

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	2
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ВОПРОСА ПО ЛИТЕРАТУРНЫМ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ДАННЫМ. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСОВАНИЕ ВЫБОРА ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ.....	3
2. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА.....	10
3. РАСЧЕТ ГИДРОЦИКЛОНА	13
4. ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ	22
5. ПОДБОР ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	28
6. МОНТАЖ СТЕНДА.....	30
7.РЕМОНТ.....	32
8. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ.....	35
9.ОРГАНИЗАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ..	44
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	61
СПИСОК ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	62

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Опись чертежей

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Спецификации

ПРИЛОЖЕНИЕ В. Расчет в программе ПАССАТ

					ВР-НГТУ-17ТМО-000-21 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	Разработка лабораторного стенда «Гидроциклон»	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Разраб.		Смородина С.И.				У	1	
Провер.		Диков В.А.				ДПИ НГТУ 17-ТМО		
Реценз.								
Н. Контр.								
Утверд.								

ВВЕДЕНИЕ

В различных отраслях промышленности может возникнуть необходимость в очистке сточных вод, осветлении суспензий. Отделение таких гетерогенных систем может проходить под действием различных сил. Большим спросом пользуются аппараты, в которых разделение тех или иных систем проходит под действием центробежных сил. Примером такого аппарата может служить гидроциклон.

Гидроциклоны успешно применяются в промышленности для процессов осветления, сгущения и обогащения суспензий, классификации твердой фазы в суспензии.

Достоинствами гидроциклонов являются небольшие размеры, высокая эффективность работы, несложная конструкция.

Для изучения определения эффективности разделения гидроциклона, изучение их режимов работы, а также для учебного ознакомления студентов с процессами разделения в гидроциклоне служит лабораторный стенд для испытания гидроциклонных аппаратов.

С этой целью в данной выпускной квалификационной работе ставятся задачи:

1. Разработка лабораторного стенда;
2. Разработка гидроциклона ТВ-40.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ВОПРОСА ПО ЛИТЕРАТУРНЫМ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ДАННЫМ. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСОВАНИЕ ВЫБОРА ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ

1.1 Характеристика вопроса по литературным и производственным данным.

Для большинства технологических процессов химической и нефтехимической промышленности необходимо разделение гетерогенных систем. В зависимости от типа системы используют следующие методы:

1. Отстаивание;
2. Фильтрация;
3. Центрифугирование.

Рассмотрим данные методы подробнее.

1. Отстаивание

Если плотность дисперсной фазы больше плотности дисперсионной среды, то взвешенные частицы под действием силы тяжести оседают на дно. Если же плотность взвешенных частиц меньше плотности жидкости, то они всплывают вверх под действием силы, которая определяется по закону Архимеда. Осаждение взвешенных частиц в поле силы тяжести называется отстаиванием (или седиментацией). Оно с давних времен используется для разделения неоднородных систем [1].

Скорость процесса отстаивания является основным технологическим фактором, определяющим его эффективность. Она зависит от скорости осаждения взвешенных частиц, а для ее определения необходимо знать законы движения частиц в жидкости: скорость движения частиц и силу сопротивления, возникающую при движении частиц в зависимости от их плотности, размера и формы, а также от физических свойств дисперсионной среды [1].

На химических предприятиях часто устанавливают радиальные отстойники. На рисунке 1.1 изображен радиальный одноярусный отстойник-сгуститель [2].

Аппарат представляет собой цилиндрический резервуар 1 с плоским или коническим днищем. У верхнего края резервуара имеется кольцевой жёлоб 2 для отвода осветлённой воды. Внутри находится сгребное устройство, состоящее из двух длинных 11 и двух коротких 13 лопастей (обычно в виде ферм) с укрепленными на них скребками 8. Лопастей установлены на вертикальном валу 7, медленно вращающемся (с частотой 0,013 – 0,6 об/мин) от привода 4, расположенного на раме 12. Там же расположено подъёмное устройство 3, осуществляющее подъём сгребного устройства в случае перегрузки электродвигателя 14. Скребки на лопастях установлены под углом, обеспечивающим сгребание осадка с поверхности днища к выгрузному конусу 10. [2]

					ВР-НГТУ-17ТМО-000-21 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

поршневых и центробежных насосов. Для этой цели можно использовать также гидростатическое давление обрабатываемой суспензии. Кроме фильтров, в которых разность давлений создают с помощью гидростатического давления столба фильтруемой жидкости, различают еще вакуум-фильтры. В них разность давлений создают с помощью компрессоров. [1]

Твёрдые частицы, содержащиеся в суспензии, задерживаются на поверхности перегородки и образуют слой осадка. Этот процесс называется фильтрованием с образованием осадка. Иногда твёрдые частицы проникают в поры фильтровальной перегородки и задерживаются там, не образуя осадка. Такой процесс называют фильтрованием с закупориванием пор. Наиболее желательное фильтрование с образованием осадка, когда закупоривание пор фильтровальной перегородки твёрдыми частицами с соответствующим увеличением её сопротивления почти не происходит. [1]

На производствах удобно применять фильтры непрерывного действия, в которых процессы фильтрования, промывки, сушки и регенерации ткани идут одновременно.

Конструктивное оформление непрерывного процесса фильтрования рассмотрим на примере барабанного вакуум-фильтра.

Наибольшее распространение в химической промышленности получил барабанный ячейковый вакуум-фильтр, конструкция которого показана на рисунке 1.2. [2]

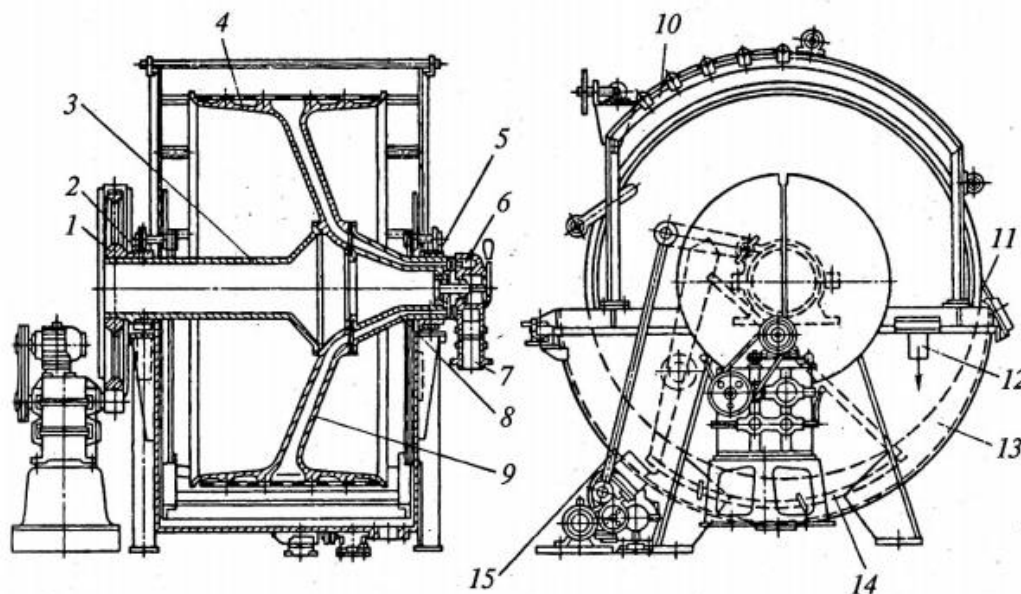


Рисунок 1.2 – Барабанный ячейковый вакуум-фильтр с наружной фильтрующей поверхностью:

- 1 – зубчатое колесо; 2, 5 – подшипниковые узлы; 3, 8 – цапфы полые;
- 4 – барабан; 6 - распределительное устройство; 7 – штуцер;
- 9 – трубка дренажная; 10 – устройство для промывки осадка; 11 – нож;
- 12 – труба переливная; 13 – корыто; 14 – мешалка маятниковая;
- 15 – привод мешалки

Основной рабочий элемент машины – барабан 4, представляющий собой горизонтальный цилиндр с плоскими торцовыми стенками, укрепленными изнутри ребрами жесткости. Пространство между стенками разделено радиальными перегородками на ряд ячеек. Ячейки закрыты перфорированными листами, прикрепленными к перегородкам и стенкам винтами с потайными головками. Снаружи перфорированные листы покрыты фильтровальной тканью, закрепленной на барабане, например навивкой проволоки толщиной 2 – 3 мм. Каждая ячейка снабжена дренажной трубкой 9. Одновременно трубки служат спицами, связывающими барабан со ступицей, к которой крепятся полые цапфы 3 и 8. Обычно трубки образуют сплошной конический диск с каналами, переходящими в ступицу. [2]

Цапфами барабан опирается на подшипниковые узлы 2 и 5 и приводится во вращение с частотой 0,1 – 1,0 об/мин через зубчатое колесо 1, закрепленное на цапфе 3. Нижняя часть барабана погружена в суспензию, подаваемую в корыто 13, которое снабжено переливной трубой 12. В нижней части корыта под барабаном помещена маятниковая мешалка 14 с приводом 15, закрепленная на шарнирах и совершающая качающееся движение. Мешалка препятствует осаждению частиц суспензии и образованию осадка на дне корыта. [2]

Над барабаном расположено устройство 10 для промывки осадка, содержащее коллектор, ряд форсунок, разбрызгивающих промывную жидкость, и полосу ткани, натянутой на ролики и предохраняющей осадок от размывания. [2]

Ячейки фильтра соединены дренажными трубками с продольными каналами в стенке полый цапфы 8. При вращении барабана каждая ячейка через дренажную трубку, канал цапфы и распределительное устройство 6 соединяется через штуцера 7 попеременно со сборниками основного и промывного фильтратов и с источником сжатого воздуха. Сборники находятся под вакуумом, обеспечивающим перепад давлений на фильтре. Сжатый воздух служит для отделения (отдувки) осадка от фильтровальной ткани перед снятием его ножом 11 и для регенерации (очистки) фильтровальной ткани. [2]

Распределительное устройство состоит из корпуса, ячейковой и распределительной шайб. Корпус разделен перегородками на отсеки и снабжен штуцерами. Ячейковая шайба, закрепленная на цапфе барабана, имеет по окружности отверстия в количестве, равном числу ячеек, и вращается вместе с барабаном. На распределительной шайбе, закрепленной на неподвижном корпусе распределительного устройства, предусмотрены секторные окна. Шайбы пришлифованы и прижаты одна к другой действием вакуума и пружины. [2]

3. Центрифугирование

Под центрифугированием понимают процесс разделения неоднородных систем, суспензий и эмульсий, в поле центробежных сил с использованием сплошных или проницаемых для жидкости перегородок. В аппаратах со сплошными стенками производят разделение суспензий и эмульсий по

					ВР-НГТУ-17ТМО-000-21 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		6

принципу отстаивания, причём действие силы тяжести заменяется действием центробежной силы. В аппаратах с проницаемыми стенками осуществляется процесс разделения суспензий по принципу фильтрования, причём вместо разности давлений используется действие центробежной силы. [1]

Разделение неоднородных систем центрифугированием, с физической точки зрения, можно рассматривать как процесс свободного или стесненного осаждения взвешенных частиц в жидкости под действием центробежного силового поля. [1]

Среди оборудования, работающего на использовании центробежных сил, можно выделить гидроциклонные аппараты.

В гидроциклонах, когда в него тангенциально поступает разделяемая смесь через входной патрубок и приобретает круговое движение, возникают значительные центробежные силы, которые во много раз превышают силу тяжести, и под действием которых более тяжелая фаза движется от оси гидроциклона к его стенкам по спиральной траектории вниз и через нижнюю насадку выбрасывается из гидроциклона. Более легкая фаза движется во внутреннем спиральном потоке, направленном вверх, и выбрасывается из гидроциклона через патрубок для отвода верхнего продукта. [1]

Вблизи оси гидроциклона центробежные силы настолько сильно возрастают, что появляется воздушный столб из-за разрыва жидкости. [1]

Твердая частица, поступающая в гидроциклон, вместе с потоком пульпы вовлекается во вращательное движение вокруг оси гидроциклона; одновременно частица движется в осевом и радиальном направлениях со скоростью, зависящей от соотношения между действующими на нее силами. Чем тоньше частицы и чем меньше разница между их плотностью жидкой фазы пульпы (воды), тем ближе совпадают траектории их движения с линиями тока жидкости. Самые тонкие частицы движутся в гидроциклоне почти так же, как частицы жидкости, и распределяются между песками и сливом в том же соотношении, что и жидкость. [1]

На частицу в гидроциклоне действуют:

1. центробежная сила;
2. сила тяжести;
3. силы динамического давления жидкости и трения на поверхности раздела частица-жидкость, зависящие от кинематической и турбулентной вязкости;
4. архимедова сила, зависящая от плотности суспензии;
5. подъемная сила, возникающая в турбулентном потоке;
6. силы, связанные с турбулентной вязкостью;
7. силы сопротивления, возникающие при ударе о другие частицы и о стенки гидроциклона. [1]

Схема гидроциклона представлена на рисунке 1.3. [3]

Цилиндроконический гидроциклон представляет собой весьма простой по устройству аппарат, состоящий из двух основных частей: цилиндрической 1 с крышкой 2 и конической 3. В цилиндрической части имеется входной

патрубок 4, по которому исходная суспензия подается тангенциально в гидроциклон. Для вывода осветленной жидкости служит сливной патрубок 5. [3]

В вершине конуса гидроциклона расположена насадка 6 для вывода сгущенного продукта. Исходная суспензия обычно подается в аппарат под избыточным давлением, которое создается питающим насосом. [3]

При любом положении аппарата в пространстве более крупные и тяжелые частицы направляются к вершине конуса и разгружаются через песковую насадку 6, а более мелкие и легкие – перемешаются в противоположном направлении и через сливную трубку 5 выводятся из гидроциклона. [3]

Метод разделения частиц твердой фазы широкого диапазона крупности и удельного веса основан главным образом на различии в движении этих частиц под действием центробежной силы инерции, силы сопротивления движению и воздействию возможных случайных факторов (стесненное движение частиц, особенно в нижней части гидроциклона, турбулизация потока, возникающая в различных зонах аппарата при изменении режимов его работы). [3]

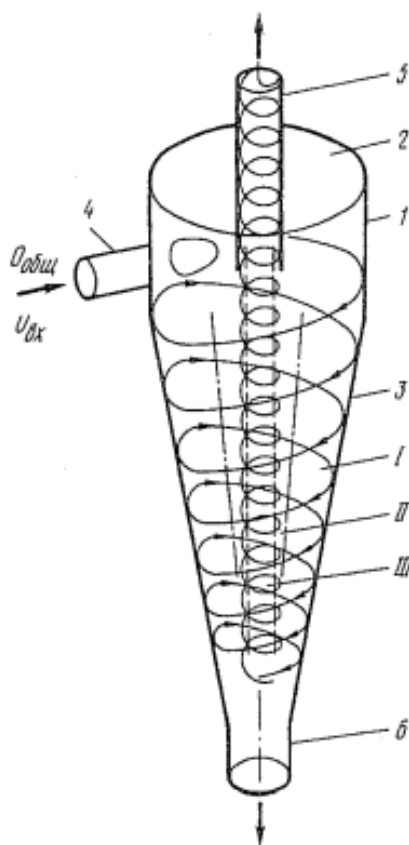


Рисунок 1.3 – Схема гидроциклонного аппарата:

1 – цилиндрический корпус; 2 – крышка; 3 – конический корпус; 4 – входной патрубок; 5 – сливной патрубок; 6 – песковая насадка

I – внешняя зона; II – внутренняя зона; III – зона разряжения (воздушный столб)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВР-НГТУ-17ТМО-000-21 ПЗ

Лист

8

В периферийной зоне I поток жидкости, вращаясь с большой скоростью, двигается вниз к вершине конуса гидроциклона. Небольшая часть жидкости при этом выходит через песковую насадку б, основное же количество ее изменяет направление своего движения и, образуя внутренний восходящий поток (зона II), поднимается вверх и удаляется из гидроциклона через сливной патрубок 5. [3]

Во время работы через разгрузочные отверстия в гидроциклон подсасывается значительное количество воздуха, который вместе с газом, выделившимся из жидкости, образует вдоль оси зону разряжения III (воздушный столб). [3]

Для исследования гидроциклонных аппаратов и проведения учебных занятий необходимо иметь специализированный лабораторный стенд.

Разработке такого стенда будет посвящен данный дипломный проект.

1.2 Технико – экономическое обоснование проекта

Для проведения научных исследований и лабораторных работ на кафедре ТОТС ДПИ НГТУ была спроектирована лабораторная установка для исследования гидроциклонных аппаратов и проведения лабораторных работ с студентами ВУЗа. Также была описана методика проведения работ.

Установка включает в себя реактор с теплообменной рубашкой и мешалкой с электродвигателем, насос с двигателем, собственно гидроциклон, трубопроводы, а также КИП.

При возможной покупке аналогичного стенда суммарные затраты могли составить 1000000 рублей.

Планируемые затраты на разработку и создание стенда ориентировочно будет составлять около 350000 рублей.

Тогда выгода составит:

$$\begin{aligned} \mathcal{E} &= \mathcal{C}_1 - \mathcal{C}_2, & (1.1) \\ \mathcal{E} &= 1000000 - 350000 = 650000 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Сэкономленные деньги могут пойти на новые научные разработки на кафедре ТОТС.

2. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

2.1. Описание установки

Гидроциклонная установка, схема которой показана на рисунке 2.1, состоит из смесителя 5, центробежного насоса 1, гидроциклона 3, мерной емкости 4 с уровнемером 2 и контрольно-измерительных приборов: счетчика количества жидкости P1, манометра M1, термометра T1. [4]

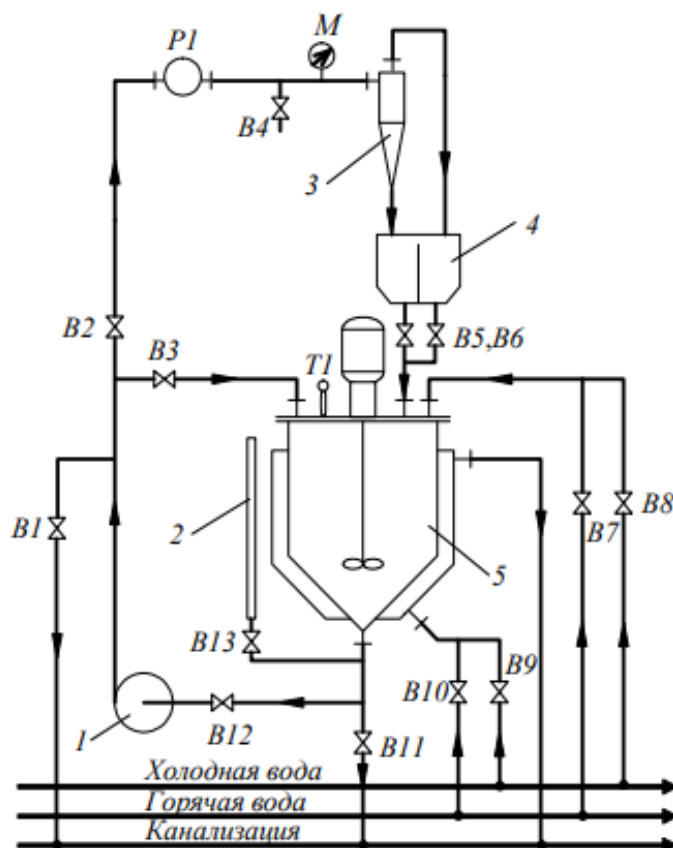


Рисунок 2.1 – Схема лабораторной установки:

1 – насос; 2 – уровнемер; 3 – гидроциклон; 4 – мерная емкость; 5 – смеситель; T1 – термометр; P1 – расходомерный счетчик; M1 – манометр; B1-B13 – вентили

Смеситель 5 снабжен теплообменной рубашкой и пропеллерной мешалкой с регулируемой частотой вращения. Температура суспензии в смесителе в процессе опытов поддерживается постоянной путем подачи холодной и горячей воды в рубашку. [4]

5

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВР-НГТУ-17ТМО-000-21 ПЗ

Лист

10

2.2. Оборудование и приборы

Оборудование:

– гидроциклон со сменными элементами и следующими геометрическими характеристиками:

- внутренний диаметр корпуса: $D = 40$ мм;
- эквивалентный диаметр входного отверстия: $d_{вх} = 10; 8; 14; 12$ мм;
- диаметр сливного патрубка: $d_{сл} = 10; 8; 14; 12; 16$ мм;
- длина цилиндрической части корпуса: $L_{ц} = 40$ мм;
- длина сливного патрубка: $L_{сл} = 40$ мм;
- угол конуса: $\alpha = 10; 15; 20^\circ$;

– смеситель объемом $0,1 \text{ м}^3$ с мешалкой;

– мерная емкость объемом 5 л с ценой деления 0,1 л;

– насос центробежный производительностью $4,6 \text{ м}^3/\text{ч}$, напором 50 м.

Приборы:

– мерный цилиндр объемом 500 мл по ГОСТ 1770-74;

– секундомер СДСПр-1;

– весы ВЛР-200 (шкала 1000 мг, цена деления 0,2 мг);

– манометр МТП-160 (шкала 0 – 6 кгс/см², цена деления 0,1 кгс/см²);

– термометр ртутный (шкала 0 – 50°C, цена деления 1°C).

2.3. Выбор конструкционных материалов

При выборе конструкционного материала учитываются следующие факторы: рабочее давление в аппарате, температура среды и её коррозионная активность. Также при выборе материала следует избегать дорогих и дефицитных материалов и при этом учитывать такие его свойства, как плотность, теплопроводность, пластичность и свариваемость.

В качестве основного материала элементов металлоконструкции примем легированную сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-2014. Характеристики этой стали обусловлены повышенным содержанием титана. Легко поддается сварочной обработке, устойчива к температуре до 800 С. Скорость коррозии стали в рабочей среде менее 0,1 мм/год.

Хромоникелетитановая аустенитная сталь 12Х18Н10Т получила наибольшее распространение в промышленности ввиду возможности успешного ее использования в разнообразных эксплуатационных условиях.

Швы отличаются грубой столбчатой макроструктурой, они уступают основному металлу в пластичности.

К достоинствам стали можно отнести высокую ударную вязкость и пластичность. К недостаткам относятся относительно низкая устойчивость к коррозии в средах, содержащих ионы хлора, а также серную и соляную кислоты.

Из всего выше изложенного можно сделать вывод, что сталь 12Х18Н10Т подходит для работы в среде «песок-вода».

					ВР-НГТУ-17ТМО-000-21 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		11

Справочная информация приведена в соответствии со справочной литературой. [5]

2.4. Методика проведения работы

Перед началом работы к гидроциклону присоединяют конус, сливной патрубком и вставку заданных типоразмеров. Затем открывают вентиль В8 на линии холодной воды и при закрытом вентиле В1 смеситель 1 заполняют водой до отметки уровнемера $V = 50$ л. Одновременно открывается вентиль В9 на линии подачи холодной воды в рубашку смесителя.

После заполнения смесителя вентиль В8 закрывают, включают насос 2 и перемешивающее устройство смесителя. Заданную частоту вращения мешалки устанавливают плавным поворотом регулятора на щите управления.

После этого плавно открывают вентиль В3, а затем – В2. С помощью вентиля В3 по показаниям манометра М1 устанавливают требуемое давление на входе в гидроциклон.

На весах взвешивают порцию модельного дисперсного материала массой $M = 50 - 100$ г и засыпают в смеситель. Через три – пять минут после загрузки материала выполняют необходимые замеры.

В ходе опытов измеряют следующие параметры: давление на входе в гидроциклон $p_{вх}$; температуру суспензии в смесителе t ; расходы исходной и сгущенной суспензии $Q_{вх}$, $Q_{п}$; концентрацию сгущенной суспензии $C_{п}$.

Расходы исходной и сгущенной суспензии определяют объемным методом:

$$Q = V / \tau, \quad (2.1)$$

где V , τ – объем и время заполнения мерного объема.

При определении расхода исходной суспензии мерный объем измеряют с помощью счетчика количества жидкости Р1; при определении расхода сгущенной суспензии – с помощью мерной емкости 4.

Концентрацию сгущенной суспензии определяют весовым методом:

1) в мерный цилиндр массой M_1 , предварительно взвешенный на аналитических весах, отбирают пробу суспензии и измеряют ее объем V ;

2) повторным взвешиванием определяют массу M_2 мерного цилиндра с пробой суспензии;

3) по разности измеренных масс определяют концентрацию твердой фазы в сгущенной суспензии как

$$C_n = \frac{\rho_m}{\rho_m - \rho_{жс}} \left(\frac{M_2 - M_1}{V} - \rho_{жс} \right). \quad (2.2)$$

3. РАСЧЕТ ГИДРОЦИКЛОНА

3.1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

3.1.1 Цель расчета:

Определить геометрические характеристики гидроциклона, рассчитать разделительную способность гидроциклонной установки.

3.1.2 Исходные данные:

- производительность по разделяемой смеси: $Q_c=3,4 \text{ м}^3/\text{ч}$;
- содержание твердой фазы в суспензии: $x_c=5\%$;
- плотность твердой фазы: $\rho_t=2500 \text{ кг/м}^3$;
- температура суспензии: $t=20^\circ\text{C}$;
- давление суспензии на входе: $p_{вх}=0,4 \text{ МПа}$;
- давление на выходе: $p_{вых}=0 \text{ МПа}$.

3.1.3 Расчет:

Расчет производится по литературе [2].

По [2] принимаем отношение диаметров пескового патрубка и гидроциклона:

$$\frac{d_n}{D} = 0,1.$$

Рассчитываем коэффициент гидравлического сопротивления гидроциклона по формуле:

$$\xi = 1280 \left(1 - 5 \left(\frac{d_n}{D} \right)^{2,5} \right), \quad (3.1)$$

$$\xi = 1280(1 - 5 \cdot 0,1^{2,5}) = 1260.$$

Найдем плотность суспензии по правилу аддитивности:

$$\rho_c = \frac{100}{\frac{x_c}{\rho_m} + \frac{100 - x_c}{\rho_{ж}}}, \quad (3.2)$$

где $\rho_{ж}=1000 \text{ кг/м}^3$ – плотность воды при температуре $t=20^\circ\text{C}$ [6].

Получаем плотность суспензии по формуле (3.2):

$$\rho_c = \frac{100}{\frac{5}{2500} + \frac{100 - 5}{1000}} = 1017 \text{ кг/м}^3.$$

Найдем приведенную скорость суспензии:

$$\omega_c = \sqrt{\frac{2(p_{вх} - p_{вых})}{\xi \cdot \rho_c}}, \quad (3.3)$$

					ВР-НГТУ-17ТМО-000-21 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

$$\omega_c = \sqrt{\frac{2(0,4 \cdot 10^6 - 0)}{1260 \cdot 1017}} = 0,79 \text{ м/с}.$$

Из уравнения расхода определим диаметр гидроциклона:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_c}{\pi \cdot \omega_c}}, \quad (3.4)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,4}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,79}} = 0,039 \text{ м}.$$

Из [4] выбираем гидроциклон типа ТВ – 40 со следующими характеристиками:

- диаметр корпуса: $D=40$ мм;
- производительность: $Q=3,6$ м³/ч;
- габаритные размеры: 100x140x600;
- масса: $m=7$ кг.

Используя соотношения из таблицы 3.1 найдем геометрические размеры элементов гидроциклона.

Таблица 3.1. Относительные размеры проточной части гидроциклона ТВ – 40

Геометрический параметр	ТВ - 40
$d_{вх}$	0,25
$d_{сл}$	0,3
$L_{ц}$	2
$L_{сл}$	1
$d_{п}$	0,09 – 0,15
α°	5

Получаем следующие геометрические характеристики гидроциклона:

- диаметр пескового патрубка:
 $d_{п}=0,1D=0,1 \cdot 40=4$ мм;
- диаметр входного патрубка:
 $d_{вх}=0,25D=0,25 \cdot 40=10$ мм;
- диаметр сливного патрубка:
 $d_{сл}=0,3D=0,3 \cdot 40=12$ мм;
- длина цилиндрической части:
 $L_{ц}=2D=2 \cdot 40=80$ мм;
- длина сливного патрубка:
 $L_{сл}=1D=1 \cdot 40=40$ мм;
- угол конуса:
 $\alpha=5^\circ$;
- длина конуса:

$$\omega_{\text{вх}} = \frac{4Q_c}{\pi d_{\text{вх}}^2}, \quad (3.9)$$

$$\omega_{\text{вх}} = \frac{4 \cdot 3,4}{3,14 \cdot 0,01^2 \cdot 3600} = 12 \text{ м/с}.$$

Объемную концентрацию твердой фазы найдем по формуле:

$$\varepsilon_m = x_c \frac{\rho_c}{\rho_m}, \quad (3.10)$$

$$\varepsilon_m = 0,05 \frac{1017}{1500} = 0,034.$$

При концентрациях менее 0,3 расчет динамической вязкости ведем по формуле [6]:

$$\mu_c = \mu(1 + 4,5\varepsilon_m), \quad (3.11)$$

где $\mu=1 \cdot 10^{-3}$ Па·с – динамическая вязкость воды при температуре $t=20^\circ\text{C}$ [6].

Получаем по формуле (3.11) динамическую вязкость суспензии:

$$\mu_c = 1 \cdot 10^{-3}(1 + 4,5 \cdot 0,034) = 1,15 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

Кинематическую вязкость найдем по формуле:

$$\nu_c = \frac{\mu_c}{\rho_c}, \quad (3.12)$$

$$\nu_c = \frac{1,15 \cdot 10^{-3}}{1017} = 1,13 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}.$$

Объемную массовую концентрацию твердой фазы суспензии найдем по формуле:

$$C_c = \rho_c x_c, \quad (3.13)$$

$$C_c = 1017 \cdot 0,05 = 50,9 \text{ кг/м}^3.$$

По формуле М.Г.Лагуткина найдем концентрацию твердой фазы в осветленной воде:

$$C_0 = 1,18 \left(\frac{d_{\text{сл}}}{d_n} \right)^{0,3} \left(\text{tg} \frac{\alpha}{2} \right)^{0,13} \left(\frac{2\omega_{\text{вх}}^2}{D} \cdot \frac{\delta_{50}^2}{\nu_c^2} \cdot \frac{\rho_m - \rho_{\text{жс}}}{\rho_{\text{жс}}} \right)^{-0,25} C_c^{0,78}, \quad (3.14)$$

$$C_0 = 1,18 \left(\frac{12}{4} \right)^{0,3} \left(\text{tg} \frac{5}{2} \right)^{0,13} \left(\frac{2 \cdot 12^2}{0,04} \cdot \frac{(38 \cdot 10^{-6})^2}{(1,13 \cdot 10^{-6})^2} \cdot \frac{1500 - 1000}{1000} \right)^{-0,25} 50,9^{0,78} =$$

$$= 6,98 \text{ кг/м}^3.$$

Эффективность разделения найдем по формуле:

$$\eta = 1 - \frac{Q_o C_o}{Q_c C_c}, \quad (3.15)$$

$$\eta = 1 - \frac{3,29 \cdot 6,98}{3,4 \cdot 50,9} = 0,881 \text{ (88,1\%)}.$$

Определим концентрацию твердой фазы в осадке по формуле:

$$C_{\text{ос}} = \frac{Q_c C_c}{Q_{\text{ос}}} \eta, \quad (3.16)$$

$$C_{oc} = \frac{3,4 \cdot 50,9}{0,11} 0,881 = 1386 \text{ кг/м}^3.$$

3.2. ПРОЧНОСТНОЙ РАСЧЕТ

3.2.1 Цель расчета

Целью прочностного расчета является определение размеров основных элементов аппарата, исходя из условий прочности, жесткости и виброустойчивости. Расчету на прочность от внутреннего избыточного давления или наружного давления и от внешних сил должны подвергаться все основные элементы аппарата. Стандартные сборочные единицы и детали при конструировании аппарата выбирают на ближайшее большее условное давление для рабочей температуры и, как правило, на прочность не рассчитываются.

3.2.2 Исходные данные для расчета на прочность

- диаметр аппарата: $D = 40$ мм;
- рабочее давление в аппарате: $p_p = 0,4$ МПа;
- рабочая температура в аппарате: $t_p = 20$ °С;
- угол конусности аппарата: $\alpha = 5^\circ$;
- материал корпуса: сталь 12Х18Н10Т.

Расчет ведется в соответствии со справочной литературой [5].

3.2.3 Выбор расчетных параметров

Расчетную температуру стенки определим из условия:

$$t_p = \max \{t_p; 20^\circ\text{C}\}. \quad (3.17)$$

В соответствии с этим условием примем:

$$t_p = 20 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Допускаемое напряжение для материала аппарата при стандартной температуре и температуре рабочих условий по справочной литературе [7] будут равны:

$$[\sigma]^{20} = 184 \text{ МПа}.$$

Допускаемое напряжение при гидроиспытаниях:

$$[\sigma]_{\text{гн}} = \frac{\sigma_T^{20}}{1,1}, \quad (3.18)$$

где $\sigma_T^{20} = 276 \text{ МПа}$ - предел текучести при 20 °С стали 12Х18Н10Т [7].

Найденные значения подставим в формулу (3.18) и рассчитаем допускаемое напряжение для стали при гидроиспытании:

$$[\sigma]_{\text{гн}} = \frac{276}{1,1} = 251 \text{ МПа};$$

					ВР-НГТУ-17ТМО-000-21 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

За расчетное внутреннее давление для корпуса примем:

$$p_p = 0,4 \text{ МПа.}$$

Пробное давление для корпуса:

$$p_{np} = 1,25 \cdot p_p \frac{[\sigma]^{20}}{[\sigma]^{20}}; \quad (3.19)$$

$$p_{np} = 1,25 \cdot 0,4 \frac{184}{184} = 0,5 \text{ МПа.}$$

Модуль продольной упругости для материала гидроциклона примем в соответствии со справочной литературой [7]:

$$E_{20} = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа.}$$

Коэффициент прочности сварных швов корпуса и рубашки в соответствии со справочной литературой [7]: $\phi = 1$.

Предел текучести для материала гидроциклона примем в соответствии со справочной литературой [7]:

$$R_{20} = 276 \text{ МПа.}$$

Прибавка к расчетным толщинам для компенсации коррозии:

$$c_1 = V \cdot \tau, \quad (3.20)$$

где $V = 0,2$ мм/год – скорость коррозии металла [5];

$\tau = 10$ лет – нормативный срок службы аппарата.

$$c_1 = 0,2 \cdot 10 = 2 \text{ мм.}$$

Рабочая среда эрозию материала аппарата не вызывает, поэтому прибавка на эрозию равна нулю $c_2 = 0$. Прибавку к расчетной толщине стенки корпуса для компенсации минусового значения предельного отклонения по толщине листа примем по справочным данным [5] $c_2 = 0,8$ мм, а прибавку к расчетной толщине стенки корпуса для компенсации утонения стенки элементов аппарата в процессе изготовления $c_3 = 0$.

Суммарная величина прибавки к расчетным толщинам:

$$c = c_1 + c_2 + c_3; \quad (3.21)$$

$$c = 2 + 0,8 + 0 = 2,8 \text{ мм.}$$

3.2.4 Цилиндрическая обечайка

Толщина стенки:

$$S \geq S_{p,ц} + C, \quad (3.22)$$

где $S_{p,ц}$ – расчетная толщина стенки цилиндрической части, равная:

$$S_p = \frac{P_p D \beta}{2[\sigma]_{20} \phi_m - P_p} \quad (3.23)$$

где ϕ_m – коэффициент прочности продольного сварного шва, равный 1,0.

Т.к $M=0$ (изгибающий момент на гидроциклон не действует), то β не учитывается.

$$S_{p,ц} = \frac{0,5 \cdot 0,04}{2 \cdot 184 \cdot 1 - 0,5} = 0,0000544 \text{ м.}$$

					ВР-НГТУ-17ТМО-000-21 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

Тогда по формуле (3.22):

$$S_{p.ц} \geq 0,0000544 + 0,0028 = 0,0028544 \text{ м.}$$

Принимается $S = 0,005$ м.

Допускаемое внутреннее избыточное давление:

$$[P] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi(S - C)}{D + (S - C)}, \quad (3.24)$$

- для рабочих условий:

$$[P] = \frac{2 \cdot 184 \cdot 1(0,005 - 0,0028)}{0,04 + (0,005 - 0,0028)} = 2,013 \text{ МПа,}$$

- для гидроиспытаний:

$$[P] = \frac{2 \cdot 251 \cdot 1(0,005 - 0,0028)}{0,04 + (0,005 - 0,0028)} = 2,75 \text{ МПа.}$$

$$[P] > P_p$$

2,013 МПа > 0,4 МПа – условие выполнено,

2,75 МПа > 0,5 МПа – условие выполнено.

Проверка на устойчивость:

$$\frac{P}{[P]} + \frac{F}{[F]} + \frac{M}{[M]} + \left(\frac{Q}{[Q]} \right)^2 \leq 1,0 \quad (3.25)$$

Т.к. $M = 0$, $F = 0$ и $Q = 0$, то формула (3.25) принимает вид:

$$\frac{P}{[P]} \leq 1,0 ; \quad (3.26)$$

$$\frac{0,4}{2,013} = 0,2 \leq 1,0.$$

условие выполнено.

3.2.5 Коническая обечайка

Толщина стенки:

$$S \geq S_{p.к} + C, \quad (3.27)$$

где $S_{p.к}$ – расчетная толщина стенки конической части, равная:

$$S_{p.к} = \frac{P_p D}{2[\sigma]_{20} \varphi_m - P_p \cos \alpha} \cdot 1 \quad (3.28)$$

$$S_{p.к} = \frac{0,5 \cdot 0,04}{2 \cdot 184 \cdot 1 - 0, \cos 5^\circ} \cdot 1 = 0,0000544 \text{ м.}$$

Тогда по формуле (3.27):

$$S_{p.к1} \geq 0,0000544 + 0,0028 = 0,0028544 \text{ м.}$$

Принимается $S = 0,005$ м.

Допускаемое внутреннее избыточное давление

$$[P] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi(S - C)}{\frac{D}{\cos \alpha} + (S - C)}, \quad (3.29)$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

- для рабочих условий:

$$[P] = \frac{2 \cdot 184 \cdot 1(0,005 - 0,0028)}{\frac{0,04}{\cos 5^\circ} + (0,005 - 0,0028)} = 2,1 \text{ МПа,}$$

- для гидроиспытаний:

$$[P] = \frac{2 \cdot 251 \cdot 1(0,005 - 0,0028)}{\frac{0,04}{\cos 5^\circ} + (0,005 - 0,0028)} = 2,8 \text{ МПа.}$$

$$[P] > P_p$$

2,1 МПа > 0,4 МПа – условие выполнено,

2,8 МПа > 0,5 МПа – условие выполнено.

Проверка на устойчивость:

Т.к. $M = 0$, $F = 0$ и $Q = 0$, то формула (3.25) принимает вид:

$$\frac{P}{[P]} \leq 1,0 ; \quad (3.30)$$

$$\frac{0,4}{2,1} = 0,19 \leq 1,0.$$

условие выполнено.

3.2.6 Входной патрубок

Толщина стенки:

$$S \geq S_{вх} + C, \quad (3.31)$$

где $S_{вх}$ – расчетная толщина входного патрубка, равная:

$$S_{вх} = \frac{P_p d_{вх}}{2[\sigma]_{20} \varphi_m - P_p} \quad (3.32)$$

$$S_{п.ц} = \frac{0,5 \cdot 0,01}{2 \cdot 184 \cdot 1 - 0,5} = 0,0000136 \text{ м.}$$

Тогда по формуле (3.31):

$$S_{вх} \geq 0,0000136 + 0,0028 = 0,0028136 \text{ м.}$$

Принимается $S = 0,005$ м.

Допускаемое внутреннее избыточное давление:

$$[P] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi (S - C)}{d_{вх} + (S - C)}, \quad (3.33)$$

- для рабочих условий:

$$[P] = \frac{2 \cdot 184 \cdot 1(0,005 - 0,0028)}{0,01 + (0,005 - 0,0028)} = 7,22 \text{ МПа,}$$

- для гидроиспытаний:

$$[P] = \frac{2 \cdot 251 \cdot 1(0,005 - 0,0028)}{0,01 + (0,005 - 0,0028)} = 9,84 \text{ МПа.}$$

$$[P] > P_p$$

					ВР-НГТУ-17ТМО-000-21 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

7,22 МПа > 0,4 МПа – условие выполнено,

9,84 МПа > 0,5 МПа – условие выполнено.

Проверка на устойчивость:

Т.к. $M = 0$, $F=0$ и $Q = 0$, то формула (3.25) принимает вид:

$$\frac{P}{[P]} \leq 1,0 ; \quad (3.34)$$

$$\frac{0,4}{7,22} = 0,05 \leq 1,0.$$

условие выполнено.

					ВР-НГТУ-17ТМО-000-21 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		21

4. ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

4.1 Цель раздела

Целью данного раздела является разработка технологического процесса изготовления накидной гайки.

4.2 Характеристика обрабатываемой детали

Накидные гайки применяются в резьбовых соединениях трубопроводов, арматуры и гидропневмооборудования.

Основными базами гайки являются поверхность $\varnothing 27,3$ мм и наружная поверхность шестигранник 41,6 мм. Так же имеются следующие элементы: внутренняя резьба М33х2, отверстие $\varnothing 24,2^{+0,25}$ мм.. Данная гайка является жёсткой, так как отношение ее длины к диаметру не превышает 12 единиц.

Материал гайки - сталь 35 ГОСТ 1050-88.

Гайка представлена на рисунке 4.1.

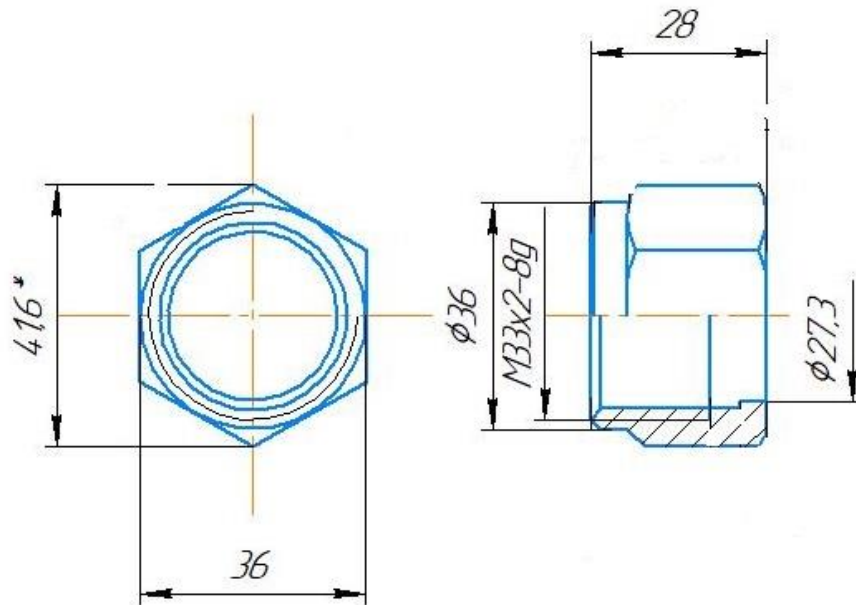


Рисунок 4.1 – Накидная гайка

4.3 Выбор вида заготовки и определение ее размеров

В качестве заготовки примем круглый прокат.

Определение припусков на обработку заготовки:

$$Z_d = \frac{D^{0,4} L^{0,05}}{IT^{0,45}}, \quad (4.1)$$

где D – наибольший диаметр детали, мм;

L – длина детали, мм;

IT – квалитет на диаметр D .

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВР-НГТУ-17ТМО-000-21 ПЗ

Лист

22

$$Z_d = \frac{41,6^{0,4} 28^{0,05}}{9^{0,45}} = 1,9 \text{ мм.}$$

$$Z_l = D^{0,3} L^{0,05}, \quad (4.2)$$

$$Z_l = 41,6^{0,3} 28^{0,05} = 3,6 \text{ мм.}$$

Определение масс заготовок и детали:

$$V_{дет} = 10,3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3;$$

$$M_{дет} = 0,0682 \text{ кг.}$$

$$V_{заг} = \frac{\pi \cdot 0,0435^2}{4} \cdot 0,0296 = 4,4 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3,$$

$$M_{заг} = 4,4 \cdot 10^{-5} \cdot 7850 = 0,35 \text{ кг.}$$

Определение коэффициента использования материала:

$$k_{ум} = \frac{M_{дет}}{M_{заг}}, \quad (4.3)$$

$$k_{ум} = \frac{0,0682}{0,35} = 0,2.$$

Определение стоимости заготовок.

$$C_3 = M_{заг} S - (M_{заг} - M_{дет}) S_{отх}, \quad (4.4)$$

где $S = 310 \text{ руб/кг}$ – цена 1 кг металлопроката;

$S_{отх} = 30 \text{ руб/кг}$ – стоимость отходов (брикетированной стружки из легированной стали).

$$C_3 = 0,35 \cdot 310 - (0,35 - 0,0682)30 = 100 \text{ руб.}$$

Таким образом, принимаем длину заготовки 32 мм с учетом припуска на последующую механическую обработку.

4.4 Определение режимов обработки резанием

Необходимо построить математическую модель и определить оптимальный режим процесса резания (подачи s и числа оборотов n) для чистовой обработки заданной поверхности детали.

Выбираем:

станок 16К20;

инструмент – проходной резец из стали Т15К6;

глубина резания $t = 2 \text{ мм}$, скорость подачи $s = 0,5 \text{ мм/об}$.

Составляем математическую модель:

- 1) ограничение по числу оборотов шпинделя (из характеристики станка) $n = 12,5 \div 2000 \text{ мин}^{-1}$.
- 2) ограничение по подаче (из характеристики станка) $s = 0,5 \div 4,16 \text{ мм/об}$.
- 3) ограничение по стойкости режущего инструмента

Теперь построим многоугольную фигуру, внутри которой любая точка удовлетворяет приведенным выше ограничениям (рисунок 4.2).

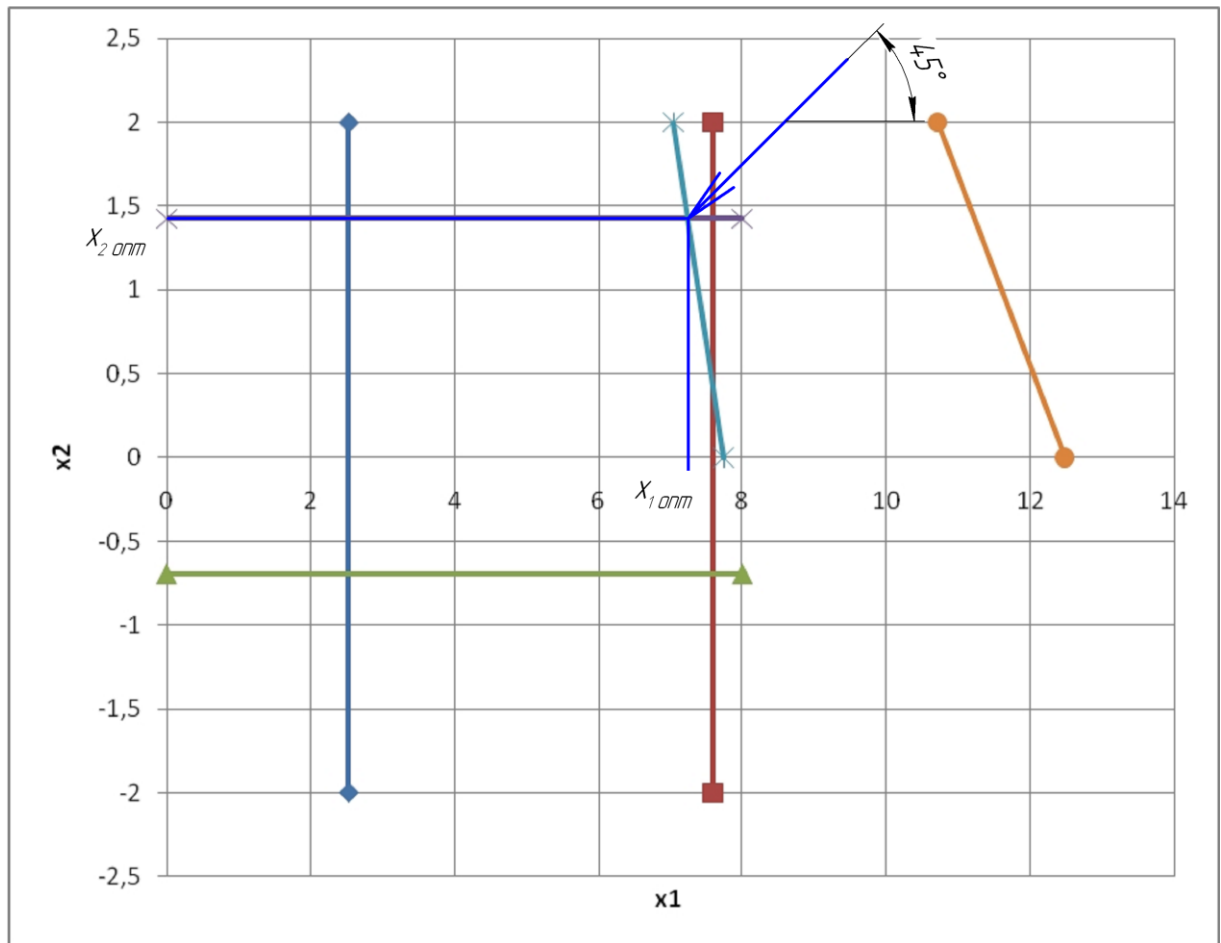


Рисунок 4.2. Определение оптимального режима резания

Точка оптимальных режимов резания лежит на первом касании перпендикуляра к вектору максимизации с областью оптимальных значений и в положительной области значений x_1 и x_2 максимально удалена от начала координат.

Из рисунка 4.2 видно, что $x_1^{opt} = 7,09$ и $x_2^{opt} = 1,43$.

Теперь можно определить оптимальные режимы резания из ранее принятых обозначений $x_1 = \ln n$ и $x_2 = \ln s$.

$$n^{opt} = e^{7,09} = 1200 \text{ мин}^{-1}, \quad s^{opt} = e^{1,43} = 4,16 \text{ мм/об.}$$

4.5 Расчет технической нормы времени

Рассчитаем технически обоснованную норму времени на операцию обработки резанием.

Для упрощения подсчета нормы времени можно пользоваться формулой

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

4.6 Маршрут изготовления конуса

Маршрут изготовления гайки накидной, выбор оборудования, инструмента и приспособлений, требуемые профессии и квалификации рабочих приведены в технологической карте изготовления накидной гайки ВР-НГТУ-17ТМО-014-21.

					<i>ВР-НГТУ-17ТМО-000-21 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		27

5. ПОДБОР ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

5.1 Цель расчета

Целью расчета является определение затрат мощности для обеспечения работы гидроциклона и подбор насоса для гидроциклонной установки.

5.2 Расчет

Дополнительные затраты мощности для обеспечения работы гидроциклона определим по формуле:

$$N = \frac{QH}{102} \rho_c, \quad (5.1)$$

где Q – производительность гидроциклона, $\text{м}^3/\text{с}$;

H – напор, м;

ρ_c – объемный вес пульпы, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Найдем скорость пульпы на входе в гидроциклон:

$$V = \frac{Q}{F}, \quad (5.2)$$

где F – площадь сечения входного патрубка, м^2 .

Площадь сечения для входного патрубка диаметров 10 мм будет равен:

$$F = \pi R^2 = 3,14 \cdot 0,005^2 = 0,0000785 \text{ м}^2.$$

По формуле 5.2 определяем скорость пульпы на входе:

$$V = \frac{3,4}{3600 \cdot 0,0000785} = 12 \text{ м/с}.$$

Напор находим по формуле:

$$H = H_{ст} + \alpha \frac{V^2}{2g}, \quad (5.3)$$

где $H_{ст}$ – статический напор перед гидроциклоном, м;

$\alpha=1$ – коэффициент неравномерного распределения скорости жидкости во входном патрубке гидроциклона.

Принимаем: $H_{ст} \approx \Delta H \approx 40,8$ м вод.ст.

Получаем напор по формуле 5.3:

$$H = 40,8 + 1 \cdot \frac{12^2}{2 \cdot 9,81} = 48,1 \text{ м}.$$

Получаем мощность по формуле 5.1:

$$N = \frac{3,4 \cdot 48,1}{102 \cdot 3600} 1017 = 0,45 \text{ кВт}.$$

Мощность требуемого электродвигателя найдем по формуле:

$$N_{эл} = NK, \quad (5.4)$$

где $K=1,25$ – коэффициент запаса мощности.

Получаем:

$$N_{эл} = 1,25 \cdot 0,45 = 0,6 \text{ кВт}.$$

					ВР-НГТУ-17ТМО-000-21 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

Выбираем по [9] выбираем следующий насос:

АХ(О)50-32-200-А(К, Е, И)

У данного насоса следующие характеристики:

$H=50\text{м}$, $Q=12,5\text{м}^3/\text{ч}$, $N=5,3\text{ кВт}$.

					<i>ВР-НГТУ-17ТМО-000-21 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		29

6. МОНТАЖ СТЕНДА

Целью данного подраздела является разработка и описание технологии монтажа лабораторного стенда «Гидроциклон».

Данный стенд состоит из отдельно монтируемых частей:

1. Насос;
2. Гидроциклон;
3. Реактор;
4. Платформа для обслуживания.

После проверки комплектности составных частей и приёмки опорной металлоконструкции приступают к монтажу лабораторного стенда.

Монтаж гидроциклонного аппарата выполняют в соответствии с рабочими чертежами проекта и требованиями в соответствии с СНиП 3.05.05 – 84 Технологическое оборудование и технологические трубопроводы.

Монтаж целесообразно вести блоками, их в определённом порядке устанавливаются на ровной площадке и в одну линию. Затем блоки соединяются между собой трубопроводами, согласно условиям помещения (так, блоки могут быть поставлены под углом или параллельно, но тогда необходимо будет менять месторасположение соединительных трубопроводов в соответствии с положением блоков).

Установку для удобства обслуживания и работы следует расположить электродвигателем к стене, гидроциклоном к проходу. При этом следует соблюдать расстояние до стены не менее 2 м для обеспечения свободного доступа к насосному агрегату для его обслуживания.

Для монтажа и демонтажа насоса необходимо над установкой расположить таль грузоподъёмностью 1,0 т. Специального фундамента установка не требует. Потребность в креплении фундаментными болтами отсутствует. В ходе работы могут возникать вибрация и шум, для их уменьшения следует залить бетоном внутреннее пространство рамы.

Монтаж и демонтаж гидроциклона будет происходить на специальной металлоконструкции, расположенной вблизи от реактора. При ревизии и переборке гидроциклона необходимо соблюдать порядок его расположения, а также правильность подведения трубопроводов.

При монтаже гидроциклонной установки необходимо соблюдать правила и условия, обеспечивающие стабильность и бесперебойность её работы [10]:

– Гидроциклоны необходимо устанавливать так, чтобы обеспечивалось поступление верхнего и нижнего сходов в соседние насосы самотёком. Для этого разность высот между приёмным патрубком насоса и патрубками гидроциклона должна быть не менее 1 м [10].

– При монтаже гидроциклоны надо устанавливать на такой высоте, чтобы входной патрубок был несколько выше верхнего среза сборника исходного продукта. Благодаря этому возможна остановка гидроциклона без перекрытия задвижки на всасывающей линии насоса. Это имеет особенно важное значение

					ВР-НГТУ-17ТМО-000-21 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		30

при введении автоматического регулирования, управления гидроциклоном [10].

– Трубопроводы верхнего и нижнего сходов необходимо монтировать так, чтобы не было противодействия в камерах верхнего и нижнего сходов гидроциклонов. Установка регулирующей и запорной арматуры на трубопроводах верхнего и нижнего сходов, а также на нагнетательной линии между насосом и гидроциклоном, недопустима. Нормально налаженный гидроциклон должен оптимально распределять продукт на верхний и нижний сход; изменение распределения при помощи регулирующей арматуры может только ухудшить его работу [10].

– Манометры, устанавливаемые на напорных трубопроводах, предназначенные для контроля наблюдения за работой гидроциклона для обеспечения надёжности действия должны быть установлены так, чтобы в них не могла попасть суспензия крахмала. Штуцер для установки манометра устроен таким образом, что между манометром упругой трубкой манометра всегда имеется некоторый объём воздуха, который защищает трубку от засорения.

Чтобы этот объём воздуха образовался, манометр надо устанавливать с соблюдением всех правил. В частности запрещается устанавливать манометр, уплотняя резьбу его при помощи подмотки льном. Уплотнение манометра в штуцере должно быть выполнено при помощи специальной резиновой прокладки, поставляемой вместе с манометром [10].

Аппарат устанавливается на опорной конструкции (раме). Аппарат монтируют с помощью с помощью тали грузоподъёмностью 1 т, высотой подъёма 6 м с применением строп универсальных, исполнения 2 УСК-0,32-2 грузоподъёмностью 0,32 т.

Рама представляет собой сварную конструкцию, от правильности монтажа которой зависит стабильность работы аппарата. Поэтому перед установкой рамы в проектное положение проверяют её целостность, жёсткость, отсутствие деформаций.

Насосный агрегат монтируют в соответствии с Инструкцией по монтажу насосов и компрессоров ВСН 394 – 78.

К стенду будут добавлены термометры для определения температуры в реакторе.

Теплоноситель будет подводиться как со стороны холодного, так и со стороны горячего трубопроводов.

После проверки правильности установки всех составных частей к аппарату подводят трубопроводы исходной суспензии, верхнего и нижнего сходов. Монтаж трубопроводов следует выполнить в соответствии с рабочими чертежами проекта и требованиями, изложенными в СНиП 3.05.05 – 84 Технологическое оборудование и технологические трубопроводы.

					ВР-НГТУ-17ТМО-000-21 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		31

7. РЕМОНТ

Целью данного раздела является разработка годового графика технического обслуживания и ремонта лабораторного стенда «Гидроциклон».

Система планово-предупредительных ремонтов (ППР) включает периодическое межремонтное техническое обслуживание, текущий, средний и капитальный ремонты.

1. Текущий ремонт производится на месте установки оборудования.

Основные работы по текущему ремонту [11]:

- частичная разборка стенда, поддетальная разборка наиболее изношенных и загрязнённых узлов стенда, промывка и чистка их, осмотр и чистка остальных узлов;

- замена изношенных деталей установки, не способных выдержать нагрузку до следующего планового ремонта.

2. Основные работы при среднем ремонте [11]:

- ремонт отдельных узлов стенда с заменой деталей, износ которых превышает допускаемый по технологическим условиям или нормам;

- проверка и замена изношенных прокладок, уплотнений, крепёжных деталей;

- исправление или замена износившейся арматуры;

- покраска при необходимости отдельных частей лабораторной установки;

- сборка аппаратов, проверка крепления узлов, регулировка и испытание.

3. Основные работы при капитальном ремонте [11]:

- полная поддетальная разборка всех узлов стенда;

- замена износившихся узлов и деталей или восстановление их с доведением до размеров, установленных техническими условиями;

- тщательная выверка узлов и деталей аппаратов стенда;

- выверка рамы аппарата с одновременным ремонтом, при необходимости фундаментов и опорных конструкций;

- проверка, чистка и ремонт трубопроводов с установленной запорно-регулирующей арматурой;

- отладка, регулирование или замена приборов автоматического контроля и управления;

- ремонт защитных устройств согласно техническим требованиям;

- окраска отдельных частей, а при необходимости всего стенда;

- комплексная проверка, регулирование и испытание.

Состав основных работ, проводимых при ремонте:

а) Очистка установки и аппаратов

Для наружной очистки используют влажную ветошь, щётки, шланговую очистку тёплой водой или моющим раствором. При очистке и дезинфекции оборудования необходимо использовать отечественное синтетическое моющее средство – МСЖ-3С [11]. Оно не токсично, не горюче, пожаро-

взрывобезопасно, биологически разлагаемо, не оказывает вредного влияния на обслуживающий персонал и окружающую среду, обладает высокоэффективным моюще-очищающим действием, низким пенообразованием, не вызывает коррозии очищаемых поверхностей, хорошо растворяется в воде, не имеет резкого и устойчивого запаха.

Внутренние полости аппарата и трубопроводы моют и дезинфицируют способом безразборной циркуляции раствора. Цикл очистки включает следующие операции:

- ополаскивание системы холодной водой (15...25°C) до полного удаления остатков суспензии (в течение 3...5 мин) при визуальном контроле;
- очистка моющим раствором МСЖ-3С при концентрации 2...5 г/л и температуре 50...70°C в течение 10...15 мин;
- ополаскивание тёплой водой (35...45°C) до полного удаления остатков моющего раствора в течение 5 мин.

б) Разборка стенда

Разбираемый стенд должен быть чистым [11]. Последовательность разборки должна соответствовать технологической карте разборки аппаратов.

Крепёжные детали (болты, гайки) укладывают в сетчатые ящики или вновь устанавливают на свои места. Разборку резьбовых соединений производят с помощью ручного инструмента (ключи). Открытые отверстия коллектора, через которые внутрь может проникнуть грязь, закрывают пробками.[]

в) Дефектация деталей

При дефектации деталей следует руководствоваться техническими требованиями на ремонт аппарата [11]. При дефектации контролируют геометрические размеры единичных гидроциклонов, в частности разгрузочное отношение, при этом применяют универсальный измерительный инструмент.

г) Комплектование деталей

Комплектование деталей включает в себя сортирование, подбор для сборки соединений в соответствии с техническими требованиями, комплектование по номенклатуре и числу в соответствии с принадлежностью к узлам, раскладку в тару, доставку комплектов на место сборки [11]. При этом применяют штучный подбор.

д) Сборка аппаратов

Сборка аппарата выполняется в последовательности обратной разборке [11]. Детали поступающие на сборку должны быть чистыми, не иметь коррозии, заусенцев и других дефектов. При их наличии поверхности исправляют.

Резьбовые поверхности перед сборкой смазывают. Концы болтов должны выступать из гаек не менее чем на один и не более чем на три шага резьбы. При креплении трубопроводов гайки нужно затягивать в определённом порядке и постепенно, сначала на половину затяжки, а затем окончательно и с одинаковой силой.

е) Испытание стенда

					ВР-НГТУ-17ТМО-000-21 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		33

Перед установкой коллектора исходной суспензии его проверяют на герметичность. Для этого на время испытания все отверстия в коллекторе герметично заглушаются. Подсоединяют к технологическим штуцерам для проведения гидроиспытания гибкие шланги и заполняют коллектор водой температурой 20⁰С.

При проведении испытания в коллекторе в течении 10 мин поддерживают пробное давление 0,5 МПа, затем давление снижают до рабочего ($p = 0,4$ МПа) и выдерживают в течении 2 ч [12]. Если за это время падение давления на манометре не превысило 5% p , не было обнаружено течи, капель, потения через сварные швы, не замечено остаточных деформаций в элементах коллектора, не обнаружено признаков разрыва, коллектор считается выдержавшим испытание. Коллекторы сгущенной суспензии и осветленной жидкости, как работающие под атмосферным давлением, испытываются наливом воды в течение 4 ч [12].

Составим ППР для лабораторной установки «Гидроциклон».

Таблица 7.1 – Показатели планово-предупредительных ремонтов разрабатываемого стенда

Показатели	Капитальный ремонт (К)	Средний ремонт (С)	Текущий ремонт (Т)	Межремонтное обслуживание (О)
Количество ремонтов за 4 года	1	1	2	12
Длительность простоя оборудования в ремонте за 4 года:				
в днях	30	21	14	7
в часах	720	504	336	168
Продолжительность периода до ближайшего ремонта, месяцы	48	24	12	2

Также проводится ежедневный профилактический осмотр оборудования. Общая продолжительность осмотров в планируемом периоде работы производства - $T_{по} = 70$ часов.

Структура ремонтного цикла выглядит следующим образом
К–О–О–О–Т–О–О–О–С–О–О–О–Т–О–О–О–К

8 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ

Основной задачей этого раздела является создание определенных действий, для уменьшения риска производственных травм, профессиональных заболеваний у сотрудников. Возникновения чрезвычайных ситуаций, включающие в себе: пожары, взрывы, загрязнения окружающей среды в процессе проведения исследований. Важной задачей является, обеспечить рабочим безопасный доступ к местам ликвидации чрезвычайных ситуаций и ликвидации их последствий [13].

8.1 Вредные и опасные факторы, характерные для научной лаборатории

Лабораторный стенд для исследования разделения суспензий с помощью гидроциклона, находится на кафедре ТОТС на первом этаже второго корпуса ДПИ НГТУ. Площадь помещения – 57.2 м², количество работающих в лаборатории 6 человек.

Человек подвергается воздействию опасностей в своей трудовой деятельности, которая осуществляется в производственной среде, которая включает в себя вредные и опасные факторы, негативно воздействующие на человека в процессе его существования.

Опасные и вредные производственные факторы подразделяются на физические, химические, биологические и психофизиологические [14].

Физические факторы на данной лабораторной установке: движущиеся части центробежного насоса и мешалки, повышенная температура поверхностей электродвигателя, повышенный уровень шума и вибрации от центробежного насоса, недостаточная освещенность, повышенный уровень статического электричества.

Химические факторы – это сложные соединения и химические вещества в различных агрегатных состояниях, которые обладают раздражающими, токсичными и канцерогенными свойствами. Но в данном эксперименте работа проводилась с использованием воды. Данная жидкость не представляет угрозы при попадании на слизистые оболочки и на кожу человека [15].

Биологические факторы – патогенные микроорганизмы и продукты их жизнедеятельности, а также животные и растения, в данной работе не использовались.

Психофизиологические факторы – факторы трудового процесса, нервно-психические перегрузки, напряжение, монотонность проводимых экспериментов. Психофизиологические факторы на лаборанта в данной работе не действуют, так как процесс работы гидроциклона не доставляет трудностей в управлении и проведении эксперимента.

					ВР-НГТУ-17ТМО-000-21 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		35

8.2 Санитарно-гигиенические мероприятия

8.2.1 Токсичные свойства вещества используемого в лаборатории. Меры и средства, обеспечивающие безопасную работу.

В данной работе на лабораторном стенде во всех экспериментах, используется вода.

Ширина санитарно-защитной зоны для научно-исследовательских институтов, имеющих в своем составе экспериментальные установки, определяется при наличии санитарно-эпидемиологического заключения органов и учреждений государственной санитарно-эпидемиологической службы. Санитарно-защитные зоны и лаборатории ДПИ НГТУ им Р. Е. Алексеева в перепланировке и реконструкции не нуждается.

Вода - вещество не относятся к разряду токсичных и опасных для человека. Проводить контроль за вредными и опасными веществами не обязательно, так как они отсутствуют.

Работающие в лаборатории должны иметь индивидуальные средства защиты: перчатки, халат, а так же в помещении должна быть предусмотрена раковина и средство обезжиривания кожи – мыло [16].

8.2.2 Микроклимат лаборатории

Источники тепловыделений отсутствуют. Неблагоприятные воздействия микроклимата в помещении нет, следовательно, защитные мероприятия не разрабатываются [17].

В рабочей зоне помещения лаборатории предусмотрена вентиляция, которая по типу движения воздуха является естественной [18].

Воздухообмен в помещении происходит за счет таких факторов как: действия ветра, а также при открывании форточек, окон и дверей; разности давлений внутреннего и наружного воздуха. В лаборатории присутствует общая вентиляция.

В помещении лаборатории отсутствуют вредные и опасные вещества в воздухе рабочей зоны, а также неблагоприятные температурные воздействия, следовательно, кратность воздухообмена можно не рассчитывать.

Для поддержания температурного режима в холодный период года в помещении лаборатории присутствует центральная система отопления с температурой воды 80-95°C [18].

					ВР-НГТУ-17ТМО-000-21 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		36

Таблица 8.1 – Оптимальные значения показателей микроклимата на рабочих местах в лаборатории

Период года	Тем-ра воздуха, °С		Тем-ра поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с, не более	
	Диапазон ниже оптимальных	Диапазон выше оптимальных			Для диапазона ниже оптимальной величины	Для диапазона выше оптимальной величины
Холодный	19,0-20,9	23,1-24,0	18,0-25,0	15-75	0,1	0,2
Теплый	20,0-21,9	24,1-28,0	19,0-29,0	15-75*	0,1	0,3

* - Если температурах воздуха равна 25°C и выше максимальной величины относительной влажности воздуха, тогда следует принимать требования, которые не должны выходить за определенные интервалы:

75 % - при температуре воздуха 25°C; 70 % - при температуре 26 °C;

65 % - при температуре воздуха 27°C; 60 % - при температуре воздуха 28°C.

Таблица 8.2 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с, не более
Холодный	21-23	20-24	60-40	0,1
Теплый	22-24	21-25	60-40	0,1

8.2.3 Шум и вибрация

Источником шума и вибрации можно отнести центробежный насос. По характеру спектра, шум является широкополосный с непрерывным спектром шириной более одной октавы. По временным критериям шум является непостоянным прерывистым, работа насоса проводится меньше чем все проведенное время в помещении. Для центробежного насоса среднегеометрическая частота равна 63 Гц [19].

Допустимый уровень звукового давления.

Для рабочего места в лаборатории допустимый уровень звукового давления составляет 72 дБ, эквивалентный уровень звука равен 60 дБА.

По временным характеристикам вибрация является непостоянной, так как параметры по частоте изменяются более чем в 2 раза (на 6 дБ). По способу передачи на человека вибрацию в лаборатории следует отнести к локальной. Передается локальная вибрация через часть тела человека [20].

Для локальной вибрации норма нагрузки на человека определяем отсутствием вибрационной болезни, что соответствует критерию "безопасность рабочего места"[20].

Виброскорость и виброускорение являются основными характеристиками вибрации. Нормативные интервалы по частоте значения виброскорости и виброускорения для локальной вибрации составляют: $2,0 \cdot 10^{-2}$ м/с (112 дБ) и $2,0$ м/с² (126 дБ) соответственно.

Характеристика рабочего места – периодическое наблюдение.

Среднегеометрическая частота – 63 Гц;

Среднеквадратичная виброскорость 92 дБ.

В помещении лаборатории уровень шума и вибрации ниже допусаемого. Конкретных мероприятий по устранению шума можно не проводить, так как шум от насоса находится в пределах нормы, если работа насоса исправна и находится при постоянном наблюдения за ним.

Предусмотрен, резиновый коврик размером 600x400x50, что уменьшает или полностью устраняет вибрацию на пол.

8.2.4 Освещение лабораторного помещения

Помещение лаборатории по критериям зрительной работы относится к I группе. I группа включает в себя фиксированное направление линии зрения на рабочую поверхность и относительное различие объектов зрительной группы [21].

Зрительная работа определяется в снятии показаний с приборов КиП, управление ключами, запись на бумаге контролируемых параметров и характеристик.

По характеру зрительной работы выполняемые работы в лаборатории относятся к разряду средней точности IV. Фон в помещении лаборатории светлый, а контраст различения объекта средний, то подразряд зрительной работы «В». Разряд зрительных работ в лаборатории при проведении экспериментов равен IV.

Работы в лаборатории проходят в дневное и вечернее время, следовательно, применяется два вида освещения – естественное и искусственное [22].

Освещение лаборатории в дневное время используют естественное боковое одностороннее освещение, окна ориентированы на восток. Естественное освещение – оконные проемы. При недостаточном естественном освещении используется искусственное освещение.

Реальная площадь световых проемов составляет:

$$S_{sv} = a \cdot b \cdot n, \quad (8.1)$$

$$S_{sv} = 2,4 \cdot 1,9 \cdot 2 = 9,12 \text{ м}^2$$

Расчетное значение коэффициента естественного освещения (КЕО) для помещения лаборатории определяется по формуле: [22]

$$e_N = e_H \cdot m_N, \quad (8.2)$$
$$e_N = 1,5 \cdot 1 = 1,5\%$$

Полученное значение устраивает нормы КЕО 1,5%.

					ВР-НГТУ-17ТМО-000-21 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

Освещение помещения в вечерние часы суток, когда естественное освещение недостаточно или отсутствует, необходимо искусственное освещение. В помещениях лаборатории применяется общая система искусственного освещения. Нормируемая освещенность при системе общего освещения составляет 200 лк.

8.3 Техника безопасности

8.3.1 Электробезопасность

В лабораторной установке применяется переменное напряжение более 220В. Помещение лаборатории определяется, как помещение с повышенной опасностью, из-за имеющихся токопроводящих бетонных полов [23].

Исследуемая установка относится, в отношении мер электробезопасности, к электроустановкам до 1кВ с заземленной нейтралью. Для защиты персонала от поражения электрическим током при повреждении изоляции в лабораторном стенде все металлические части конструкции занулены.

Нейтраль трансформатора на стороне 220В должна быть присоединена к заземлению при помощи заземляющего медного проводника сечением 4 мм².

Сопротивление заземляющего устройства, к которому присоединена нейтраль трансформатора в течение всего времени года должна не более 2, 4 и 8 Ом соответственно при линейных напряжениях 660, 380 и 220 В [24]. Провод зануления должен находиться в свободном доступе для осмотра, а также надежно закреплен болтовыми соединениями с частями лабораторной установки. Место соединения нулевого провода должно быть зачищено до металлического блеска.

Установка находится в сухом и без агрессивных сред помещении, то провод зануления можно прокладывать непосредственно по стене.

В лабораторной установке подвержены вибрации двигатель центробежного насоса и воздуходувка. Материал нулевого провода используется медный провод. Каждая часть, подлежащая занулению, должна быть присоединена к сети зануления при помощи отдельного ответвления. Не допускается последовательное включение в нулевой защитный проводник.

При монтаже в пределах щита лабораторного стенда можно применять защищенные изолированные провода. На проводах коммуникационных аппаратов должно быть ясно прописано положение «включено» и «отключено».

Условия возникновения зарядов статического электричества и оценка опасности его накопления.

Возникновение зарядов статического электричества происходит при разбрызгивании веществ, при интенсивном перемешивании, кристаллизации, испарении веществ внутри оборудования [25, 26].

					ВР-НГТУ-17ТМО-000-21 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		39

Возможность накопления опасного количества статического электричества определяется как интенсивностью возникновения.

Интенсивность возникновения зарядов в техническом оборудовании установки, определяется химическими и физическими свойствами перерабатываемых компанетков и материалов, из которых изготовлено оборудование.

Вещества и материалы, при отсутствии их разбрызгивания или распыления не электризуются. Дополнительных мер защиты не предусмотрено кроме зануления установки, так как в лабораторной установке нет причин для возникновения зарядов статического электричества.

Молниезащита – комплекс защитных устройств и мероприятий, предназначенных для обеспечения безопасности людей, сохранности зданий, сооружений и аппаратов от разрядов молнии. На крыше здания предусмотрены необходимые меры молниезащиты. Помещение лаборатории относится к зоне класса П-Па по взрывоопасности, из этого следует что, в местностях со средней продолжительностью гроз 10ч/год и более относятся ко II категории по молниезащите [26, 27].

Объекты II категории защищают от прямых ударов молний, вторичных проявлений молнии и заноса высокого потенциала. Для защиты зданий от ударов молнии предусмотрены стержневой или тросовой молниеприемник, который имеет не менее двух молниеотводов. Устанавливают непосредственно на сооружении. Сопротивление заземления при молниезащите должно быть не более 10 Ом [27].

8.3.2 Безопасность проведения процесса

Безопасность оборудования лабораторной установки обеспечивается за счет факторов:

- выбор принципа действительный конструктивных схем;
- безопасные элементы конструкции;
- применение в конструкции средств защиты;
- обеспечение эргономических требований;
- выполнение требований безопасности по прописанной в технологической документации по монтажу, эксплуатации, ремонту;
- использование в конструкции соответствующих материалов.

При выборе оборудования нужно соблюдать определенные требования, обеспечивающие важные характеристики, условия надежной и безаварийной эксплуатации. Основным фактором при выборе конструкционных материалов являются коррозионные и технологические свойства материала. Емкостное оборудование, связывающие трубопроводы в лабораторной установке выполнены из коррозионностойких материалов. Материал гидроциклона - полиамид ПА-6.

					ВР-НГТУ-17ТМО-000-21 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		40

На лабораторной установке опасной зоной является площадка обслуживания. Для того чтобы обезопасить эксплуатацию с площадки установки, предусмотрено: перила высотой 1000 мм и дополнительная ограждающая планка на середине высоты перил.

Требования к органам управления лабораторной установки.

Конструкция органов управления исключает непроизвольное или самопроизвольное включения и выключения. Выполненные надписи под кнопками управления наглядно показывают правильную очередность нужных операций [28].

Кнопки управления и переключатели должны быть над уровнем пола на высоте от 0,7 до 1,5 м при обслуживании стоя.

Требования к средствам защиты, входящим в конструкцию производственного оборудования.

Чтобы предотвратить соприкосновение человека с вращающимися частями центробежного насоса, нужно насосный блок снабдить защитным откидным кожухом. Кнопка останова центробежного насоса и воздуходувки окрашена в красный цвет.

Лабораторная установка предназначена, для процесса осветления в гидроциклоне мало концентрированных жидкостей. Установка представляет собой каркасную конструкцию. Емкость снабжена всеми необходимыми штуцерами для ввода и вывода рабочей жидкости. Установлены приборы КИП: температурный датчик, манометр, уровнемер. Среда в аппарате невзрывоопасная.

Способ изготовления установки - сварной. Все части установки съемные, герметизированные в разъемных соединениях, а так же установка обеспечена прокладками из резины, паронита.

8.3.3 Безопасность использованного оборудования

Лабораторная установка имеет вид каркасной конструкции. Установка состоит из гидроциклона и емкости, замкнутого контура, посредством трубопровода.

Последовательность испытания лабораторной установки:

- 1) проверить надежность креплений и работоспособность вентиляей;
- 2) заполнить емкость водой;
- 3) открыть вентиль на контуре трубопровода;
- 4) включить насос;
- 4) проверить работу оборудование, приборов КИП и уплотнения трубопроводов, насоса, а также сварные швы емкости и гидроциклона.

Лабораторную установку и гидроциклон не подлежит регистрации в органах Ростехнадзора.

С точки зрения безопасной эксплуатации лабораторной установки в процессе использования применяется надежное оборудование.

					ВР-НГТУ-17ТМО-000-21 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		41

Указанные выше мероприятия по охране труда обеспечивают безопасные условия работы на лабораторной установке [29].

8.4 Пожарная безопасность

В ходе работы на лабораторной установке не применяются взрывоопасные вещества и материалы. По помещению можно приравнять к категории Д – это зона, находящиеся в помещениях, в которых используются негорючие вещества и материалы в холодном состоянии. Следовательно, электротехническое оборудование применяется в обычном исполнении [30].

Строительный материал наружных и внутренних стен и перекрытий 2 корпуса ДПИ НГТУ – железобетонные плиты и блоки, которые можно определить к негорючим материалам.

Здание учебного заведения с несущими стенами и ограждающими конструкциями из искусственных материалов бетона или железобетона, высотой не более четырех этажей и с аудиториями вместимостью не более 300 человек, должны определяться ко II степени огнестойкости [31].

В таблице 9.3 показаны пределы огнестойкости строительных конструкций зданий [32].

Таблица 8.3 – Пределы огнестойкости строительных конструкций зданий

Степень огнестойкости здания	Предел огнестойкости строительных конструкций, не менее						
	Несущие элементы здания	Наружные не несущие стены	Перекрытия междуэтажные (в т.ч. чердачные и над подвалами)	Элементы бесчердачных покрытий		Лестничные клетки	
				Настилы (в т.ч. с утеплителем)	Фермы, балки, прогоны	Внутренние стены	Марши и площадки и лестниц
II	R90	E15	RE145	RE15	R15	RE190	R60

Для здания II степени огнестойкости и для помещения категории В1 допустимое число этажей 8. Во втором корпусе ДПИ НГТУ 4 этажа. Лаборатория расположена на первом этаже и площадь помещения менее 300 м². Из здания предусмотрен один эвакуационный выход [33].

В помещении применяется автоматическая пожарная сигнализация с выводом на пульт управления на проходную ДПИ НГТУ. Первичные средства тушения пожара, порошковый огнетушитель ОП-1 и песок [34].

8.5 Экологичность работы

Проект является экологичным. Газовые выбросы отсутствуют. Источники, загрязняющие окружающую среду вредными веществами, отсутствуют. Сточная вода поступает в канализацию. Твердые бытовые отходы вывозятся на полигоны ТВО.

8.6 Заключение

В данном разделе были рассмотрены следующие вопросы: вредные и опасные факторы, присущие данной научно-исследовательской лаборатории, санитарно-гигиенические мероприятия, электробезопасность, защита от статического электричества, молниезащита, пожарная безопасность, основные требования безопасности к проектируемому стенду, экологичность проекта, безопасность в условиях чрезвычайных ситуаций.

Разработанные мероприятия позволят снизить риск производственного травматизма, профессиональных и производственно обусловленных заболеваний работающего, возникновения взрывов, пожаров, других аварийных ситуаций, загрязнения окружающей среды, а так же обеспечат устойчивую работу в условиях чрезвычайных ситуаций и ликвидацию их последствий.

					ВР-НГТУ-17ТМО-000-21 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		43

9 ОРГАНИЗАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ

9.1 График выполнения работ

Для организации модернизации лабораторно–исследовательского стенда, монтажа новых элементов конструкции и проведения экспериментов составляется график выполнения всего цикла работ. Продолжительность работ рассчитывается по теории вероятности на основе математической статистики.

Ожидаемое время выполнения работ определяется :

$$t_{ож} = \frac{3a + 2b}{5}, \quad (9.1)$$

где a – минимальная длительность работ, в рабочих днях;

b – максимальная длительность работ, в рабочих днях.

Данные по видам работ и их длительность заносим в таблицу 9.1:

Таблица 9.1 – виды работ и затраты времени

№ п/п	Наименование работы	Исполнитель	Оценка длительности работы, дней.		
			a	b	$t_{ож}$
1	2	3	4	5	6
1	Получение задания	студент	0,1	0,1	0,1
2	Изучение задания	студент	1	2	1,4
3	Литературный обзор	студент	4	9	6
4	Обоснование выбора конструкции	студент	1	2	1,4
5	Проектировочный расчет	студент	5	8	6,2
6	Доработка чертежей	студент	10	15	12
7	Изготовление проектируемых частей установки и закупка стандартных изделий	токарь, фрезеровщик, сварщик, слесарь, студент	8	14	10,4

8	Разработка методики проведения эксперимента	студент, инженер	2	3	2,4
9	Монтаж проектируемых частей на установку	студент, инженер	2	3	2,4
10	Подключение электрооборудования и приборов к схеме	электрик, студент	1	2	1,4
11	Проведение экспериментов	студент, инженер	2	3	2,4
12	Ввод результатов экспериментов в ЭВМ	студент	0,2	0,3	0,24
13	Обработка результатов экспериментов	студент, инженер	0,1	0,2	0,14
14	Оформление графиков	студент	0,1	0,2	0,14
15	Оформление записки	студент	4	6	4,8
16	Утверждение проекта	студент	1	2	1,4
17	Подготовка к защите	студент	2	3	2,4
18	Защита	студент	0,1	0,2	0,14

Определяем резервы времени и критический путь.

Критический путь представляет собой длительность всего комплекса работ.

Для определения длительности работ и резервов времени определяем следующие величины:

1) раннее время свершения события

$$t_{pj} = t_{pi} + t_{ij}, \quad (9.2)$$

где t_{pj} – раннее время свершения j -го события;

t_{pi} – раннее время свершения предшествующего i -го события;

t_{ij} – длительность работы, результатом которой стало j -тое событие.

2) позднее время свершения событий определяется по формуле

$$t_{nj} = t_{nj} - t_{ij}, \quad (9.3)$$

где t_{ni} – позднее время свершения i -го события;

t_{nj} – позднее время свершения последующего j -го события.

3) резерв времени события определяется по формуле

$$R_i = t_{ni} - t_{pi}, \quad (9.4)$$

Расчеты основных параметров сетевого графика заносим в таблицу 9.2, а обозначение событий и график приведена на рисунке 9.1 и 9.2 соответственно.

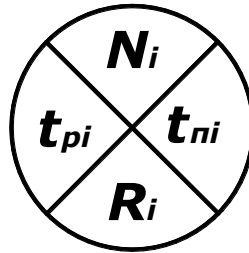


Рисунок 9.1 – Обозначение событий

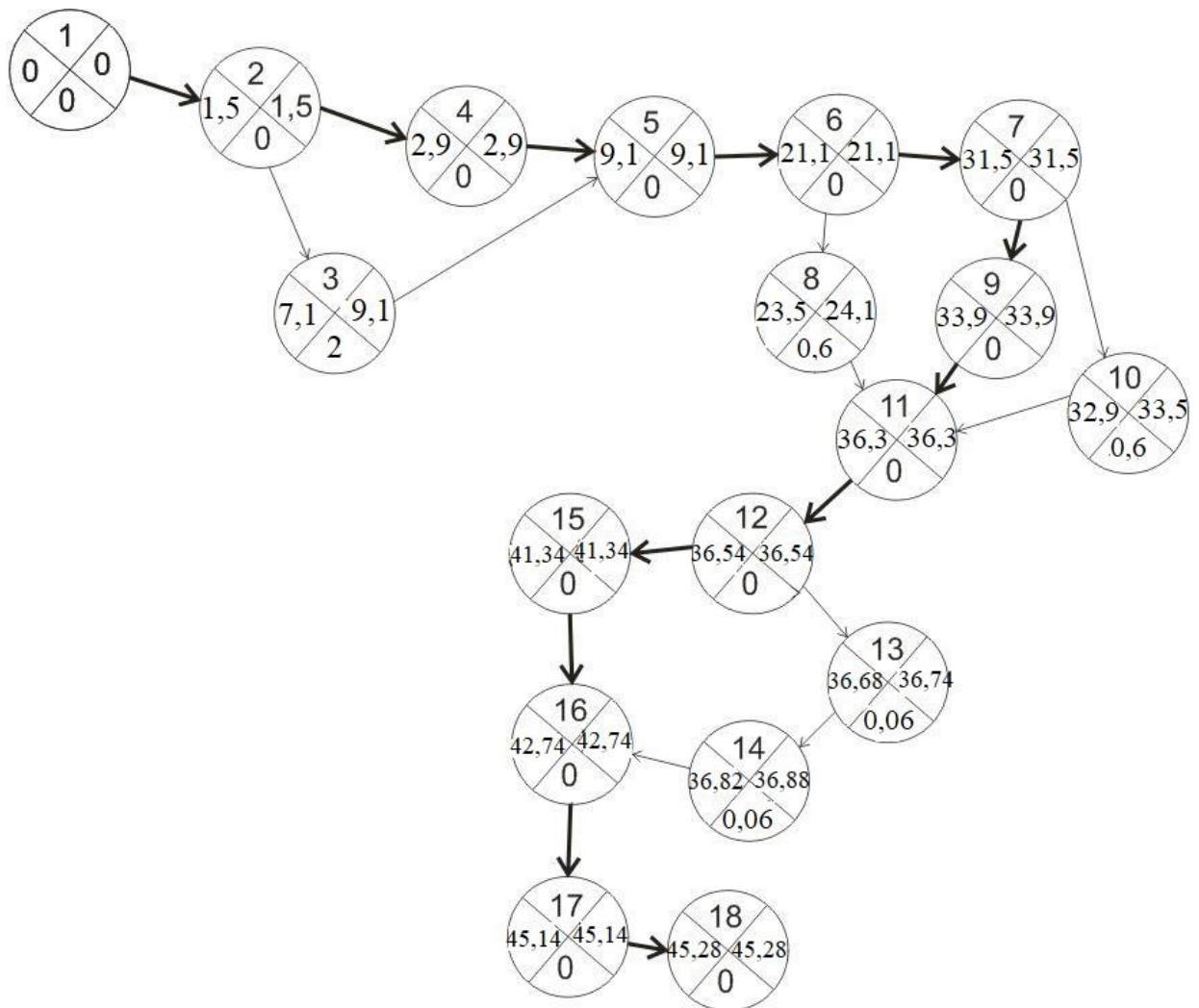


Рисунок 9.2 – Сетевой график

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Таблица 9.2 – время свершения событий

№ п/п	Наименование работы	t _p , дней	t _п , дней	R, дней
1	2	3	4	5
1	Задание получено	0,1	0,1	0
2	Требования задания учтены	1,5	1,5	0
3	Литературный обзор выполнен	7,1	9,1	2
4	Выбор конструкции обоснован	2,9	2,9	0
5	Проектировочный расчет выполнен	9,1	9,1	0
6	Чертежи разработаны	21,1	21,1	0
7	Проектируемые части изготовлены, стандартные изделия закуплены	31,5	31,5	0
8	Методика проведения экспериментов разработана	23,5	24,1	0,6
9	Проектируемые части смонтированы	33,9	33,9	0
10	Электрооборудование и приборы подключены к схеме	32,9	33,5	0,6
11	Эксперименты проведены	36,3	36,3	0
12	Результаты экспериментов введены в ЭВМ	36,54	36,54	0
13	Результаты экспериментов обработаны	36,68	36,74	0,06
14	Графики оформлены	36,82	36,88	0,06

Следовательно, график является напряженным.

9.2 Расчет затрат на исследования

Экономическая часть включает в себя все необходимые расчеты непосредственных финансовых затрат на проектирование, монтаж новых элементов конструкции и эксплуатацию лабораторно–исследовательского стенда и как результат составление сметы затрат.

Затраты складываются из следующих пунктов:

- 1) проектирование новых элементов стенда:
 - затраты на канцелярские принадлежности (в т.ч. цифровые носители информации);
 - стоимость работ исследователей по проектированию новых элементов стенда и отчисления на социальное страхование;
- 2) монтаж новых элементов стенда:
 - стоимость вновь устанавливаемого оборудования;
 - стоимость материалов, узлов и приборов;
 - стоимость транспортных средств (принимается 9% от стоимости вышеперечисленных элементов);
 - стоимость услуг сторонних организаций;
 - затраты, связанные с использованием стенда во время пуска и испытаний;
 - стоимость работ исследователей по испытаниям смонтированной установки и отчисления на социальное страхование;
- 3) проведение исследовательской работы:
 - затраты, связанные с использованием установки во время проведения исследовательской работы;
 - стоимость работ исследователей и отчисления на социальное страхование;
 - прочие расходы.

9.2.1 Расчет затрат на проектирование новых элементов лабораторно–исследовательского стенда

На стадии проектирования реализуются выбор и обоснование конструкции новых элементов лабораторно–исследовательского стенда, выбор вспомогательного оборудования и КИП, составление принципиальной технологической схемы лабораторно–исследовательского стенда, все необходимые расчеты, подтверждающие надежность оборудования. Все это сопровождается созданием соответствующей конструкторской документации, что подразумевает под собой затраты на канцтовары, а также оплату труда по проектированию.

					ВР-НГТУ-17ТМО-000-21 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		49

9.2.1.1 Расчет затрат на канцелярские принадлежности

Статьи по этому разделу приведены в таблице 9.3

Таблица 9.3 – Затраты на канцтовары

Наименование продукции	Сумма, руб.
Бумага	500
Рукописные принадлежности (шариковые ручки, набор карандашей, средства коррекции текста)	200
Носители информации (флеш–диски USB)	500
Итого	1200

9.2.1.2 Расчет основной заработной платы исследователей в период проектирования

Стоимость работ исследователей складывается из:

- заработной платы лаборанта;
- заработной платы преподавателя.

Оклад лаборанта составляет 15000 руб.

Оклад преподавателя 25000 руб.

Длительность работ по проектированию лабораторно–исследовательского стенда составляет:

- у лаборанта 25 рабочих дней;
- у преподавателя 5 рабочих дней.

Таблица 9.4 – данные о заработной плате исследователей

Должность	Месячный оклад, руб.	Зарплата за один рабочий день, руб.
лаборант	15000	600
преподаватель	25000	1000

Зарплата лаборанта за один рабочий день $\frac{15000}{25} = 600$ руб.

Зарплата преподавателя за один рабочий день $\frac{25000}{25} = 1000$ руб.

Таблица 9.5 – затраты на заработную плату в период проектирования

Должность	Затрачено дней	Зарплата, руб/день	Сумма основной зарплаты, руб.
лаборант	25	600	15000
преподаватель	5	1000	5000
Итого:			20000

Сумма основной зарплаты лаборанта $25 \cdot 600 = 15000$ руб.

Сумма основной зарплаты преподавателя $5 \cdot 1000 = 5000$ руб.

Таким образом, сумма основной заработной платы по проектированию лабораторно–исследовательского стенда составляет 20000 руб.

9.2.1.3 Расчет дополнительной заработной платы исследователей в период проектирования

Дополнительная заработная плата составляет 25% от основной заработной платы.

Сумма дополнительной зарплаты лаборанта $15000 \cdot 0,25 = 3750$ руб.

Сумма дополнительной зарплаты преподавателя $5000 \cdot 0,25 = 1250$ руб.

Таким образом, сумма дополнительной заработной платы по проектированию лабораторной установки составляет 5000 руб.

9.2.1.4 Расчет отчислений на социальные нужды

Отчисления на социальные нужды составляют $30\% + (0,2 - 8,5\%$ от основной и дополнительной заработной платы, окончательно принимается 30,2 %.

$0,302 \cdot (20000 + 5000) = 7550$ руб.

Таблица 9.6 – Затраты на установку в период проектирования

№ п/п	Наименование статьи расхода	Сумма
1	Затраты на канцелярские принадлежности	1200
2	Основная з/п сотрудников	20000
3	Дополнительная з/п сотрудников	5000
4	Отчисления на социальные нужды	7550
Итого:		33750

В итоге сумма затрат на проектирование составляет 33750 руб. Можно заключить, что максимальная часть затрат сосредоточена на заработной плате сотрудников.

9.2.2 Расчет затрат на монтаж новых элементов лабораторно-исследовательского стенда

9.2.2.1 Расчет затрат на оборудование

В процессе проектирования новых элементов лабораторно-исследовательского стенда был произведен выбор необходимого оборудования (насосно-компрессорное оборудование, иное вспомогательное оборудование), материалов (материалы основных новых элементов стенда, уплотнительные материалы и герметики, гибкие шланги), узлов и приборов (контрольно-измерительные приборы, пусковые устройства, трубопроводная арматура).

Основной статьей затрат на монтаж новых элементов лабораторно-исследовательского стенда будет являться стоимость этих элементов установки и стоимость транспортных средств, которые сведены в таблицу 9.7.

Таблица 9.7 – стоимость оборудования

№ п/п	Наименование	Количество	Ед. изм.	Цена единицы, руб.	Сумма, руб.
1	2	3	4	5	6
1	Насос	1	шт.	60000	60000
2	Электродвигатель АИР80В2	1	шт.	7500	7500
3	Бочка 127 литров	1	шт.	1200	1200
5	Расходомер Карат–РС Ду 32	1	шт.	26500	26500
6	Измерительный комплекс Эльф–01	1	шт.	7400	7400
7	Термопара	1	шт.	510	510
8	Кнопка включения	2	шт.	250	500
9	Преобразователь частоты	1	шт.	10000	10000
10	Труба пластиковая Ду 25	6	м.	40	240
11	Гибкие шланги	10	м.	50	500
12	Вспомогательные материалы и крепеж			3000	3000
Итого:					117350
14	Транспортные расходы	9%			10562
Итого:					127912

Таблица наглядно демонстрирует, что основная часть от общей предполагаемой суммы затрат на модернизацию лабораторно-исследовательского приходится на оборудование и приборы. Высокой стоимостью по отношению к насосно-компрессорному и другому вспомогательному оборудованию обладают контрольно-измерительные приборы и проектируемые элементы в виду сложности их изготовления.

9.2.2.2 Расчет услуг сторонних организаций

Работы по изготовлению проектируемых частей установки осуществляются с использованием услуг сторонних организаций. Работы по изготовлению крышки, змеевика, вала мешалки и мешалки проводились машиностроительным предприятием. Данные о стоимости услуг сторонних организаций приведены в таблице 10.8.

Таблица 9.8 – стоимость услуг сторонних организаций

Организация	Вид работ	Затрачено дней	Затраты, руб
Машиностроительное предприятие	Изготовление реактора с теплообменной рубашкой, мешалкой, валом и электродвигателем	40	150000
Итого:			150000

Стоимость услуг сторонних организаций составляет 150000 руб.

9.2.2.3 Расчет основной заработной платы исследователей в период испытаний и мотажа стенда

Длительность работ по испытанию лабораторно-исследовательского стенда составляет:

- у лаборанта 8 рабочих дня;
- у преподавателя 5 рабочих дня.

Таблица 9.9 – затраты на заработную плату в период испытаний

Должность	Затрачено дней	Зарплата, руб/день	Сумма основной зарплаты, руб.
лаборант	8	600	4800
преподаватель	5	1000	5000
Итого:			9800

Сумма основной зарплаты лаборанта $8 \cdot 600 = 4800$ руб.

Сумма основной зарплаты преподавателя $5 \cdot 1000 = 5000$ руб.

Сумма основной зарплаты на испытания стенда составит 9800 руб.

9.2.2.4 Расчет дополнительной заработной платы исследователей в период испытаний стенда

Дополнительная заработная плата составляет 25% от основной заработной платы.

Сумма дополнительной зарплаты лаборанта $4800 \cdot 0,25 = 1200$ руб.

Сумма дополнительной зарплаты преподавателя $5000 \cdot 0,25 = 1250$ руб.

Таким образом, сумма дополнительной заработной платы на испытания стенда составляет 2450 руб.

9.2.2.5 Расчет отчислений на социальные нужды

Отчисления на социальные нужды составляют $30\% + (0,2 - 8,5)\%$ от основной и дополнительной заработной платы, окончательно принимается 30,2 %.

Отчисления на социальное страхование составляют 30,2% от основной и дополнительной заработной платы, т.е. $0,302 \cdot (9800 + 2450) = 3699,5$ руб.

9.2.2.6 Расчет затрат, связанных с использованием стенда во время испытаний

Учитывая характер исследовательской работы и тот факт, что лабораторно-исследовательский стенд представляет собой гидроциклонный аппарат с участком предварительной подготовки модельной среды, стоит отметить, что расчет затрат, связанных с использованием установки, сводится к расчету затрат на электроэнергию и на расход воды (теплоноситель, модельная среда).

Таблица 9.10 – затраты на электроэнергию и воду в период испытаний

Устройство	Мощность, кВт.	Цена, руб/квт·ч	Потребление теплоносителя (вода), м3/ч	Цена, за ед теплоносителя, руб/м3	Время работы, ч.	Сумма, руб.
Насос	5,3	7,0	-	-	12	445,2
Перемешивающее устройство	2,00	7,0	-	-	12	168
Гидроциклон	-	-	3,4	30	1	102
Змеевик	-	-	1,70	30	3,5	178,5
Рубашка реактора	-	-	3,00	30	12	1080
Итого:						1973,7 руб

Затраты на электроэнергию и потребление воды составят (за 2 дня):

- для насоса: $5,3 \cdot 7,0 \cdot 12 = 445,2$ руб.;
- для перемешивающего устройства : $2 \cdot 7,0 \cdot 12 = 168$ руб.;
- для гидроциклона: $3,4 \cdot 30 \cdot 1 = 102$ руб.;
- для змеевика: $1,7 \cdot 30 \cdot 3,5 = 178,5$ руб.;
- ля рубашки реактора: $3,00 \cdot 30 \cdot 12 = 1080$ руб..

Таким образом, затраты на электроэнергию и воду во время испытаний стенда составили 1973,7 руб.

Таблица 9.11 – расчет затрат на стенд в период монтажа

№ п/п	Наименование статьи расхода	Сумма
1	Затраты на оборудование	127912
2	Затраты на услуги сторонних организаций	150000
3	Основная з/п сотрудников	9800
4	Дополнительная з/п сотрудников	2450

5	Отчисления на социальные нужды	3699,5
6	Затраты на испытание стенда	1973,7
Итого:		295835,2

В итоге сумма всех затрат на монтаж составит 295835,2 руб.
Наибольшие затраты приходятся на покупку оборудования.

9.2.3 Расчет затрат на проведение исследовательской работы

9.2.3.1 Расчет основной заработной платы исследователей в период исследования

Длительность работ на лабораторно-исследовательском стенде составляет:

- у лаборанта 3 рабочих дня;
- у преподавателя 2 рабочих дня.

Таблица 9.12 – затраты на заработную плату в период проведения исследований

Должность	Затрачено дней	Зарплата, руб/день	Сумма основной зарплаты, руб.
лаборант	3	600	1800
преподаватель	2	1000	2000
Итого:			3800

Сумма основной зарплаты лаборанта $3 \cdot 600 = 1800$ руб.

Сумма основной зарплаты преподавателя $2 \cdot 1000 = 2000$ руб.

Таким образом, сумма основной заработной платы составляет 3800 руб.

9.2.3.2 Расчет дополнительной заработной платы исследователей

Сумма дополнительной зарплаты лаборанта $1800 \cdot 0,25 = 450$ руб.

Сумма дополнительной зарплаты преподавателя $2000 \cdot 0,25 = 500$ руб.

Таким образом, сумма дополнительной заработной платы составляет 950 руб.

					ВР-НГТУ-17ТМО-000-21 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

9.2.3.3 Расчет отчислений на социальные нужды

Отчисления на социальные нужды составляют $30\% + (0.2 - 8.5)\%$ от основной и дополнительной заработной платы, окончательно принимается 30,2 %.

$$0,302 \cdot (3800 + 950) = 1434,5 \text{ руб.}$$

9.2.3.4 Расчет затрат, связанных с использованием стенда в период исследований

Таблица 9.13 – затраты на электроэнергию и теплоноситель (вода)

Устройство	Мощность, кВт.	Цена, руб/квт·ч	Потребление теплоносителя (вода), м3/ч	Цена, за ед теплоносителя, руб/м3	Время работы, ч.	Сумма, руб.
1	2	3	4	5	6	7
Насос	5,3	7,0	-	-	12	445,2
Перемешивающее устройство	2,00	7,0	-	-	12	168
Гидроциклон	-	-	3,4	30	1	102
Змеевик	-	-	1,70	30	3,5	178,5
Рубашка реактора	-	-	3,00	30	12	1080

Итого: 1973,7 руб

Затраты на электроэнергию и потребление воды составят (за 2 дня):

- для насоса: $5,3 \cdot 7,0 \cdot 12 = 445,2$ руб.;
- для перемешивающего устройства : $2 \cdot 7,0 \cdot 12 = 168$ руб.;
- для гидроциклона: $3,4 \cdot 30 \cdot 1 = 102$ руб.;
- для змеевика: $1,7 \cdot 30 \cdot 3,5 = 178,5$ руб.;
- для рубашки реактора: $3,00 \cdot 30 \cdot 12 = 1080$ руб..

9.2.3.5 Прочие расходы

Во время проведения исследований возникает необходимость использования дополнительных средств и материалов (крепежные детали, материалы уплотнения и герметизации). Эти расходы составляют 2% от общей заработной платы исследователей, т.е. $0,02 \cdot (3800 + 950) = 95$ руб.

Таблица 9.14 – расчет затрат на стенд в период проведения исследований

№ п/п	Наименование статьи расхода	Сумма
1	2	3
1	Основная з/п сотрудников	3800
2	Дополнительная з/п сотрудников	950
3	Отчисления на социальные нужды	1434,5
4	Затраты на электроэнергию при использовании стенда	613,2
5	Затраты на воду при использовании стенда	1360,5
6	Прочие затраты	95
Итого:		8163,2

Сумма затрат на проведение исследований составит 8163,2 руб.

9.2.4 Составление сметы затрат на лабораторно–исследовательский стенд

Таблица 9.15 – смета затрат на лабораторную установку

№ п/п	Наименование статьи расхода	Сумма
1	Затраты на проектирование экспериментальной установки	33750

2	Затраты на монтаж и испытании экспериментальной установки	295835,2
3	Затраты на проведение исследований	8163,2
Итого:		337748,4

Таким образом затраты на модернизацию лабораторно-исследовательского стенда и проведение научно-исследовательских работ составили 337748,4 руб.

Выводы по разделу

В процессе выполнения работы составлен сетевой график, смета затрат, рассчитаны нормативы на выполнение работ. Наибольшую долю расходов (около 82%) составляют расходы на закупку и изготовление оборудования. Следовательно, для уменьшения себестоимости проекта целесообразно уменьшить именно эти расходы, но их уменьшение не возможно в силу технических особенностей используемого оборудования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была произведена разработка лабораторного стенда «Гидроциклон». Конструкция лабораторного стенда отвечает требованиям безопасности, удобна для монтажа, ремонта и эксплуатации.

Разрабатываемая конструкция была рассчитана, а также был выполнен сетевой график. Полученная конструкция дешевле аналогов, имеющихся на рынке. Она экологична и безопасна в использовании.

					ВР-НГТУ-17ТМО-000-21 ПЗ	<i>Лист</i>
						61
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

СПИСОК ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Башаров, М.М. Устройство и расчет гидроциклонов. Учебное пособие / Под ред. А.Г. Лаптева. — Казань: Вестфалика, 2012. — 92 с.
2. Ульянов В. М. Технологические расчеты машин и аппаратов химических и нефтеперерабатывающих производств. Примеры и задачи: учеб. пособие / В.М. Ульянов, А.А. Сидягин, В.А. Диков; под ред. В. М. Ульянова; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. — Н. Новгород, 2015. — 633 с.
3. Терновский, И.Г. Гидроциклонирование / И.Г. Терновский, А.И. Кутепов. — М.: Наука, 1994. — 350 с.
4. Машины и аппараты химических производств: лабораторный практикум / А.И. Пронин [и др.]; под ред. В.М. Ульянова. — Н.Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т, 2007. — 196 с.
5. Тимонин, А.С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования. Справочник. Т1 / А.С. Тимонин — 2-е изд. — Калуга: Издательство Н. Бочкаревой. — 2002.
6. Ульянов, В.М. Физико-химические характеристики веществ. Справочник проектировщика химического оборудования: учебное справочное пособие / В.М. Ульянов. — Н. Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р. Е. Алексеева, 2009. — 309 с.
7. ГОСТ 34233.1 – 2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
8. ГОСТ 34233.4 – 2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений.
9. Центробежные химические насосы унифицированного ряда с проточной частью из металла. Каталог. — М.: ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1988.
10. Батищев А.Н., Чижикова Т.В., Голубев И.Г., Спицын И.А., Юдин В.М. Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования перерабатывающих отраслей АПК / Справочник. — М.: Информагротех, 1997. — 288 с.
11. Система технического обслуживания и ремонта оборудования предприятий химической промышленности. — М.: Химия, 1986. — 352 с.
12. Лазинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник. — Л.: Машиностроение, 1981.—382 с.
13. Изучение работы гидроциклона: Метод. Указания к лаб. работе по дисциплинам «Технологические машины и оборудование» и «Технологическое оборудование» для студентов спец. 170500 и 170600 всех форм обучения / НГТУ; Сост.: А.А. Иванов, А.И. Пронин, В.А. Диков, Н.А. Кудрявцев. Н Новгород, 2001. 16 с.

					ВР-НГТУ-17ТМО-000-21 ПЗ	<i>Лист</i>
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

- 14.ГОСТ 12.1.007 – 2008 Система безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
- 15.Лазарев, Н.В. Вредные химические вещества. В 3 т. / Н.В. Лазарев – Л.: Химия, 1976.
- 16.Правила обеспечения работников специальной одеждой. Специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты, утв. Постановлением Минтруда РФ от 18 декабря 1998 г. №51.
- 17.Эльтерман, В.М. Вентиляция химических производств / В.М. Эльтерман. – М.: Химия, 1971
- 18.СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – М.: ГП ЦПП, 2004. – 84 с.
- 19.ГОСТ 12.1. 003-2014. Шум. Общие требования безопасности.
- 20 ГОСТ 12.1. 012-2004. Вибрационная безопасность. Общие требования.
21. СНиП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение.
22. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
23. ПУЭ. Правила устройства электроустановок. Изд. 7.
24. ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
25. Статическое электричество в химической промышленности /Под ред. Б.И. Сажина. – Л.: Химия, 1977.
26. Правила защиты от статического электричества в производстве химической, нефтяной и нефтеперерабатывающей промышленности. – М.: Химия, 1973.
- 27 СО 153-34.21.122-2003. Инструкции по проектированию и устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций.
- 28 ГОСТ 12.02.003-2001 «Оборудование производственное. Общие требования безопасности».
29. СП 2.2.21327-03 Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту
30. Федеральный закон Российской Федерации от 22.07.2008. № 123-ФЗ. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.
31. Свод правил СП 2.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты.
- 32 ГОСТ 30852.0-2002. Электрооборудование взрывозащищенное.
33. Пожарная опасность веществ и материалов, применяемых в химической промышленности: справ. / Под ред. И.В. Рябова. – М.: Химия, 1970.

					ВР-НГТУ-17ТМО-000-21 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		63

34. Пожаро-, взрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справ. В 2 т./ Под ред. А.Н. Баратова, А.Я. Корольченко. – М.: Химия 1990.

					<i>ВР-НГТУ-17ТМО-000-21 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		64

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Описание чертежей

					<i>ВР-НГТУ-17ТМО-000-21 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Спецификации

					ВР-НГТУ-17ТМО-000-21 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

ПРИЛОЖЕНИЕ В. Расчет в программе ПАССАТ

					ВР-НГТУ-17ТМО-000-21 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		