

## Содержание

<b>Введение</b>	3
<b>1 Литературно-патентный обзор</b>	3
1.1 Машино – аппаратная схема производства сухого молока	4
1.2 Анализ и синтез технологического потока	6
1.2.1 Спецификация ведущего оборудования линии	6
1.2.2 Операторная модель технологической линии производства сухого молока	7
1.2.3 Схема формы технологического потока линии	8
1.2.4 Схема строения технологического потока	8
1.3 Литературный обзор	8
1.4 Патентный обзор	11
<b>2 Описание пылеуловителя с центральным подводом орошения</b>	33
<b>3 Расчеты, подтверждающие работоспособность пылеуловителя с центральным подводом орошения</b>	35
3.1 Технологический расчет	35
3.2 Расчет фланцевых соединений аппарата	36
3.3 Расчет сварного таврового соединения стоек аппарата	37
3.4 Расчет корпуса	36
3.5 Прочностной расчет вала насоса на ЭВМ	37
3.6 Прочностной расчет подшипника на ЭВМ	42
3.7 Прочностной расчет шпонки на ЭВМ	48
<b>4 Монтажный проект</b>	51
4.1 Расчет фундаментной площадки	52
4.2 Расчет крепления оборудования	54
4.3 Сетевой график монтажа оборудования	56
4.4 План размещения оборудования в цехе	58
<b>Заключение</b>	60
<b>Список использованной литературы</b>	61

					<i>ОГС 00.00.000 ПЗ</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Проект Пылеуловителя с центральным подводом орошения в линии производства сухого молока	Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Серебрянников					2	62	
Провер.	Рензязев					КемТИПП(у) МФ гр. ПМ-121		
Реценз.								
Н. Контр.								
Утверд.								

## ВВЕДЕНИЕ

Молочная промышленность является одним из самых крупных сегментов российской экономики. Ее особая роль определяется значимостью этой группы продуктов как важного источника белков животного происхождения в рационе питания человека.

В настоящее время в молочной промышленности наметились существенные положительные тенденции. Экономические показатели отрасли свидетельствуют об устойчивом росте производства. Для многих предприятий молочной промышленности уже не стоит остро проблема выживания. В первую очередь это относится к предприятиям-лидерам. Основное направление развития сегодня – не только наращивание объемов производства, а формирование конкурентных преимуществ, причем более глубоко порядка и на этой основе достижение нового качества экономического роста. [1]

Перед предприятиями молочной промышленности стоит задача детального анализа механизма формирования конкурентных преимуществ, выбора и реализации эффективных стратегий экономического поведения. Возрастает научная и практическая востребованность более глубокого исследования проблем межотраслевой сбалансированности переработки и сырьевой базы, учета риска при обосновании конкурентных стратегий, роли инновационных факторов их формирования.

Несмотря на множество публикаций по проблеме, ряд ее сторон относится к малоизученным, неразработанным в полной мере. Это, прежде всего региональные, отраслевые, институциональные, внешнеэкономические аспекты проблемы, проблема оценки и перспектив формирования конкурентных преимуществ в условиях развивающегося рынка и др. [2]

Особое значение приобретают эти вопросы применительно к рынку продукции молочной промышленности, для которого острая конкурентная борьба является характерными чертами.

Сухое молоко — представляет собой растворимый порошок, получаемый высушиванием нормализованного пастеризованного коровьего молока. Обычно разводится в тёплой воде и употребляется в качестве напитка, при этом сохраняет многие полезные свойства свежего пастеризованного молока. Имеет широкое применение в кулинарии. Входит в состав многих видов детских молочных смесей. [29]

Изготовление сухого молока обусловлено более длительным сроком хранения данного продукта по сравнению с обычным молоком. Существует также быстрорастворимое сухое молоко. [2]

					ОГС 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

# 1. ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР

## 1.1 Машино – аппаратная схема и технология производства сухого молока

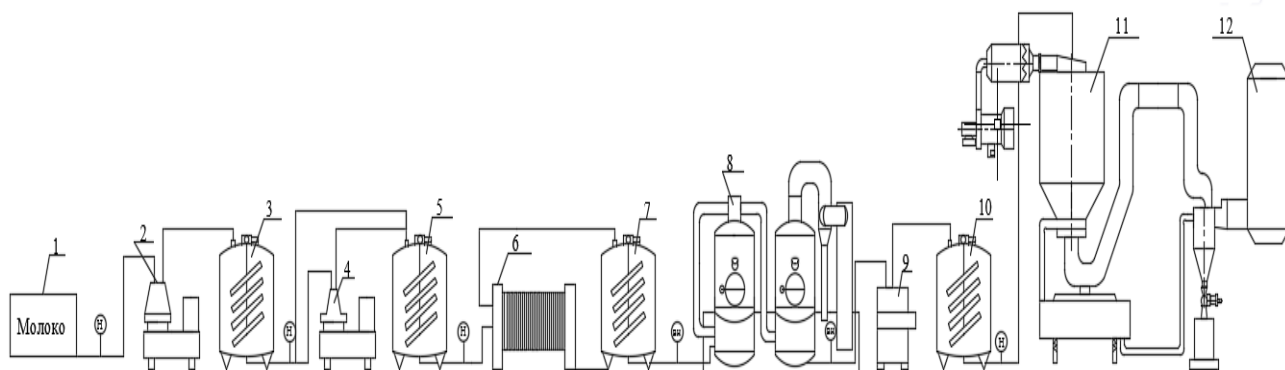


Рисунок 1 – Машино – аппаратная схема производства сухого молока

Машинно-аппаратурная схема процесса представлена на рисунке 1. Исходное сырье поступает в танк 1 происходит очистка молока. В процессе взвешивания для удаления механических примесей молоко фильтруют, а затем направляют на дальнейшую очистку. Для очистки применяют фильтры разных систем, где в качестве рабочих элементов используют ватные диски, марлю, синтетические материалы, металлические сетки и др.[2] С помощью центробежного насоса сырье направляется в сепаратор молокоочистительный 2 в которых механические примеси удаляются под действием центробежной силы. Центробежная очистка в них осуществляется за счет разницы между плотностями частиц плазмы молока и посторонних примесей. Посторонние примеси, обладая большей плотностью, чем плазма молока, отбрасываются к стенке барабана и оседают на ней в виде слизи. Традиционно в технологических линиях центробежная очистка молока осуществляется при 35–40С, так как в этих условиях происходит более эффективное осаждение механических загрязнений вследствие увеличения скорости движения частиц.[2] Поступает в емкость 3 устанавливают плотность кислотность и другие характеристики молока. С помощью центробежного насоса молоко поступает на сепарирование 4 происходит разделение молока на две фракции различной плотности: высокожирную (сливки) и низкожирную (обезжиренное молоко). Процесс сепарирования осуществляется под действием центробежной силы в барабане сепаратора. Оптимальной температурой сепарирования является 35–45°С. Нагревание молока до этой температуры обеспечивает хорошее обезжиривание.[2] Нормализованное молоко поступает в танк 5 и потом с помощью цен-

тробежного насоса сырье идет на пастеризацию 6 происходит тепловая обработка молока с целью уничтожения вегетативных форм микрофлоры, в том числе патогенных.

Режим пастеризации должен обеспечить также получение заданных свойств готового продукта, в частности органолептических показателей (придать вкус, нужную вязкость, плотность сгустка).[2] В танке 7 молоко охлаждают и подготавливают для следующего процесса. С помощью центробежного насоса сырье поступает в вакуумно – выпарную установку происходит процесс сгущения продукта т.е. концентрирование сухих веществ молока или его смеси с компонентами путем выпаривания влаги в вакуум-выпарных установках при давлении ниже атмосферного. Применение вакуума позволяет снизить температуру кипения молока и в наибольшей степени сохранить его свойства. Для сгущения молока используют многокорпусные вакуум-выпарные установки, работающие по принципу падающей пленки, или циркуляционные установки. При непрерывно-поточном способе проводится непрерывное выпаривание.

Смесь, частично сгущаясь в первом корпусе, последовательно проходит остальные корпуса, где выпаривается до конечной концентрации сухих веществ, поступает в емкость для продукта и на охлаждение. По сравнению с периодическим способом при непрерывно-поточном снижаются затраты времени в 1,36 раза на обработку 1 т молока, расход пара в 1,55 раза и воды в 1,46 раза. Кроме того, непрерывно-поточный способ позволяет автоматизировать технологический процесс. При выпаривании основными параметрами процесса являются температура, продолжительность воздействия и кратность концентрирования. Температура выпаривания в зависимости от числа корпусов установки и содержания сухих веществ в смеси изменяется от 45°С до 82°С. В вакуум-выпарной установке «Виганд» продолжительность выпаривания составляет от 3 минут до 15 минут. При сгущении состав молочных консервов можно определить в соответствии с кратностью концентрирования (или сгущения).[2]

Кратность концентрирования показывает, во сколько раз увеличиваются массовые доли сухого остатка и его составных частей или во сколько раз уменьшается масса сгущенного продукта по сравнению с массой исходного сырья.[2] Частично сгущенное молоко поступает в гомогенизатор 9 происходит раздробление (диспергирование) жировых шариков путем воздействия на молоко значительных внешних усилий. Интенсивность процесса гомогенизации возрастает с повышением температуры, так как при этом жир переходит полностью в жидкое состояние и уменьшается вязкость продукта. При повышении температуры снижается также отстаивание жира. При температурах ниже 50°С отстаивание жира усиливается, что приводит к ухудшению качества продукта. Наиболее предпочтительной считается температура гомогенизации 60–65°С. При чрезмерно высоких температурах сывороточные белки в гомогенизаторе могут осаждаться.

					ОГС 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

С повышением давления усиливается механическое воздействие на продукт, возрастает дисперсность жира, а средний диаметр жировых шариков уменьшается. При давлении 15МПа средний диаметр жировых шариков составляет 1,43мкм, а эффективность гомогенизации 74%. С повышением содержания жира и сухих веществ в продукте следует применять более низкое давление гомогенизации, что обусловлено необходимостью снижения энергетических затрат.

Необходимость гомогенизации сгущенного молока обусловлена тем, что при механической, тепловой обработке и сгущении происходит дестабилизация жировой фракции молока (выделение свободного жира), способствующая окислению жира и порче продукта при хранении. Поэтому для повышения стабильности и снижения содержания свободного жира молоко гомогенизируют. Гомогенизацию осуществляют при температуре 50-60°C и давлении 10-15 МПа для одноступенчатого гомогенизатора.

После гомогенизации сгущенное молоко поступает в промежуточную емкость 10 и затем на сушку 11. В сухом обезжиренном молоке массовая доля жира составляет не более 1,5% и влаги не более 4-7%. Исходя из состава сухого молока можно заключить, что оно не является абсолютно сухим, в нем содержится так называемая неудаляемая влага. [2]

## 1.2 Анализ и синтез технологического потока

### 1.2.1 Спецификация ведущего оборудования линии

Спецификация ведущего оборудования линии производства сухого молока представлена в таблице 1.1

Таблица 1 - Спецификация ведущего оборудования линии производства йогурта с фруктовыми добавками

Наименование	Производительность (м <sup>3</sup> /ч)	Емкость (м <sup>3</sup> )	Установленная мощность (кВт)	Габариты (мм)	Класс оборудования
1	2	3	4	5	6
Сепаратор очиститель	6	-	18	1500-800-1550	II
Сепаратор осветлитель	5	-	15	1320-740-1350	II
Пастеризатор	10	-	-	-	II
Вакуумно-выпарной аппарат	2	-	-	5250-4755-4590	II
Гомогенизатор	1,2	-	11	970-860-1400	II
Сушильная	5	10	-	-	II

					ОГС 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

установка					
Центробежный скруббер	5	-	1,5	1800-1800-4200	II

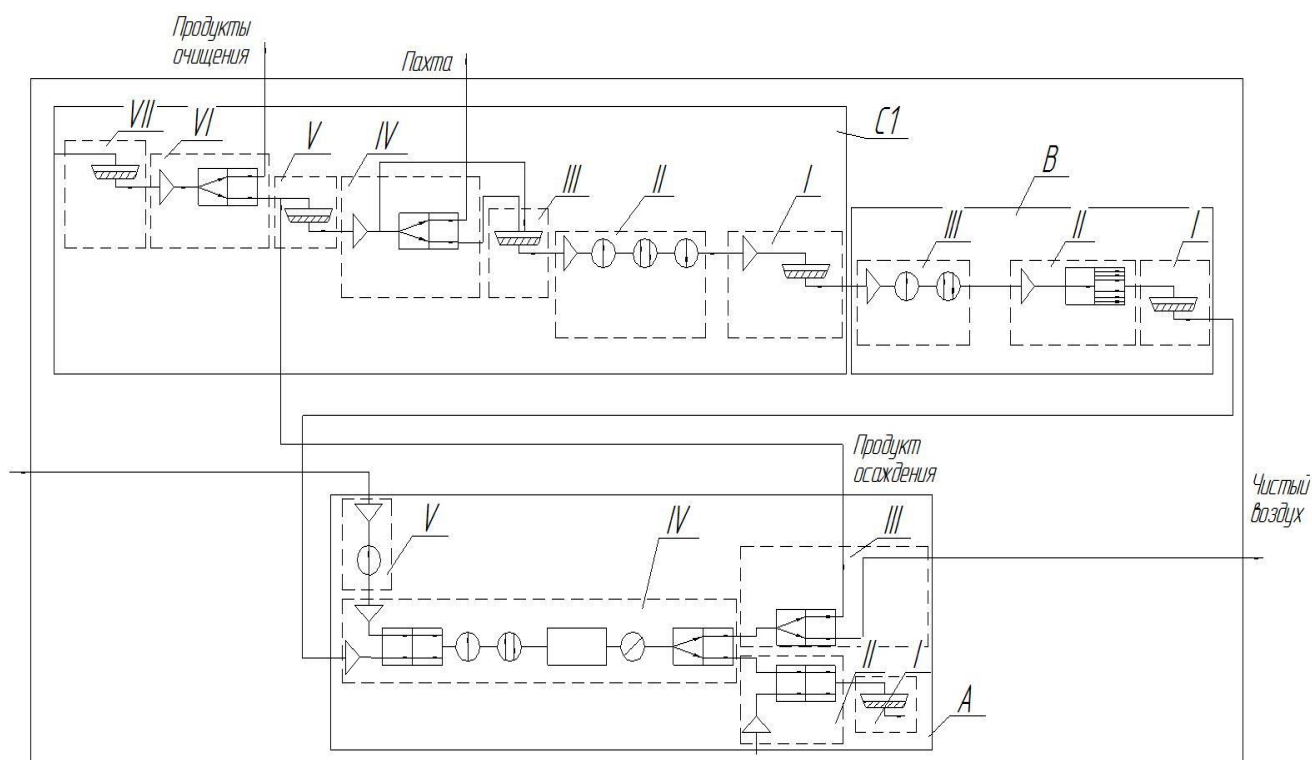
### 1.2.2 Операторная модель технологической линии производства сухого молока

На рисунке 1.5 приведена операторная модель технологической линии производства сухого молока. Для операторной модели приведены следующие обозначения:

А - подсистема образования продукта, соответствующего стандарту, имеющая операторы: I - хранения готовой продукции, II - упаковки продукции, III - очистие, IV - сушка молока, V - горячий воздух;

В - подсистема образования продукта с заданными показателями качества, имеющая операторы: I - временное хранение, II - выпаривание, III- пастеризация;

С1 - подсистема образования промежуточного продукта с заданными показателями качества, имеющая операторы: I - временного хранения промежуточного продукта, II - тепловой обработки и охлаждения промежуточного продукта, III - временное хранение и нормализация, IV - сепарирование осветление, V - временного хранения промежуточного продукта, VI - сепарирование очистие, VII - временного хранения промежуточного продукта.



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ОГС 00.00.000 ПЗ

Лист

7

## Рисунок 2 - Операторная модель технологической линии производства йогурта с фруктовыми добавками

### 1.2.3 Схема формы технологического потока линии

Технологический поток линии производства сухого молока является неразветвленным. Схема формы потока представлена на рисунке 3



Рисунок 3 - Схема формы потока

### 1.2.4 Схема строения технологического потока

Технологический поток линии производства сухого молока является с полужесткой связью, так как имеет гибкую связь лишь внутри определенной группы операций, а между группами связь жесткая.

Основные технологические стадии производства: 1 - подготовка сырья, 2 - пастеризация, 3 - выпаривание, 4 - гомогенизация, 5 - сушка, 6 - упаковывание.

Схема строения технологического потока линии представлена на рисунке 4

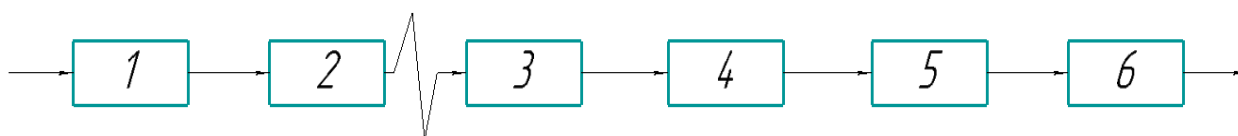


Рисунок 4 - Схема строения технологического потока линии

## 1.3 Литературный обзор:

Газопромыватели. В полых газопромывателях газопылевой поток пропускают через завесу распыляемой жидкости. При этом частицы пыли захватываются каплями промывной жидкости и осаждаются в промывателе, а очищенные газы удаляются из аппарата.

						ОГС 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			8

Наиболее распространенным аппаратом этого класса является полый форсуночный скруббер (рис. 5.5). Он широко используется как для очистки газов от достаточно крупных частиц пыли, так и для охлаждения газов, выполняя в различных системах пылеулавливания роль аппарата, обеспечивающего подготовку (кондиционирование) газов.

Аппарат представляет собой колонну круглого или прямоугольного сечения, в которой осуществляется контакт между очищаемыми газами и каплями жидкости, распыливаемой форсунками. По направлению движения газов и жидкости полые скрубберы делятся на противоточные, прямоточные и с поперечным подводом жидкости.

В наиболее распространенном противоточном скруббере капли из форсунок падают навстречу запыленному потоку газов; они должны быть достаточно крупными, чтобы их не унес пылегазовый поток.

В газопромывателях обычно устанавливают центробежные форсунки грубого распыла, работающие под давлением от 0,3 до 0,4 МПа и создающие капли требуемого размера. Применение таких форсунок позволяет работать на оборотной воде, содержащей взвеси.

Мокрый пылеуловитель ударно-инерционного действия (Рисунок 5)

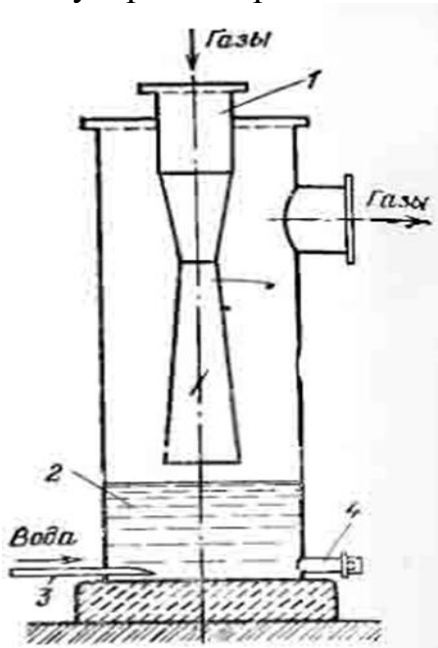


Рисунок 5 - Мокрый пылеуловитель ударно-инерционного действия  
1 - входной патрубок; 2 - резервуар с жидкостью; 3 - смывное сопло; 4 - труба для удаления шлама.

Это аппарат непрерывного действия с внутренней циркуляцией жидкости и периодической разгрузкой уловленных продуктов в виде шлама или растворов, что позволяет эксплуатировать аппарат с очень низким удельным орошением. [3]



## Скруббер Дойля. (Рисунок 6)

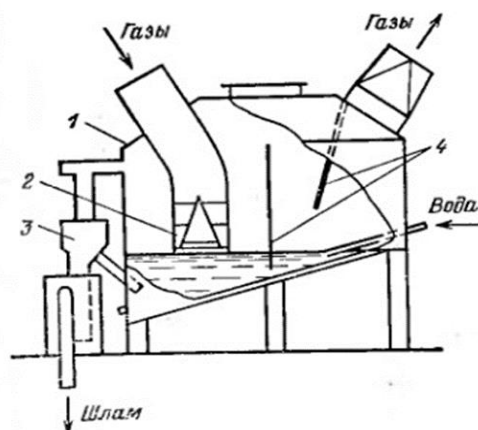


Рисунок 6 – Скруббер Дойля

1 - корпус; 2 - сопло-ускоритель; 3 - сливное устройство; 4 - брызгоотбойник.

Скруббер Дойля. В аппарате газовый поток поступает через трубы, в нижней части которых установлены конусы, увеличивающие скорость газов в свободном сечении трубы. Скорость газов непосредственно в щели на выходе из трубы составляет 35-55 м/а, и газовый поток с достаточно высокой скоростью ударяется о поверхность жидкости, создавая завесу из капель. Уровень жидкости в скруббере (в статическом состоянии) на 2-3 мм ниже кромки трубы. Гидравлическое сопротивление газопромывателя в зависимости от скорости истечения и  $h$  составляет 500-4000 Па. [9]

					ОГС 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

## Ротоклон типа N (Рисунок 7)

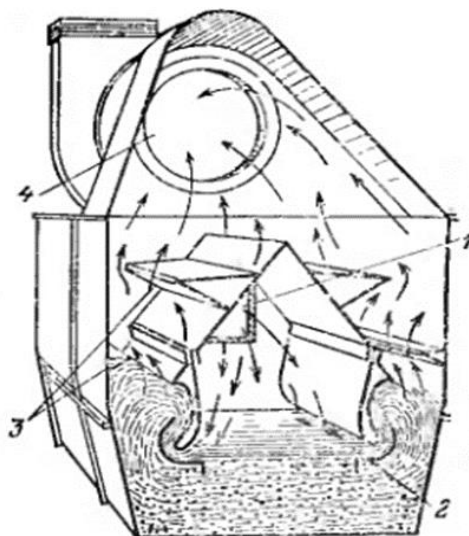


Рисунок 7 – Ротоклон типа N

1 - устройство для подвода газов; 2 - направляющие лопатки; 3 - каплеотбойник; 4 - устройство для вывода газов.

В аппарате установлены один или несколько изогнутых щелевых каналов, нижняя часть которых затоплена жидкостью. Газовый поток, ударяясь о поверхность жидкости, захватывает часть жидкости и заставляет ее двигаться вдоль нижней направляющей канала. Затем жидкость отбрасывается к верхней направляющей и при выходе из щели падает в виде сплошной водяной завесы. Для предотвращения уноса капель газы после канала проходят через систему каплеотбойных устройств. Скорость газов в канале обычно не превышает 15 м/с. [3]

### 1.4 Патентный обзор:

Патент № 2084834 [10]

Автор(ы): Кочетов Олег Савельевич, Кочетова Мария Олеговна, Ходакова Татьяна Дмитриевна, Шестернинов Александр Владимирович, Стареев Михаил Евгеньевич, Львов Геннадий Васильевич, Куличенко Александр Владимирович

Патентообладатель(и): Кочетов Олег Савельевич

Приоритеты: подача заявки: 2005-03-21 публикация патента: 10.11.2006

Изобретение относится к технике мокрого пылеулавливания и может применяться в химической, текстильной, пищевой, легкой и других отраслях промышленности для очистки запыленных газов. Центробежный скруббер

										Лист
										11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ОГС 00.00.000 ПЗ

содержит корпус, патрубок для ввода запыленного газа с вращающейся заслонкой, патрубок для выхода очищенного газа с лопатками для выравнивания потока, оросительное устройство с подводом жидкости через нижнюю трубу и шламосборник. Оросительное устройство выполнено в виде полой, закрытой с одной стороны, цилиндрической камеры, имеющей тангенциальный продольный паз для выхода жидкости, причем направление крутки потока газа от тангенциального ввода противоположно направлению крутки распыленной жидкости из оросительного устройства. Технический результат - повышение эффективности и надежности процесса пылеулавливания. 1 ил.

Изобретение относится к технике мокрого пылеулавливания и может применяться в химической, текстильной, пищевой, легкой и других отраслях промышленности для очистки запыленных газов.

Наиболее близким техническим решением к заявляемому объекту является газопромыватель, известный из книги А.А.Русанова. Справочник по пыле- и золоулавливанию. М., Энергоатомиздат, 1983, стр.113, рис.4.37 (прототип), центробежный скруббер, содержащий корпус, патрубок для ввода запыленного газа с вращающейся заслонкой, патрубок для выхода очищенного газа с лопатками для выравнивания потока, оросительное устройство и шламосборник.

Недостатком прототипа является сравнительно невысокая эффективность процесса пылеулавливания.

Технический результат - повышение эффективности и надежности процесса пылеулавливания.

Это достигается тем, что в центробежном скруббере, содержащем корпус, патрубок для ввода запыленного газа с вращающейся заслонкой, патрубок для выхода очищенного газа с лопатками для выравнивания потока, оросительное устройство и шламосборник, оросительное устройство выполнено в виде полой, закрытой с одной стороны, цилиндрической камеры, имеющей тангенциальный продольный паз для выхода жидкости, причем направление крутки потока газа от тангенциального ввода противоположно направлению крутки распыленной жидкости из оросительного устройства.

На чертеже изображен общий вид центробежного скруббера.

Центробежный скруббер содержит корпус 1, патрубок 2 для ввода запыленного газа с вращающейся заслонкой 4, патрубок 3 для выхода очищенного газа с лопатками для выравнивания потока, оросительное устройство 7 и шламосборник. Вращающаяся заслонка 4 установлена на дополнительной пластине 5, обеспечивающей тангенциальный подвод через канал 6. Оросительное устройство выполнено в виде полой, закрытой с одной стороны, цилиндрической камеры 7, имеющей тангенциальный продольный паз 6 для выхода жидкости, причем направление крутки потока газа от тангенциального ввода противоположно направлению крутки распыленной жидкости из оросительного устройства. Подвод жидкости осуществляется через трубу 9.

Центробежный скруббер работает следующим образом.

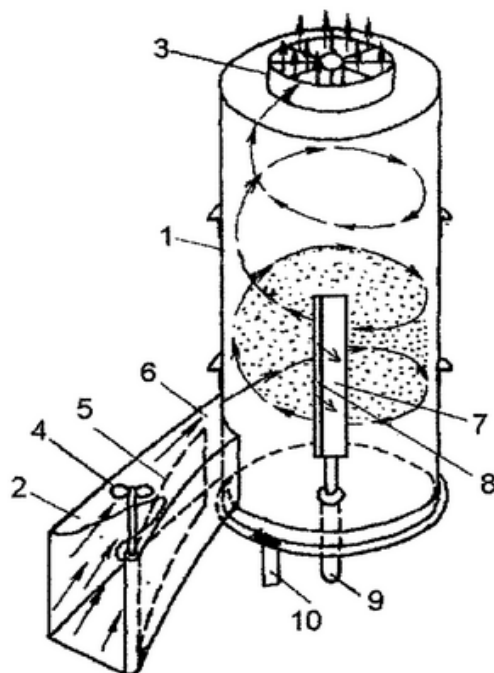
					ОГС 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

Запыленный газовый поток поступает в корпус 1 через тангенциальный ввод 2 запыленного газового потока и встречает на своем пути закрученный распыленный поток жидкости, имеющий направление крутки, противоположное направлению крутки газового потока. В результате такого взаимодействия образуется газожидкостная взвесь, которая поступает через раскручиватель 3 в патрубок и выбрасывается в атмосферу. Отвод шлама осуществляется через шламосборник 10.

Предлагаемый аппарат может быть применен для очистки от тонкой фракции пыли и увлажнения воздуха в вентиляционных установках и установках кондиционирования воздуха, а также при улавливании туманов, хорошо растворимой пыли, а также при совместном протекании процессов пылеулавливания, охлаждения газов и их абсорбции. Эффективность предлагаемой конструкции аппарата увеличивается за счет большей поверхности газожидкостной взвеси, путем применения встречно-закрученных потоков жидкости и газа, и составляет в вышеуказанных процессах и при улавливании пылевых частиц размером больше 5 мкм порядка 95...97%.

#### Формула изобретения

Центробежный скруббер, содержащий корпус, патрубок для ввода запыленного газа с вращающейся заслонкой, патрубок для выхода очищенного газа с лопатками для выравнивания потока, оросительное устройство с подводом жидкости через нижнюю трубу и шламосборник, отличающийся тем, что оросительное устройство выполнено в виде полой, закрытой с одной стороны, цилиндрической камеры, имеющей тангенциальный продольный паз для выхода жидкости, причем направление крутки потока газа от тангенциального ввода противоположно направлению крутки распыленной жидкости из оросительного устройства. [10]



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

### Рисунок 8 – Центробежный скруббер

1 – корпус; 2 – патрубок; 3 – патрубок; 4 – заслонка; 5 – пластина; 6 – канал; 7 – цилиндрическая камера; 8 – фарсунки; 9 – труба; 10 – шламособорник  
Патент № 2261139 [11]

Автор(ы): Абиев Руфат Шовкет Оглы

Патентообладатель(и): Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)

Приоритеты:подача заявки: 2004-07-26 публикация патента: 27.09.2005

Предлагаемое изобретение относится к теплообменной аппаратуре химической, пищевой, металлургической и других отраслей промышленности и предназначено для мокрой очистки газов от твердых, жидких и газообразных примесей, а также охлаждения и конденсации паров, проведения химических реакций в системе газ - жидкость - твердое. Вихревой скруббер содержит корпус 1, состоящий из цилиндрического конфузора 2, горловины 3 и диффузора 4, установленное в корпусе соосно с ним сопло 5, соединенное с патрубком 11 ввода пылегазового потока, и имеющий подводящие патрубки 7 Г-образной формы, выполненные с возможностью поворота вокруг своей оси, и газоотделительную емкость, снабженную патрубками отвода очищенного газа и жидкости с уловленными частицами 8, причем подводящие патрубки 7 подключены к системе подачи жидкого поглотителя, а сопло 5 имеет возможность осевого перемещения относительно корпуса. В патрубок ввода пылегазового потока встроены датчик 12 концентрации пыли, соединенный с контроллером 13, подключенным к исполнительному механизму 14 регулирующего клапана 15, установленного между системой подачи жидкого поглотителя и подводящими патрубками 7. Патрубок отвода жидкости 9 с уловленными частицами выполнен тангенциально к газоотделительной емкости 8. Очищенный газ выводится из аппарата через патрубок 10. Сопло 5 герметизировано в корпусе 1 при помощи уплотнения 6. Предлагаемое изобретение позволяет повысить степень очистки газа, обеспечивает возможность проведения быстропотекающих реакций в системах жидкость - твердое и газ - жидкость - твердое, позволяет сократить длину аппарата при заданной производительности, дает возможность очистки сильно запыленных потоков без их предварительной очистки в других аппаратах и исключения из обвязки скруббера каплеуловителей, позволяет регулировать силовое (центробежное) поле в скруббере в широких пределах в зависимости от параметров пылегазового потока. 2 з.п. ф-лы, 3 ил.

Изобретение относится к теплообменной аппаратуре химической, пищевой, металлургической и других отраслей промышленности и предназначено для мокрой очистки газов от твердых, жидких и газообразных примесей,

							ОГС 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				14

а также охлаждения и конденсации паров, проведения химических реакций в системе газ - жидкость - твердое.

Известен скруббер Вентури, состоящий из конфузора, горловины, диффузора и сопла (Лукин В.Д., Курочкина М.И. Очистка вентиляционных выбросов в химической промышленности. - Л.: Химия, 1980. - с.66-69). В конфузор подают запыленный газ, через сопло всасывается жидкость, служащая для смачивания частиц, образования конгломератов и последующего отделения их от газа. Скруббер Вентури используется в промышленности при скорости газа в горловине трубы от 30 до 200 м/с и удельном орошении (отношении расхода воды к расходу газа) в диапазоне  $(0,1 \div 6) \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{м}^3$  газа. Скрубберы Вентури весьма эффективны при улавливании частиц с размером более 10 мкм. Однако они недостаточно хорошо улавливают более мелкие частицы. Кроме того, вылетающие из скруббера Вентури капли жидкости с частицами пыли необходимо направлять в каплеуловители, иногда двухступенчатые. Это приводит к усложнению установки и увеличению ее металлоемкости. [4]

Известен скруббер Вентури (МПК<sup>4</sup> В 01 D 47/10, а.с. СССР № 1233919, Б.И. № 20, 1986 г.), состоящий из конфузора, горловины, диффузора, подводящего патрубка и узла орошения, снабженное дополнительным узлом орошения, установленным в подводящем патрубке, размещенном тангенциально камере и выполненным в виде конфузора. Известный скруббер позволяет достичь довольно высокой степени очистки, особенно для частиц с размером крупнее 10 мкм. Частицы меньших размеров могут уноситься турбулентными вихрями, образующимися в потоке газа, и эффективность их улавливания в известном скруббере недостаточно высока.

Известен скруббер (МПК<sup>5</sup> В 01 D 47/10, пат. РФ №2010590), состоящий из вертикальной трубы Вентури, подающего и отводящего патрубков, эжекторной вставки, установленной в конфузоре трубы Вентури, каплеуловителя, расположенного на диффузоре трубы Вентури и установленного соосно ему внутри корпуса скруббера Вентури, и завихрителя, расположенного в кольцевом зазоре между трубой Вентури в нижней ее части и внутренней стенкой каплеуловителя, эжекторная вставка выполнена в виде нисходящей спиральной ленты, образующей конус, к вершине которого жестко закреплен шток, соединенный резьбой с крышкой установленного над конфузором трубы Вентури дополнительного бака абсорбента (жидкого поглотителя пыли), которым снабжен скруббер, причем спиральная лента в основании конуса жестко прикреплена к нижней наружной стенке дополнительного бака абсорбента, а каплеуловитель выполнен в виде усеченного конуса с меньшим основанием в нижней части трубы Вентури и углом раскрытия конуса, равным 7-8°, при этом отводящий патрубок в верхней части каплеуловителя и подающий патрубок трубы Вентури выполнены тангенциальными, а скруббер дополнительно снабжен переливной трубой, соединяющей дополнительный бак абсорбента с нижней частью кармана, образованного наружной стенкой усеченного конуса каплеуловителя и внутренней стенкой корпуса скруббера.

										Лист
										15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ОГС 00.00.000 ПЗ					

Известный скруббер обладает довольно высокой эффективностью улавливания твердых частиц, что достигается за счет возникающей в горловине трубы Вентури центробежной силы, обусловленной тангенциальным вводом пылегазового потока. Кроме того, завихритель в нижней части способствует отделению капель жидкости от газа.

Однако известный скруббер обладает следующими недостатками:

1) в нем использован тангенциальный ввод пылегазового потока, обладающего недостаточно высокой кинетической энергией, и поэтому эффективность силового воздействия на твердые частицы недостаточно высока;

2) капли, образующиеся в скруббере, при высокой запыленности пылегазового потока, не способны поглотить большую часть частичек пыли;

3) в случае ввода потока с высокой концентрацией твердых частиц эффективность очистки известного скруббера резко снизится вследствие недостаточного количества орошаемой жидкости, частицы будут скапливаться в нижней части скруббера, засоряя его и переливную трубу, соединяющую нижнюю часть кармана с дополнительным баком абсорбента.

Наиболее близким к заявляемому является скруббер (МПК<sup>6</sup> В 01 D 47/10, пат. РФ № 2139128), содержащий трубу Вентури, снабженную горловиной, диффузором с вытеснителем, конфузуром, соединенным с патрубком подвода запыленного газа, узел орошения водой, один или несколько патрубков с соплами и пульсаторами для подачи газа или воздуха, причем патрубки с соплами смонтированы внутри патрубка подвода запыленного газа на входе в конфузор, причем каждый из патрубков выполнен Г-образным, установлен в направляющей опоре и снабжен узлом фиксации, а выходное отверстие сопла направлено в сторону движения запыленного газа, допуская возможным его перемещение в горизонтальной плоскости, а также поворот оси сопла относительно оси трубы на некоторый угол.

Известному скрубберу присущи следующие недостатки:

1) в нем реализован тангенциальный ввод пылегазового потока, обладающего невысокой кинетической энергией, вследствие чего эффективность силового воздействия на твердые частицы, а значит, и степень очистки газа, недостаточно высоки;

2) капли, образующиеся в скруббере, при высокой запыленности не способны эффективно поглотить пыль из концентрированного пылегазового потока; мелкие частицы могут уноситься турбулентными вихрями, образующимися в потоке газа;

3) скруббер не может эффективно использоваться в качестве аппарата для проведения химических реакций в системе газ - жидкость - твердое в широком диапазоне режимных параметров, поскольку в его конструкции не предусмотрен ввод большого количества жидкости и значительной концентрации твердых частиц в пылегазовом потоке;

					ОГС 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

4) в случае ввода потока с высокой концентрацией твердых частиц, особенно мелких, эффективность очистки известного скруббера резко снизится вследствие недостаточного расхода орошаемой жидкости.

Кроме того, эффективность работы известного скруббера сильно зависит от расхода пылегазового потока: при снижении расхода центробежные силы, пропорциональные квадрату расхода, резко уменьшаются, и даже достаточно крупные частицы могут пройти через скруббер. Этот недостаток связан с отсутствием в известном скруббере регулировки силового (центробежного) поля в существенной мере и расхода жидкости в зависимости от параметров пылегазового потока (его расхода и концентрации частиц).

Задачами предлагаемого изобретения являются повышение эффективности работы скруббера и снижение капитальных и эксплуатационных затрат, что достигается за счет:

1) повышения степени очистки газа за счет использования большой кинетической энергии вращающегося потока жидкости;

2) обеспечения возможности проведения быстропротекающих реакций в системах жидкость - твердое и газ - жидкость - твердое или тех стадий этих реакций, скорость которых лимитируется диффузией;

3) сокращения длины аппарата при заданной производительности;

4) возможности очистки сильно запыленных потоков без их предварительной очистки в других аппаратах;

5) возможности исключения из обвязки скруббера каплеуловителей;

6) обеспечения возможности регулировки силового (центробежного) поля в скруббере в широких пределах в зависимости от параметров пылегазового потока.

Поставленные задачи достигаются тем, что вихревой скруббер включает корпус в виде трубы Вентури, состоящий из цилиндроконического конфузора, горловины и диффузора, установленное в корпусе соосно с ним сопло, снабженное патрубком ввода пылегазового потока, и имеющий подводящие патрубки Г-образной формы, выполненные с возможностью поворота вокруг своей оси, и газоотделительную емкость, снабженную патрубками отвода очищенного газа и жидкости с уловленными частицами, причем подводящие патрубки подключены к системе подачи жидкого поглотителя, а сопло выполнено с возможностью осевого перемещения относительно корпуса, в патрубок ввода пылегазового потока встроен датчик концентрации пыли, соединенный с контроллером, подключенным к исполнительному механизму регулирующего клапана, установленного между системой подачи жидкого поглотителя и подводящими патрубками при этом патрубок отвода жидкости с уловленными частицами выполнен тангенциально к газоотделительной емкости.

Заявляемое техническое решение является новым, обладает изобретательским уровнем и промышленно применимо.



На фиг.1 представлена схема вихревого скруббера, на фиг.2 - поперечный разрез скруббера в плоскости А-А, на фиг.3 - вариант исполнения подводящего патрубка, выполненного с возможностью его поворота вокруг своей оси.

Вихревой скруббер (фиг.1) содержит корпус 1 в виде трубы Вентури, состоящий из цилиндроконического конфузора 2, горловины 3 и диффузора 4, установленное в корпусе 1 соосно с ним сопло 5, герметизированное посредством уплотнения 6. Корпус снабжен подводящими патрубками 7 Г-образной формы (на фиг.1 показан случай одного патрубка 7), выполненными с возможностью поворота вокруг своей оси. Вихревой скруббер содержит также газоотделительную емкость 8, снабженную патрубком 9 отвода жидкости с уловленными частицами и патрубком 10 отвода очищенного газа. Сопло 5 соединено с патрубком 11 ввода пылегазового потока. Подводящие патрубки 7 подключены к системе подачи жидкого поглотителя (на фиг.1 не показана), а сопло 5 имеет возможность осевого перемещения относительно корпуса 1 благодаря наличию уплотнения 6 (например, типа сальникового). В патрубок 11 ввода пылегазового потока встроен датчик 12 концентрации пыли, соединенный с контроллером 13, подключенным к исполнительному механизму 14 регулирующего клапана 15, установленного между системой подачи жидкого поглотителя и подводящими патрубками 7. Патрубок 9 отвода жидкости с уловленными частицами выполнен тангенциально к газоотделительной емкости 8.

Подводящие патрубки 7, оканчивающиеся выходными коленами 16 (фиг.2), могут быть выполнены поворотными, например, по схеме, показанной на фиг.3. Фланец патрубка 7 зажимается между фланцем 17, жестко соединенным с корпусом 1 вихревого скруббера и фланцем 18, соединенным с системой подачи жидкого поглотителя (крепежные элементы - болты, гайки и шайбы - условно не показаны). Между фланцами 17, 18 и фланцем патрубка 7 установлены антифрикционные кольца 19, выполненные, например, из фторопласта или капролона; одновременно кольца 19 способствуют повышению герметичности соединения. Основными герметизирующими элементами являются кольца 20, выполненные из эластичного материала, например из резины. Во фланце патрубка 7 предусмотрены глухие отверстия 21, причем их количество предпочтительно на единицу больше количества болтовых отверстий во фланцах 17 и 18. Отверстия 21 предназначены для облегчения поворота патрубка 7 на необходимый угол путем установки в них рычагов в виде металлического прутка и их поворота вокруг оси патрубка 7, показанной на фиг.3. Таким путем достигается изменение направления выходного колена 16 патрубка 7.

Количество патрубков 7, соединенных параллельно, определяется размерами скруббера и требованиями к равномерности распределения скорости потока жидкости, истекающего из патрубков 7.

Предлагаемое устройство работает следующим образом. В патрубки 7 через регулирующий клапан 15 из системы подачи жидкого поглотителя под дав-

					ОГС 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

лением подается жидкий поглотитель (например, вода). Попад в колена 16 патрубков 7, расположенные под углом к оси корпуса 1, жидкий поглотитель имеет большую скорость, направленную под углом к оси корпуса 1 скруббера. Благодаря этому жидкий поглотитель, поступающий через патрубки 7, приобретает вращательное движение вокруг оси корпуса 1. По мере движения по конфузору 2 к горловине 3 окружная составляющая скорости жидкого поглотителя увеличивается. Кроме того, за счет сужающейся формы конфузора 2 в горловине 3 достигает максимума и осевая составляющая скорости. Таким образом, в зоне входа в горловину 3 и осевая, и окружная составляющие скорости жидкости достигают максимальных значений. В соответствии с законом сохранения энергии давление в этой зоне принимает минимальное значение, то есть на конце сопла 5 возникает большое разрежение, степень которого регулируется его осевым перемещением относительно корпуса 1. В результате этого вблизи выхода из сопла 5 складываются условия (высокая скорость вращательного и осевого движения, значительное разрежение), способствующие передаче импульса и момента импульса от жидкого поглотителя к пылегазовому потоку, подаваемому через патрубок 11. Пылегазовый поток приобретает мощный импульс от вращающейся жидкости и интенсивно закручивается в горловине 5, служащей камерой смешения, где образуется трехфазная система газ - жидкость - твердое. Под действием больших центробежных сил, возникающих во вращающемся потоке трехфазной системы, в диффузоре 4 происходит первичная сепарация фаз: частицы наиболее тяжелой - твердой - фазы отбрасываются к стенке диффузора 4, наиболее легкая газовая фаза образует вращающийся конусовидный шнур в центральной части диффузора 4, а слой жидкости располагается между поверхностями вращающегося шнура и стенкой диффузора 4. По мере движения вдоль диффузора происходит расширение потока, в результате чего снижается и скорость вращения потоков, и момент количества движения. При выходе трехфазной системы из диффузора 4 в газоотделительную емкость 8 происходит вторичная сепарация, заключающаяся в отделении газа от жидкости, содержащей уловленные частицы. Газ в виде пузырей барботируется через слой жидкости в газоотделительной емкости 8, где может происходить его доочистка от твердых частиц. Очищенный газ выводится из газоотделительной емкости 8 через патрубок 10, который расположен в верхней части газоотделительной емкости 8, по возможности ближе к оси корпуса 1. Жидкость с уловленными частицами отводится через патрубок 9, который может быть выполнен тангенциально к газоотделительной емкости 8. Благодаря тангенциальному соединению патрубка 9 часть кинетической энергии вращательного движения, которой обладает вращающийся поток, выходящий из диффузора 4, преобразуется в потенциальную энергию давления. Жидкость с уловленными частицами из патрубка 9 может далее подаваться на очистку от уловленных частиц (например, на фильтре), и затем снова возвращаться в скруббер через патрубки 7 при помощи насоса системы подачи жидкого поглотителя (на фиг.1 не показан).

					ОГС 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

Регулирование эффективности работы предлагаемого скруббера осуществляется следующим образом. Установленный в патрубке 11 датчик 12 подает на контроллер 13 информацию о концентрации пыли в подаваемом через патрубков 11 пылегазовом потоке. Контроллер 13 управляет исполнительным механизмом 14 регулирующего клапана 15, установленного между системой подачи жидкого поглотителя и подводными патрубками 7 следующим образом. При увеличении концентрации пыли сопротивление регулирующего клапана 15 снижается и расход жидкого поглотителя возрастает, в результате чего увеличиваются скорость вращательного движения жидкости и центробежная сила, а значит, и интенсивность воздействия на твердые частицы; кроме того, улучшаются условия смачивания большого количества пыли. При снижении концентрации пыли сопротивление регулирующего клапана 15 возрастает, а расход жидкого поглотителя снижается, в результате чего скорость вращательного движения жидкости и центробежная сила также уменьшаются; это позволяет снизить неоправданные потери энергии и жидкого поглотителя.

Таким образом, абсолютное значение скорости жидкости, вытекающей из колен 16 патрубков 7, регулируется клапаном 15, а направление вектора этой скорости изменяется поворотом патрубков 7 относительно оси корпуса 1. Поворот патрубков 7 осуществляется путем установки в отверстия 21 рычагов, например, в виде металлического прутка круглого сечения, с приложением к этим рычагам вращающего момента относительно осей патрубков 7. При повороте патрубков 7 направление закрутки рабочей жидкости, создаваемое выходными коленами 16 патрубков 7, может меняться в пределах  $\pm 180^\circ$ . При необходимости управление поворотом патрубков 7 может также производиться автоматически при помощи исполнительного механизма, подключенного к контроллеру 13.

Пример конкретного выполнения 1. Вихревой скруббер выполнен из стекла по схеме, изображенной на фиг.1, с одним подводным патрубком 7, в который насосом нагнетается вода под давлением  $2 \text{ кгс/см}^2$  (изб.) со скоростью  $5 \text{ м/с}$ . Поток воздуха, содержащий частицы глинозема с максимальным размером  $10 \text{ мкм}$  (пылегазовый поток), подается через патрубок 11. Наблюдения через прозрачную стенку скруббера показали, что на расстоянии  $3\text{-}5 \text{ мм}$  от обреза сопла 5 частицы глинозема под действием центробежной силы отбрасываются к стенке скруббера; в воздухе, выходящем из газоотделительной емкости 8, частицы пыли не обнаружены.

Таким образом, в предлагаемом скруббере удастся эффективно очистить газ от пыли размером менее  $10 \text{ мкм}$  за счет использования большой кинетической энергии вращающегося потока жидкости.

Пример конкретного выполнения 2. Вихревой скруббер выполнен из стекла по схеме, изображенной на фиг.1, с одним подводным патрубком 7, в который насосом нагнетается вода под давлением  $2 \text{ кгс/см}^2$  (изб.) со скоростью  $5 \text{ м/с}$ . Поток воздуха, содержащий частицы извести с максимальным размером  $2 \text{ мм}$  (пылегазовый поток), подается через патрубок 11. Наблюдения

через прозрачную стенку скруббера показали, что на расстоянии 3-5 мм от обреза сопла 5 частицы негашеной извести под действием центробежной силы отбрасываются к стенке скруббера и быстро растворяются (процесс растворения сопровождается химической реакцией и лимитируется диффузией); частицы мельче 1 мм успевают раствориться еще в корпусе 1 скруббера, остальные - в газоотделительной емкости 8. В воздухе, выходящем из газоотделительной емкости 8, частицы извести не обнаружены.

Таким образом, в предлагаемом скруббере возможно проведение быстропротекающих реакций в системах жидкость - твердое и газ - жидкость - твердое или тех стадий этих реакций, скорость которых лимитируется диффузией.

Сокращение длины аппарата при заданной производительности возможно благодаря использованию свойств закрученного потока: в диффузоре снижается риск отрыва потока от стенок вследствие действия центробежных сил, поэтому угол раскрытия диффузора может быть увеличен с 8-10° до 30-60°, что позволяет существенно уменьшить длину диффузора, что особенно важно при стесненных условиях работы.

В предлагаемом скруббере удельное количество жидкости, приходящее на 1 м<sup>3</sup> запыленного газа, существенно выше, чем в известных скрубберах, поэтому в нем возможна очистка сильно запыленных потоков без их предварительной очистки в других аппаратах. Это позволяет снизить капитальные затраты на оборудование и эксплуатационные затраты на его обслуживание.

Благодаря тому что жидкий поглотитель в скруббер подается не в виде капель, как в известных скрубберах, а в виде сплошного потока, отсутствует необходимость установки на его выходе каплеуловителей. Капли, которые могут образовываться в газоотделительной емкости 8, под действием центробежной силы отбрасываются к стенке газоотделительной емкости 8. Это также позволяет снизить капитальные затраты.

Обеспечение возможности регулировки центробежного поля в скруббере в широких пределах (в зависимости от параметров пылегазового потока) реализовано за счет двух параметров - расхода жидкости, изменяющегося при изменении сопротивления регулирующего клапана 15, и направления скорости жидкости, вытекающей из колен 16 патрубков 7. Такое регулирование осуществляется благодаря системе автоматического управления, состоящей из датчика 12 концентрации пыли, соединенного с контроллером 13, подключенным к исполнительному механизму 14 регулирующего клапана 15. Контроллер 13 может быть также подключен к исполнительным механизмам, управляющим углом поворота патрубков 7.

Таким образом, предлагаемое изобретение позволяет обеспечить более эффективную работу вихревого скруббера и снизить капитальные и эксплуатационные затраты.

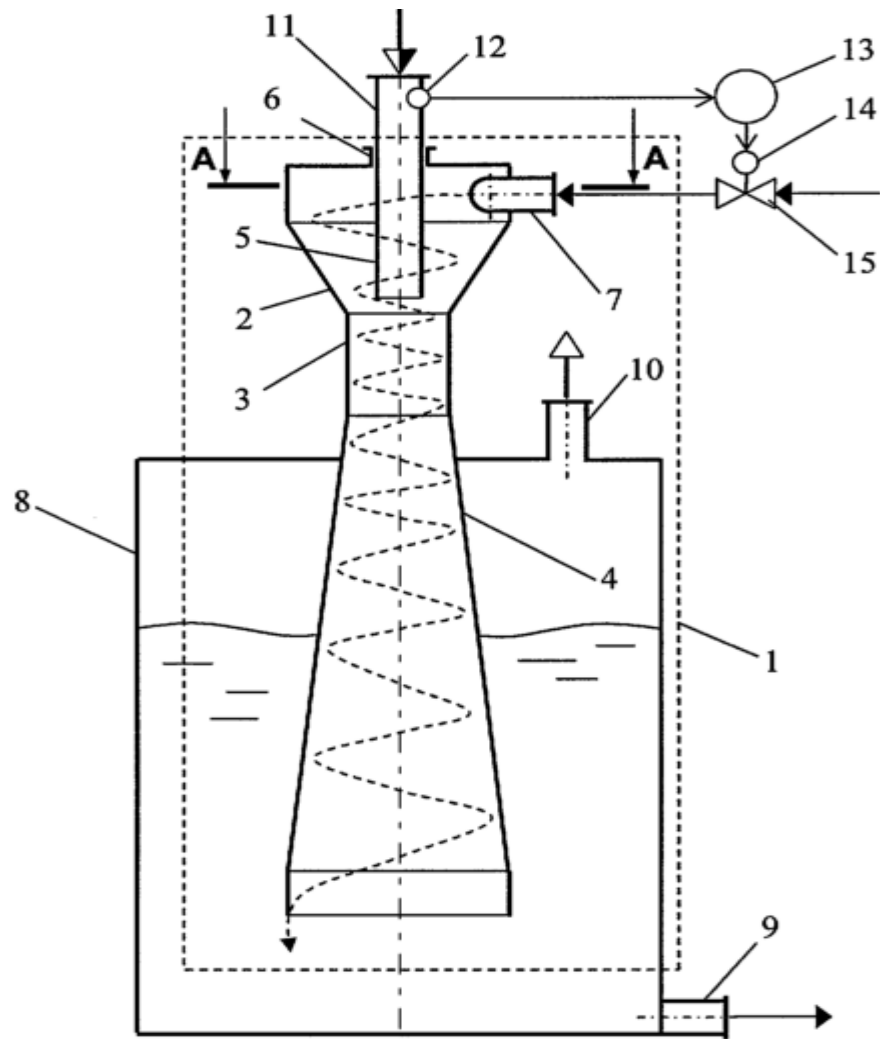
### Формула изобретения

1. Вихревой скруббер, включающий корпус в виде трубы Вентури, состоящий из цилиндроконического конфузора, горловины и диффузора, установленное в корпусе соосно с ним сопло, снабженное патрубком ввода пылегазового потока, и имеющий подводящие патрубки Г-образной формы, выполненные с возможностью поворота вокруг своей оси, и газоотделительную емкость, снабженную патрубками отвода очищенного газа и жидкости с уловленными частицами, отличающийся тем, что подводящие патрубки подключены к системе подачи жидкого поглотителя, а сопло выполнено с возможностью осевого перемещения относительно корпуса.

2. Вихревой скруббер по п.1, отличающийся тем, что в патрубок ввода пылегазового потока встроен датчик концентрации пыли, соединенный с контроллером, подключенным к исполнительному механизму регулирующего клапана, установленного между системой подачи жидкого поглотителя и подводящими патрубками.

3. Вихревой скруббер по п.1, отличающийся тем, что патрубок отвода жидкости с уловленными частицами выполнен тангенциально к газоотделительной емкости. [11]

					ОГС 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22



Фиг. 1

Рисунок 9 – Вихревой скруббер

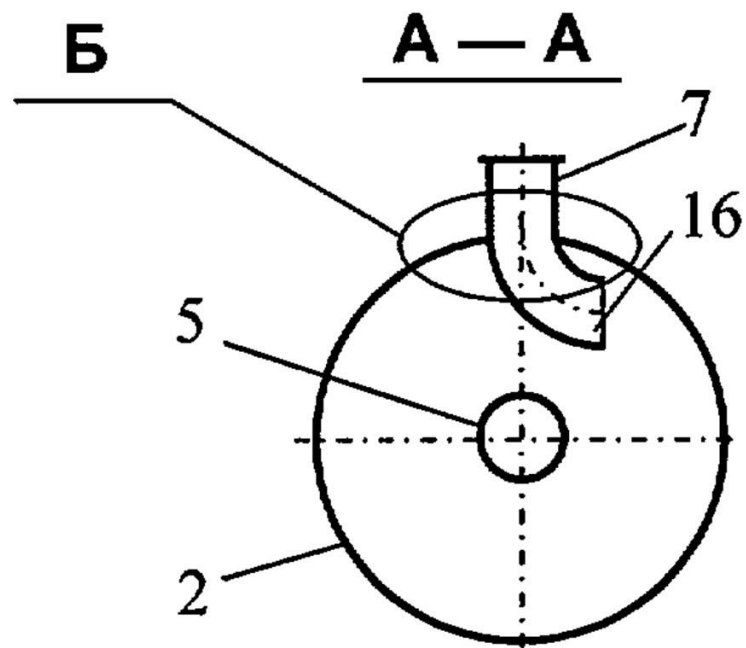
- 1 – корпус; 2 – конфузор цилиндрический; 3 – горловина; 4 – диффузор; 5 – сопло; 6 – уплотнение; 7 – патрубок;  
 8 – емкость; 9 – патрубок; 10 – патрубок вывода очищенного газа; 11 – патрубок пылегазового потока; 12 – датчики; 13 – контроллер; 14 – исполнительный механизм; 15 – клапан.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ОГС 00.00.000 ПЗ

Лист

23



**Фиг. 2**

Рисунок 10 – Поперечный разрез А – А  
 2 – корпус; 5 – конфузор цилиндрический; 7 – горловина; 16 – диффузор

Патент № 2134150 [12]

Автор(ы): Слободяник И.П., Марцинковский А.В.

Патентообладатель(и): Кубанский государственный технологический университет.

Приоритеты: подача заявки: 1998-04-07 публикация патента: 10.08.1999

Изобретение относится к области охраны воздушного бассейна от загрязнения промышленными отходами в виде твердых дисперсных частиц и вредных газовых примесей и может найти применение в химической, нефтехимической, металлургической, энергетической и других отраслях промышленности. Скруббер включает вертикальный цилиндрический корпус, тангенциальный патрубок для подвода снизу очищаемого газа и отвода сверху очищенного газа, форсунку для диспергирования и равномерного распределения по перпендикулярному сечению корпуса абсорбента, выполненную в виде верхнего и нижнего вертикальных конусов, между которыми закреплен направляющий диск с тангенциально направленными арочными прорезями, с подачей абсорбента в верхний конус и отвода вращающегося абсорбента через коническое отверстие нижнего конуса, отражающий конус под форсункой. Новым в скруббере является форсунка с направляющим диском и с тангенциально направленными арочными прорезями выпуклостью вниз и отражающий конус под форсункой для направления факела диспергированного абсорбента на стенки корпуса. 6 ил.

Изобретение относится к области охраны воздушного бассейна от загрязнений промышленными отходами в виде твердых дисперсных частиц и вредных газовых примесей и может найти применение в химической, нефтехимической, металлургической и других отраслях промышленности.

Известен центробежный скруббер для очистки запыленного газа, включающий цилиндрический корпус, входной патрубок, подсоединенный к корпусу снизу тангенциально для ввода запыленного газа, сопло, расположенное вверху для орошения стенок корпуса водой, коническое днище для стока воды с твердыми частицами, верхний патрубок для отвода очищенного и охлажденного газа (Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия, 1971, с. 249).

В известном центробежном скруббере взвешенные в поднимающемся по винтовой линии потока газа частицы пыли под действием центробежных сил отбрасываются к стенкам скруббера, смачиваются водяной пленкой и уносятся с водой через коническое днище.

Недостатком известного центробежного скруббера является недостаточная эффективность очистки запыленного газа от твердых частиц вследствие того, что не обеспечивается тесный контакт между жидкостью и запыленным газом,

										Лист
										25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					ОГС 00.00.000 ПЗ	



а происходит взаимодействие газа со стекающей по внутренней стенке пленкой жидкости и пленка жидкости захватывает только те твердые частицы, которые отбрасываются из вращающегося потока газа под действием центробежных сил к стенкам корпуса.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому эффекту является циклонный скруббер, включающий вертикальный цилиндрический корпус, нижний тангенциальный патрубок для ввода очищаемого газа, верхний центральный патрубок для отвода очищенного газа, форсунки, установленные на центральной трубе (Рамм В.М. Абсорбция газов. - М.: Химия, 1976. с. 534). Очищаемый газ движется в циклонном скруббере по винтообразной траектории снизу вверх, а абсорбент распыляется в радиальных направлениях форсунками, расположенными в центре, попадает на стенки корпуса и стекает пленкой вместе с улавливаемыми твердыми частицами.

В известном циклонном скруббере не достигается тесное взаимодействие газа и абсорбента вследствие неравномерного распределения газа и абсорбента в объеме циклонного скруббера, так как у стенок корпуса газ движется со сравнительно большей скоростью по винтовой линии, а в центре скруббера скорость газа мала.

Цель изобретения - повышение эффективности, экономичности и надежности очистки запыленных газовых выбросов от пыли и вредных примесей.

Цель достигается тем, что в циклонном скруббере, включающем вертикальный цилиндрический корпус с тангенциальным нижним патрубком для ввода газа и верхним патрубком для отвода очищенного газа, форсунку для распыления абсорбента, патрубок для отвода абсорбента с твердыми частицами, в верхней части корпус скруббера выполнен с расширяющимся сечением, соединенным трубой с патрубком для отвода абсорбента, форсунка для распыления абсорбента установлена осесимметрично к корпусу под патрубком для отвода очищенного газа и выполнена в виде двух вертикальных осесимметричных конусов, между основаниями которых затянут болтами горизонтальный направляющий диск с арочными прорезями, выполненными выпуклостями вниз, расположенными в периферийной части по концентрическим окружностям с тангенциально направленными осями в одну и ту же сторону, в верхнем конусе, ориентированном вершиной вверх, выполнен подводящий патрубок для подачи абсорбента, а в нижнем корпусе, ориентированном вершиной вниз, выполнено вертикальное выходное отверстие в виде расходящегося сверху вниз конуса, под нижним корпусом форсунки на расстоянии от выходного отверстия расположен осесимметрично отражательный конус, ориентированный вершиной вверх, относительное положение форсунки и отражательного конуса фиксированы. Циклонный скруббер снабжен системой циркуляции абсорбента по замкнутому циклу, отстойником для отстаивания и удаления твердых частиц, подачи свежего абсорбента. Предлагаемая кон-

						<i>ОГС 00.00.000 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			26

струкция циклонного скруббера за счет своих отличительных элементов обеспечивает решение поставленной технической задачи и повышение эффективности и экономичности санитарной очистки газовых выбросов. [1]

Циклонный скруббер (фиг. 1 - б) содержит вертикальный цилиндрический корпус 1 с нижним тангенциальным патрубком 2 для ввода газа, верхним осесимметричным патрубком 3 для отвода очищенного газа, форсунку 4 для распыления абсорбента, патрубок 5 в нижней части для отвода абсорбента с твердыми частицами. Форсунка 4 выполнена в виде двух вертикальных осесимметричных конусов, верхнего конуса 6, ориентированного вершиной вверх, с подводящим патрубком 7 для подачи абсорбента, нижнего конуса 8, ориентированного вершиной вниз, с вертикальным выходным отверстием в виде расходящегося сверху вниз конуса, между верхним 6 и нижним 8 конусами затянут болтами горизонтальный направляющий диск 9 с арочными прорезями 10, выполненными выпуклостями вниз, расположенными в периферийной части диска 9 по концентрическим окружностям с тангенциально направленными осями в одну и ту же сторону, под нижним конусом 8 форсунки 4 на расстоянии от выходного отверстия осесимметрично расположен вертикальный отражательный конус 11, ориентированный вершиной вверх и закрепленный к корпусу 1 растяжками 12.

Циклонный скруббер работает следующим образом.

Очищаемый газ подается принудительно снизу в цилиндрический корпус 1 (фиг. 1 - б) по тангенциальному патрубку 2, в результате образуется регулярно вращающийся восходящий поток очищаемого газа, содержащего вредные примеси и пыль, которая под действием развиваемых центробежных сил распределяется у стенок корпуса 1 вследствие того, что плотность твердых частиц пыли намного больше плотности газа.

Абсорбент поступает по патрубку 7 в форсунку 4, где проходит через арочные прорези 10 направляющего диска 9 с тангенциально направленными осями, в результате в нижнем конусе 8 образуется вращающийся поток абсорбента, который выходит через коническое отверстие вниз в виде конического факела, который частично отражается от отражательного конуса 11 и попадает на стенки цилиндрического корпуса 1. Конический факел абсорбента в виде капель, струй и брызг на пути движения взаимодействует с газом, совершающим винтообразное движение вверх, поглощает из него вредные примеси и захватывает пыль и крупные твердые частицы и вместе с ним попадает на стенки корпуса 1, стекает вниз и отводится через патрубок 5 в отстойник (не показано); откуда после отстаивания насосом подается в патрубок 7 на форсунку 7 и т.д. В циркулирующем абсорбенте могут находиться твердые частицы размером до 4 - 5 мм, которые свободно будут проходить через арочные прорези 10 направляющего диска 9 форсунки 4. Поэтому при улавливании пыли циклонный скруббер будет работать на циркулирующем абсорбенте по

						<i>ОГС 00.00.000 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			27

безотходной схеме с периодической добавкой свежего абсорбента по мере его испарения и утечки.

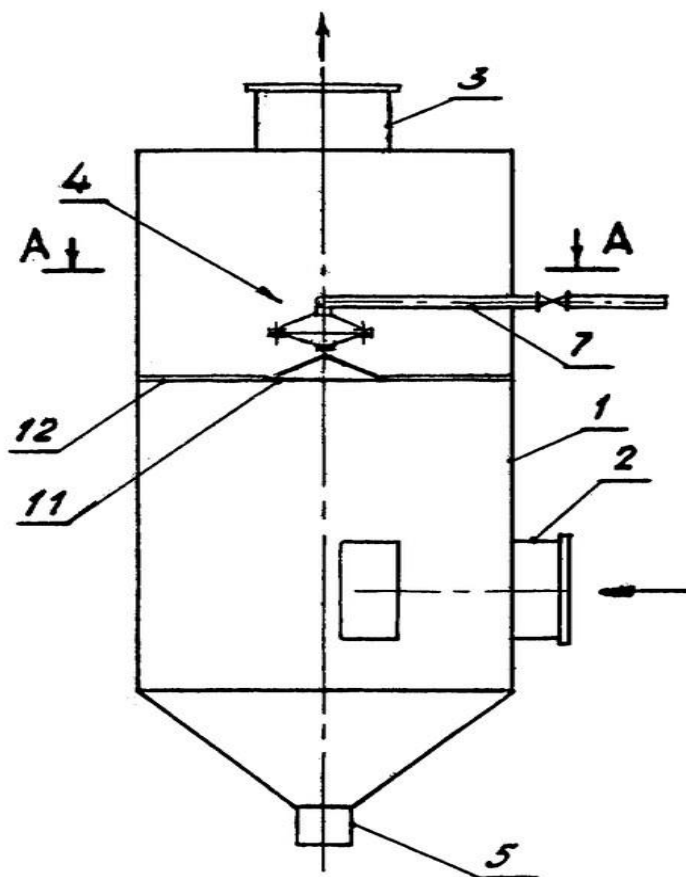
Технические преимущества заявляемого циклонного скруббера по сравнению с прототипом заключаются в повышении эффективности улавливания пыли из газовых выбросов за счет тесного взаимодействия регулярно вращающегося симметричного восходящего потока газа с симметричным факелом абсорбента, диспергированного под действием центробежных сил.

Общественно полезные преимущества циклонного скруббера [1], вытекающие из технических преимуществ по сравнению с прототипом, заключаются в повышении эффективности очистки газовых выбросов от пыли при меньших расходах абсорбента, снижении трудовых затрат и металлоемкости установки за счет установки одной форсунки вместо нескольких форсунок в прототипе. Ожидаемый экономический эффект от использования предлагаемого циклонного скруббера по сравнению с прототипом может быть обеспечен за счет предотвращения загрязнения воздушного бассейна и окружающей природы при меньших капитальных, трудовых и энергетических затратах.

#### Формула изобретения

Циклонный скруббер, включающий вертикальный цилиндрический корпус с тангенциальным патрубком в нижней части для ввода очищаемого газа и верхним центральным осесимметричным патрубком для отвода очищенного газа, форсунку для распыления абсорбента, патрубок в нижней части для отвода абсорбента с твердыми частицами, отличающийся тем, что форсунка установлена осесимметрично к корпусу под патрубком для отвода очищенного газа и выполнена в виде двух вертикальных осесимметричных конусов, между основаниями которых затянут болтами горизонтальный направляющий диск с арочными прорезями, выполненными выпуклостями вниз, расположенными в периферийной части по концентрическим окружностям с тангенциально направленными осями в одну и ту же сторону, в верхнем конусе, ориентированном вершиной вверх, выполнен подводный патрубок для подачи абсорбента, а в нижнем конусе, ориентированном вершиной вниз, выполнено вертикальное выходное отверстие в виде расходящегося сверху вниз конуса, под нижним конусом форсунки на расстоянии от выходного отверстия расположен осесимметрично отражательный конус, ориентированный вершиной вверх, относительное положение форсунки и отражательного конуса фиксированы. [12]

					ОГС 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28



фиг. 1

Рисунок 11 - Циклонный скруббер

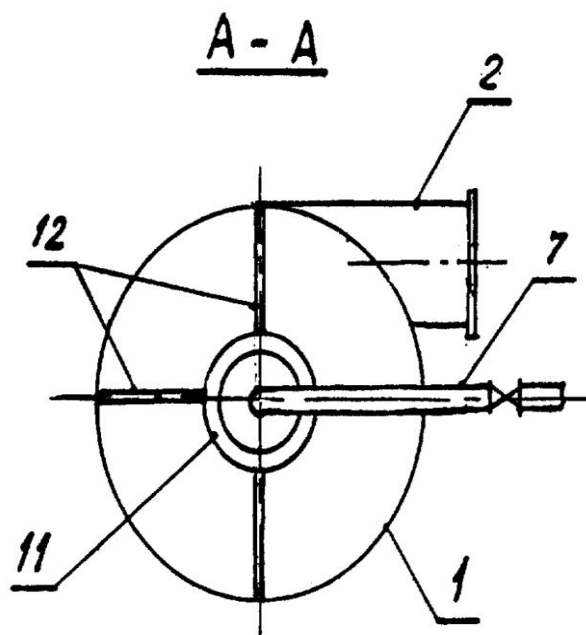
1 – корпус; 2 – тангенсальный патрубок; 3 – патрубок; 4 – фансунки; 5 – патрубок отвода абсорбента; 7 – патрубок; 11 – конус отражательный; 8 – емкость

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ОГС 00.00.000 ПЗ

Лист

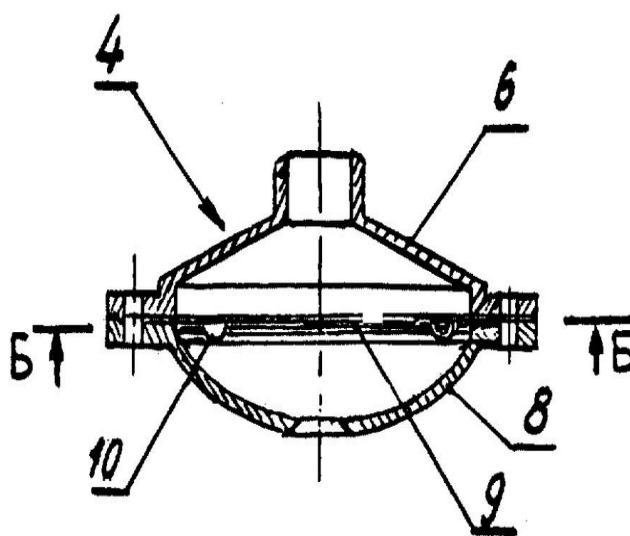
29



Фиг. 2

Рисунок 12 – Циклонный скруббер разрез А-А

1 – корпус; 2 – тангенсальный патрубок; 7 – патрубок; 11 – конус отражательный; 12 – растяжки



Фиг. 3

Рисунок 13 – Форсунка

4 – фарсунки; 6 – конус; 8 – емкость; 9 – диск; 10 – прорези арочные;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ОГС 00.00.000 ПЗ

Лист

30

Вывод: на основе литературно-патентного обзора выявили, что для модернизации газопромывателей в целом можно разделить на два основных направления.

1. Изменение свойств и конструкции газопромывателей, направленное на улучшение качества очищения пылегазовой смеси

Улучшение качества очищения пылегазовой смеси осуществляется за счет увеличенной площади контакта пыли и воды.

2. Улучшение эксплуатационных характеристик оборудования.

Изменение технических качеств, влияющих на срок эксплуатации, надежность, удобство в обслуживании и ремонтпригодность, приведение конструкции оборудования в соответствие с современным уровнем техники. Использование высококачественных современных комплектующих и материалов, проверенных и зарекомендовавших себя;

Скрубберные газопромыватели центробежного действия (Рисунок 14)

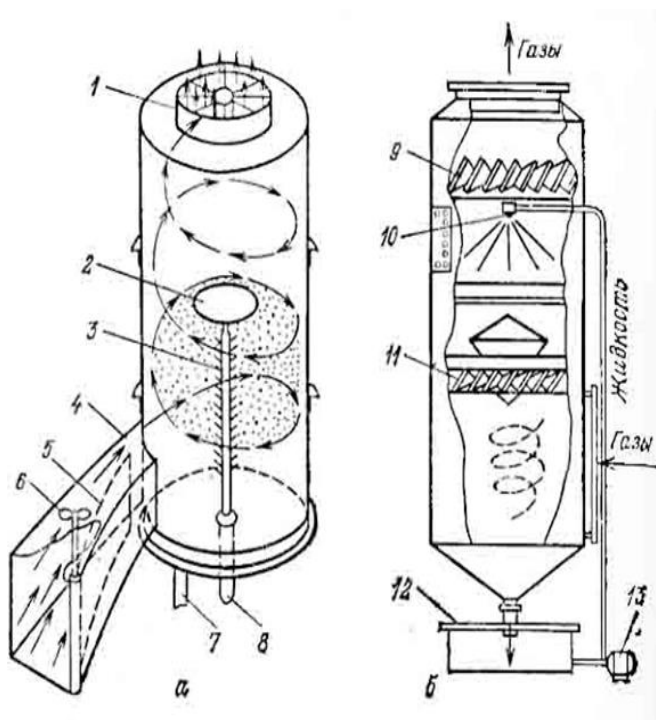


Рисунок 14 – Скрубберные газопромыватели центробежного действия (а) и внутренними завихрителями (б).

1 - лопатки для выравнивания потока; 2 - центральный диск; 3 - система орошения; 4 - устройство для ввода газов; 5 - вращающаяся заслонка на входе; 6 - шток; 7 - выходное отверстие для шлама, 8 - входное отверстие для орошающей жидкости; 9 - раскручиватель для выравнивания потока; 10 - ороситель; 11 - завихритель; 12 - сосуд для сбора жидкости; 13 – насос

Скрубберные газопромыватели центробежного действия по своей конструкции делятся на 2 типа: в первом вращательное движение пылегазовому потоку придается за счет тангенциального подвода потока, а во втором закручивателем служит центральное лопастное устройство В СССР наибольшее распространение получили центробежные скрубберы с тангенциальным подводом газопылевого потока и пленочным орошением, создаваемым форсунками. [3]

					ОГС 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

## 2. ОПИСАНИЕ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЯ С ЦЕНТРАЛЬНЫМ ПОДВОДОМ ОРОШЕНИЯ

Пылеуловитель газопромыватель центробежного действия вращательное движение пылегазовому потоку придается за счет тангенциального подвода потока.

В СССР наибольшее распространение получили центробежные скрубберы с тангенциальным подводом газопылевого потока и пленочным орошением, создаваемым форсунками.

Циклон (ЦВП) является типичным представителем этого типа пылеуловителей и предназначен для очистки запыленного вентиляционного воздуха от любых видов не цементирующейся пыли. По внутренней поверхности стенки циклона непрерывно стекает пленка воды, которая тангенциально вводится в аппарат через ряд трубок, расположенных в его верхней части [3].

На рисунке 15 показана схема Пылеуловителя

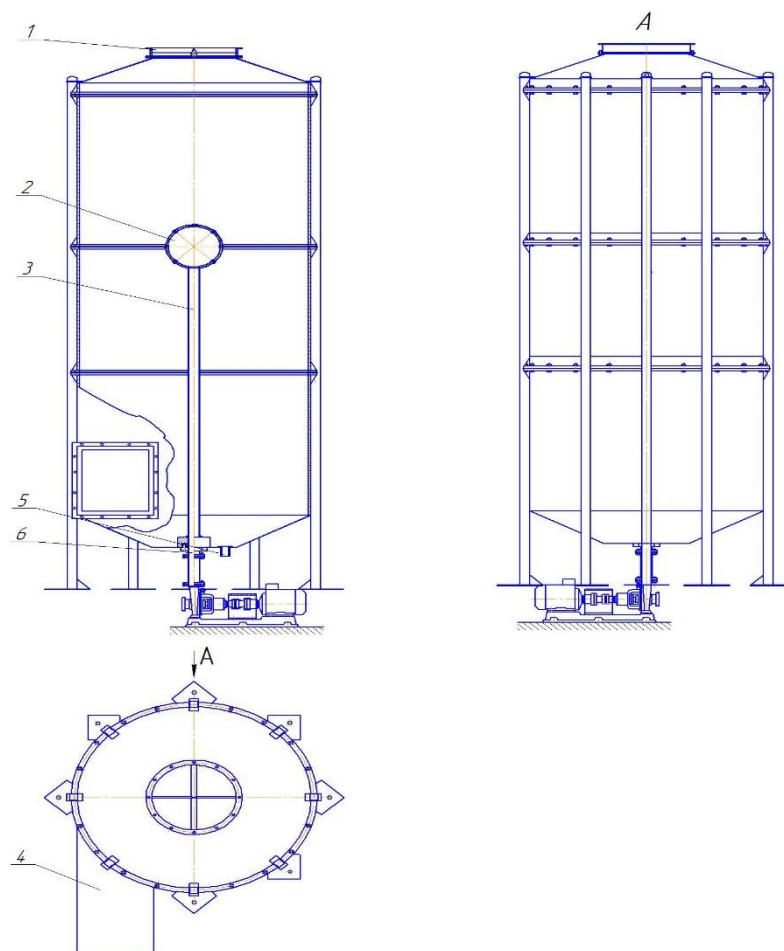


Рисунок 15 – Пылеуловитель



1 - лопатки для выравнивания потока; 2 – распылительная сфера; 3 - трубопровод; 4 - устройство для ввода газов; 5 - выходное отверстие для шлама; 6 - входное отверстие для орошающей жидкости [3].

#### Конструкция и принцип работы

Запыленный газ поступает в аппарат через устройство ввода газа(4) который смонтирован так что бы создать тангенсальную закручиваемость газа. В центре аппарата установлено устройство для орошения жидкости (8)

Жидкость забирает в себя пыль и стекает по стенкам в кубовую часть аппарата. Через отверстие (7) шлам отводится из аппарата.

Далее с помощью выпрямителя потока (1) газ выпрямляется и отводится из аппарата.

#### Техническая характеристика Пылеуловителя

Производительность, кг/с .....	18
Максимальная температура газа на входе, °С.....	80
Скорость газовой смеси в рабочей зоне, м/с.....	10
Рабочее давление.....	атмосферное
Средняя эффективность пылеулавливания.....	98.8
Диаметр аппарата, м.....	1,4
Габаритные размеры, м	
Длина .....	1,869
Ширина .....	1,869
Высота.....	4,201

### 3. РАСЧЕТЫ, ПОДТВЕРЖДАЮЩИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЯ С ЦЕНТРАЛЬНЫМ ПОДВОДОМ ОРОШЕНИЯ

#### 3.1 Технологический расчет

Расчет мокрых центробежных аппаратов заключается в определении их основных размеров, расхода воды, гидравлического сопротивления и эффективности по очистке газа.

Диаметр цилиндрической части циклонов и скрубберов, м рассчитывают по формуле (1) [15]

$$D = \sqrt{\frac{4V}{\pi U}}, \text{ м} \quad (1)$$

где  $V$  - количество газа, подлежащего очистке при рабочих условиях, м<sup>3</sup>/с;  
 $U$  - средняя скорость газа в сечении цилиндрической части аппарата, м/с.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 16,8}{3,14 \cdot 10}} = 1,46$$

Расход воды, необходимой для орошения стенок аппаратов, л/с определяется в зависимости от их диаметра по формуле (2)

$$G_B = 0,14 \pi D, \text{ л/с} \quad (2)$$

$$G_B = 0,14 \cdot 3,14 \cdot 1,46 = 0,64$$

При таком расходе воды толщина пленки будет не менее 0,3 мм, что исключит разрывы на пути ее движения по стенкам.

Гидравлическое сопротивление, Н/м<sup>2</sup> находят по формуле (3) [15]

$$\Delta p = \mu \frac{U^2}{2} \rho, \text{ Н/м}^2 \quad (3)$$

Где  $\rho$  – плотность газа в рабочих условиях, Н с<sup>2</sup>/м<sup>4</sup>;  
 $U$  – скорость газа во входном патрубке, м/с  
 $\mu$  – коэффициент местного сопротивления аппарата

$$\Delta p = 2,7 \frac{10^2}{2} \cdot 10 = 1350$$

									Лист
									35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

### 3.2 Расчет фланцевых соединений аппарата

Нагрузку на болты  $Q$ , Па при рабочих условиях по формуле (4)

$$Q = 0,785 D_n^2 p + \Pi D_n m p, \text{ Па} \quad (4)$$

Где  $p$  – условное давление, Па

$D_n$  – расчетный диаметр прокладки, м

$M$  – коэффициент давления на прокладку, Па

$$Q = 0,785 2,5^2 + 3,14 2,5 3,75 = 35$$

Нагрузку на болты  $Q_6$ , Па при их затяжке по формуле (5)

$$Q_6 = \Pi D_n b_o \sigma_n, \text{ Па} \quad (5)$$

Где  $\sigma_n$  – посадочное напряжение, МПа

$$Q_6 = 3,14 2,5 3,75 = 30$$

Количество болтов, шт по формуле (6)

$$n = Q_6/q_6 \quad (6)$$

Где  $Q_6$  – наибольшая нагрузка на болт

$q_6$  – допускаемая нагрузка на болт

$$n = \frac{30}{3} = 10$$

Допускаемую нагрузку на один болт, МПа по формуле (7)

$$q_6 = 0,785 (d_1 - d_c)^2, \text{ МПа} \quad (7)$$

Где  $d_1$  – внутренний диаметр резьбы болта, м

$$q_6 = 0,785 (0,016 - 2)^2 = 3$$

Толщина круглого правильного фланца, МПа испытывающего напряжение изгиба по формуле (8)

$$\delta = 0,75 \frac{\sqrt{(D_6 - D_B) D_6}}{n (\Pi D_B - n d_o) d_o [\sigma_{и}]} + 0,012, \text{ МПа} \quad (8)$$

					ОГС 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

Где  $D_6$  – диаметр окружности расположения центров болтов, м  
 $d_0$  - диаметр отверстия под болт, м

$$\delta = 0,75 \frac{\sqrt{(1,4 - 0,48)1,48}}{10(3,14 \cdot 0,48 - 10 \cdot 0,0175)0,0175} + 0,012 = 10,4$$

### 3.3 Расчет сварного таврового соединения стоек аппарата

Расчет допускаемого напряжения, МПа по формуле (9)

$$\sigma = \frac{[T_{cp}] G K L}{z S} \leq [\sigma], \text{ МПа} \quad (9)$$

Где  $[T_{cp}]$  – допускаемое напряжение для сварного шва на срез – 0.6 МПа  
 $G$  – масса аппарата, кг  
 $K$  – катет шва – 0.8  
 $L$  – длина свариваемого элемента, м  
 $Z$  – количество стоек, шт  
 $S$  – толщина свариваемого элемента, м  
 $[\sigma]$  – допускаемое напряжение, МПа

$$\sigma = \frac{0.6 \cdot 1000 \cdot 0.8 \cdot 2.95}{8 \cdot 0.0006} \leq [350] = 295 [350]$$

Расчет сварного таврового соединения стоек аппарата показал, что напряжение в стойках меньше допускаемого таким образом конструкция выдержит массу аппарата.

### 3.4 Расчет корпуса

Толщина стенки цилиндрического аппарата не находится под давлением, м определяем по формуле (10)

$$\delta = \frac{PD}{2\varphi[\sigma]-P} + c \quad (10)$$

где:  $P$  – внутренне давление аппарата МПа,  $P = 0,101$  МПа;  
 $D$  – внутренний диаметр аппарата,  $D = 1,46$  м;  
 $\varphi$  – коэффициент прочности сварного шва,  $\varphi = 0,7 \dots 1,0$ ;

					ОГС 00.00.000 ПЗ	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$[\sigma]$  – допускаемое напряжение на растяжение для материала аппарата,  $[\sigma] = 160$  МПа;

$c$  – прибавка на коррозию,  $c = 0,002$  м

$$\delta = \frac{0,101 \cdot 10^6 \cdot 1,46}{2 \cdot 0,7 \cdot 160 \cdot 10^6 - 0,101 \cdot 10^6} + 0,002 = 0,0026 \text{ м} = 2,6 \text{ мм}$$

Принимаем толщину стенки аппарата согласно ближайшего большего стандартного размера листового проката по ГОСТ 19904-90  $S = 0.0030 \text{ м} = 3 \text{ мм}$ .

Определим толщину днища аппарата, м согласно формуле (11)

$$\delta_d = K \cdot D \sqrt{\frac{P}{\phi[\sigma]}} + c \quad (11)$$

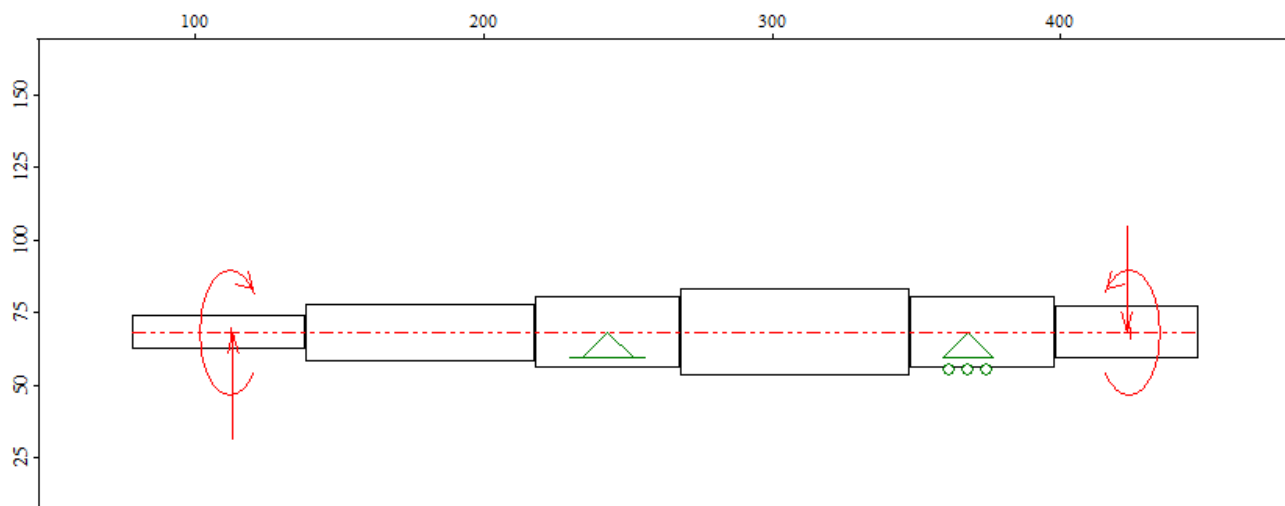
где:  $K$  – коэффициент показывающий тип закрепления днища,  $K = 0,38 \dots 0,53$ ;

$D$  – диаметр аппарата, м

$$\delta_d = 0,38 \cdot 1,46 \sqrt{\frac{0,101}{0,7 \cdot 160 \cdot 10^6}} + 0,002 = 0,0020$$

Принимаем толщину днища согласно ближайшего большего стандартного размера листового проката по ГОСТ 199904-90  $S = 0.0020 = 2 \text{ мм}$ .

### 3.5 Прочностной расчет вала насоса на ЭВМ



## Рисунок 16 - Вал

### Нагрузки

Таблица 2 - Радиальные силы

N	Расстояние от левого конца вала, мм	Модуль, Н	Угол, град
0	35.00	250.00	0.00
1	345.00	250.00	180.00

Таблица 3 - Моменты кручения

N	Расстояние от левого конца вала, мм	Значение, Нхм
0	34.00	-1352.00
1	346.00	1352.00

Таблица 4 - Реакции в опорах

N	Расстояние от левого конца вала, мм	Реакция верт., Н	Реакция гориз., Н	Реакция осевая, Н	Модуль, Н	Угол, град
0	165.00	-620.00	0.00	0.00	620.00	-90.00
1	290.00	620.00	0.00	0.00	620.00	90.00

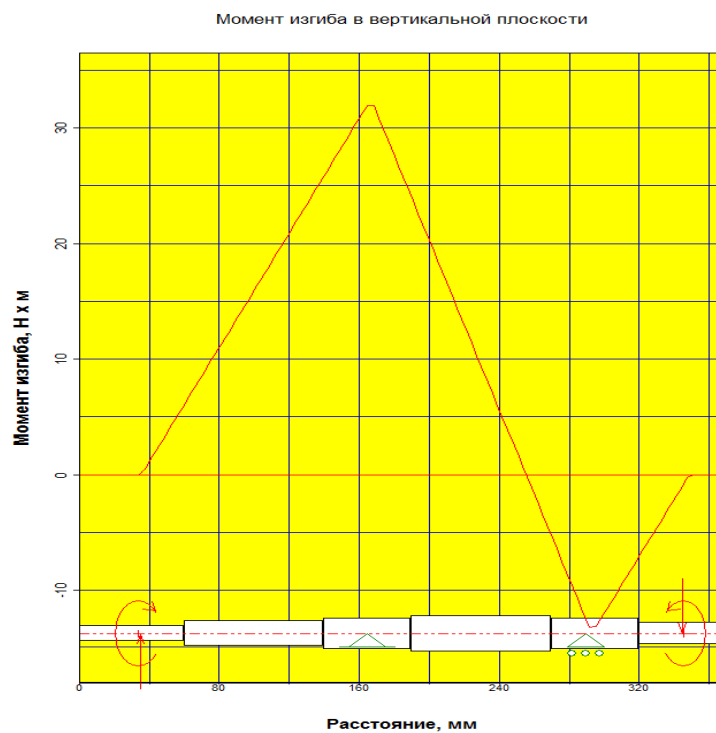


Рисунок 17 – Момент изгиба в вертикальной плоскости

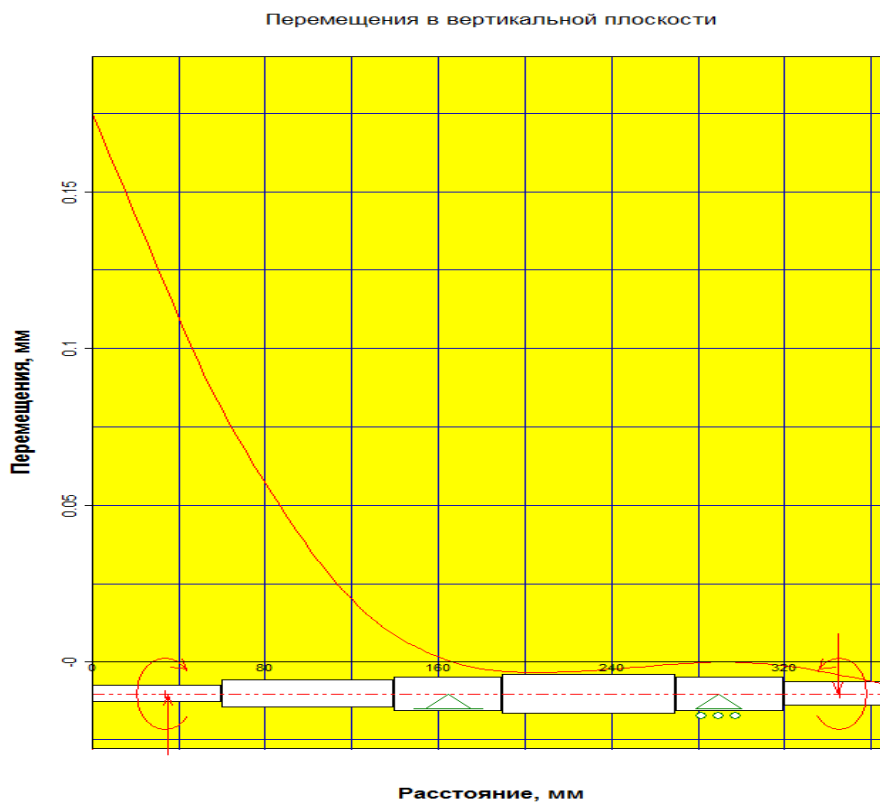


Рисунок 18 – Перемещение в вертикальной плоскости

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ОГС 00.00.000 ПЗ

Лист

40

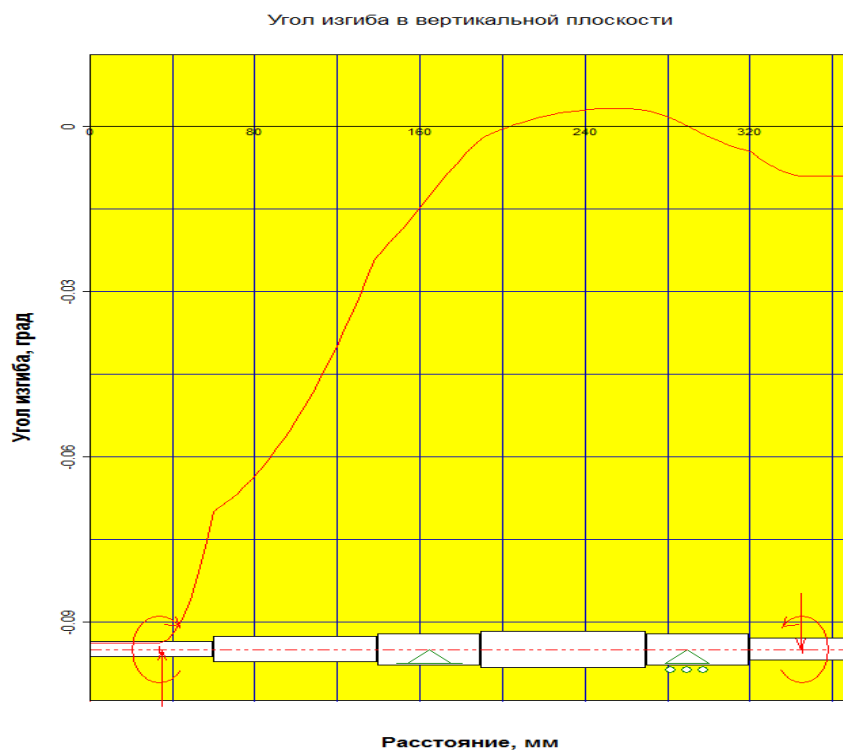


Рисунок 19 – Угол изгиба в вертикальной плоскости

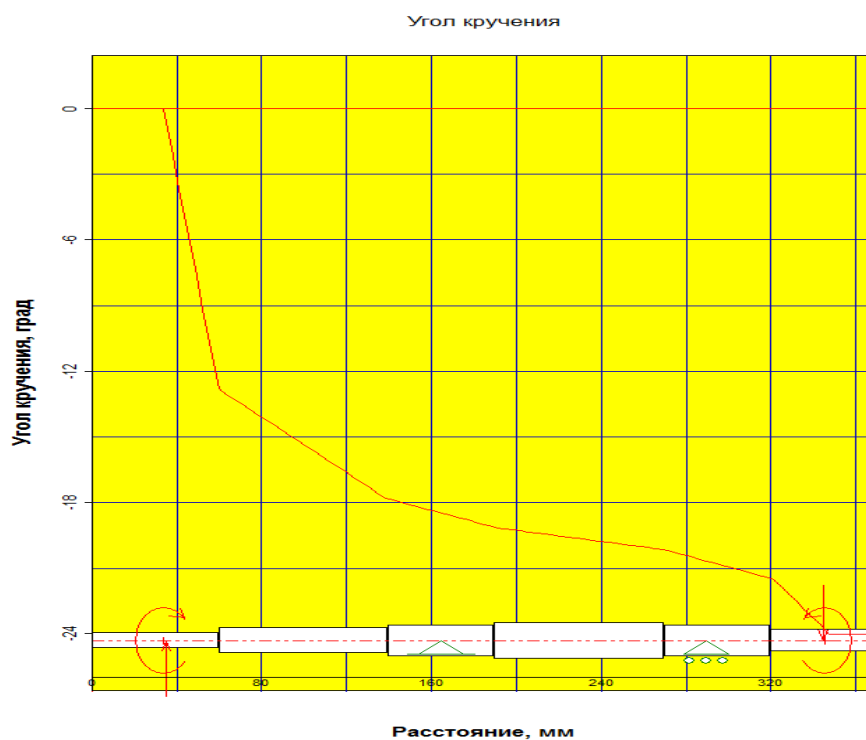


Рисунок 20 – Угол кручения

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

ОГС 00.00.000 ПЗ

Лист

41



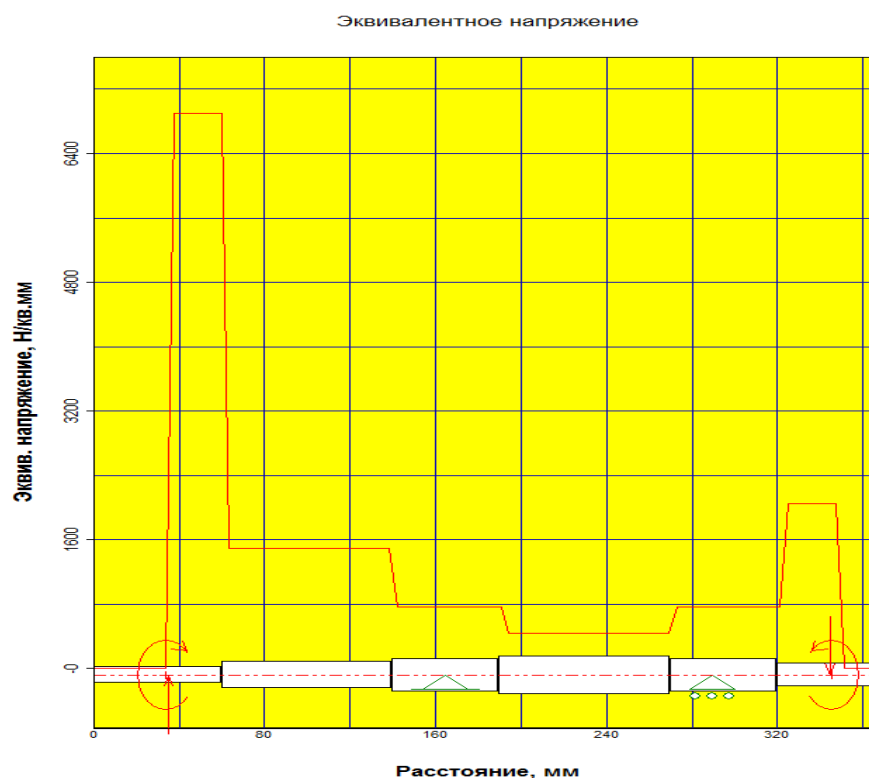


Рисунок 21 – Эквивалентное напряжение

### 3.6 Прочностной расчет подшипника на ЭВМ

Шариковый радиально-упорный подшипник. Подшипник 305 ГОСТ 8338-75

Исходные данные

Таблица 5 - Геометрия

Внешний диаметр	62.000	мм
Внутренний диаметр	25.000	мм
Диаметр тела качения	11.510	мм
Число тел качения	7.000	
Число рядов тел качения	1.000	

Таблица 6 - Точность

Радиальные биения внешн. кольца	1.100	мм
Радиальные биения внутр. кольца	1.100	мм

Таблица 7 - Условия работы

Радиальная сила	250.000	Н
Скорость вращения	3000.000	об/мин
Коэф. динамичности	1.000	
Тип нагружения	Переменная	

Таблица 8 - Резюме

Средняя долговечность	46590581.261	час
Максимальное контактное напряжение	0.000	Н/кв.мм
Выделение тепла	40581.299	Дж/час
Динамическая грузоподъемность	22500.937	Н
Радиальные биения	162.625	мкм
Боковые биения	81.155	мкм
Момент трения	0.036	Н х м
Потери мощности	11.273	Вт

Таблица 9 - Момент трения, (Н х м)

Математическое ожидание	0.036
Дисперсия	0.012
Стандартное отклонение	0.111

0.000	0.015	0.000	0.012	0.013
0.277	0.018	0.000	0.010	0.012
0.000	0.611	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	0.009	0.101
0.015	0.000	0.014	0.011	0.011
0.000	0.000	0.049	0.000	0.013
0.138	0.014	0.049	0.000	0.008
0.015	0.196	0.012	0.000	0.013
0.000	0.011	0.000	0.000	0.000
0.000	0.012	0.138	0.010	0.000
0.000	0.000	0.000	0.013	0.000
0.000	0.017	0.051	0.034	0.649
0.013	0.009	0.017	0.000	0.010
0.000	0.000	0.016	0.000	0.016

0.000	0.154	0.017	0.013	0.000
0.000	0.000	0.000	0.012	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.010	0.074	0.007	0.012	0.000
0.595	0.015	0.000	0.000	0.014
0.000	0.000	0.004	0.009	0.000

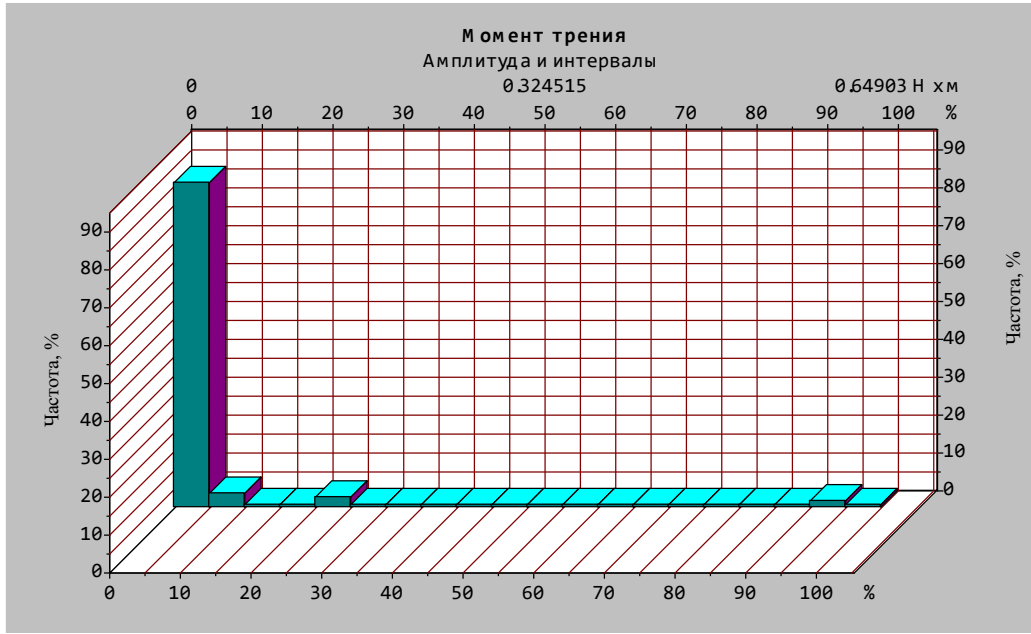


Рисунок 22 – Момент трения

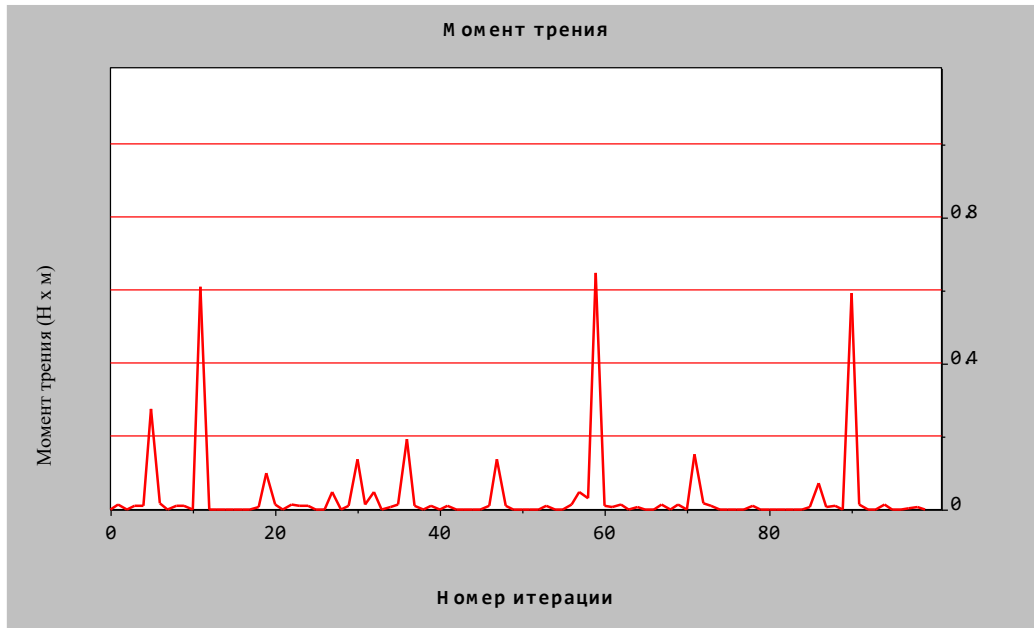
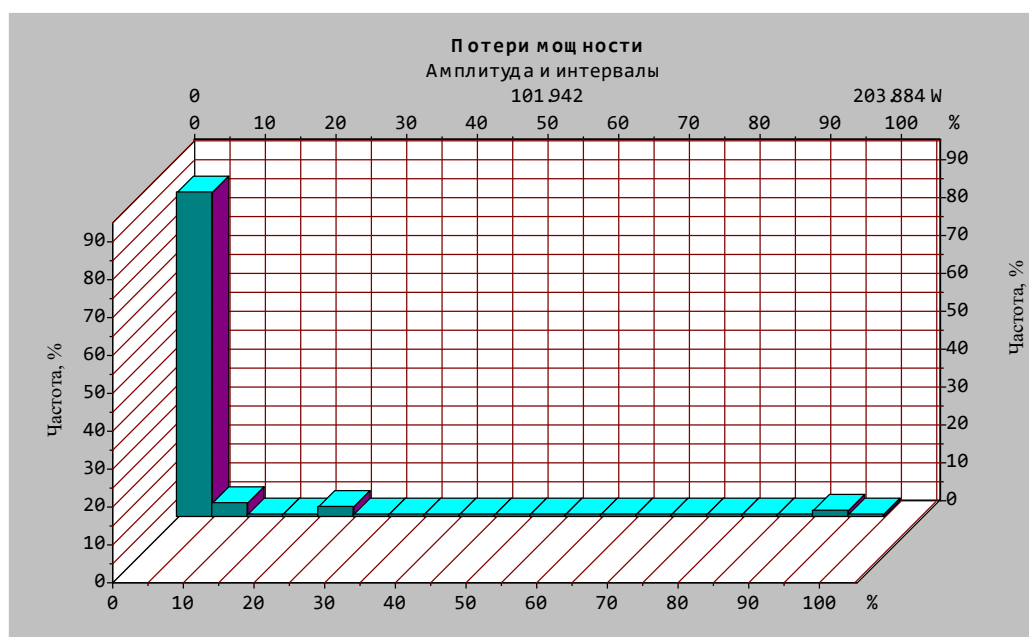


Рисунок 23 – Момент инерции

Таблица 10 - Потери мощности (Вт)

Математическое ожидание	11.273
Дисперсия	1222.997
Стандартное отклонение	34.796

0.000	4.704	0.000	3.803	3.992
87.139	5.690	0.000	3.294	3.638
0.091	191.816	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	2.834	31.710
4.844	0.000	4.377	3.420	3.435
0.000	0.000	15.503	0.000	4.036
43.494	4.345	15.322	0.000	2.635
4.707	61.677	3.792	0.000	4.078
0.000	3.487	0.000	0.000	0.000
0.000	3.808	43.455	3.281	0.000
0.000	0.000	0.000	4.208	0.000
0.000	5.260	15.883	10.572	203.884
4.006	2.837	5.219	0.000	3.020
0.000	0.000	5.002	0.000	4.978
0.000	48.273	5.486	3.972	0.000
0.000	0.000	0.000	3.896	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3.029	23.284	2.291	3.715	0.000
186.859	4.629	0.000	0.000	4.361
0.000	0.000	1.343	2.844	0.000



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

ОГС 00.00.000 ПЗ

Лист

45

Рисунок 24 – Гистограмма осевых биений

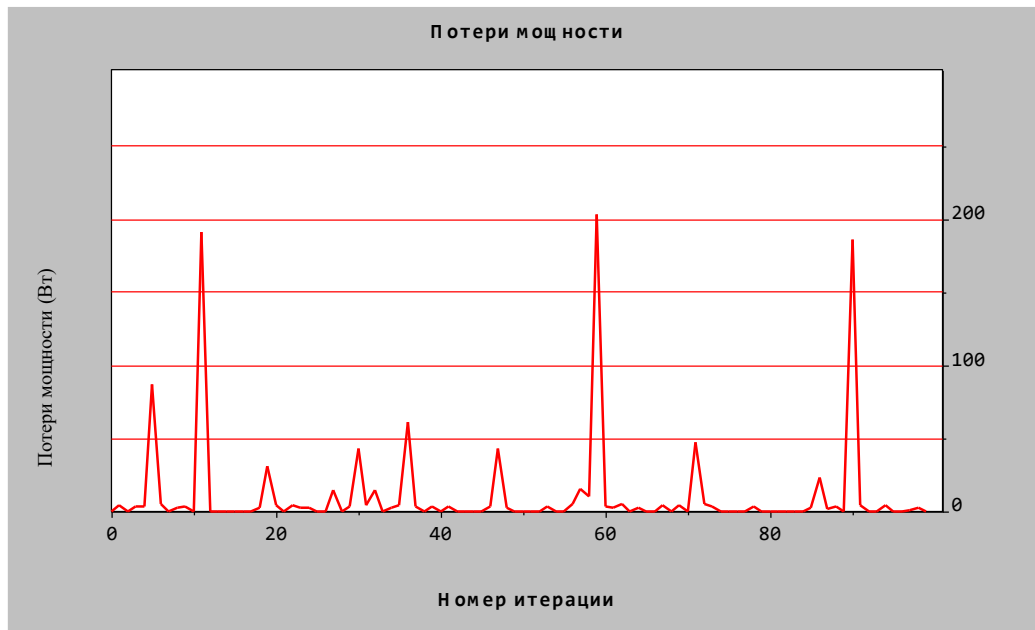


Рисунок 25 – Гистограмма радиальных биений

Таблица 11 - Радиальные биения, (мкм)

Математическое ожидание	162.625
Дисперсия	104080.782
Стандартное отклонение	320.998

66.210	305.829	406.721	302.676	110.351
-321.594	457.167	37.835	677.869	25.223
331.052	-296.371	63.058	37.835	-274.300
94.586	100.892	239.619	157.644	-220.702
898.570	535.989	722.009	346.817	122.962
148.185	91.433	227.007	15.764	327.899
-384.651	381.498	381.498	230.160	25.223
126.115	-267.995	983.698	419.333	766.149
321.594	617.964	428.791	416.180	523.378
227.007	72.516	107.198	59.905	-151.338
340.511	189.173	208.090	586.435	-274.300
-182.867	255.383	-176.561	293.218	-189.173
517.072	66.210	189.173	-409.874	321.594
-18.917	126.115	18.917	-22.070	365.734
110.351	-904.876	460.320	211.243	-113.504

283.759	293.218	592.741	40.987	-56.752
-18.917	-643.187	249.077	296.371	-53.599
37.835	-245.925	148.185	340.511	9.459
-286.912	255.383	154.491	703.092	769.302
-523.378	599.047	104.045	63.058	160.797

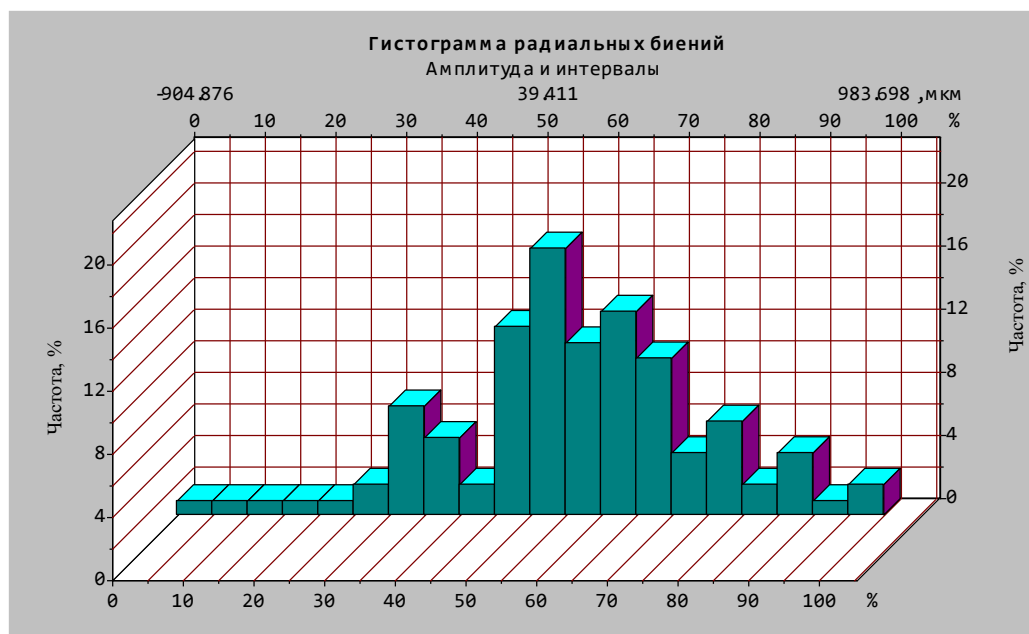


Рисунок 26 – Гистограмма радиальных биений

Таблица 12 - Боковые биения

Математическое ожидание	81.155
Дисперсия	167686.127
Стандартное отклонение	407.442

-25.223	31.529	12.612	378.345	665.257
-911.182	321.594	34.682	75.669	356.275
340.511	201.784	116.657	94.586	72.516
50.446	28.376	3.153	517.072	-1059.367
-110.351	-132.421	-15.764	148.185	214.396
189.173	167.103	337.358	145.032	362.581
-1213.858	163.950	214.396	167.103	438.250
463.473	-1112.966	-277.453	-299.523	12.612
-12.612	3.153	-15.764	-37.835	-56.752
-81.975	176.561	145.032	592.741	34.682
12.612	-6.306	-25.223	217.549	195.478

173.408	548.601	561.212	800.831	-775.608
-703.092	56.752	201.784	179.714	293.218
59.905	37.835	258.536	18.917	548.601
526.531	-1049.909	-397.263	561.212	236.466
214.396	192.326	173.408	617.964	258.536
236.466	204.937	179.714	157.644	132.421
214.396	-1362.044	214.396	640.034	617.964
-958.475	239.619	132.421	107.198	340.511
170.255	148.185	135.574	340.511	321.594

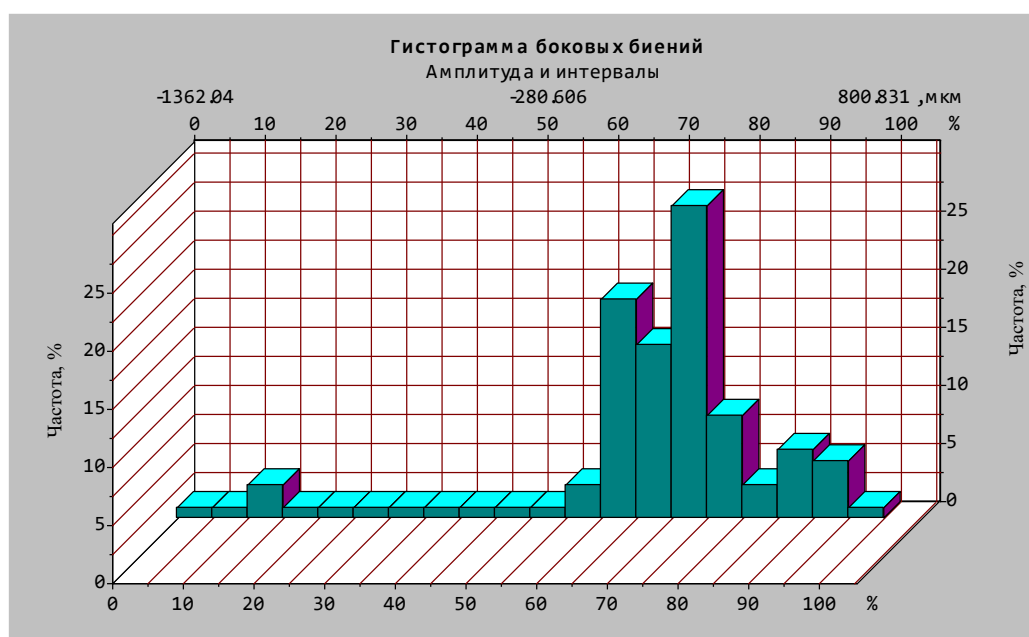
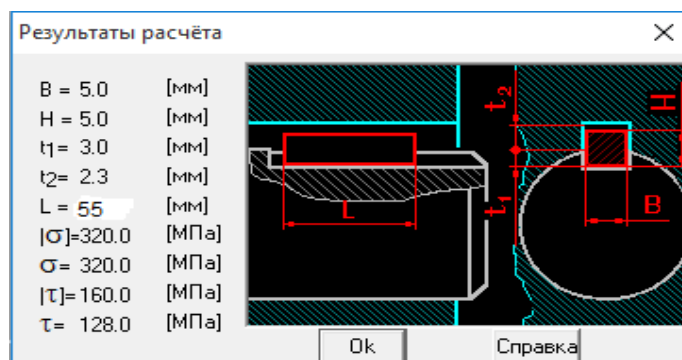


Рисунок 27 – Гистограмма боковых биений

### 3.7 Прочностной расчет шпонки на ЭВМ

Соединение: Призматической шпонкой



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Таблица 13 – Исходные данные

Диаметр вала	15.0	мм
Передаваемый момент	1350.0	Нм
Тип нагрузки	Постоянная	
Тип соединения	Неподвижное	
Материал вала	30ХН3А	
Материал шпонки	60	
Материал втулки	30ХН3А	

Таблица 14 - Результаты расчёта

Ширина шпонки	5.0	мм
Высота шпонки	5.0	мм
Глубина паза на валу	3.0	мм
Глубина паза во втулке	2.3	мм
Длина шпонки	250.0	мм
Допускаемое напряжение смятия	320.0	МПа
Напряжение смятия	320.0	МПа
Допускаемое напряжение среза	160.0	МПа
Напряжение среза	128.0	МПа

Соединение: Призматической шпонкой

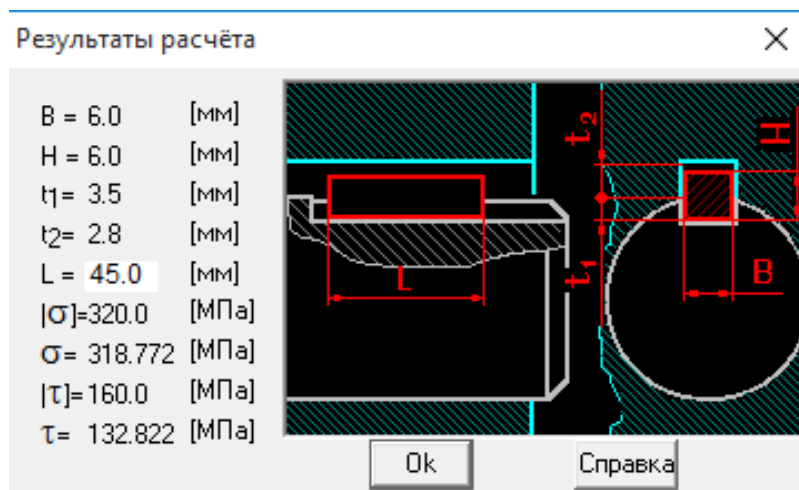


Таблица 15 - Исходные данные

Диаметр вала	22.0	мм
Передаваемый момент	1350.0	Нм
Тип нагрузки	Постоянная	
Тип соединения	Неподвижное	



Материал вала	30ХН3А	
Материал шпонки	40Х	
Материал втулки	60	

Таблица 16 - Результаты расчёта

Ширина шпонки	6.0	мм
Высота шпонки	6.0	мм
Глубина паза на валу	3.5	мм
Глубина паза во втулке	2.8	мм
Длина шпонки	154.0	мм
Допускаемое напряжение смятия	320.0	МПа
Напряжение смятия	318.772	МПа
Допускаемое напряжение среза	160.0	МПа
Напряжение среза	132.822	МПа

## 4 МОНТАЖНЫЙ ПРОЕКТ

### 4.1 Расчет фундаментной площадки

Эскиз фундамента представлен на рисунке 28

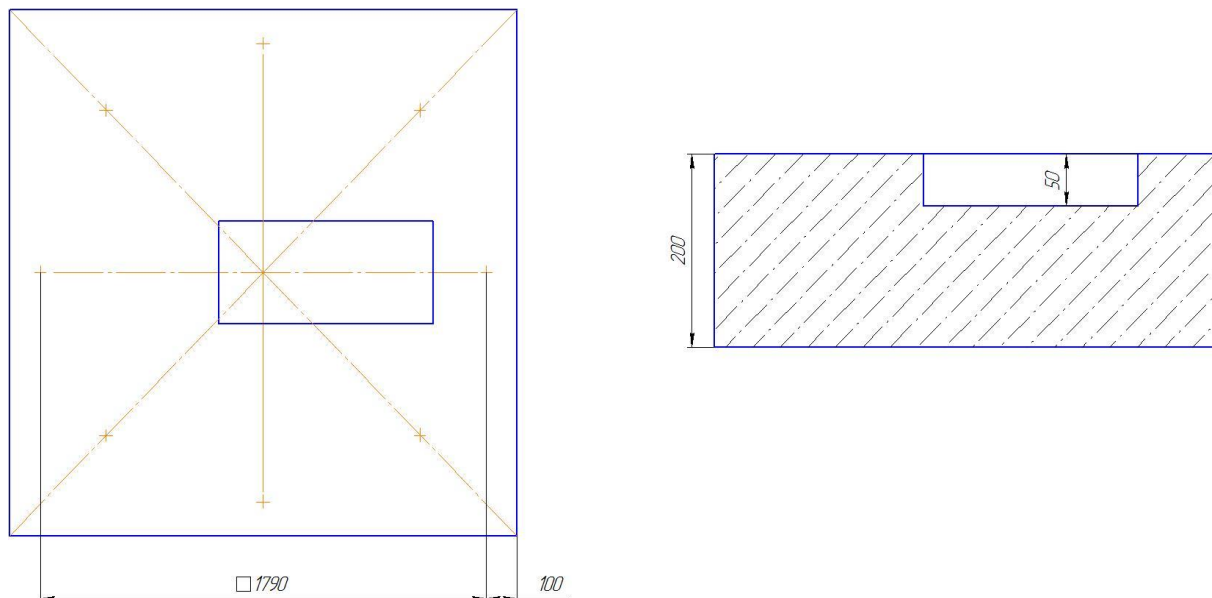


Рисунок 28 – Эскиз фундаментной площадки

Определим наибольшую величину эксцентриситета  $e$  центробежного скруббера, смонтированного на квадратную фундаментную площадку со стороной  $a=1790$  мм.

$$e=5a/100 \quad (12)$$

$$e=4*1790/100=71,6 \text{ мм}$$

Приняв припуск  $\delta=100$  мм на каждую сторону определяем площадь фундамента  $F$ , м<sup>2</sup>, по формуле (13) [13] :

$$\begin{aligned} F &= a^2, \\ F &= 1,9^2 = 3,96 \end{aligned} \quad (13)$$

где:  $a$  – расстояние между осями фундаментных болтов, мм;

$\delta$  – припуск на каждую сторону, мм

										Лист
										51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ОГС 00.00.000 ПЗ					

Высоту фундаментной площадки принимаем равной  $H=0,2$  м

Объем «общий» фундамента  $V, \text{м}^3$ , определяется по формуле (14):

$$\begin{aligned} V' &= F \cdot H, \\ V' &= 3,96 \cdot 0,2 = 0,79 \end{aligned} \quad (14)$$

Рассчитываем площадь и объем блока под насос

Приняв из чертежа размеры сторон блока  $a'=850$  мм  $b'=350$  мм определяем площадь фундамента  $F', \text{м}^2$ , по формуле (15):

$$\begin{aligned} F' &= a' \cdot b', \\ F' &= 0,85 \cdot 0,35 = 0,29 \end{aligned} \quad (15)$$

Высоту блока принимаем равной  $H'=0,05$  м

$$\begin{aligned} V'' &= F' \cdot H', \\ V'' &= 0,29 \cdot 0,05 = 0,014 \end{aligned} \quad (16)$$

Находим действительный объем фундаментной площадки  $V, \text{м}^3$  по формуле (17)

$$\begin{aligned} V &= V' - V'', \\ V &= 0,79 - 0,014 = 0,77 \end{aligned} \quad (17)$$

Вес фундамента, кН, определяется по формуле (18) [13]:

$$\begin{aligned} G_{\phi} &= V \cdot \gamma \\ G_{\phi} &= 0,77 \cdot 12 = 9,24 \end{aligned} \quad (18)$$

где  $\gamma$  - удельный вес материала,  $\text{кН}/\text{м}^3$

Фактическое давление на грунт основания  $P, \text{кН}$ , определяется по формуле (19):

$$P = (G_M + G_{\phi}) / \alpha \cdot F \leq [P_H], \quad (19)$$

					ОГС 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

$$P = (10 + 9.24) / 0,3 \cdot 3,96 = 16 \leq 25$$

Фактическое давление на перекрытие не превышает допустимого значения. Следовательно, фундаментная площадка с принятыми размерами спроектирована правильно.

Динамической составляющей аппарата будет напор воды, который перемещается в распылительной сфере и ее нагрузка будет передаваться корпусу аппарата.

Напор создается насосом К8/18 следующие расчеты будут применяться относительно насосу.

$$P_z = m \cdot \omega^2 \cdot e \quad (20)$$

$$P_z = 5 \cdot 314^2 \cdot 0,072 = 35495$$

где:  $m$  – масса вращающейся части, кг;

$\omega$  – угловая скорость, рад/с;

Амплитуда вынужденных вертикальных колебаний  $A_z$ , м, определяется по формуле (21) [13]:

$$A_z = K \cdot \frac{P_z}{G_0 \cdot (N_z - n^2)} \leq [A_z] = 0,0002..0,0003 \quad (21)$$

$$A_z = 90 \cdot \frac{35495}{19480 \cdot (54,5 - 3000^2)} = 0,000018$$

где  $G_0$  – вес фундамента и аппарата,  $G_0 = 19480$  Н;

$K$  – коэффициент,  $K = 90$  м / мин<sup>2</sup>;

$N_z$  – частота вертикальных колебаний, мин<sup>-1</sup>, которая определяется по формуле (22):

$$N_z = K_1 \cdot \sqrt{\frac{G_z \cdot F}{G_0}}, \quad (22)$$

$$N_z = 9,55 \cdot \sqrt{\frac{16 \cdot 10^4 \cdot 3,96}{19480}} = 54,4$$

где  $K_1$  – коэффициент,  $K_1 = 9,55$  мин<sup>-1</sup>;

$c_z$  – коэффициент упругости грунта, Н/м<sup>2</sup>, который определяется по формуле (23) [13]:

$$C_z = \frac{3,2 \cdot 10^4}{\sqrt{F}}, \quad (23)$$

					ОГС 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

$$C_z = \frac{3,2 \cdot 10^4}{\sqrt{3,96}} = 1,6 \cdot 10^4$$

При проверке на резонанс находим отношение вынужденных и собственных колебаний системы «фундаментная площадка-машина» по формуле (24):

$$0,7 \geq \frac{3000}{54,5} \geq 1,3 \quad (24)$$

$$0,7 \geq \frac{3000}{54,5} \geq 1,3 = 55$$

Явление резонанса у машины не присутствует.

Фактическое давление на перекрытие при наличии динамической составляющей  $P_d$ , кН, определяется по формуле (25) [13]:

$$P_d = (G_m + G_f + P_z) / \alpha \cdot F \leq [P_n], \quad (25)$$

$$P_d = (19480 + 9240 + 35495) / 0,3 \cdot 3,96 = 57 \leq 200$$

#### 4.2 Расчет крепления оборудования

Болты изготавливаем из стали Ст.3 ГОСТ 380 - 88 с пределом прочности  $[\sigma_p] = 140$  МПа. Марка бетона М150. Количество болтов 4.

Площадь сечения болтов  $S$ ,  $m^2$ , определяется по формуле (26) [13]:

$$S = \frac{P_3 + x \cdot P}{z \cdot [\sigma_p]}, \quad (26)$$

$$S = \frac{1320 + 0,55 \cdot 2 \cdot 10^3}{8 \cdot 140 \cdot 10^6} = 0,55 \cdot 10^{-4}$$

Принимаем болт с резьбой диаметром М10 на основании таблицы 4.2 [5.стр.61]

где  $x$  – коэффициент нагрузки,  $x = 0,55$ ;

$P$  – расчетная динамическая нагрузка, которая равна  $P_z = P = 2 \cdot 10^3$  кН

$P_3$  – усилие затяжки, кН, которое определяется по формуле (27) [13]:

$$P_3 = K_{ст} \cdot P \cdot (1 - x), \quad (27)$$

$$P_3 = 2,2 \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot (1 - 0,7) = 1320$$

Необходимую площадь сечения болта  $S_g$ ,  $m^2$ , определяют по формуле (28):

					ОГС 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

$$S_g = \frac{P_3 + x \cdot P}{z \cdot [\sigma_g]}, \quad (28)$$

$$S_g = \frac{1800 + 0,7 \cdot 2 \cdot 10^3}{4 \cdot 44,22 \cdot 10^6} = 1,8 \cdot 10^{-4}$$

где  $[\sigma_g]$  – предел допустимой прочности болта при динамических нагрузках, МПа, который определяется по формуле (29):

$$[\sigma_g] = \frac{0,278 \cdot [\sigma_p] \cdot \alpha}{\mu}, \quad (29)$$

$$[\sigma_g] = \frac{0,278 \cdot 140 \cdot 10^6 \cdot 1,25}{1,1} = 44,22$$

Так как  $S_g > S$ , то принимаем болты М20.

Глубину заделки болта в бетон, Н, мм, определяют по формуле (30) [13]:

$$H = 3 \cdot d, \quad (30)$$

$$H = 3 \cdot 20 = 60$$

Эскиз фундаментного болта представлен на рисунке 29

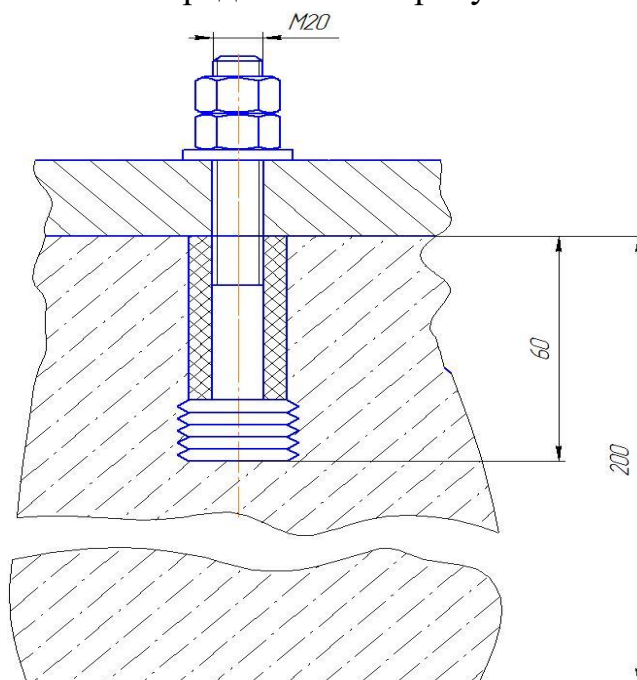


Рисунок 29 - Эскиз фундаментного болта

### 4.3 Сетевой график монтажа оборудования

Эскиз сетевого графика представлен на рисунке 30

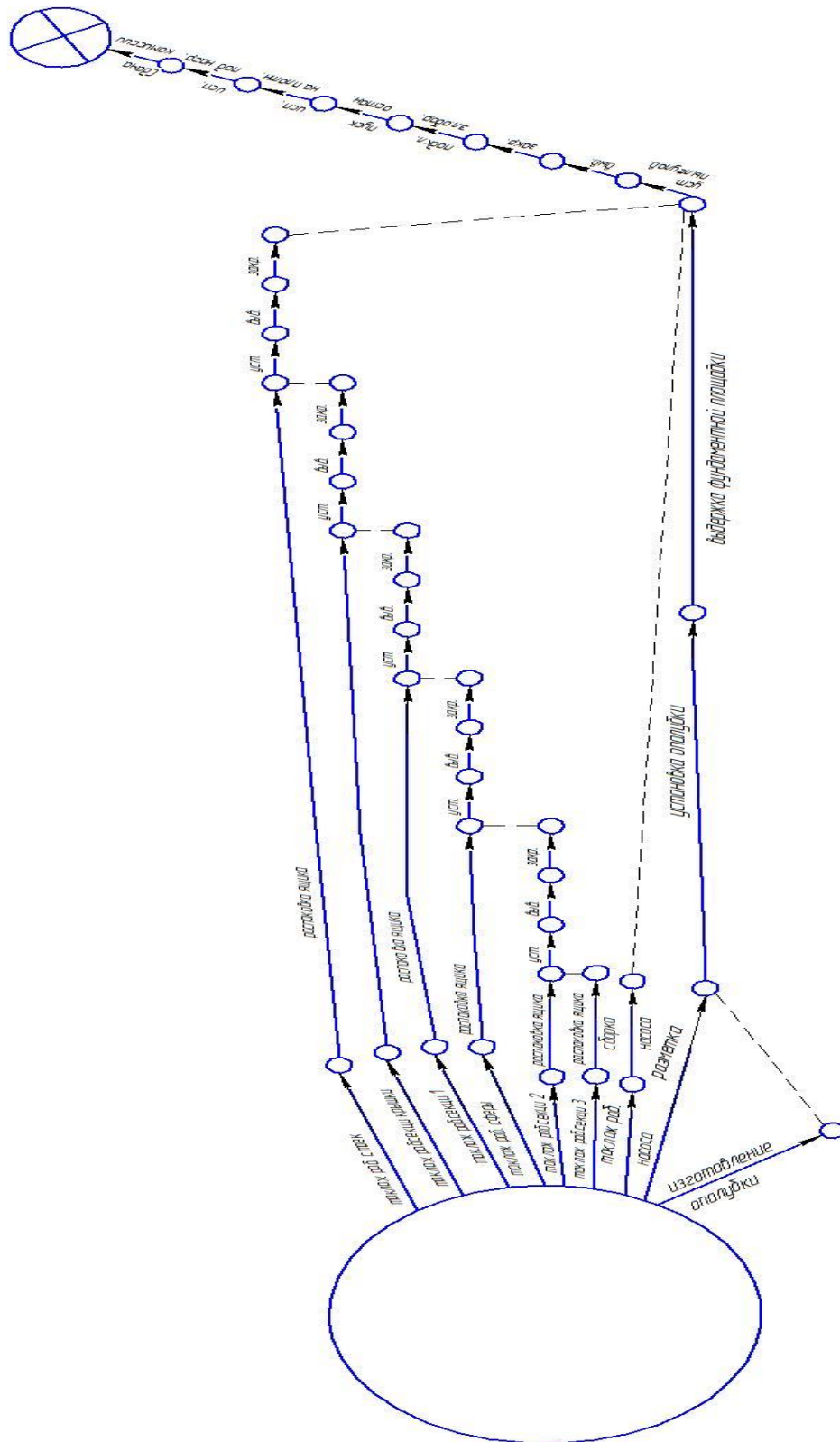


Рисунок 30 – Эскиз сетевого графика

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ОГС 00.00.000 ПЗ

Лист

56

Расчет сетевого графика представлен в виде таблицы 17

Таблица 17 - Расчет сетевого графика [14]

№ начального события предшествующих работ	Наименование работы	Шифр работ	Продолжительность работ		Резерв времени
			Минимальная	Максимальная	
1	2	3	4	5	6
1	Разметка	1	2	2	0
2	Изготовление опалубки	1-2	3	3	0
3	Установка опалубки	3-4	2	2,5	0,5
4	Выверка опалубки	5-6	1	1,2	0,2
6	Заливка фундаментной площадки	7-8	6	6,5	0,5
7	Выдержка фундаментной площадки	9-10	48	50	2
10	Такилажные работы насоса	10-11	2	2	0
11	Сборка насоса	11-12	3	3	0
13	Такилажные работы секции 3	13-14	4	4,5	0,5
14	Распаковка ящика	14-15	1	1	0
15	Такилажные работы секции 2	15-16	4	4,5	0,5
16	Распаковка ящика	16-17	1	1	0
17	Установка	17-18	2	2,5	0,5
18	Выверка	18-19	2	2,5	0,5
19	Закрепление	19-20	3	3,5	0,5
20	Такилажные работы сферы	20-21	2	2,5	0,5
21	Распаковка ящика	21-22	1	1	0
22	Установка	22-23	1,5	2	0,5
23	Выверка	23-24	1	1	0
24	Закрепление	24-25	1,5	2,0	0,5
25	Такилажные работы секции 1	25-26	4	4,5	0,5
26	Распаковка ящика	26-27	1	1	0
27	Установка	27-28	2	2,5	0,5
28	Выверка	28-29	2	2,5	0,5
29	Закрепление	29-30	3	3,5	0,5
30	Такилажные работы крышки	30-31	3	3,5	0,5



31	Установка	31-32	2	2,5	0,5
32	Выверка	32-33	2	2,5	0,5
33	Закрепление	33-34	3	3,5	0,5
34	Такилажные работы стоек	34-35	2	2,5	0,5
35	Распаковка ящика	35-36	1	1	0
36	Установка пылеуловителя	36-37	2	2,5	0,5
37	Выверка	37-38	2	2,5	0,5
38	Закрепление	38-39	3	3,5	0,5
39	Подключение электрооборудования	39-40	6	7	1
40	Пуск останова насоса	40-41	0,08	0,08	0
41	Испытание на плотность	41-42	4,5	4,5	0
42	Испытание под нагрузкой	42-43	4,5	4,5	0
43	Сдача комиссии	44			

#### 4.4 План размещения оборудования в цехе

Список помещений, входящих в цех по производству сухого молока:

- 1) Цех переработки сыворотки
- 2) Лаборатория
- 3) Моечная
- 4) Компрессорная
- 5) Цех сушки
- 6) Склад готовой продукции

Функциональные связи цеха сухого молока представлен в таблице 15

Таблица 18 - Функциональные связи цеха сухого молока

№ отделений и помещений	Отделения и помещения	Номера отделений и помещений					
		1	2	3	4	5	6

1	Цех переработки сывортки						
2	Лаборотория						
3	Моечная						
4	Компрессорная						
5	Цех сушки						
6	Склад готовой продукции						

Принципиальная безразмерная схема компоновки цеха сухого молока представлена на рисунке 31.

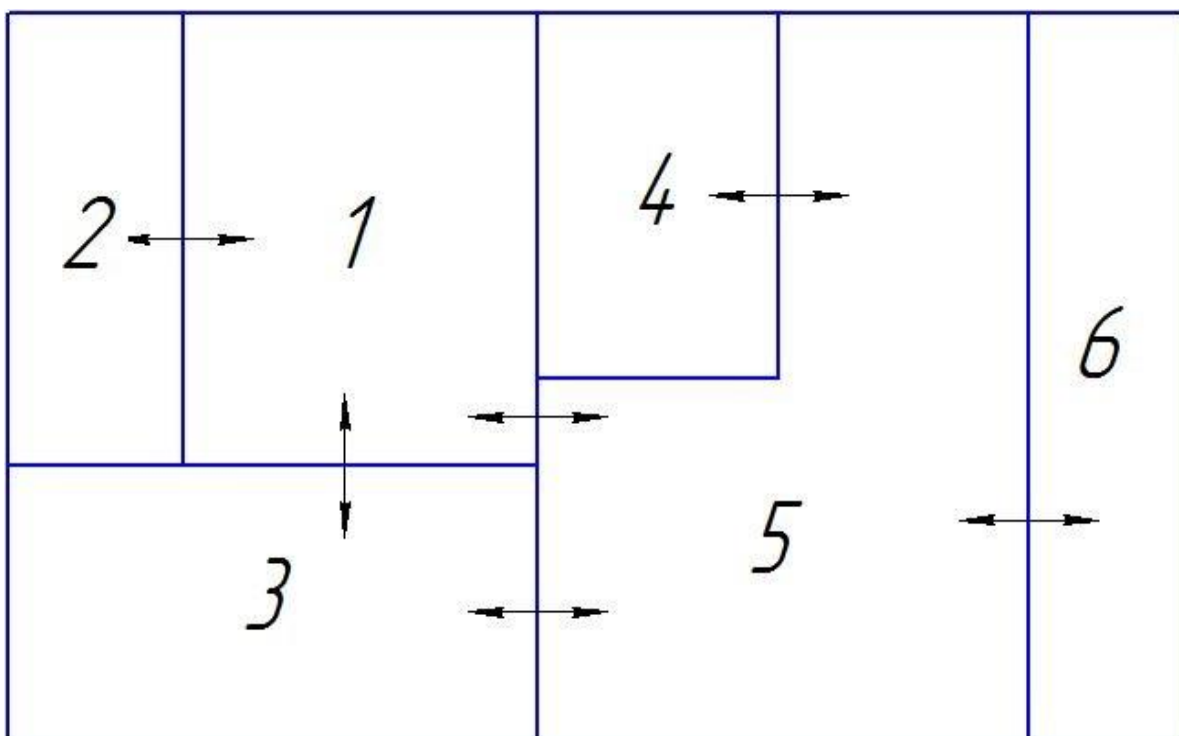


Рисунок 31 – Принципиальная безразмерная схема компоновки цеха сухого молока

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте рассмотрена машинно-аппаратурная схема производства сухого молока, из которой выявлена структура производства, а также узкие места в линии. Далее был обработан спектр большого количества теоретического материала современных конструкций пылеуловителей, а также патентный обзор и сделан вывод, что в целом можно разделить на два основных направления: 1) Изменение свойств и конструкции пылеуловителей, направленное на улучшение свойств уловления пыли. Улучшение качества пылеуловления за счет оптимизации рассеивания воды из распылительной сферы внутри аппарата; тангенсального подвода пылегазовой смеси. 2) Улучшение эксплуатационных характеристик оборудования. Изменение технических качеств, влияющих на срок эксплуатации, надежность, удобство в обслуживании и ремонтпригодность, приведение конструкции оборудования в соответствие с современным уровнем техники.

Изучили инструкцию Пылеуловителя с центральным подводом орошения и произвели технологический, расчет фланцевых соединений, расчет сварного таврового соединения стоек аппарата, расчет вала, подшипников, шпонок и ввели что работа обеспечивается в пределах нормы для данного вида оборудования.

Также был спроектирован монтажный проект с расчетами по проектированию фундаментной площадки, который показал, что перекрытие и сама фундаментная площадка разработана верно для данной оборудования, крепления оборудования показала, что нужно использовать болты М20. Был разработан сетевой график оборудования вместе с компоновкой цеха сухого молока.

					ОГС 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электронный ресурс, режим доступа:  
[http://ntpo.com/patents\\_water/water\\_3/water\\_97.shtml](http://ntpo.com/patents_water/water_3/water_97.shtml)
2. Электронный ресурс, режим доступа:  
<http://12fan.ru/3650439960.html#1>
3. Электронный ресурс, режим доступа:  
<http://www.allbeton.ru/wiki/%D0%A2%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D>  
...
4. Панфилов, В.А. Проектирование, конструирование и расчет техники пищевых технологий / Панфилов В.А. – РАСХН. 2013. – 912 с.
5. Технологическое оборудование молококомбинатов в [Текст] / С.А. Бредихин, О.В. Бредихина, Ю.В. Космодемьянский, Л.Л. Никифороз. – М.: Колос, 2000. – 392 с.
6. Сорокопуд А.Ф., Петров В.И. Технологическое оборудование. Курсовое и дипломное проектирование технологического оборудования пищевых производств. КемТИПП, 2006 – 108 с.
7. Сорокопуд А.Ф., Даниленко М.И. Совершенствование мокрого пылеулавливания в технологии сыпучих пищевых продуктов //Хранение и переработка сельхозсырья, №4, 1997. – 3 с.
8. Крусь, Г.Н. Технология молока и молочных продуктов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Г.Н. Крусь, Храмцов А.Г., Волокитина З.В., Карпычев С.В. - М.: КолосС, 2006. – 455 с.
9. Электронный ресурс, режим доступа  
<http://cyklon-cn.ru/scrubberse.html>
10. Патент РФ № 2084834 Кочетов О. С. Прочее оборудование для переработки 2006.
11. Патент РФ № 2261139 Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет) Вихревой скруббер 2005.  
Патент № 2134150 Кубанский государственный технологический университет. Циклонный скруббер 1999.
12. Алиев Г.М. Устройство и обслуживание газоочистительных и пылеулавливающих установок - М.: Металлургия, 1983 – 102 с.
13. Петров В.И. Диагностика, ремонт, монтаж и сервисное обслуживание оборудования. КемТИПП, 2003 – 65.
14. Петров В.И. Основы проектирования предприятий пищевой промышленности, КемТИПП 2003 – 93.
15. Электронный ресурс, точка доступа  
[http://www.referat.ru/download/XkbPuLawojGhtKF\\*ostpPg!!/ref-...](http://www.referat.ru/download/XkbPuLawojGhtKF*ostpPg!!/ref-...)
16. Машины и оборудование для переработки молока: каталог. – М.: Росинформагротех, 2006. – 346 с.

					ОГС 00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

- 17.Оборудование для малотоннажных перерабатывающих производств: каталог. – М.: Росинформагротех, 2004. – 241 с.
- 18.Машины и оборудование для переработки сельскохозяйственной продукции, выпускаемые в регионах России: каталог (дополнение). – М., 2002. – 187 с.
- 19.Крусь, Г. Н. Технология молока и молочных продуктов/ Г. Н. Крусь [и др.]. – М.: КолосС, 2006. – 455 с
- 20.Бредихин, С. А. Технология и техника переработки молока / С. А. Бредихин, Ю. В. Космодемьянский, В. Н. Юрин. – М.: Колос, 2003. – 400 с.
- 21.Буянова, И. В. Технология цельномолочных продуктов и мороженого: лабораторный практикум / И. В. Буянова, И. А. Генералова, Л. М. Захарова. – Кемерово, 2002. – 116 с.
- 22.Атраментов А.Г. Совершенствование первичной обработки молока. – Москва: Агропромиздат. - 1990.-стр.42.
- 23.Баранова И.П. Повышение ценности сырого молока. - Молочная промышленность №11. – 2006.-стр.11.
- 24.Вранчан В.М., Скляр П.А., Побединский В.М. Заготовка и переработка молока. - Кишинев. - 2003.-стр.24.
- 25.Бредизин С.А., Космодемьянский Ю.В., Юрин В.Н. «Технология и техника переработки молока». – Москва «Колос», 2001. – стр. 7-18.
- 26.Гузун В.А. Пути повышения качества молока. – Кишинев. - 1987.-стр.37.
- 27.Электронный ресурс, точка доступа:  
[www.rosproduct.ru](http://www.rosproduct.ru)
- 28.Электронный ресурс, точка доступа:  
[www.baoksite.ru](http://www.baoksite.ru)
- 29.Электронный ресурс, точка доступа:  
<http://linevkus.ru/p38507634-moloko-suhoe-tselnoe.html>
- 30.Горобивская М. Состояние молочной промышленности в мире и ее перспективы в XXI веке. – Кишинев. - 2001.-стр.3.
- 31.Шкилев Н.П. «Аграрная наука. Использование молока для производства сыра». - № 8, 2006. – стр. 13-18.
- 32.Голубева Л.В., Чекулаева Л.В., Полянский К.К. Хранимоспособность молочных консервов/Воронеж гос. технол. акад., - Воронеж; 1999- 136 с.
- 33.Чекулаева Л. В. Нормализация молока при производстве молочных консервов. - М.: Агропромиздат, 1987. - 64 с.
- 34.Чекулаева Л.В., Полянский К.К., Голубева Л.В. Технология продуктов консервирования молока и молочного сырья: Учеб. пособие — Воронеж: Издательство Воронежского государственного университета, 1996. — 248 с.
- 35.Guzun V., „Tehnologia laptelui și a produselor lactate”. – Lucrare de laborator și practice „Chivitas”, Chișină, 1998. – pag. 190-192

										Лист
										62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

# ПРИЛОЖЕНИЕ