аппаратчика, необходимо осуществление комплекса мер по предупреждению и уменьшению воздействия вредных производственных факторов.

Для целостного представления обо всех вредных факторах, выявленных в процессе работы, составим таблицу (Таблица 4.1).

Наименование видов работ и параметров производствен ного процесса	Ф а к т о р ы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1	2	3	4
1. Контроль технологическ ого процесса в помещении для аппаратчиков	1. Отклонение показателей микроклимата в помещении	1. Электрический ток	1 .СанПиН 2.2.4.548-96 [97], 2. СанПиН 2.2.4.1191-03. [99]
2. Обход технологическ ой цепочки и отбор проб	1. Отклонение показателей климата на открытом воздухе 2. Повышенная	1. Электрический ток	1. Р 2.2.2006-05 [104] 2. СанПиН 2.1.6.1032-01 [101] ГОСТ

	запыленность и загазованность рабочей зоны; 3.Недостаточная освещенность рабочей зоны		12.1.005–88 (с изм. №1 от 2000 г.). ССБТ[17] СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278- 03[19]
--	--	--	---

Таблица 4.1 Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

4.3 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния на работающих

4.3.1. Состояние воздушной среды

При температурах воздуха 25°С и выше максимальные величины относительной влажности воздуха не должны выходить за пределы:

70% - при температуре воздуха 25° С; 65% - при температуре воздуха 26° С;

60% - при температуре воздуха 27° С; 55% - при температуре воздуха 28°

Исходный концентрат урана состоит из MoO₃, AsO₃, CuO, SiO₂, ThO₂, ZrO₂, V₂O₅, Fe₂O₃, Al₂O₃, MnO₂, MgO.

Вещества, используемые на проектируемой установке, по степени опасности относятся к вредным химическим веществам 1 (чрезвычайно опасные) и 3 (умеренно опасные) класса опасности. Перечень вредных химических веществ, нормативы их концентраций в воздухе рабочей зоны представлены в таблице 5.2

Таблица 4.2 - Перечень вредных химических веществ, их характеристики (по ГОСТ 12.1.005-88)

Наименование вещества	ПДК _{мр} , мг/м ³	Класс опасности	Агрегатное состояние
Уран, нерастворимое соединение	0,075	1	аэрозоли
Уран, растворимое соединение	0,015	1	аэрозоли
Окислы азота	2	3	газ
Азотная кислота	2	3	аэрозоли

Для обеспечения химической безопасности при работе на установке предусматриваются следующие организационные и технические мероприятия:

- герметичность технологического оборудования и коммуникаций;
- применение материалов для оборудования, устойчивых в коррозионной среде;
- система блокировок и отключение оборудования при отклонении от заданных технологических параметров;
- контроль содержания вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны производственных помещений: для веществ 1 класса опасности – постоянный контроль с применением самопишущих приборов и устройств, а для веществ 3 класса опасности – контроль периодический (отбор проб не менее 5 раз в смену);
- обеспечение обслуживающего персонала спецодеждой, спецобувью и средствами индивидуальной защиты при выполнении работ;
- исключение пыления из бункера загрузочного устройства в помещение путем создания сдувочной системы через фильтр.

4.4 Радиационная безопасность

Уран является α -излучателем. Учитывая свойства α -излучения, работа с урановыми соединениями создает опасность облучения тканей организма при попадании их внутрь путем вдыхания или заглатывания.

Опасность внешнего облучения при работе с природным ураном обусловлена также:

- β -излучением примесей тория Th и протактиния Pa;
- γ -излучением примесей Ra.

Допустимая объемная активность концентрата урана, содержащего в основном изотоп уран-238, в воздухе для персонала составляет 1,1 Бк/м³. Допустимая объемная активность урана - 238 в атмосферном воздухе для населения составляет $4,0 \cdot 10^{-2}$ Бк/м³.

Ионизирующее излучение при воздействии на организм человека может вызвать два вида эффектов: детерминированные пороговые эффекты (лучевая болезнь, лучевой ожог и др.) и стохастические беспороговые эффекты (злокачественные опухоли, лейкозы и др.). Степень воздействия радиации зависит от того, является облучение внешним или внутренним (при попадании радиоактивного изотопа внутрь организма). Внутреннее облучение возможно при вдыхании, заглатывании радиоизотопов и проникновении их в организм через кожу. Некоторые вещества поглощаются и накапливаются в конкретных органах, что приводит к высоким локальным дозам радиации [8].

Гигиеническая регламентация ионизирующего излучения осуществляется нормами радиационной безопасности СанПиН 2.6.1.2523-09.

Основные дозовые пределы облучения и допустимые уровни устанавливаются для следующих категорий облучаемых лиц:

- персонал – лица, работающие с техногенными источниками (группа А) или находящиеся по условиям работы в сфере их воздействия (группа Б);

- все население, включая лиц из персонала, вне сферы и условий их производственной деятельности.

Для категорий облучаемых лиц устанавливаются 3 класса нормативов:

а) основные пределы доз (ПД);

б) допустимые уровни монофакторного воздействия, являющиеся производными от основных пределов доз: пределы годового поступления (ПП), допустимые среднегодовые объемные активности (ДУА);

в) контрольные уровни.

Мероприятия по обеспечению радиационной (а также и химической) безопасности на участке:

- защита обслуживающего персонала от радиационного β - и γ -облучения обеспечивается размещением основного оборудования в каньонах;

- создание разрежения в оборудовании;

- защита персонала от излучения при работе на узлах загрузки с целью не превышения основного дозового предела – 20 мЗв/год не требуется;

- обеспечение обслуживающего персонала спецодеждой, спецобувью средствами индивидуальной защиты при выполнении работ;

- создание системы блокировок на отключение оборудования при нарушениях технологического процесса, световой и звуковой сигнализации при отклонении от технологических параметров или аварийных ситуациях.

- очистка реакционных газов и отдувки из растворителей, можюсов, баков производится на узле газоочистки;

- изготовление оборудования участка герметичным изнержавеющей стали, обеспечивающей ему коррозионную стойкость;

- организация контроля на участке за радиационной обстановкой.

Для обеспечения радиационного контроля на установке предусматриваются носимые дозиметры – радиометры. Контроль содержания радиоактивных аэрозолей в воздухе рабочих помещений осуществляется с применением съёмных фильтров путем анализа осадка. Для

контроля загрязнения рук, ног, обуви и спецодежды персонала β - и α -активными веществами на выходах с участка устанавливают контрольные радиометрические установки.

4.5. Освещенность

Рациональное освещение производственных помещений и территории УРОУ имеет большое санитарно-гигиеническое значение и способствует правильной организации труда.

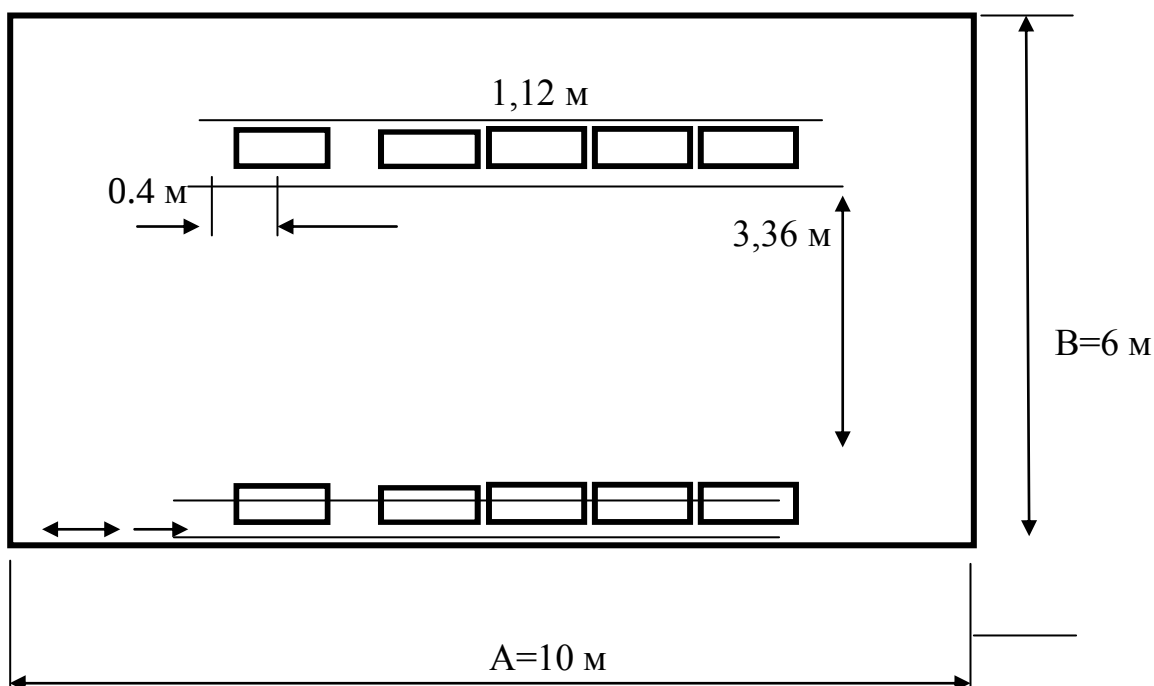
Естественный солнечный свет характеризуется большой интенсивностью и равномерностью освещения, и создает наилучшие условия для работы.

В темное время суток территория УРОУ освещается прожекторами.

В связи с тем, что условия деятельности УРОУ имеет непрерывный характер работы, особенно важным становится вопрос производственного освещения. Поэтому в производственных помещениях используется искусственное освещение.

Для искусственного освещения используют светильники с люминесцентными лампами ЛБ -белого цвета или ЛТБ - тепло-белого цвета, мощностью 20, 40, 80 Вт.

Согласно действующим санитарным нормам и правилам СНиП 2.2.4.584-96, для искусственного освещения регламентирована наименьшая допустимая освещенность рабочих мест, а для естественного и совмещенного - коэффициент естественной освещенности (КЕО).



Параметры систем естественного и искусственного освещения приведены в табл.4.3.

Фактические параметры освещения на рабочем месте соответствует допустимым.

Принятая система освещения, включающая общее освещение (рабочее), аварийное (резервное) освещение и служебное (ремонтное) освещение, обеспечивает нормальные условия обслуживающему персоналу для проведения необходимых операций.

4.6. Шумы

Работа УРОУ сопровождается шумом, источниками которых на местах являются электродвигатели, трубопроводы.

Повышение уровня шума неблагоприятно сказывается на организме человека и результатах его деятельности.

При длительном воздействии шума не только снижается острота слуха, но и изменяется кровяное давление, ослабляется внимание, зрение,

происходит изменение в двигательных центрах. Особенно неблагоприятное воздействие оказывает шум на нервную систему человека.

Предполагается, что общий уровень звукового давления от компрессорных агрегатов в каждом здании компрессорной составит 102 дБ. Уровень шума от остального оборудования на расстоянии 1 м не превышает 80 дБ. При обслуживании работающих компрессорных агрегатов персонал должен работать в звукоизолирующих наушниках.

Борьба с шумом и вибрацией ведется с помощью организационных и промышленных предприятий. Используются различные методы:

- Жесткое крепление вибрирующих деталей и узлов;
- Амортизация и виброизоляция с помощью стальных пружин и упругих материалов;
- Балансировка движущихся деталей;
- Изменения числа оборотов источника вибраций для увеличения разрыва между собственной частотой колебаний и резонансной частотой;
- Важным направлением борьбы с шумом являются звукоотражение, звукопоглощение, звукоизоляция.

В качестве звукопоглощающих материалов применяют войлок, вату, асбест.

4.7Электробезопасность

Согласно ПУЭ[20] помещение УРОУ относится к особо опасным помещениям по поражению людей электрическим током.

- прикосновение к токоведущим частям, находящимся под напряжением;
- прикосновение к конструктивным частям электросети и электрооборудования, оказавшимся под напряжением при повреждении

изоляции (например, прикосновение к корпусу электродвигателя, имеющего замыкание на корпус);

- нахождение вблизи места замыкания на землю (например, вблизи оборванного провода, упавшего на землю);

- прикосновение к конструктивным элементам помещения, случайно оказавшимся под напряжением (например, к мокрой стене, на которой возник потенциал) и другие.

Электробезопасность на участке растворения концентратов урана в соответствии с ГОСТ 12.1.019 – 79 обеспечивается:

- конструкцией установок;
- техническими способами и средствами защиты;
- организационными и техническими мероприятиями.

Сопротивление изоляции силовых и осветительных электроприборов должно быть не ниже 0,5 МОм. В качестве электрозащитных средств при работе на установке применяются основные: диэлектрические перчатки, инструмент с изолирующими рукоятками и указатели напряжения; дополнительные: диэлектрические ковры, галоши и изолирующие подставки.

Мероприятия по электробезопасности:

- для работы на установке допускаются лица не моложе 18 лет прошедшие инструктаж по электробезопасности;

- при эксплуатации установки запрещается использовать кабели и провода с поврежденной изоляцией, потерявшей в процессе эксплуатации защитные электроизоляционные свойства;

- запрещается пользоваться поврежденными электроприборами, розетками, рубильниками и другими электроустановочными изделиями;

- все работы, связанные с ремонтом электрической части оборудования, производить только электротехническому персоналу цеха;

- все аппараты должны быть ограждены защитными перегородками;

- корпуса электродвигателей и другого оборудования заземлены;

- при ремонте электрической части оборудования электротехнический персонал цеха должен выполнять организационные и технические мероприятия согласно ПОТ Р М-016-2001

Организационные мероприятия: оформление работ нарядом, расположением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации; допуск к работе; надзор во время работы; оформление перерыва в работе, перевода на другое место, окончания работы.

Технические мероприятия: должны быть произведены необходимые отключения и приняты меры, препятствующие подаче напряжения на место работы вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммутационных аппаратов; на приводах ручного и на ключах дистанционного управления коммутационных аппаратов должны быть вывешены запрещающие плакаты; проверено отсутствие напряжения на токоведущих частях, которые должны быть заземлены для защиты людей от поражения электрическим током; установлено заземление (включены заземляющие ножи, а там, где они отсутствуют, установлены переносные заземления); вывешены указательные плакаты «Заземлено», ограждены при необходимости рабочие места и оставшиеся под напряжением токоведущие части, вывешены предупреждающие и предписывающие плакаты

4.8. Экологическая безопасность

Химические предприятия являются одним из основных источников загрязнения окружающей среды. Все отходы производства подвергаются обязательной обработке [8] .

Источники загрязнения можно разделить на две группы:

- места специального выброса газа и пыли;
- места неограниченного выброса газа и пыли через не плотности в аппарате, коммуникационных линий.

Промышленные выбросы в атмосферу наносят большой экономический ущерб сельскому хозяйству. Основными причинами загрязнения атмосферного воздуха являются выбросы газов, паров и пыли без достаточной очистки от вредных примесей.

Основным мероприятием по борьбе с загрязнениями окружающей среды, если их источниками являются пыль, следует считать организацию технологического процесса, исключающего выброс пыли, и предусмотреть её химическую нейтрализацию. Задача очистки воздуха от мелкодисперсной пыли решается пропусканием воздуха рабочих помещений перед выбросом в атмосферу через специальные фильтры тонкой очистки.

Улавливание уран- и азотосодержащих соединений из технологических и вентиляционных газов является важной составной частью любого технологического процесса, связанного с производством и потреблением различных урансодержащих веществ.

Очистка промышленных газов, содержащих различные примеси, весьма сложный технологический процесс. Объём выбрасываемых газов велик, поэтому допустимое содержание вредных химических веществ в них должно быть очень низким.

Для санитарной очистки сбрасываемых уран- и азотосодержащих газов используется их улавливание на абсорбционных колоннах растворами NaOH и водой.

Работа газоочистных сооружений должна находиться под постоянным наблюдением. Основным требованием при эксплуатации этих устройств является обеспечение их герметичности.

Работы по очистке производятся в соответствующей спецодежде с применением средств индивидуальной защиты - респираторы, противогазы.

Для достижения санитарной нормы по содержанию азота и урана в воздухе вблизи населённых пунктов повсеместно используется рассеивание выбрасываемых газов через специальные высотные трубы. Это даёт возможность резко снизить концентрацию вредных соединений в приземном

слое и обеспечивает нормальные условия обитания на территории промышленного комплекса.

Таблица 4.4.-Сточные воды

Наименование сточных вод	Место сбрасывания	Количество стоков, м3/сут	Периодичность сброса	Содержание вредных веществ (по компонентам), мг/л	Примечание
Дождевые и талые сточные воды	Подземная дренажная емкость	-	Периодически по мере накопления	Мех.примеси > 50мг/дм ³ ; Нефтепродукты > 50мг/дм ³	Подземная дренажная емкость, затем в систему ППД

Таблица 4.5.-Образующиеся отходы

Наименование отхода	Способ хранения отхода	Годовой норматив образования	Срок хранения
Люминесцентные ртутьсодержащие трубки отработанные и брак	В помещении, в закрытой таре завода изготовителя отдельно	0,012 т./ год 6 шт./год	Формирование транспортной партии 6 мес.
Отходы тканей, старой одежды	В герметизированной таре отдельно	2.5 т./год	Формирование транспортной

(старая спецодежда, загрязненная)	(контейнер V=1 м3)		партии 1 неделя.
Мусор от бытовых помещений организаций несортированный (исключая крупногабаритный)	В герметизированной таре отдельно (контейнер V=0.5 м3)	1.2 т./год	Формирование транспортной партии 1 неделя.

4.9. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Аварийная остановка УРОУ возможна по следующим основным причинам:

- прекращение подачи сжатого воздуха и отключение вакуумных установок;
- отключение вентиляции;
- прекращение подачи электроэнергии;
- повреждение аппаратов и трубопроводов;

Мероприятия по предотвращению аварий являются наиболее сложными и трудоёмкими. Они представляют комплекс организованных и инженерно - технологических мероприятий, направленных на выявление и устранение причин аварий, максимальное снижение возможных разрушений и потерь в случае, если эти причины полностью не устранимы, а также на

создание благоприятных условий для организации и проведения аварийных восстановительных работ.

4.9.1. Пожаровзрывобезопасность

Технологическое оборудование УРОУ размещено в помещениях.

В соответствии с “Техническим регламентом о требованиях пожарной безопасности Российской Федерации”, ФЗ-123 [24] № 390 «О противопожарном режиме»

Категории по взрывопожарной и пожарной опасности помещений проектируемой установки – Д (по НПБ 105 – 03), то есть это помещения, в которых имеются негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Общие требования по обеспечению пожарной безопасности:

1) помещение и оборудование установки должны содержаться в чистоте:

- проходы между оборудованием, выходы, лестницы и лестничные клетки должны быть свободны от посторонних предметов;

- должны быть свободны подходы к первичным средствам пожаротушения и средствам связи. Персонал должен знать их место нахождения в цехе.

2) транспортировка и хранение легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, красок, лаков в производственном помещении должен производиться только в герметично закрытых металлических, маркированных емкостях. Количество материалов на рабочих местах не должно превышать сменную потребность.

3) персонал должен уметь оказать первую медицинскую помощь пострадавшим от отравления химическими веществами и пораженных электрическим током.

4) службы или лица, контролирующие условия труда, имеют право запретить продолжение работ, если имеются нарушения правил охраны труда и создается опасность для здоровья и жизни работающих.

Противопожарные мероприятия должны приниматься во внимание во время проектирования генплана:

- противопожарные разрывы между зданиями и сооружениями;
- устройство пожарных проездов и подъездов к зданиям, пожарным гидрантам и водоемам;
- наличие разворотных площадок для пожарных машин, доступ пожарных автолестниц в помещение цеха.

Электротехнические решения по предотвращению пожарной опасности:

- установка по пути эвакуации световых указателей «Выход»;
- питание светильников для освещения под площадками высотой ниже 2,5м должно осуществляться через устройства защитного отключения;
- сечения проводников питающих сетей, сечения проводников защитного заземления выбираются в соответствии с "Правилами устройства электроустановок" (ПУЭ);

Помещение основного цеха, щитовой и комната отдыха сменного персонала оборудованы автоматической пожарной сигнализацией и системой оповещения о пожаре. Для противопожарной защиты помещения установки используют в качестве первичных средств пожаротушения углекислотные огнетушители типа ОП-5 (2 шт.), ОП-10 (1 шт.), ОПВ-10 (2 шт.).

4.9.2. Безопасность при чрезвычайных антропогенных и природных ситуациях

Стихийные бедствия - это такие явления природы, которые вызывают экстремальные ситуации, нарушают нормальную жизнедеятельность людей и работу объектов, к ним относятся:

Землетрясения;

Наводнение;

Снежные заносы и обледенения;

Ураганы - ветры большой силы и значительной продолжительности, скорость

воздушного потока 32 м/сек;

Оползни;

Пожары.

Землетрясения - наиболее опасные и разрушительные стихийные бедствия.

Область возникновения подземного удара является очагом землетрясения, в пределах которого происходит высвобождение накапливающейся энергии.

Наводнение - временное затопление значительной части суши в результате действия сил природы.

Наводнения могут быть вызваны: выпадением обильных осадков или интенсивным таянием снега.

Снежные лавины, заносы и обледенения - одно из проявлений стихийных сил в зимний период.

Они возникают в результате обильных снегопадов, которые могут продолжаться от нескольких часов до нескольких суток.

Бури и ураганы - возникают при прохождении глубинных циклонов и представляют собой движение воздушных масс. Несут большие разрушения.

В случае перечисленных стихийных бедствий необходимо произвести аварийную остановку УПУ и срочно эвакуировать персонал, согласно плана эвакуации.

Стихийные бедствия сил природы не подвластны человеку и наносят экономике государства огромный ущерб. Стихийные бедствия нашли чрезвычайный характер, так как они могут разрушать здания, сооружения, уничтожать материальные ценности, нарушать процессы производства, вызывать гибель людей и животных. На объектах заблаговременно

разрабатываются специальные мероприятия по предотвращению или максимальному снижению последствий стихийных бедствий (характерных для данного географического района) и уменьшению возможных потерь людей и материальных ценностей.

К числу таких мероприятий можно отнести:

- строгое соблюдение специальных мер безопасности;
- организация оповещения руководящего состава, формирований и населения;
- специальная подготовка и оснащение формирований;
- оказание медицинской помощи пострадавшим.

Социально-военные конфликты

Гражданская оборона представляет собой систему оборонных мероприятий, осуществляемых в мирное и военное время для защиты населения и природного хозяйства от оружия массового поражения, а также для проведения спасательных и аварийно - восстановительных работ в очагах поражения.

К оружию массового поражения относят ядерные, химические, бактериологические средства, способные в короткий срок нанести мелкие увечья большому числу людей.

При разработке мероприятий по обеспечению устойчивого управления производством предусматривается разделение всего персонала объекта в период угрозы и нападения противника на две группы: работающая смена, находящаяся на территории объекта и смена, находящаяся в загородной зоне. Для обеспечения надёжного управления деятельностью объекта в военное время в одном из убежищ образуется пункт управления.

Большое внимание должно уделяться разработке строгой системы приёма сигналов оповещения гражданской обороны и доведение их до должностных лиц, формирований и персонала объекта.

Особое значение имеет устойчивость производственных и хозяйственных связей по снабжению объекта всеми видами энергии, водой, паром, газом, по транспортным услугам, по поставке сырья, полуфабрикатов,

комплектующих изделий. На объектах подготавливают варианты использования поставщиков, расположенных в пределах данного экономического района.

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-2К11	Денисевич Роман Владимирович

Институт	Институт электронного обучения	Кафедра	Общей химии и химической технологии
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии нефтехимии и биотехнологии

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка факторов среды	Оценка факторов внешней и внутренней среды. SWOT-анализ.
2. Оценка расходов на основные фонды для установки раствора оксидов урана	Рассчитать общие затраты на приобретение оборудования для установки раствора оксидов урана, его установку и монтаж, расчет амортизационных отчислений
3. Оценка расходов на оборотные средства для установки раствора оксидов урана	Расчет годовой потребности в сырье и материалах. Расчет годовой потребности в электроэнергии.
4. Оценка расходов на оплату труда рабочим, специалистам и ИТР	Расчет численности рабочих, установление графика сменности работы, расчет баланса эффективного времени одного рабочего, расчет годового фонда заработной платы
5. Расчет себестоимости готового продукта	Калькуляция валовых затрат на производство и реализацию продукции
6. Оценка экономической эффективности	Расчет отпускной цены продукта. Расчет эффективности проекта. Построение точки безубыточности. Определение технико-экономических показателей.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. SWOT-анализ
2. Расчет стоимости оборудования
3. Баланс эффективного времени работы одного рабочего
4. График сменности
5. Расчет годового фонда заработной платы
6. Расчет годовой потребности в сырье и материалах
7. Калькуляция валовых затрат на производство и реализацию готового продукта
8. Точка безубыточности
9. Технико-экономические показатели проекта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Сечина Ася Александровна	К.Х.Н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2К11	Денисевич Роман Владимирович		

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1. Потенциальные потребители

Целевой рынок – предприятия атомной промышленности

5.2. SWOT-анализ

Анализ факторов макросреды представлен в Таблице 5.1

Таблица 5.1

Анализ факторов макросреды (факторы внешней среды дальнего действия)

Группа факторов	Факторы	Характер влияния на организацию «+», «-»	Действия организации
Экономический	1. Снижение покупательской способности потребителя	«-» уменьшение выручки от продажи	Повышение конкурентоспособности. Увеличение объема продаж за счет выхода на новые региональные и/или на международный рынок
	2. Рост темпов инфляции	«-» снижение покупательской способности потребителей	
	3. Увеличение налоговых ставок	«-» увеличение издержек	Проведение оптимальной налоговой политики.

		производства, снижение чистой прибыли	Снижение себестоимости продукции, контроль за расходами сырья и материалов, стимулирования персонала.
	4. Ухудшение условий транспортировки и	«-» снижение чистой прибыли	Адаптация к изменениям во внешней среде, поиск новых поставщиков, поиск новых путей перевозки продукции
	5. Нестабильность экономики в стране	«-» проблемы финансирования, увеличение налоговой нагрузки, снижение спроса	Адаптация к изменениям во внешней среде
Научно- технический	1. Появление современных технологий (оборудования)	«+» увеличение чистого денежного потока (повышение стоимости предприятия), увеличение выручки от продаж	Внедрение новых технологий (модернизация оборудования) с целью наработки конкурентных преимуществ продукта. Увеличение производительности

			уже имеющегося оборудования.
		«←» сокращение чистого денежного потока в случае внедрения НТП конкурентами	Осуществление постоянного контроля за техническим состоянием имеющегося оборудование, организация своевременных ремонтных работ
Социо- технические	1.Повышение уровня образования 2. Повышение квалификации персонала предприятия и обмен опытом	1. «+» появление на рынке труда квалифицированны х кадров 2. «+» повышение работоспособности персонала	Прием на работу персонала высокой квалификации. Разработка эффективной программы мотивации и стимулирования для работников. Обеспечение постоянного повышения квалификации персонала предприятия.

Анализ факторов микроокружения

Группа факторов	Факторы	Характер влияния на организацию «+», «-»	Действия организации
Потребители	Увеличение покупательской способности	«+» возможность увеличения объемов производимой продукции, увеличение прибыли	Модернизация производства, увеличение производительности оборудования, снижение себестоимости
	Снижение покупательской способности	«-» снижение объемов производимой продукции	Увеличение производительности оборудования. Поиск путей снижения себестоимости продукции
	Привлечение новых потребителей	«+» возможность увеличения объемов производимой продукции,	Привлечение новых потребителей путем строительства новых путепроводов, выхода на

		увеличение прибыли	международные и региональные рынки.
Поставщи ки	Увеличение стоимости сырья, комплектующи х	«→» перебои в поставках «→» увеличение себестоимости продукции «→» снижение конкурентоспособн ости	Рассмотрение новых форм сотрудничества, заключение долгосрочных договоров Поиск новых, более выгодных поставщиков. Расширение ассортимента, разработка товаров- заменителей.
	Несоблюдение сроков и условий поставки	«→» сбои в работе предприятия	Введение штрафных санкций за несоблюдение обязательств Смена поставщика
	Предоставление скидок в зависимости от	«+» возможность снижения	Разработка эффективной программы

	объемов партии сырья	себестоимости (цены) ГП, увеличение выручки от продаж	продвижения продукта Увеличение доли рынка Повышение стоимости предприятия
Конку ренцы	Ужесточен ие конкуренции	«←» угроза снижения доли рынка, снижения объемов производства и реализации, уменьшение прибыли	Удержание позиций предприятия: наработка и укрепление конкурентных преимуществ, разработка программы продвижения продукта предприятия
	Улучшение репутации компании	«+»повышение конкурентоспособн ости предприятия, привлечение новых потребителей, вытеснение конкурентов и захват их ниш на рынке	

Анализ внутренней среды предприятия

Факторы среды	Сильные стороны	Слабые стороны
Маркетинг	1. Эффективная маркетинговая и рекламная политика предприятия 2. Наличие постоянных потребителей 3. Достаточная доля рынка	1. Неэффективная программа продвижения продукции
Менеджмент	1. Наличие высококвалифицированных управленческих кадров, постоянное повышение квалификации 2. Низкий уровень текучести кадров 3. Четко поставленные цели и задачи	1. Отсутствие четкой стратегии развития предприятия 2. Отсутствие кадрового резерва
Кадры	1. Высокий уровень профессионализма кадров 2. Низкий уровень текучести кадров 3. Высокая рентабельность персонала	1. Недостаточно эффективная система мотивации и стимулирования персонала 2. Отсутствие кадрового

	4.Высокая производительность персонала	резерва
Производство	1.Наличие современной технологии 2.Наличие современного оборудования 3.Конкурентноспособная позиция 4.Обеспечение бесперебойной поставки необходимого материала и сырья 5.Снижение себестоимости продукции	1.Отсутствие научно-технических разработок 2.Недозагрузка производственных мощностей
Корпоративная культура	1.Хорошая репутация у потребителей	1.Низкий уровень корпоративной культуры

Матрица SWOT-анализа

	Возможности 1. Рост спроса на рынке 2.Выход на новые рынки или сегменты рынка 3.Расширение ассортимента продуктов (обработка) 4. Увеличение прибыли	Угрозы 1.Ужесточение конкуренции 2. Высокие налоги 3.Рост темпов инфляции 4.Условия транспортировки
Сильные стороны 1. Конкурентоспособная позиция 2. Хорошая репутация у потребителей 3.Наличие дополнительных разведанных месторождений 4.Высокий уровень профессионализма кадров 5. Наличие современного оборудования	Поле СиВ – рекомендации 1.Привлечение новых потребителей путем освоения новых месторождений 2.Вытеснение конкурентов и захват их ниш на рынке 3.Увеличение объема продаж за счет выхода на новые региональные и/или международный рынок	Поле СЛиУ – рекомендации 1.Понижение конкурентного давления более низкими ценами 2.Адаптация к изменениям во внешней среде 3. Новые технологии 4. Удержание позиций предприятия: наработка и укрепление конкурентных преимуществ

Слабые стороны	Поле СиВ –	Поле СЛиУ –
1.Зависимость от нестабильности экономики страны	рекомендации 1.Повышение цен на продукцию в внутреннем рынке	рекомендации 1.Техническое переоснащение отрасли
2.Проблемы финансирования	2.Совершенствование системы налогообложения	2.Увеличение производительности оборудования
3.Неплатежеспособность потребителей		
4.Сокращение легко добываемой ресурсной базы	3.Адаптация к изменениям во внешней среде	

5.3.Анализ эффективности действующего производства

Произведем расчет производственной мощности и сформулируем выводы о степени загрузки производственной мощности.

Таблица 5.5

Баланс рабочего времени оборудования

Показатели	Количество дней (часов)
Календарный фонд времени	360 (2880)
Режим потери рабочего времени	
- выходные	104 (832)
- праздники	12 (96)
Номинальный фонд рабочего времени	244 (1952)
Простой оборудования в ремонтах	6 (48)
Эффективное время работы оборудования за год	238 (1904)

Заданная производственная мощность (производство урана) равна 15 т/год

5.4. Расчет себестоимости готовой продукции по действующему производству

Проведем расчет численности персонала:

- основных рабочих;
- вспомогательных рабочих;
- ИТР;
- служащих;
- МОП.

Тарифный фонд заработной платы представлен в Таблице 5.6

Таблица 5.6

Тарифный фонд заработной платы

№	Наименование	Численность, чел.	Тарифный фонд заработной платы, тыс.руб.
1	Инженерно – технические работники (ИТР)	15	2864,21
2	Основные рабочие (ОР)	24	2347,25
3	Вспомогательные рабочие (ВСР)	21	2292,48
4	Младший обслуживающий персонал (МОП)	6	428,54
5	Итого по ЦППН	66	7932,48

Расчет баланса эффективного годового времени одного среднесписочного работника представлен в Таблице 5.7.

Таблица 5.7

Баланс эффективного времени одного среднесписочного работника

№	Показатели	Дни	Часы
1	Календарный фонд рабочего времени	360	2880
2	Нерабочие дни		
	- выходные	104	832
	- праздничные	12	96
3	Номинальный фонд рабочего времени	244	1952
4	Планируемые невыходы		
	- очередные и дополнительные отпуска	28	224
	- невыходы по болезни	4	32
	- декретные отпуска	-	-
	- декретные отпуска	5	40
	- отпуск в связи с учебой без отрыва от производства	1	8
	- выполнение государственных обязанностей		
5	Эффективный фонд рабочего времени	206	1648

Размер премий принимаем равным 20% от тарифного фонда заработной платы:

$$\text{Пр} = \text{З}_{\text{тар}} * 0,2 = 7932,48 * 0,2 = 1586,50 \text{ (тыс.руб.)}$$

По отношению к тарифному фонду заработной платы доплата за праздничные дни составляет 40 %. В нашем случае весь

вышеперечисленный персонал 1 раза (в 1 восьмичасовую смену) выходил праздничные дни. Расчет доплаты за праздничные дни представлен в Таблице 5.8.

Таблица 5.8

Наименование	Численность, чел.	Тарифный фонд заработной платы за 1 день, тыс. руб.	Доплата за выход на работу в праздничный день	Трудоемкость, чел/дни	Тарифный фонд заработной платы, тыс. руб.
Инженерно – технические работники (ИТР)	15	13,9	5,56	1	19,46
Основные рабочие (ОР)	24	11,39	4,56	1	15,95
Вспомогательные рабочие (ВСР)	21	11,13	4,45	1	15,58
Младший обслуживающий персонал (МОП)	6	2,08	0,83	1	2,91
Итого по ЦППН	66	38,5	15,4	1	53,9

Доплата к тарифному фонду заработной платы за праздничные дни

Доплата не освобожденным бригадирам за рассматриваемый период не осуществлялась.

Таким образом, основной фонд заработной платы для рабочих повременников:

$$З_{осн} = З_{тар} + Пр + Д_{н.вр} + Д_{пр.дни} + Д_{бриг} = 7932,48 + 1586,5 + 53,9 = 9572,88$$

(тыс.руб)

Расчет районной надбавки

Районная надбавка рассчитывается по формуле:

$$РН = \frac{\%РН}{100\%} \times (З_{тар} + Пр + Д_{н.вр} + Д_{пр.дни} + Д_{бриг}) \text{ (тыс. руб.)},$$

где %РН — размер районного коэффициента в зависимости от территориального района, где находится предприятие, %.

Районная надбавка по г. Томску составляет 30%

Таким образом, основная заработная плата с учетом районной надбавки составит:

$$З_{осн} = 9572,88 * 1,3 = 12444,74 \text{ (тыс. руб.)}$$

Дополнительная зарплата ($З_{доп}$):

$$З_{доп} = \frac{Д_{н} * З_{осн}}{Тэфф},$$

где $Д_{н}$ — количество дней невыхода на работу по планируемым причинам (отпуск, ученические, гособязанности).

$$З_{доп} = \frac{Д_{н} * З_{осн}}{Тэфф} = 38 * 12444,74 / 206 = 2295,63 \text{ (тыс.руб.)}$$

Таким образом, общий фонд заработной платы рабочих за год:

$$З_{год} = З_{осн} + З_{доп} = 12444,74 + 2295,63 = 14740,37 \text{ (тыс. руб.)}$$

Отчисления на социальные нужды на зарплату – 30 % от ($З_{осн} + З_{доп}$), то есть: $0,3 * 14740,37 = 4422,11$ (тыс. руб.)

5.5.Рассчитаем заработную плату производственных рабочих.

$$З_{тар} = 2347,25 \text{ тыс.руб.}$$

$$Пр = З_{тар} * 0,2 = 2347,25 * 0,2 = 469,45 \text{ тыс.руб.}$$

$$\text{Доплата за работу в праздничные дни: } 15,95 \text{ тыс. руб.}$$

$$З_{осн} = 2347,25 + 469,45 + 15,95 = 2832,65 \text{ тыс. руб.}$$

$$З_{осн с учетом РН} = 2832,65 * 1,3 = 3682,44 \text{ тыс. руб.}$$

$$З_{доп} = 38 * 3682,44 / 206 = 679,29 \text{ тыс. руб.}$$

Таким образом, общий фонд заработной платы производственных рабочих составляет: $3682,44 + 679,29 = 4361,73 \text{ тыс. руб.}$

Отчисления на соц. нужды производственных рабочих составит: $4361,73 * 0,3 = 1308,52 \text{ тыс. руб.}$

5.6.Рассчитаем заработную плату ремонтных рабочих.

$$З_{тар} = 2292,48 \text{ тыс. руб.}$$

$$Пр = З_{тар} * 0,2 = 2292,48 * 0,2 = 458,5 \text{ тыс. руб.}$$

$$\text{Доплата за работу в праздничные дни: } 15,58 \text{ тыс. руб.}$$

$$З_{осн} = 2292,48 + 458,5 + 15,58 = 2766,56 \text{ тыс. руб.}$$

$$З_{осн с учетом РН} = 2766,56 * 1,3 = 3596,53 \text{ тыс. руб.}$$

$$З_{доп} = 38 * 3596,53 / 206 = 663,44 \text{ тыс. руб.}$$

Таким образом, общий фонд заработной платы ремонтных рабочих составляет: $3596,53 + 663,44 = 4259,97 \text{ тыс. руб.}$

Отчисления на соц. нужды ремонтных рабочих составит: $4259,977 * 0,3 = 1277,99 \text{ тыс. руб.}$

5.7.Рассчитаем заработную плату ИТР:

$$З_{тар} = 2864,21 \text{ тыс. руб.}$$

$$Пр = З_{тар} * 0,2 = 2864,21 * 0,2 = 572,84 \text{ тыс. руб.}$$

Доплата за работу в праздничные дни: 19,46 тыс. руб.

$Зосн = 2864,21 + 572,84 + 19,46 = 3456,51$ тыс. руб.

$Зосн \text{ с учетом РН} = 3456,51 * 1,3 = 4493,46$ тыс. руб.

$Здоп = 38 * 4493,46 / 206 = 828,89$

Таким образом, общий фонд заработной платы ИТР составляет: $4493,46 + 828,89 = 5322,35$ тыс. руб.

Отчисления на соц. нужды ИТР составит: $5322,35 * 0,3 = 1596,70$ тыс. руб.

5.8.Рассчитаем заработную плату МОП:

$Зтар = 428,54$ тыс. руб.

$Пр = Зтар * 0,2 = 428,54 * 0,2 = 85,71$ тыс.руб.

Доплата за работу в праздничные дни: 2,91 тыс. руб.

$Зосн = 428,54 + 85,71 + 2,91 = 517,16$ тыс. руб.

$Зосн \text{ с учетом РН} = 517,16 * 1,3 = 672,31$ тыс. руб.

$Здоп = 38 * 672,31 / 206 = 124,02$

Таким образом, общий фонд заработной платы ИТР составляет: $672,31 + 124,02 = 796,33$ тыс. руб.

Отчисления на соц. нужды ИТР составит: $796,33 * 0,3 = 238,90$ тыс. руб.

5.9.Расчет годовой потребности в сырье и материалах

Таблица 5.9

Наименование материалов	Единица измерения	Кол-во	Цена за единицу, тыс. руб.	Сумма, тыс. руб.
Легированная сталь	т	147,71	154	22747,56
Электроды сварочные	т	3,67	27,5	100,92
Проволока стальная	т	0,1	25	2,46
Болты с гайками	т	0,48	96	45,76
Шайбы	т	0,03	81	2,39
Обтирочный материал	т	6,37	7	44,56
Резина прокладочная	т	0,42	150	62,65
Трубки резиновые технические	т	0,26	320	82,72
Набивка асбестовая пропитанная	т	6,29	64	402,41
Шнур асбестовый	т	0,02	46	0,91
Эмаль жаростойкая	т	0,63	37	23,46
Керосин	т	0,87	7,8	6,82
Масло машинное	т	33,64	25	841,08
Теплоизоляция	т	1,83	4	7,32
Итого:				24371,02

Расчет потребности электроэнергии

Таблица 5.10

Наименование оборудования	Мощность (суммарная), кВт	Эффективный фонд времени оборудования, ч	Суммарно-потребляемая электроэнергия, кВт*ч
Муфельная печь	15232	1904	8
Реактор растворения	38080	1904	20
Экстрактор	190,4	1904	0,1
Реактор осаждения	5712	1904	3
Итого	59214,4	1904	31,1

При стоимости 1 кВт – 2,8 руб. сумма затрат на электроэнергию составит: $59214,4 * 2,8 = 165,80$ тыс. руб.

5.10. Расчет амортизационных отчислений

Для расчета амортизационных отчислений необходимо учесть: полную стоимость зданий, полную стоимость оборудования, нормы амортизационных отчислений.

Расчет амортизационных отчислений представлен в таблице 5.11. Полную стоимость зданий принимаем – 5000 тыс.рублей.

Расчет амортизационных отчислений

Таблица 5.11

Наименование основных средств	Стоимость, тыс. руб.	Норма амортизации, %	Годовые амортизационные отчисления, тыс. руб.
Здания	5000	4	200
Сооружения	1460,50	4	58,42
Передаточное устройство	1013,6	14	141,9
Машины и оборудование	3422,1	12	410,65
Приборы КИПиА	715,20	11	78,67
Инструменты и инвентарь	1211,32	14	169,58
Итого	12822,72		1059,22

В Таблице 5.12 представлена Калькуляция себестоимости на производство и реализацию продукции при заданном объеме производства равном 15 т/год. Затраты топлива на технологические нужды – 700 тыс. руб. Затраты на ремонт оборудования – 4% в год.

**Калькуляция себестоимости на производство и реализацию
продукции при заданном объеме производства (15 т/год)**

Таблица 5.12

Статьи затрат	Ед.изм.	Затраты на единицу готовой продукции, руб.	Затраты на весь объем, тыс.руб.
1.Сырье	тыс. руб.	1624,73	24371,02
2.Энергоресурсы на технологические нужды	тыс. руб.	11,05	165,80
3.Топливо на технологические нужды	тыс. руб.	46,67	700
Итого условно-переменных издержек	тыс. руб.	1682,45	25236,82
Общепроизводственные накладные расходы			
1. Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования:			
- амортизация оборудования		70,61	1059,22
- ремонт оборудования	тыс. руб.	9,13	136,88
- заработная плата ремонтного персонала		239,77	3596,53
-отчисления на соц. нужды ремонтного персонала (30%)		85,2	1277,99
2. Заработная плата ИТР		354,82	5322,35
- отчисления на соц. нужды ИТР (30%)	тыс. руб.	106,44	1596,7
3.Заработная плата производственных рабочих	тыс. руб.	290,78	4361,73
		87,23	1308,52

- Отчисления на соц. нужды производственных рабочих (30%)			
4.Заработная плата МОП	тыс. руб.		
-Отчисления на соц. нужды производственных рабочих (30%)		53,09 15,93	796,33 238,90
Итого условно-постоянных издержек	тыс. руб.	1313	19695,12
Цеховая (производственная) себестоимость	тыс. руб.	2995,45	44931,94
Условно-переменные издержки	тыс. руб.	1682,45	25236,82
Условно-постоянные издержки	тыс. руб.	1313	19695,12

$$\Pi = C * (1 + \frac{P}{100}), \text{ рентабельность продукции} = 20\%$$

$$\Pi = 2995,45 * 1,2 = 3594,54 \text{ тыс. руб.}$$

5.11. Анализ безубыточности по действующему производству

$$Q_{кр} = 19695,12 / (3594,54 - 1682,45) = 10,3 \text{ т/год}$$

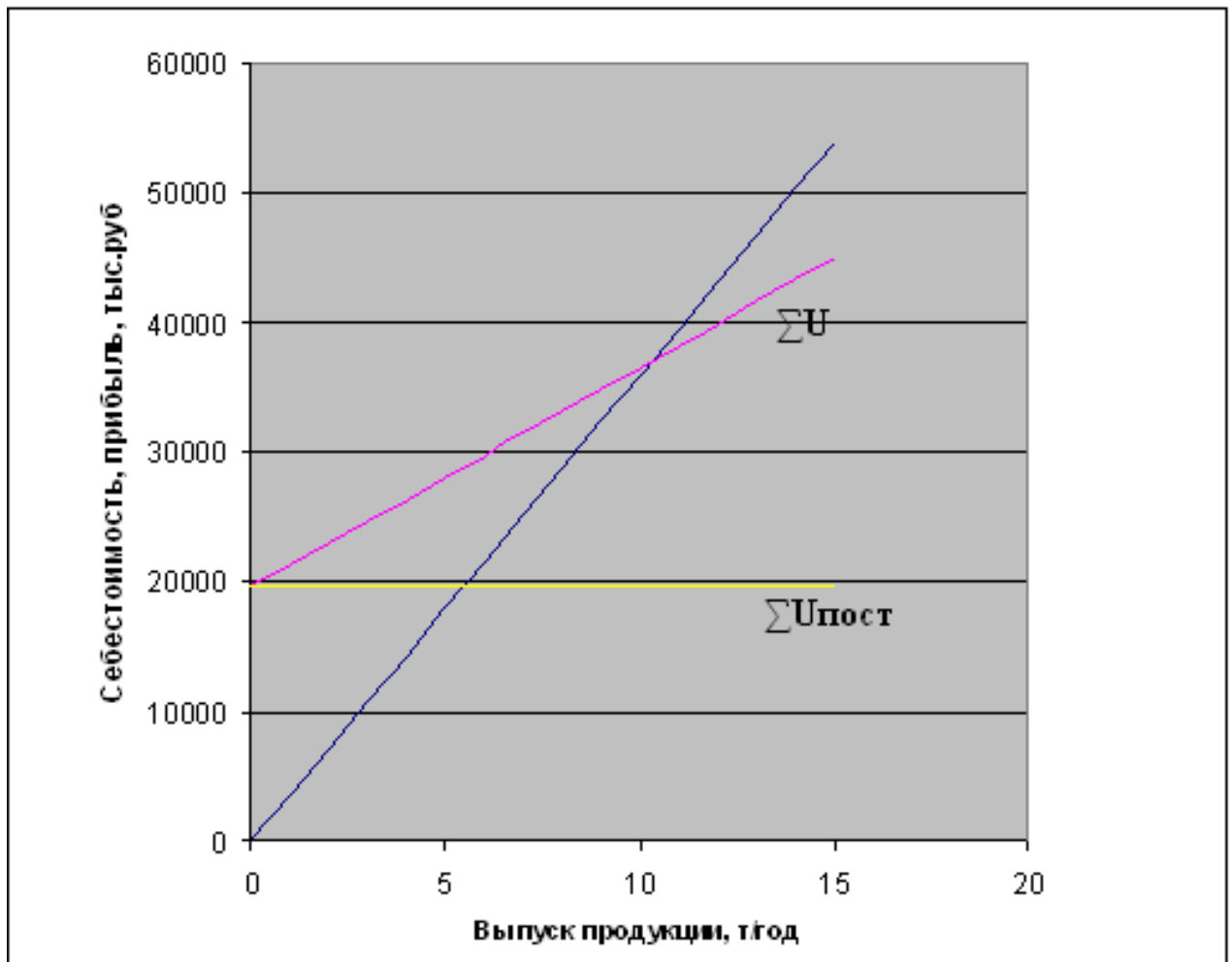


Рисунок 5.1. График безубыточности

5.12. Расчет себестоимости готовой продукции по плановому производству.

Калькуляция себестоимости на производство и реализацию продукции при заданном объеме производства в плановом году, увеличение производства на 10% (16,5т/год)

Таблица 5.13

Статьи затрат	Ед.изм.	Затраты на единицу готовой продукции, руб.	Затраты на весь объем, тыс.руб.
1. Сырье	тыс. руб.	1624,73	26808,12
2.Энергоресурсы на технологические нужды	тыс. руб.	11,05	182,38
3.Топливо на технологические нужды	тыс. руб.	46,67	770
Итого условно-переменных издержек	тыс. руб.	1682,45	27760,5
Общепроизводственные накладные расходы			
1. Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования:			
- амортизация оборудования		64,2	1059,22
- ремонт оборудования	тыс. руб.	8,29	136,88
- заработная плата ремонтного персонала		217,97	3596,53
- отчисления на соц. нужды ремонтного персонала (30%)		77,45	1277,99
2. Заработная плата ИТР		322,57	5322,35
- отчисления на соц. нужды ИТР (30%)	тыс. руб.	96,77	1596,7
3.Заработная плата производственных рабочих	тыс. руб.	264,35	4361,73
- Отчисления на соц.нужды производственных рабочих		79,3	1308,52

(30%)			
4. Заработная плата МОП - Отчисления на соц. нужды производственных рабочих (30%)	тыс. руб.	48,26 14,48	796,33 238,90
Итого условно-постоянных издержек	тыс. руб.	1193,64	19695,12
Цеховая (производственная) себестоимость	тыс. руб.	2876,09	47455,62
Условно-переменные издержки	тыс. руб.	1682,45	27760,5
Условно-постоянные издержки	тыс. руб.	1193,64	19695,12

$\Pi = 3594,54$ тыс. руб.

Анализ безубыточности по действующему производству

$Q_{кр} = 19695,12 / (3594,54 - 1682,45) = 10,3$ т/год

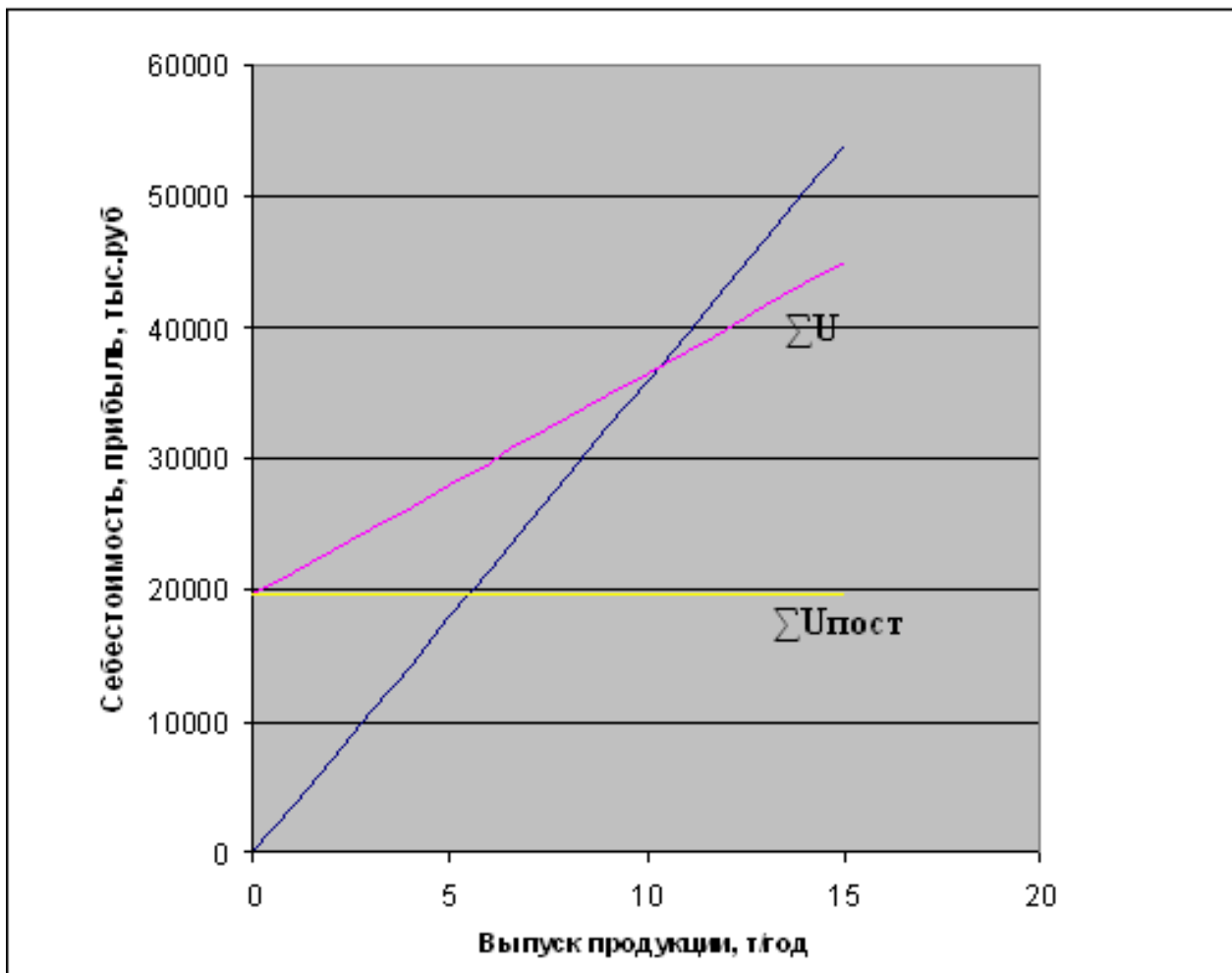


Рисунок 5.2. График безубыточности

5.13.Определение технико-экономических показателей

Таблица 5.15

Технико-экономические показатели

Наименование показателя	Ед.изм.	Отчетный год	Плановый год
1. Объем производства	т.	15	16,5
2. Объем продаж	т.	15	16,5
3. Цена 1 тонны	тыс. руб.	3594,54	3594,54
4. Выручка от реализации	тыс. руб.	53918,1	59309,91
5. Суммарные издержки	тыс. руб.	44931,94	47455,62

5.1. Издержки переменные	тыс. руб.	25236,82	27760,5
5.2. Издержки постоянные	тыс. руб.	19695,12	19695,12
6. Операционная прибыль	тыс. руб.	8986,16	11854,29
7. Налог на прибыль	тыс. руб.	1797,23	2370,86
8. Чистая прибыль	тыс. руб.	7188,93	9483,42
9. Себестоимость 1 тонны	руб.	2995,45	2876,09
10.Стоимость основных средств	тыс. руб.	12822,72	12822,72
11.Численность основных рабочих	чел.	24	24
12. Фондовооруженность	тыс. руб./чел.	534,28	534,28
13. Фондоотдача	руб./чел.	4,20	4,63
14. Фондоемкость	руб./чел.	0,24	0,22
15.Производительность труда	тыс. руб./чел.	2246,59	2471,25
16.Рентабельность производства	%	16	19,98
17. Рентабельность продаж	%	13,33	15,99
18.Критический объем продаж	т.	10,3	10,3
19.Критический объем продаж	тыс. руб.	37023,76	37023,76

Вывод

В результате увеличения объема производства на 10% (применения Увеличение показателя фондоотдачи с 4,20 по 4,63 (на 10 %)

1. Увеличение производительности труда с 2246,59 по 2471,25 (на 10 %)
2. Увеличение рентабельности производства с 16 по 19,98 (на 24,87 %)
3. Увеличение рентабельности продаж с 13,33 по 15,99 (на 19,95 %) «эффекта масштаба») был получен следующий экономический эффект:
4. Снижение себестоимости на 1 тонну с 2995,45 тыс.руб по 2876,09 тыс.руб. (на 3,98 %)
5. Увеличение выручки от реализации с 53918,1 тыс.руб. по 59309,91 тыс.руб. (на 10 %)
6. Увеличение чистой прибыли с 7188,93 тыс.руб. по 9483,42 тыс.руб. (на 31,92 %)
7. Увеличение выплат по налогам с 1797,23 тыс.руб. по 2370,86 тыс.руб. (на 31,92%)
8. Точка безубыточности постоянна.

Таким образом, применение «эффекта масштаба» привело к увеличению эффективности производства в целом. Этому свидетельствует существенное увеличение чистой прибыли и производительности труда работников, снижение себестоимости продукции, а также увеличение таких показателей, как рентабельность производства, рентабельность продаж и показателя фондоотдачи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломном проекте разработана аппаратурно-технологическая схема установки переработки природных концентратов урана.

Установка предназначена для передела концентратов урана, поступающих с горно-обогатительного комбината, в раствор уранил нитрата, удовлетворяющий техническим требованиям.

Установка оснащена средствами автоматизации и управления для контроля процесса переработки.

В проекте спроектированы и рассчитаны следующие аппараты:

- центрифуга отстойного типа со шнековой выгрузкой осадка.

В результате проведенного расчета центрифуги были получены следующие величины:

фактор разделения.....	2000;
диаметр ротора, мм	350;
длина ротора, мм	630;
радиус слива, мм	140;
частота вращения ротора, об/мин	3300;
производительность по суспензии, м ³ /ч	1,4;
мощность электродвигателя, кВт	8,2;

В заключение выполнен сборочный чертеж центрифуги и ротора.

В разделе безопасности и экологичности разработаны мероприятия по обеспечению безопасных условий труда и предотвращению загрязнения окружающей среды.

В экономическом разделе были проведены следующие расчеты:

- планирование годового объема ремонтных работ и затрат на ремонт;
- разработку сетевого графика капитального ремонта ведущего аппарата отделения - центрифуги.

Общие затраты на капитальный, текущий ремонт и техническое обслуживание на 2013 год составили 515995 рубля при трудоемкости работ 424.56 чел-ч.

Продолжительность капитального ремонта центрифуги составила 9 календарных дней, что несколько меньше нормативного времени простоя – 10,5 календарных дней.

По результатам проделанной работы можно сделать вывод о жизнеспособности данного проекта установки растворения оксидов урана и возможности его реализации при условии проведения всех необходимых испытаний и экспертиз.

ЛИТЕРАТУРА

1. Браверманн И.А., Майоров А.А., Технология получения порошков керамической двуокиси урана. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 128с.
2. Галкин Н. П. Технология урана. – Атомиздат, 1964.
3. Галкин Н. П., Тихомиров В. Б. Основные процессы и аппараты технологии урана. – М.: Госатомиздат, 1961. – 220 с.
4. Липшина И. И. Уранил и его соединения. – М.: Изд. АН СССР, 1959.
5. Громов Б. В. Введение в химическую технологию урана. – М.: Атомиздат, 1978. – 336 с.
6. Анурьев В. И. Справочник конструктора – машиностроителя: в 3 т. Т.3. – М.: Машиностроение, 1982. – 576 с.
7. Пищулин В.П. Машины и аппараты химических производств: Руководство по выполнению выпускной квалификационной работы. 2007. – 152 с.
8. Пряников В. И. Техника безопасности в химической промышленности. – М.: Химия, 1989.
9. Шувалов В. В. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности. – М.: Химия, 1994.
10. Михалёв М.Ф., Третьяков Н.П., Мильченко А.И., Зобин В.В. Расчёт и конструирование машин и аппаратов химических производств. Учеб. Пособие 1984-302с.
11. Конструирование расчёт элементов оборудования отрасли. ТПУ В.М. Миронов, В.М. Беляев, учебное пособие.
12. Домашнев А.Д. Конструирование и расчёт химических аппаратов .1965-304с.
13. Лашинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1981. – 382 с, ил.
14. ГОСТ Р 52857.2 – 2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность
15. Рахмилевич З.З. Справочник механика химических и нефтехимических производств. 1985-592с.

16. Павлов К.Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Учебное пособие для вузов / Под ред. чл. – корр. АН СССР П. Г. Романкова. – 10 – е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1987. – 576 с., ил.
17. ГОСТ 12.2.003-04 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
18. СанПиН 2.2.4.548-06. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
19. ГОСТ 12.1.030-01 ССБТ. Защитное заземление, зануление.
20. ГОСТ 12.1.038-02 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
21. ГОСТ 12.1.003–03 (1999) ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
22. ГОСТ 12.1.005–08 (с изм. №1 от 2000 г.). ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (01. 01.89).
23. ГОСТ 12.1.007–06 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с изм. 1990 г.).
24. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»
25. Соколов В.И. Центрифугирование. – М.: Химия, 1976.
26. Дытнерский Ю. И. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Машиностроение, 1981.
27. Роторы и методы расчета на прочность (РД 26-11-17-88) 1989-07-01. Утв. Дир-ом НИИ Химмаш Н.М. Самсоновым 15.11.88.
28. ГОСТ 14249-89 Сосуды и аппараты, нормы и методы расчета на прочность.