

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте

Кафедра Технология машиностроения, станки и инструменты

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой

_____ Бобылев А.В.
_____ 2018г.

Совершенствование технологии и оборудования для вибрационного
перемешивания жидких технологических сред.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–15.03.05.2018.181.00 ПЗ ВКР

Консультанты
Безопасность жизнедеятельности,
доцент:

_____ А.В. Бобылев
_____ 2018 г.

Руководитель работы, профессор:

_____ С.В. Сергеев
_____ 2018г.

Автор работы
студент группы ФТТ-401

_____ В.Н. Ахмадеев
_____ 2018 г.

Нормоконтролер, профессор:

_____ Б.А. Решетников
_____ 2018 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте

Направление 15.03.05 Конструкторско - технологическое обеспечение
машиностроительных производств
Кафедра Технология машиностроения, станки и инструменты

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

_____/Бобылев А.В./
_____2018 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу студента

Ахмадеева Вадима Нигаматьяновича

Группа ФТТ-401

- 1.Тема работы Совершенствование технологии и оборудования для
вибрационного перемешивания жидких технологических сред
утверждена приказом по университету от «04» 04 2018 г. № 580
- 2.Срок сдачи студентом законченной работы 23 июня 2018 г.
- 3.Исходные данные к работе
 - 3.1 Научная, техническая и патентная литература

4.Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

Аннотация

Оглавление

Введение

4.1 Сравнение отечественных и зарубежных рядовых технологий и оборудования для перемешивания жидких технологических сред. Обзор жидких технологических сред. Проблемы при приготовлении и восстановлении жидких технологических сред. Способы получения и восстановления технологических жидкостей. Аппараты и установки для перемешивания технологических жидкостей. Выводы.

4.2 Конструкторско-Технологический раздел. Описание способа возбуждения колебаний. Нахождение закономерностей движения жидкой среды в вибросмесителе. Выводы.

4.3 Проведение экспериментов в программе FlowVision. Создание объектов и данных, для проведения экспериментального расчета перемешивания жидкой среды в инерционном вибросмесителе. Анализ результатов данных полученных при расчете процесса перемешивания с радиально-осевыми колебаниями разной частоты. Определение оптимальных параметров работы вибросмесителя. Расчет и анализ вибросмесителя с двумя роторами, при условии синхронного вращения. Анализ работы вибросмесителя с различной геометрией отверстий в активаторе. Выводы.

4.4 Раздел безопасности жизнедеятельности. Разработка мероприятий по снижению воздействия вибраций на организм человека. Безопасность работы на компьютере. Мероприятия по ограничению облучения населения в условиях радиационной аварии. Выводы

4.5 Экономический раздел. Ориентировочные расчеты себестоимости изготовления вибросмесителя. Выводы

Заключение

Библиографический список

5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1 Цели и задачи ВКР (Плакат)	1,0 л
2 Способы перемешивания жидких сред и получаемые гетерогенные системы (Плакат)	1,0 л
3 Анализ устройств для перемешивания жидких сред (Плакат)	1,0 л
4 Новый способ (патент РФ 2543204) виброструйного перемешивания жидких технологических сред и принцип работы вибросмесителя. (Плакат)	1,0 л
5 Методика исследования процесса формирования трасс внутренних затопленных струй в ньютоновских жидких средах. (Плакат)	1,0 л
6 Влияние частоты радиально-осевых колебаний активатора на скорости потоков принудительно создаваемых внутренних затопленных струй (Плакат)	1,0 л
7 Влияние геометрии конических отверстий активатора на скорости потоков принудительно создаваемых внутренних затопленных струй. (Плакат)	1,0 л
8 Влияние количества отверстий и дисков на формирование трасс потоков. (Плакат)	1,0 л
9 Влияние формы отверстий активатора на скорости и направления потоков принудительно создаваемых внутренних затопленных струй (расчет в программной среде FlowVision). (Плакат)	1,0 л
10 Выводы по работе. (Плакат)	1,0 л

Всего 10 листов

6. Консультанты по работе, с указанием относящихся к ним разделов работы

Раздел	Консультант	Подпись, дата	
		Задание выдал (консультант)	Задание принял (студент)
Безопасность жизнедеятельности	Бобылев А.В.		

7. Дата выдачи задания 28.05.2018

Руководитель Сергеев Сергей Васильевич
(ФИО)

(подпись)

Задание принял к исполнению 28.05.2018

Студент-дипломник Ахмадеев Вадим Нигаматьянович
(ФИО)

(подпись)

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов дипломной работы	Срок выполнения этапов работы	Отметка о выполнении
Введение Сравнение отечественных и зарубежных рядовых технологий и оборудования для перемешивания жидких технологических сред	01.06.18	
Расчетно-Конструкторско- Технологический раздел	08.06.18	
Экспериментально- Исследовательский раздел	18.06.18	
Безопасность жизнедеятельности	20.06.18	
Экономический раздел	22.06.18	
Оформление проекта	23.06.18	

Зав. кафедрой _____ /А.В. Бобылев /

(подпись)

Руководитель работы _____ /С.В. Сергеев /

(подпись)

Студент-дипломник _____ /В.Н. Ахмадеев /

(подпись)

АННОТАЦИЯ

Ахмадеев, В.Н. Совершенствование технологии и оборудования для вибрационного перемешивания жидких технологических сред. – Златоуст: Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ» (НИУ) в г. Златоусте; 2018, 90 с. 39 ил. Библиографический список – 29 наим., 10 листов чертежей ф. А1.

Выпускная квалификационная работа посвящена исследованию и совершенствованию процесса перемешивания жидких технологических сред.

В работе проведен анализ и исследование вопроса связанного с проблемой приготовления и утилизации жидких технологических сред.

Описан способ возбуждения колебаний и найдены закономерности движения жидких сред в вибросмесителе при применении роторного инерционного вибропривода.

На базе программы FlowVision были проведены компьютерные эксперименты процесса виброперемешивания жидких сред. Результаты расчетов и анализ подробнее описаны в работе. Выполнено сравнение результатов расчетов полученных при разных режимах работы вибросмесителя, а затем выбраны оптимальные режимы, дающие максимальную производительность.

В разделе безопасности были рассмотрены воздействия вибрации на организм человека и методы борьбы с ними.

					15.03.05.2018.181.00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Совершенствование технологии и оборудования для вибрационного перемешивания жидких технологических сред.	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Ахмадеев В.Н.					4	
Провер.		Сергеев С.В.						
Реценз.								
Н. Контр.		Решетников						
Утверд.		Бобылев А.В.				Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ» (НИУ) в г. Златоусте		

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ РЯДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ЖИДКИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕД.....	8
1.1 Жидкие технологические среды и существующие проблемы при их приготовлении и восстановлении	8
1.2 Способы получения и восстановления технологических жидкостей	11
1.3 Аппараты и установки для перемешивания технологических жидкостей ...	16
1.3.1 Аппараты центробежного типа.....	16
1.3.2 Группа аппаратов вибрационного типа.....	21
1.3.3 Группа аппаратов кавитационного типа	23
1.4 Итоги анализа существующих способов	24
2 РАСЧЕТНО-КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	28
2.1 Описание способа возбуждения колебаний.....	28
2.2 Нахождение закономерностей движения жидкой среды в вибросмесителе	32
2.3 Описание нового способа и аппарата для вибрационного перемешивания	40
3 ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ В ПРОГРАММЕ FLOWVISION.....	46
3.1 План экспериментальных исследований.....	46
3.2 Методика исследования процесса формирования трасс внутренних затопленных струй ньютоновских жидкостей.....	46
3.3 Исследование влияния изменения частоты радиально-осевых колебаний активатора на скорости потоков принудительно создаваемых внутренних затопленных струй.....	53
3.4 Влияние геометрии конических отверстий активатора на скорости потоков принудительно создаваемых внутренних затопленных струй.....	57
3.5 Влияние количества отверстий и дисков на формирование трасс потоков.....	57
3.6 Влияние формы отверстий активатора на скорости и направления потоков принудительно создаваемых внутренних затопленных струй.....	59
4 РАЗДЕЛ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	63
4.1 Воздействие вибраций на организм человека и методы борьбы.....	63
4.2 Безопасность работы на компьютере.....	66

4.2.1	Обеспечение электробезопасности	66
4.2.2	Пожарная безопасность.....	67
4.2.3	Определение основных параметров микроклимата при работе с ЭВМ .	70
4.3	Мероприятия по ограничению облучения населения в условиях радиационной аварии	74
5	ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	79
5.1	Характеристика устройства	79
5.2	Ориентировочный расчет себестоимости изготовления аппарата с вибросмесителем совмещенным с вентильно-индукторным приводом	79
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	88
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	89

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение высоких результатов при производстве различных жидких технологических сред возможно только на базе использования в промышленности современных достижений науки и техники. Одной из основных задач совершенствования технического производства является интенсификация гидромеханических процессов, в частности перемешивания (диспергирования, гомогенизации) смазочно охлаждающих жидкостей, буровых промывочных жидкостей, таких систем как жидкость-жидкость с получением эмульсий и. При этом большое внимание уделяется увеличению скорости протекания гидромеханических процессов. В ряде случаев действующее оборудование не обеспечивает смесь требуемого качества.

Задачами выпускной квалификационной работы является:

- Анализ существующих проблем при приготовлении и восстановлении жидких технологических сред;
- Совершенствование процесса перемешивания;
- Совершенствование конструкции вибросмесителя с электромеханическим виброприводом на основе ВИП;
- Иммитационное моделирование процесса виброперемешивания и выявление наивыгоднейших режимов работы аппарата;
- Анализ режимов при которых получают различные виды турбулентных потоков

				15.03.05.2018.181.00 ПЗ	Лист
Лис	№ докум.	Подп.	Дата		7

1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ РЯДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ЖИДКИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕД

1.1 Жидкие технологические среды и существующие проблемы при их приготовлении и восстановлении

В современном производстве используются разнообразные жидкие технологические среды (ЖТС). Каждая из них обладает разной степенью токсичности, поэтому существуют проблемы при их утилизации. Выходом из сложившейся ситуации может послужить совершенствование технологии регенерации отработанных ЖТС для создания экологически безопасных производств. Например, наиболее развитая отрасль – бурение нефтяных и газовых скважин осуществляется практически исключительно в осадочных отложениях, наибольшую долю среди которых (65-80 %) занимают глинистые породы. Специфической особенностью глинистых пород является их способность разупрочняться под воздействием дисперсионной среды буровых технологических жидкостей. Из-за этого при бурении скважин и шпуров в глинистых отложениях неизбежно возникают две проблемы: деформационная неустойчивость стенки скважины и диспергирование выбуренной породы в промывочной жидкости.

Для предупреждения таких осложнений буровые растворы обрабатывают специальными добавками, способствующими стабилизировать глинистые отложения. К таким добавкам относятся: хлористый калий, формиат и ацетат натрия, кремнеорганические жидкости, жидкое стекло, гидролизированный полиакриламид или низкомолекулярные полиакрилаты натрия, а также другие реагенты, способные предотвратить разрушение глины [1].

В случае же низкой эффективности указанных добавок применяют буровые растворы на основе эмульсий или углеводородных жидкостей, что требует

				15.03.05.2018.181.00 ПЗ	Лист
Лист	№ докум.	Подп.	Дата		8

решения сложных экологических и технологических вопросов по их утилизации [2]. Применение буровых растворов на водной основе не всегда позволяет эффективно обеспечить стабильность глинистых отложений в процессе бурения, что осложняет выбор решений, обеспечивающих строительство скважин с требуемым качеством.

Технические ошибки по управлению свойствами буровых растворов с использованием различных ингибиторов разрушения глины во многих случаях обусловлены тем, что при выборе и применении реагентов не всегда учитывают изменения, вносимые ими в состояние воды в составе бурового раствора, а значит и в поведение различных глин.

Поэтому необходима разработка подходов к формированию свойств восстановленных буровых растворов для успешного решения технических проблем при строительстве скважин в интервалах, представленных неустойчивыми глинистыми отложениями.

Что же касается диспергирования глинистого шлама, то его отрицательные последствия проявляются в образовании избыточных объемов буровой промывочной жидкости (БПЖ). Это влечет за собой увеличение объемов технологических отходов бурения (рисунок 1.1), рост затрат на восстановление БПЖ и размещение отходов.



Рисунок 1.1 – Утилизация токсичных буровых растворов

Подобные проблемы имеют место и в машиностроении при восстановлении смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ). СОЖ, как правило, готовят непосредственно на предприятии. Организуют помещения, в которых готовят СОЖ для цеха, корпуса или всего предприятия. В последнем случае, для этого даже строится отдельно стоящее здание, в котором располагают склад концентратов и эмульсола, оборудование для приготовления и утилизации СОЖ. В существующем производстве преобладают традиционные хлорсодержащие дезсредства (хлорамин, гипохлорит и др.), а также фенольные препараты, которые имеют ряд существенных недостатков: в связи с высокой токсичностью они представляют угрозу для здоровья людей (рисунок 1.2) и окружающей среды. Такие рабочие растворы, коррозионно-активны, имеют выраженный запах, раздражают кожу и слизистые оболочки, повреждают обрабатываемые материалы.



Рисунок 1.2 - Проблемы применения токсичных технологических смазочно-охлаждающих жидкостей

Наиболее трудоемкими являются не только восстановление, но и даже непосредственно приготовление СОЖ и буровой промывочной жидкости на водной основе.

Как для приготовления этих ЖТС, так и для их регенерации в воду добавляют установленное технологией количество компонентов, после чего выполняют перемешивание полученной смеси, добиваясь требуемых показателей стабильности, времени расслаивания и однородности. Процесс перемешивания осуществляется чаще всего механическим перемешиванием в различного типа смесителях (аппаратах с мешалками, гомогенизаторах, и т.д.) [7].

В последнее время перспективным научно-техническим направлением в пищевой промышленности является разработка высокоэффективных аппаратов, в основе которых лежит многофакторное воздействие на обрабатываемую среду, обеспечивающее при сравнительно малых затратах энергии высокую производительность процесса перемешивания жидких сред для получения ЖТС высокого качества.

Поэтому необходимо рассмотреть типовые способы и устройства, используемые в промышленности для проведения гидромеханических процессов перемешивания при получении ЖТС, а также проанализировать возможность использования более современных устройств для их осуществления.

1.2 Способы получения и восстановления технологических жидкостей

Центробежный способ заключается в механическом воздействии на жидкую среду, которое может осуществляться вращением рабочего органа мешалки, увлекающим за собой перемешиваемую жидкость. Схема центробежного способа перемешивания для получения ЖТС представлена на рисунке 1.3. [5, 6].

				15.03.05.2018.181.00 ПЗ	Лист
Лис	№ докум.	Подп.	Дата		11

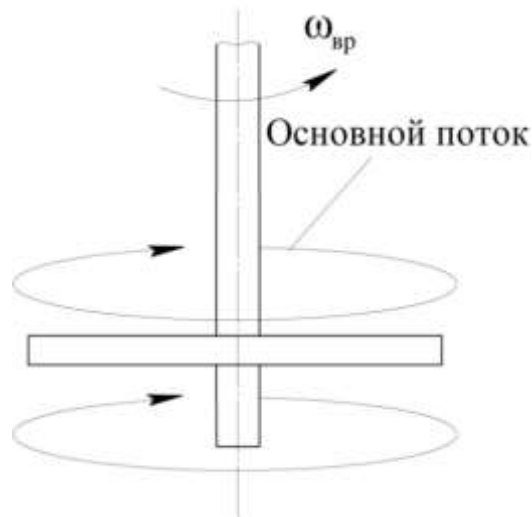


Рисунок 1.3 – Центробежный способ перемешивания

При этом способе обеспечивается слабая интенсивность перемешивания, так как преобладает окружной поток жидкости, на который влияет окружная скорость (1.1) и центробежный критерий Рейнольдса (1.2), это отмечено в работах следующих ученых: Стренка Ф., Брагинского Л.Н., Лукьянова Н.Я. [8,9]

$$V = R\omega_{вр}, \quad (1.1)$$

где V – окружная скорость вращения;

$\omega_{вр}$ – угловая скорость вращения;

R – радиус диска.

$$Re_u = \frac{\rho n d^2}{\mu}, \quad (1.2)$$

где Re_u – центральный критерий Рейнольдса;

ρ – плотность среды;

n – число оборотов мешалки;

d_m – диаметр мешалки;

μ – коэффициент динамической вязкости.

Вибрационный способ перемешивания исследован следующими авторами: Блехманом И.И., Яцуном С.Ф., Мищенко В.Я. [10,11]. При этом способе может быть использовано возвратно-поступательное движение рабочего органа (рисунок 1.4), обеспечивающее принудительное проталкивание жидкой среды через конические отверстия, тем самым создавая турбулизацию жидкости, при этом образуются застойные зоны, где интенсивность перемешивания мала.

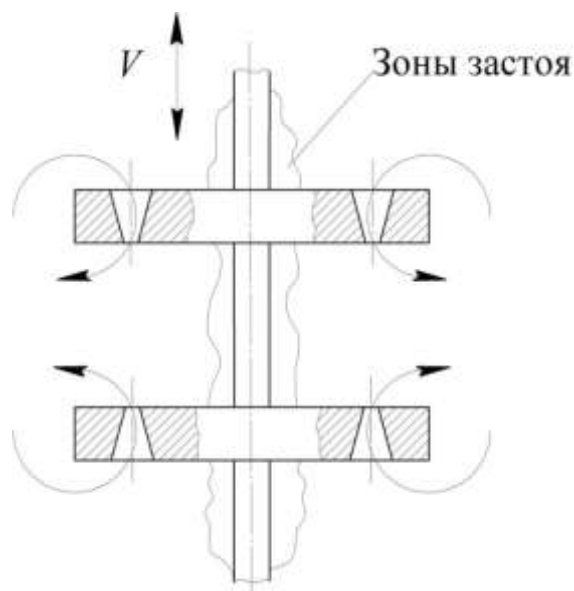


Рисунок 1.4 – Вибрационный способ перемешивания

При этом на число Рейнольдса оказывает влияние скорость движения штока с дисками V (1.3).

$$V = \omega 2a, \quad (1.3)$$

где ω – частота колебаний мешалки;

a – амплитуда колебаний;

				15.03.05.2018.181.00 ПЗ	Лист
Лист	№ докум.	Подп.	Дата		13

$$Re = \frac{V2h}{\nu}, \quad (1.4)$$

где Re – число Рейнольдса;

h – расстояние между дисками;

ν – кинематическая вязкость.

Кавитационный способ достаточно хорошо исследован следующими учеными: Юдаевым В.Ф., Сопиным А.И., Биглером В.И., Алексеевым В.А., Маршаловым О.В. [12,13]. При этом способе принудительное проталкивание жидкости через отверстия осуществляется центробежными силами (РИА) (рисунок 1.5), где в силу малости зазора между вращающимся ротором и неподвижным статором еще и происходит наряду с разрушением межмолекулярных связей, разрушение биологической составляющей продукта, что в некоторых случаях совершенно неприемлемо, т.к. нарушается пищевая ценность и усвояемость продукта, например, при производстве кисломолочной продукции.

Математические модели кавитационного способа представлены ниже

$$V = \omega_{BR} R_2^2 \cdot \frac{R^2 - r^2}{R_c^2 - R_p^2} \cdot \frac{1}{r}, \quad (1.5)$$

где R – радиус поверхности;

R_c – радиус статора;

R_p – радиус ротора;

r – радиальная координата.

$$Re = \frac{\rho \omega_{вр} R \delta}{\mu}, \quad (1.6)$$

где δ – величина зазора между поверхностями ротора и статора;

$\omega_{вр}$ – круговая частота вращения.

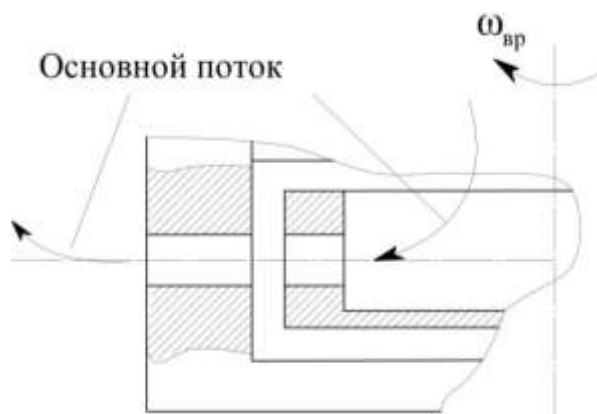


Рисунок 1.5 – Кавитационный способ перемешивания

Анализ математических моделей (1.1–1.6) показывает, что модели (1.1–1.2 и 1.5–1.6) описывают равномерное движение технологической жидкости в одном направлении, а модель (1.3–1.4) характеризует возвратно-поступательное колебательное движение жидкой среды, создающее ее турбулизацию, но наличие застойных зон, не позволяет достигнуть максимальной турбулизации технологической жидкости при перемешивании, хотя при максимальной турбулизации обеспечивается максимальная эффективность процесса перемешивания.

Для реализации этих способов используются различные аппараты для перемешивания жидких сред при получении пищевых эмульсий.

1.3 Аппараты и установки для перемешивания технологических жидкостей

1.3.1 Аппараты центробежного типа

К группе аппаратов центробежного типа можно отнести центробежные гомогенизаторы и различные конструкции мешалок, основными недостатками которых являются: высокая потребляемая мощность и значительное вспенивание продукта.

Центробежные гомогенизаторы

На эффективность процесса гомогенизации в аппаратах центробежного типа влияет главным образом давление, под действием которого жидкая среда выходит из щелевых отверстий (или сопел) вращающегося ротора и для снижения скорости продукта ударяется в приспособление [14,15].

К преимуществам центробежных аппаратов относится: простота конструкции, низкая металлоемкость, отсутствие быстроизнашивающихся деталей. Недостатком является то, что на выходе ее из сопел или щелевых отверстий ротора невозможно создать высокое давление жидкой среды.

Типовой центробежный гомогенизатор жидких сред [15], состоит из ротора 1 с коаксиально размещенной приемной камерой цилиндрической формы 2, сообщающейся с выходными соплами 3 (рисунок 1.6). При этом степень гомогенизации зависит от скорости жидкой технологической среды на выходе из сопла, которая связана с давлением, создаваемым центробежной силой и с частотой вращения ротора. Основным недостатком данного аппарата является высокая потребляемая мощность.

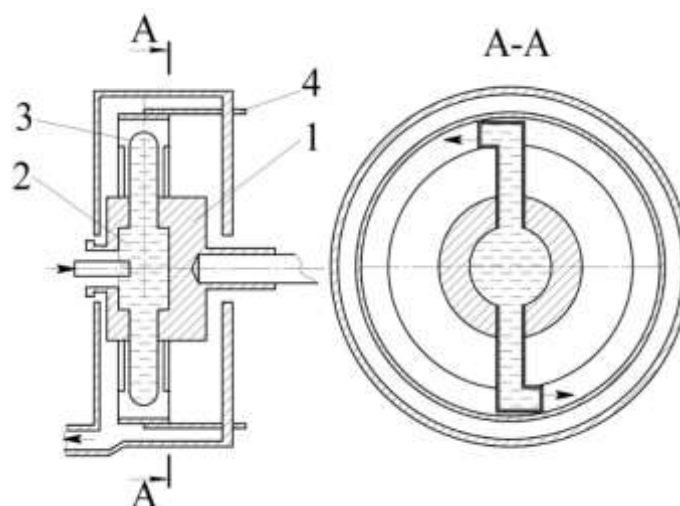


Рисунок 1.6 – Центробежный гомогенизатор

Аппараты с мешалками

Мешалки можно разделить на быстроходные и тихоходные [15,16].

К быстроходным мешалкам относятся пропеллерные, турбинные, дисковые, лопастные и т.п. При этом турбинные мешалки закрытого и открытого типа, а также открытые турбинные мешалки с различными формами лопаток позволяют создавать поток жидкой среды, который является радиальным. Для создания осевого потока используют пропеллерные мешалки, а для радиально-осевого - турбинные мешалки с установленными под наклоном лопатками, при этом учитывается форма лопастей и способ их установки.

Из-за завихрения жидкости и образования воронки в аппаратах быстроходных мешалок устанавливают отражательные перегородки, которые располагаются у самой стенки аппарата для перемешивания жидкостей с малой вязкостью или на расстоянии от неё для жидкостей средней вязкости.

Разграничивают по вязкости область применения различных типов мешалок для жидких сред. В частности, используют график Холланда и Чапмана [17] (рисунок 1.7).

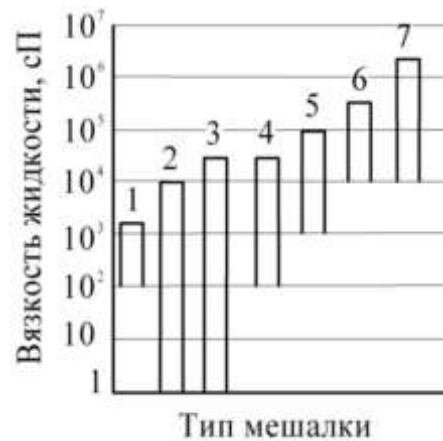


Рисунок 1.7 – Диапазон применения мешалок в зависимости от вязкости:

- 1 – якорная; 2 – пропеллерная; 3 – турбинная с плоскими лопатками;
4 – лопастная; 5 – рамная; 6 – шнековая; 7 – ленточная

Самую широкую область применения, согласно графику, имеют пропеллерные и турбинные мешалки, которые используются для перемешивания жидкостей с большим диапазоном вязкостей. При этом высокоскоростные мешалки пригодны для перемешивания жидкостей с низкой вязкостью, а для жидкостей с большой вязкостью тихоходные мешалки. Турбинные и пропеллерные мешалки используют для перемешивания и диспергирования несмешивающихся жидкостей.

Турбинные мешалки имеют ротор, снабженный лопатками (рисунок 1.8).

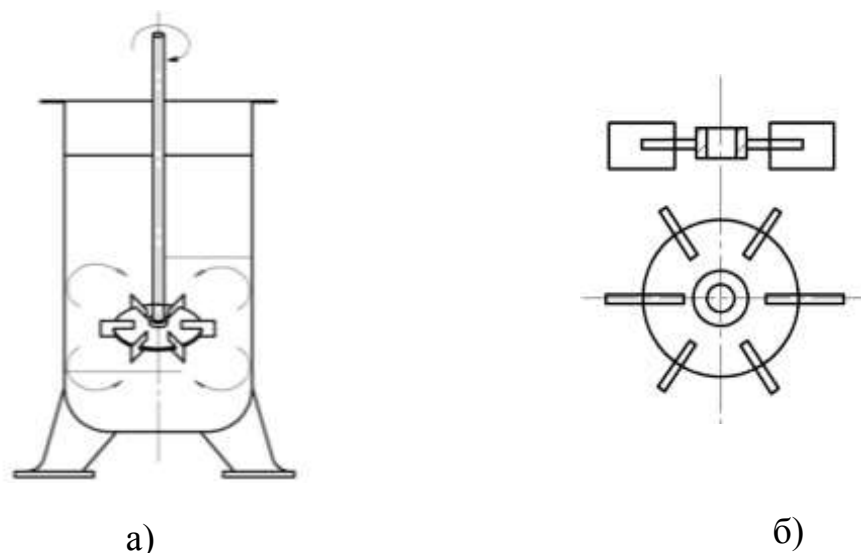
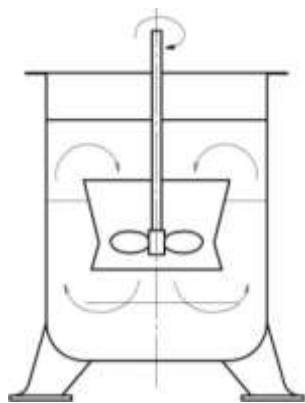


Рисунок 1.8 – Турбинная открытая мешалка: а) общий вид аппарата;
б) прямые лопатки мешалки

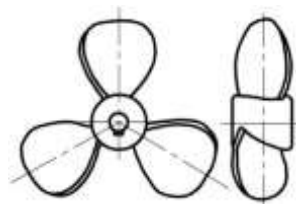
Если лопатки мешалки заключены в корпус, то такую мешалку называют закрытой турбинной, а если не заключены – открытой. Число оборотов может составлять $n = 2...20 \text{ с}^{-1}$. В промышленности используются различные типы мешалок, основным отличием которых является способ крепления лопаток и их конфигурация [15].

Основными из недостатков турбинных мешалок являются высокое энергопотребление и низкая производительность.

Пропеллерные мешалки позволяют значительно увеличить циркуляцию жидкой среды в аппарате и при этом минимизировать расход механической энергии за счёт насосного эффекта (рисунок 1.9) [15]. Пропеллерные мешалки используются для приготовления эмульсий, для стимуляции процессов растворения и процессов, протекающих с химическими реакциями, для гомогенизации маловязких жидкостей. Пределы чисел оборотов пропеллерных мешалок $n = 400\text{--}1750 \text{ мин}^{-1}$ [11].г7



а)



б)

Рисунок 1.9 – Пропеллерная мешалка: а) общий вид аппарата;
б) пропеллер мешалки

Лопастные мешалки используют в том случае, если нет необходимости в интенсивной радиально-осевой циркуляции жидкой среды в аппарате, т.к. в основном они создают окружную циркуляцию. Окружная скорость лопастных мешалок находится в пределах 1,5–4 м/с. Лопастная мешалка представлена на рисунке 1.10.

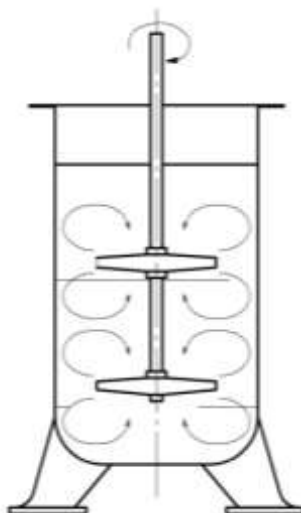


Рисунок 1.10 – Лопастная мешалка

К основным достоинствам лопастных мешалок относится простота конструкции, а также низкая стоимость, а к недостаткам – слабая интенсивность перемешивания.

В процессах диспергирования вязких гетерогенных сред используются дисковые мешалки. [15.18]. При вращении ротора такой мешалки в движение приводится слой жидкости по обе стороны диска, который является пограничным («прилипшим»). Затем приходят в движение и другие слои под действием вязкостных сил. Главным недостатком дисковых мешалок является слабая циркуляция жидкости в аппарате, а также малая зона действия.

1.3.2 Группа аппаратов вибрационного типа

К группе аппаратов вибрационного типа можно отнести клапанные гомогенизаторы и вибрационные мешалки. Их недостатками являются высокая потребляемая мощность и сложность в изготовлении.

Клапанные гомогенизаторы

Отечественная молочная промышленность, как правило, оснащена клапанными гомогенизаторами А1-ОГ2-С, К5-ОГА-1,2, А1-ОГМ, К5-ОГА-Ю. Принцип действия клапанных гомогенизаторов основан на том, что жидкая среда подается под давлением в кольцевой канал между клапаном 1 и седлом 2, и продавливается через узкую кольцевую щель между ними. При этом степень дисперсности жидкой среды увеличивается, т.к. происходит дробление жировых шариков [12,14]. Гомогенизирующий узел клапанного гомогенизатора представлен на рисунке 1.11.

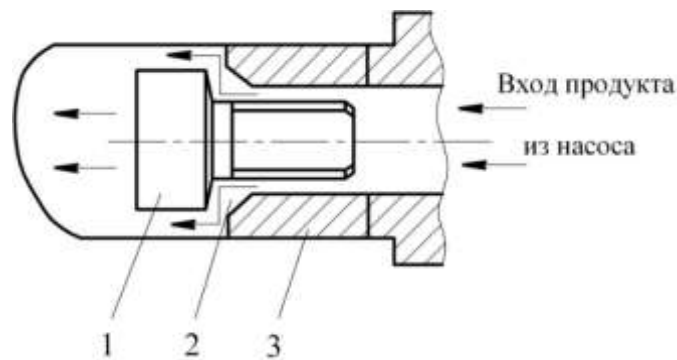


Рисунок 1.11 – Гомогенизирующий узел

К недостаткам гомогенизаторов клапанного типа относится повышенный расход электроэнергии, в связи с созданием высокого давления, наличие быстроизнашивающихся деталей, а также металлоемкость.

Вибрационная мешалка

По мнению [15,19], вибрационные воздействия могут существенно ускорить процессы, протекающие в жидкой среде на граничных поверхностях различных фаз, т. е. в смесях типа суспензий, эмульсий и потоков пузырьков газа в жидкости. В этих целях находят применение различные способы вибрационного воздействия.

Принцип действия вибрационной мешалки (рисунок 1.12) заключается в том, что весь объем жидкой среды в камере аппарата приводят в медленное колебательное движение со значительной амплитудой перемещения, при этом создают множество затопленных турбулентных струй в объеме жидкой среды, помещенной в камере аппарата.

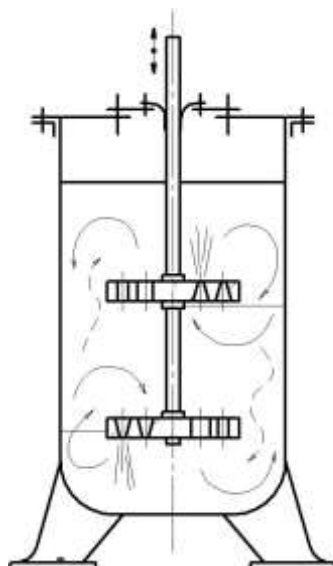


Рисунок 1.12 – Вибрационная мешалка

Струи образуются за счет вертикальных колебаний дисков 1, установленных на штоке 2. Диски снабжены конусными отверстиями, через которые выбрасываются струи жидкости в направлении, противоположном направлению колебательного движения диска. При этом происходит интенсивное перемешивание среды, сопровождаемое ее циркуляцией в аппарате.

К недостаткам вибрационных мешалок можно отнести образование застойных зон, не позволяющих достигнуть максимальной турбулизации жидкой среды и ограничение длины штока.

1.3.3 Группа аппаратов кавитационного типа

К группе кавитационных аппаратов относятся различные конструкции роторно-импульсных аппаратов (РИА), в которых реализуется многофакторное импульсное воздействие на обрабатываемую среду [13,18].

В полость ротора через входной патрубок поступает обрабатываемая текучая среда (рисунок 1.13), где под действием внешнего давления жидкости и давления создаваемого центробежными силами вытекает в камеру через патрубки,

образующих модулятор РАМП. В этом модуляторе обрабатываемая среда подвергается многофакторному воздействию: интенсивная кавитация, микромасштабные пульсации давления, ударные волны и т.д. Из камеры жидкость вытекает через трубопровод, являющийся выходным, и подается для повторной обработки на линию рециркуляции.

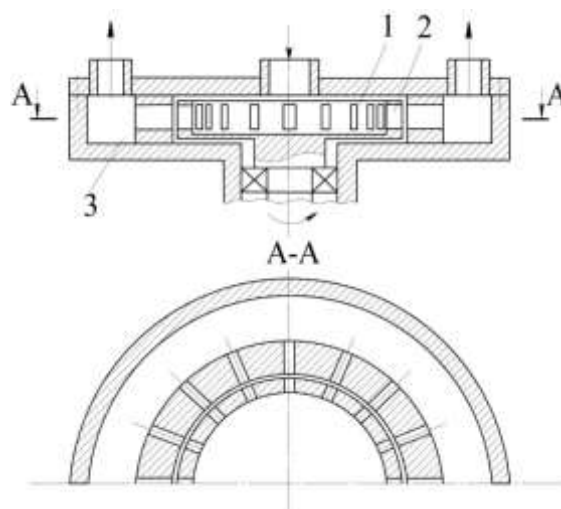


Рисунок 1.13 – Схема роторно-импульсного аппарата

Для увеличения интенсивности процесса в некоторых аппаратах, в частности аппаратах Биглера, для повышения скорости дополнительно устанавливают еще центробежный насос [19].

К общим недостаткам этих аппаратов можно отнести сложность конструкции и, разрушительное воздействие на межмолекулярные связи, за счет схлопывания кавитационных пузырей, при котором образуются места повышенной температуры и возникают ударные волны, являющиеся источниками шума. Также это воздействие ведет к разрушению рабочих органов аппарата.

1.4 Итоги анализа существующих способов

Анализ существующих способов перемешивания жидких сред для получения ТЖ и аппаратов для их реализации показал:

				15.03.05.2018.181.00 ПЗ	Лист
Лис	№ докум.	Подп.	Дата		24

1. Наиболее эффективное устройство для получения ЖТС должно иметь широкий спектр факторов воздействия: турбулентные пульсации; вихревые движения; акустические и упругие колебаний и др., объединять в себе несколько функций (гомогенизация, диспергирование) для использования в производстве с широким спектром номенклатуры продукта и обеспечивать его стабильность (устойчивость) в течение длительного времени. А также быть простым в изготовлении, иметь низкую потребляемую мощность и низкую стоимость.

2. Среди аппаратов, используемых для эмульсий, наиболее предпочтительными являются кавитационные аппараты, реализующие многофакторное импульсное воздействие (микромасштабные пульсации давления, интенсивная кавитация, ударные волны и т.д.), но при этом наряду с разрушением межмолекулярных связей рабочей жидкости, нарушается химически стабилизирующая активность веществ.

3. При приготовлении ЖТС целесообразно применять оборудование для создания колебаний рабочей жидкой среды, которое позволяет увеличивать турбулизацию и циркуляцию потоков. Существующие конструкции вибрационных мешалок не позволяют достигнуть максимальной турбулизации жидкой среды из-за наличия застойных зон.

Цель исследования: Разработка и исследование нового принципа перемешивания (патент РФ № 2543204 от 07.05.2013 г.) многокомпонентных буровых растворов, заключающегося в существенном увеличении числа циркулирующих потоков, посредством создания встречных вращающихся закрученных затопленных струй при одновременном увеличении длины их пути перемещения.

Выводы по разделу первому

В первой части раздела был произведен анализ проблем возникающих при приготовлении, восстановлении и утилизации жидких технологических сред, а именно буровых растворов и смазочно-охлаждающих жидкостей. Было

				15.03.05.2018.181.00 ПЗ	Лист
Лис	№ докум.	Подп.	Дата		25

выявлено, что из-за несовершенства способов перемешивания получаются малостабильные растворы, имеющие низкую живучесть, что приводит к избыткам технологических отходов.

Во второй части раздела были исследованы типовые способы гидромеханического воздействия при перемешивании для получения ЖТС и производстве. Были выявлены недостатки этих способов: *Центробежный способ*: При этом способе обеспечивается слабая интенсивность перемешивания, так как преобладает окружной поток жидкости, на который влияет окружная скорость и центробежный критерий Рейнольдса. *Вибрационный способ*: Совершают возвратно-поступательные движения рабочего органа обеспечивающие принудительное проталкивание жидкой среды через конические отверстия, тем самым создавая турбулизацию жидкости, при этом образуются застойные зоны, а интенсивность перемешивания мала. *Кавитационный способ*: Принудительное проталкивание жидкости через отверстия осуществляется центробежными силами, при этом из-за малости зазора между вращающимся ротором и неподвижным статором происходит разрушение межмолекулярных связей т.е. нарушается химически стабилизирующая активность веществ.

В третьей части были рассмотрены несколько групп аппаратов и устройств для перемешивания ЖТС центробежного, вибрационного и кавитационного типа. Были выявлены основные недостатки. Основными недостатками аппаратов центробежного типа являются: высокая потребляемая мощность и значительное вспенивание продукта. Для аппаратов вибрационного типа присущи недостатки, связанные с образованием застойных зон, не позволяющих достигнуть максимальной турбулизации жидкой среды и сложность их изготовления. К общим недостаткам аппаратов кавитационного типа можно отнести сложность конструкции и, в некоторых случаях, разрушительное воздействие на межмолекулярные связи, за счет схлопывания кавитационных пузырей, при котором образуются места повышенной температуры и возникают ударные

				15.03.05.2018.181.00 ПЗ	Лист
Лис	№ докум.	Подп.	Дата		26

волны, являющиеся источниками шума. Также это воздействие ведет к разрушению рабочих органов аппарата.

				15.03.05.2018.181.00 ПЗ	Лист
Лис	№ докум.	Подп.	Дата		27

2 РАСЧЕТНО-КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Описание способа возбуждения колебаний

Для достижения максимальной интенсификации процесса перемешивания жидких сред для получения ЖТС за счет углубления турбулизации путем увеличения циркуляции потоков и исключения застойных зон, предлагается в аппаратах использовать виброприводы рабочего органа, которому помимо вращения сообщаются радиально-осевые колебания. А это, в конечном итоге, позволяет создавать вращающиеся встречные затопленные струи жидкой среды.

В основе способа лежит вскрытый нами факт отсутствия собственной устойчивости вращающегося диска по неподвижному контртелу. Суть этого явления такова. Сначала диск трения ротора 1 (рисунок 2.1), прижатый осевой силой к неподвижному контртелу 2, находится в состоянии покоя. То есть, в данном случае, эта открытая система не получает энергию извне. Если же диску сообщить энергию в виде вращения, то при этом практически мгновенно возникает его смещение из-за действия неуравновешенной тангенциальной силы, в результате диск начинает совершать радиальные автоколебания с частотой значительно превышающей частоту его вращения. Исследования на устойчивость системы дифференциальных уравнений описывающих данное движение показало, что все тривиальные решения этой системы неустойчивы, то есть должно наблюдаться, так называемое, мягкое возбуждение колебаний [20,21]. Впервые это явление было вскрыто нами [21] при исследовании динамики поведения вращающихся многолезвийных буровых инструментов и осевых инструментов при формообразовании отверстий в металлообработке. Для общности, с позиций синергетики, это явление можно истолковать как проявление принципа минимальной диссипации (рассеяние энергии) в трактовке И.Р. Пригожина и Н.Н. Моисеева [22].

				15.03.05.2018.181.00 ПЗ	Лист
Лис	№ докум.	Подп.	Дата		28

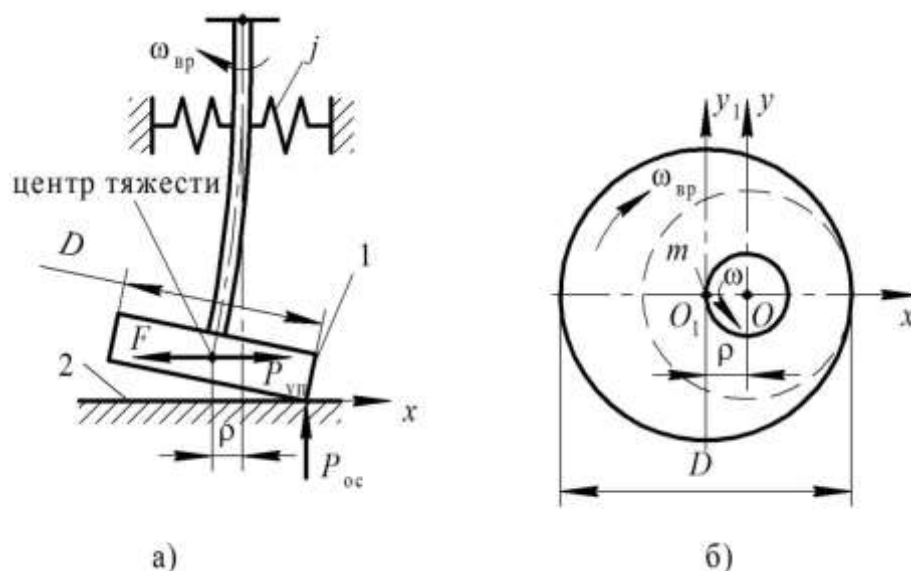


Рисунок 2.1 – Расчетная схема возбуждения круговых колебаний ротора

Хотя принято считать, что при переходе системы от состояния с максимальной диссипацией к состоянию с минимальной диссипацией, как к более упорядоченному, должен существовать некий порог. В рассмотренной системе такого порога обнаружить не удастся: возбуждение автоколебаний всегда мягкое. В этом способе при незначительных частотах вращения стабильно получают в сотни раз превышающие частоты круговых колебаний. И при этом, варьируя значительным количеством исходных параметров, регулируют и даже авторегулируют частоту и амплитуду этих колебаний в широком диапазоне независимо от величины сопротивления технологической среды.

В результате теоретических исследований была разработана расчетная схема процесса (см. рисунок 2.1) возбуждения вибрации в роторных инерционных системах, дальнейшее изучение которой позволило вывести математическую модель, адекватно отражающую поведение системы.

Управление процессом перемешивания осуществляют путем изменения частоты колебательных движений ротора

$$\omega_{\kappa} = \frac{P_{oc}}{2mL\omega_{\text{вр}}} + \sqrt{\frac{P_{oc}^2}{4m^2L^2\omega_{\text{вр}}^2} + \frac{j}{m}}. \quad (2.1)$$

а их амплитудой управляют по соотношению:

$$a = \frac{D\omega_{\text{вр}}}{2\omega}, \quad (2.2)$$

где P_{oc} – величина осевой тарированной силы прижима вращаемого тела (ротора) к контртелу; $\omega_{\text{вр}}$ – частота вращения ротора; m – приведенная масса вращаемого тела; l – вылет вращаемого тела; j – жесткость ротора; D – диаметр вращаемого тела в зоне его сопряжения с контртелом; $P_{\text{упр}}$ – сила упругости стержня ротора.

Эта модель учитывает влияние на частоту ω и амплитуду a частоты вращения диска ротора $\omega_{\text{вр}}$, силы прижатия диска к контртелу P_{oc} и геометрических параметров диска.

Математическая модель (1,2) позволила наметить дальнейшие пути модернизации роторных инерционных систем, которые позволят управлять в процессе работы вибропривода не только частотой и амплитудой колебаний, но и даже формой их вибрационного поля [23].

Кинематическая схема установки для смешивания компонентов ЖТС с использованием данного вибровозбудителя представлена на рисунке 2.2. Вращение ротора 1 осуществляется непосредственно от электродвигателя 2. Крутящий момент с вала электродвигателя 2 передается через, подшипниковый узел 3 и карданный шарнир 4 ротору 1, на котором крепятся конические диски 5, каждый из которых имеет до 40 конических отверстий. Настройка силы прижатия ротора 1 к неподвижному контртелу 6 осуществляется винтом 7. Диски расположены так, чтобы больший диаметр конического отверстия верхнего диска находился над большим диаметром конического отверстия нижнего диска.

Такое расположение конических отверстий необходимо для интенсивного перемешивания технологической среды. Диск ротора 1 сопрягается с контртелом 6, а вместе они являются инерционным планетарным вибровозбудителем, использование которого позволяет изменять частоту и амплитуду колебаний дисков 5.

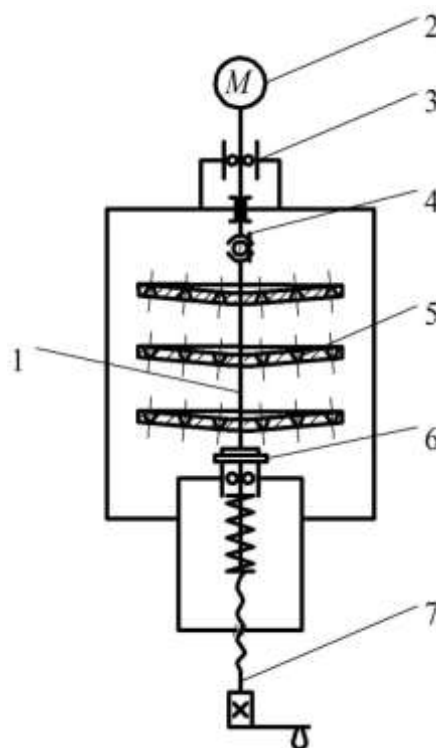


Рисунок 2.2 – Кинематическая схема вибровозбудителя

Интенсивность процесса перемешивания существенным образом зависит от ускорений дисков в радиальном и осевом направлениях. При относительно небольшом ускорении перемешивание носит спокойный характер. При оптимальном ускорении возникают интенсивные потоки, носящие ярко выраженный характер турбулентного перемешивания. Величину и направление турбулентных затопленных струй можно изменять в зависимости от параметров вибрации, конфигурации дисков и вида их перфорации.

Радиально-осевые колебания конических перфорированных дисков закрепленных на роторе при своей максимальной амплитуде создают виброструйный эффект. То есть движения многочисленных затопленных струй жидкости на выходе из сужающихся конических отверстий увеличивается, что позволяет интенсифицировать процесс. Вместе с тем, вибрирующая жидкость помогает вращению ротора вибровозбудителя (она как бы раскручивает его), а это значит, что для вращения ротора требуется гораздо меньшая мощность привода.

2.2 Нахождение закономерностей движения жидкой среды в вибросмесителе

В общем случае трёхмерного движения жидкой среды поле течения определяется, во-первых, вектором скорости $\zeta = iu + jv + kw$, где u, v, w проекции скорости ζ на оси прямоугольной системы координат, во-вторых, давлением p и, в-третьих, плотностью ρ . Для описания процесса движения жидкой среды используется уравнение (2.3) [25]:

$$\begin{cases} \rho \frac{Du}{Dt} = X - \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu \left(2 \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{2}{3} \operatorname{div} \zeta \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[\mu \left(\frac{\partial \theta}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \right], \\ \rho \frac{Dv}{Dt} = Y - \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu \left(2 \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{2}{3} \operatorname{div} \zeta \right) \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[\mu \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial \theta}{\partial y} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right], \\ \rho \frac{Dw}{Dt} = Z - \frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial z} \left[\mu \left(2 \frac{\partial w}{\partial z} - \frac{2}{3} \operatorname{div} \zeta \right) \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) \right], \end{cases} \quad (2.3)$$

где $D\zeta / Dt$ – субстанциальное ускорение, равное сумме локальной составляющей $\partial\zeta / \partial t$, учитывающей нестационарный характер течения, и конвективной составляющей $\partial\zeta / \partial t = (\zeta \operatorname{grad})\zeta$;

X, Y, Z – массовые силы;

ρ – плотность среды,

μ – динамический коэффициент вязкости;

p – давление;

u, v, w – составляющие скорости;

$$\operatorname{div} \zeta = \frac{\partial \bar{u}}{\partial \bar{x}} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial \bar{y}} + \frac{\partial \bar{w}}{\partial \bar{z}}. \quad (2.4)$$

К этим уравнениям присоединяется еще уравнение неразрывности (2.4), которое в раскрытой форме имеет для течений сжимаемой жидкости следующий вид:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = 0, \quad (2.5)$$

где $\frac{\partial \rho}{\partial t}$ – локальная производная, учитывающая нестационарный характер течения.

При исследовании движения жидкой среды рассматриваются сжимаемые и несжимаемые течения [25]. Если производятся исследования сжимаемых течений, уравнений Навье-Стокса и уравнения неразрывности недостаточно. В самом деле, изменения давления и плотности, происходящие в сжимаемых течениях, влекут за собой изменения температуры, что приводит к необходимости ввести в рассмотрение некоторые термодинамические соотношения. При этом если рассматривать как заданные массовые силы X, Y, Z , то мы имеем семь уравнений для определения семи величин u, v, w, p, ρ, T, μ . В случае изотермического изменения состояния определяют пять неизвестных величин u, v, w, p, ρ .

Для решения задач перемешивания жидких сред рассматриваем несжимаемые течения ($\rho = \text{const}$), для которых перечисленная выше система

уравнений значительно упрощается, даже в случае непостоянной температуры внутри жидкости. В самом деле, прежде всего уравнение неразрывности (2.4) получает более простой вид

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0. \quad (2.6)$$

Далее, поскольку в несжимаемых течениях разности температур в общем случае малы, коэффициент вязкости можно рассматривать как постоянную величину и поэтому уравнение состояния и уравнение энергии не нужны для расчета поля течения. Следовательно, этот расчет может производиться независимо от термодинамических уравнений. В результате уравнения движения (2.3) и уравнение неразрывности (2.6) упрощаются и, если члены, содержащие ускорение, выписать в раскрытом виде, принимают вид

$$\begin{cases} \rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) = X - \frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right), \\ \rho \left(\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \right) = Y - \frac{\partial p}{\partial y} + \mu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right), \\ \rho \left(\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} \right) = Z - \frac{\partial p}{\partial z} + \mu \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right). \end{cases} \quad (2.7)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0. \quad (2.8)$$

Таким образом, остаются четыре уравнения для определения четырех неизвестных величин u , v , w , p .

Необходимо задавать граничные и начальные условия для полной физической определенности решений системы уравнений Навье-Стокса. В

вязкой жидкости имеет место прилипание частиц жидкости к стенкам, при этом исчезают нормальная и касательная составляющие скорости.

Гидромеханические процессы в аппаратах с мешалками, как правило, описываются уравнениями движения жидкости в цилиндрических координатах [25], в которых учитываются скорости радиальных и осевых внутренних потоков жидкости. Обозначим через r, t, z соответственно радиальную, окружную и осевую координаты цилиндрической системы координат, через V_r, V_t, V_z – составляющие скорости в направлении этих координат, и выполним переход от прямоугольных координат к цилиндрическим. Для несжимаемой жидкости мы получим вместо уравнений (2.7) и (2.8) следующие

$$\left\{ \begin{aligned}
 & \rho \left(\frac{\partial V_r}{\partial t} + V_r \frac{\partial V_r}{\partial r} + \frac{V_t}{r} \frac{\partial V_r}{\partial t} - \frac{V_t^2}{r} + V_z \frac{\partial V_r}{\partial z} \right) = \\
 & = K_r - \frac{\partial p}{\partial r} + \mu \left(\frac{\partial^2 V_r}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_r}{\partial r} - \frac{V_r}{r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 V_r}{\partial t^2} - \frac{2}{r^2} \frac{\partial V_t}{\partial t} + \frac{\partial^2 V_r}{\partial z^2} \right), \\
 & \rho \left(\frac{\partial V_t}{\partial t} + V_r \frac{\partial V_t}{\partial r} + \frac{V_t}{r} \frac{\partial V_t}{\partial t} + \frac{V_r V_t}{r} + V_z \frac{\partial V_t}{\partial z} \right) = \\
 & = K_t - \frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial t} + \mu \left(\frac{\partial^2 V_t}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_t}{\partial r} - \frac{V_t}{r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 V_t}{\partial t^2} + \frac{2}{r^2} \frac{\partial V_r}{\partial t} + \frac{\partial^2 V_t}{\partial z^2} \right), \\
 & \rho \left(\frac{\partial V_z}{\partial t} + V_r \frac{\partial V_z}{\partial r} + \frac{V_t}{r} \frac{\partial V_z}{\partial t} + V_z \frac{\partial V_z}{\partial z} \right) = \\
 & = K_z - \frac{\partial p}{\partial z} + \mu \left(\frac{\partial^2 V_z}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_z}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 V_z}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 V_z}{\partial z^2} \right)
 \end{aligned} \right. \quad (2.9)$$

$$\frac{\partial V_r}{\partial r} + \frac{V_r}{r} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_t}{\partial t} + \frac{\partial V_z}{\partial z} = 0, \quad (2.10)$$

где K_r, K_t, K_z – проекции массовой силы на координатные оси ($K = \rho g$)

Составляющие тензора напряжений будут

$$\begin{aligned} \sigma_r &= -p + 2\mu \frac{\partial V_r}{\partial r}, & \tau_{rt} &= \mu \left[r \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{V_t}{r} \right) + \frac{1}{r} \frac{\partial V_r}{\partial t} \right], \\ \sigma_t &= -p + 2\mu \left(\frac{1}{r} \frac{\partial V_t}{\partial t} + \frac{V_r}{r} \right), & \tau_{tz} &= \mu \left(\frac{\partial V_t}{\partial z} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_z}{\partial t} \right), \\ \sigma_z &= -p + 2\mu \frac{\partial V_z}{\partial z}, & \tau_{rz} &= \mu \left(\frac{\partial V_r}{\partial z} + \frac{\partial V_z}{\partial r} \right). \end{aligned} \quad (2.11)$$

Рассмотрим плоский диск, вблизи которого происходит течение жидкой среды (рисунок 2.3). Диск равномерно вращается с угловой скоростью вокруг оси, перпендикулярной к его плоскости [25]. Принимаем в состоянии покоя жидкость, находящуюся вдали от диска. А слой жидкости, расположенный у диска, вследствие трения увлекается последним и отбрасывается наружу под действием центробежной силы. При этом к диску в осевом направлении притекает новая жидкость, взамен отброшенной, которая снова увлекается диском и опять отбрасывается наружу.

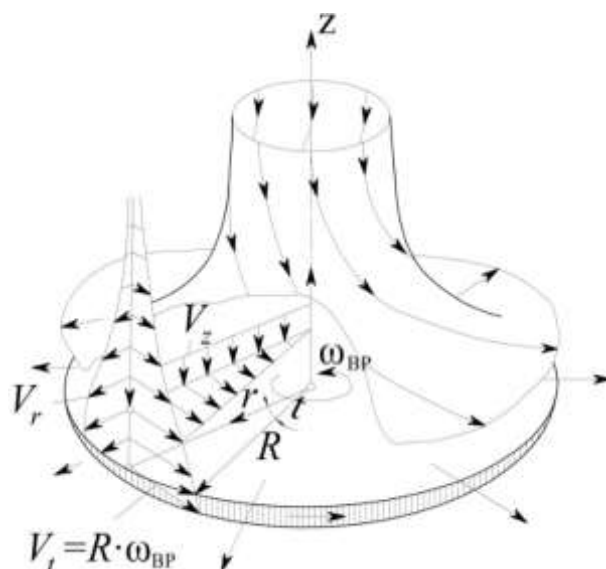


Рисунок 2.3 – Течение в окрестности диска

Следовательно, в данном случае мы имеем полностью трехмерное течение. Вследствие осевой симметрии и стационарности течения уравнения Навье-Стокса и уравнение неразрывности в цилиндрических координатах получают вид

$$\begin{cases} V_r \frac{\partial V_r}{\partial r} - \frac{V_t^2}{r} + V_z \frac{\partial V_r}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} + \nu \left[\frac{\partial^2 V_r}{\partial r^2} + \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{V_r}{r} \right) + \frac{\partial^2 V_r}{\partial z^2} \right], \\ V_r \frac{\partial V_t}{\partial r} + \frac{V_r V_t}{r} + V_z \frac{\partial V_t}{\partial z} = \nu \left[\frac{\partial^2 V_t}{\partial r^2} + \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{V_t}{r} \right) + \frac{\partial^2 V_t}{\partial z^2} \right], \\ V_r \frac{\partial V_z}{\partial r} + V_z \frac{\partial V_z}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \nu \left[\frac{\partial^2 V_z}{\partial r^2} + \frac{\partial V_z}{\partial r} \frac{1}{r} + \frac{\partial^2 V_z}{\partial z^2} \right], \\ \frac{\partial V_r}{\partial r} + \frac{V_r}{r} + \frac{\partial V_z}{\partial z} = 0. \end{cases} \quad (2.12)$$

где ν – коэффициент кинематической вязкости.

Граничные условия, определяемые условием прилипания к вращающейся плоскости, будут

$$\begin{cases} V_r = 0, V_t = R\omega_{BP}, \text{ при } z = 0, \\ V_r = 0, V_t = 0, \text{ при } z = \infty, \end{cases} \quad (2.13)$$

При наложении на вращение радиально-осевых колебаний создается циркуляция встречных затопленных потоков рабочей среды [26]. В данном случае будут доминировать такие факторы, как частота и амплитуда колебаний, оказывающие воздействие на составляющие скорости движения жидкой среды.

Исследуем кинематические характеристики вращающихся дисков 1 диаметром D_d (рисунок 2.4), размещенных на роторе, посредством которых

создаются встречные затопленные струи жидкой среды, которым сообщают вращения и радиально-осевые колебания.

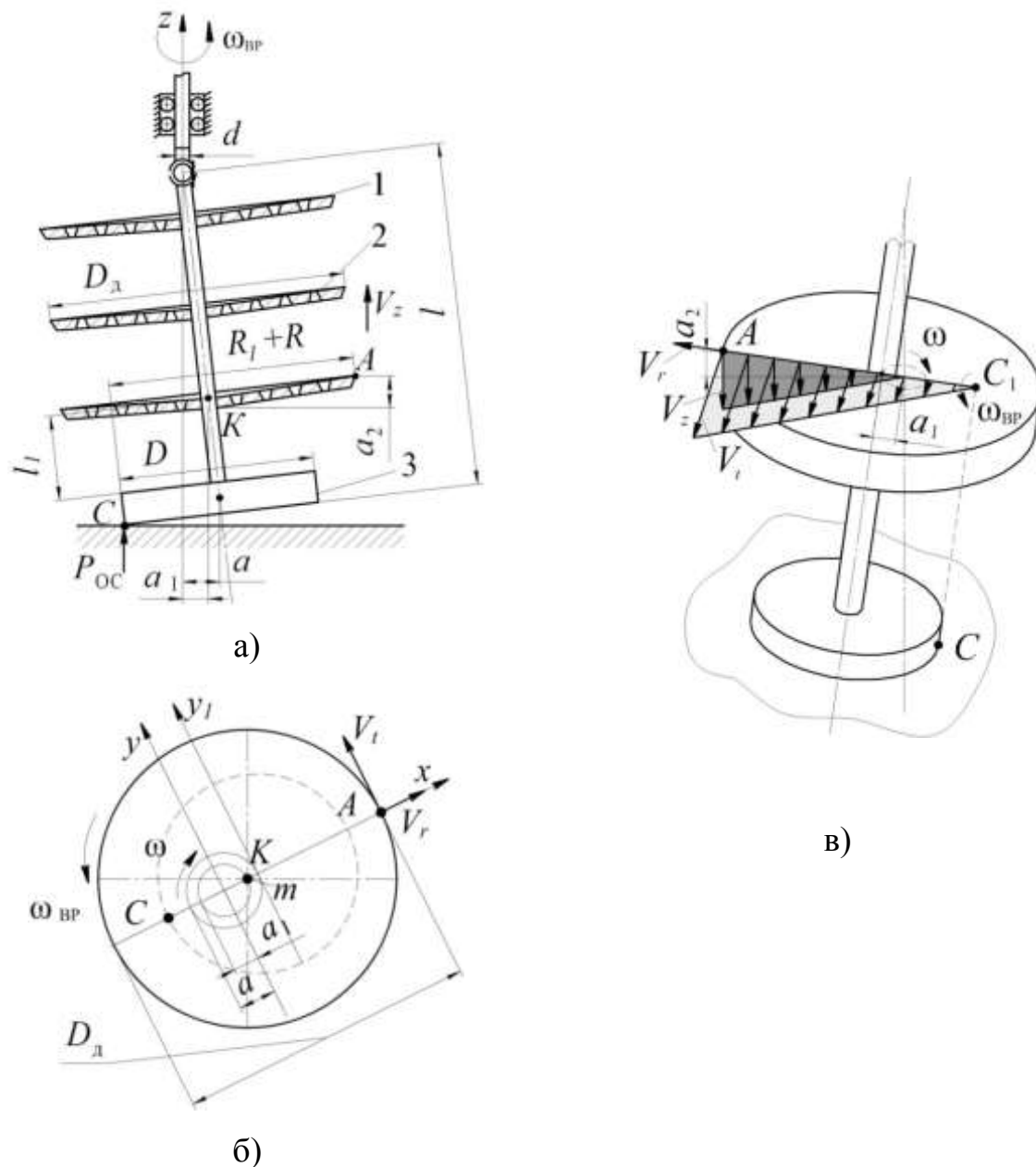


Рисунок 2.4 – Расчетная схема определения координатных скоростей на периферии диска ротора аппарата с вибротарелкой: а) динамическая; б), в) кинематическая (l_1 – длина стержня ротора от тарелки ротора до центра тяжести диска; a_1 , a – амплитуды радиальных колебаний; a_2 – амплитуда осевых колебаний; R_1 – радиус диска ротора; R – радиус тарелки ротора).

Определяем максимальные амплитудные значения координатных составляющих скорости движения точек на периферии диска ротора аппарата с вибросмесителем (2.14):

$$\begin{cases} V_t = (R_1 + R) \omega_{\text{ВР}}, \\ V_r = a_1 \omega, \\ V_z = a_2 \omega, \end{cases} \quad (2.14)$$

где

$$a_2 = R_1 \frac{a}{l}; \quad a_1 = \frac{l-l_1}{l} a. \quad (2.15)$$

Максимальную скорость движения жидкость будет иметь в периферийной зоне нижнего диска. В данный момент времени скорость в т. С. равна нулю (т. С. является мгновенным центром скоростей).

С учетом координатных составляющих скоростей в окружном, радиальном и осевом направлениях (2.14) уравнения движения жидкой среды примут вид

$$\left\{ \begin{aligned}
& a_1 \omega \frac{\partial(a_1 \omega)}{\partial r} - \frac{((R_1+R)\frac{2\omega a_1}{D})^2}{r} + a_2 \omega \frac{\partial(a_1 \omega)}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} + \\
& + \nu \left[\frac{\partial^2(a_1 \omega)}{\partial r^2} + \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{a_1 \omega}{r} \right) + \frac{\partial^2(a_1 \omega)}{\partial z^2} \right], \\
& (a_1 \omega) \frac{\partial((R_1+R)\frac{2\omega a_1}{D})^2}{\partial r} + \frac{(a_1 \omega)((R_1+R)\frac{2\omega a_1}{D})^2}{r} + a_2 \omega \frac{\partial((R_1+R)\frac{2\omega a_1}{D})^2}{\partial z} = \\
& = \nu \left[\frac{\partial^2(a_1 \omega)}{\partial r^2} + \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{(R_1+R)\frac{\omega_{BP}}{D}}{r} \right) + \frac{\partial^2((R_1+R)\frac{\omega_{BP}}{D})}{\partial z^2} \right], \\
& (a_1 \omega) \frac{\partial(a_2 \omega)}{\partial r} + a_2 \omega \frac{\partial(a_2 \omega)}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \nu \left[\frac{\partial^2(a_2 \omega)}{\partial r^2} + \frac{\partial(a_2 \omega)}{\partial r} \frac{1}{r} + \frac{\partial^2(a_2 \omega)}{\partial z^2} \right], \\
& \frac{\partial(a_1 \omega)}{\partial r} + \frac{(a_1 \omega)}{r} + \frac{\partial(a_2 \omega)}{\partial z} = 0.
\end{aligned} \right. \quad (2.16)$$

При этом граничные условия будут следующими

$$\begin{cases} V_r = a_1 \omega, V_t = (R_1 + R) \omega_{BP}, V_z = a_2 \omega, \text{ при } z = 0 \\ V_r = a_2 \omega, V_t = (R_1 + R) \omega_{BP}, V_z = a_2 \omega, \text{ при } z = \infty \end{cases} \quad (2.17)$$

2.3 Описание нового способа и аппарата для вибрационного перемешивания

Основой вибрационного метода смешивания жидких технологических сред является патент РФ №2543204 от 07.05.2013 г.

Изобретение относится к способам перемешивания общего назначения для осуществления различных физических, химических и гидромеханических (диспергирование, эмульгирование, гомогенизация, пенообразование,

деструкция) процессов с жидкостями и может быть реализовано в смесителях различного типа с вращающимися перемешивающими устройствами в неподвижных резервуарах. Смеси посредством ротора с перфорированными дисками одновременно задают вращение с пульсациями скорости и радиально-осевые колебания, вместе с тем, формируют закрученные встречные затопленные струи и увеличивают длину их пути перемешивания при объемной циркуляции этих струй, причем параметрами этих движений жидкости управляют по математической зависимости.

Изобретение относится к способам перемешивания общего назначения для осуществления различных физических, химических и гидромеханических (диспергирование, эмульгирование, гомогенизация, пенообразование, деструкция) процессов с жидкостями и может быть реализовано в смесителях различного типа с вращающимися перемешивающими устройствами в неподвижных резервуарах.

Способ перемешивания жидких компонентов, при котором смеси принудительно, с частотой ω , посредством ротора с перфорированными дисками задают осциллирующие движения, формируя однонаправленные встречные внутренние затопленные струи, отличающийся тем, что смеси одновременно задают вращение с пульсациями скорости и радиально-осевые колебания, вместе с тем, формируют закрученные встречные затопленные струи и увеличивают длину их пути перемешивания при объемной циркуляции этих струй, причем параметрами этих движений жидкости управляют по зависимости, показанной в формуле 2.18

$$\left\{ \begin{aligned}
& a_1 \omega \frac{\partial(a_1 \omega)}{\partial r} - \frac{((R_1 + R)2\omega a_1 / D_n)^2}{r} + a_2 \omega \frac{\partial(a_1 \omega)}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} + \\
& + v \left[\frac{\partial^2(a_1 \omega)}{\partial r^2} + \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{a_1 \omega}{r} \right) + \frac{\partial^2(a_1 \omega)}{\partial z^2} \right]; \\
& a_1 \omega \frac{\partial((R_1 + R)2\omega a_1 / D_n)}{\partial r} + \frac{(a_1 \omega)((R_1 + R)2\omega a_1 / D_n)}{r} + \\
& + a_2 \omega \frac{\partial((R_1 + R)2\omega a_1 / D_n)}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial t} + \\
& + v \left[\frac{\partial^2((R_1 + R)2\omega a_1 / D_n)}{\partial r^2} + \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{(R_1 + R)2\omega a_1 / D_n}{r} \right) + \frac{\partial^2((R_1 + R)2\omega a_1 / D_n)}{\partial z^2} \right]; \\
& a_1 \omega \frac{\partial(a_2 \omega)}{\partial r} + \frac{(a_2 \omega)^2}{r} + a_2 \omega \frac{\partial(a_2 \omega)}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + v \left[\frac{\partial^2(a_2 \omega)}{\partial r^2} + \frac{\partial(a_2 \omega)}{\partial r} \frac{1}{r} + \frac{\partial^2(a_2 \omega)}{\partial z^2} \right]; \\
& \frac{\partial(a_1 \omega)}{\partial r} + \frac{(a_1 \omega)}{r} + \frac{\partial(a_2 \omega)}{\partial z} = 0.
\end{aligned} \right. \quad (2.18)$$

где r, t, z - цилиндрические координаты;

v - коэффициент кинематической вязкости;

p - давление;

ρ - плотность жидкой среды;

$a_1 = \frac{l-l_1}{l} a$ - амплитуда радиальных колебаний (в зоне диска);

$a_2 = R_1 \frac{a}{l}$ - амплитуда осевых колебаний (в зоне диска);

ω - частота колебаний ротора с дисками;

R_l - радиус диска ротора;

R - радиус окружности, описываемой приводом колебаний;

D_d - диаметр диска;

l - вылет вращаемого тела;

l_1 - расстояние между диском и приводом его колебаний;

D - диаметр окружности, описываемой приводом колебаний;

$\omega_{вр}$ - частота вращения ротора с дисками, при этом амплитуда колебаний ротора с дисками показана в формуле 2.19.

$$a = \frac{D\omega_{вр.}}{2\omega}. \quad (2.19)$$

На рисунке 2.5 показан сборочный чертеж аппарата с вибросмесителем.

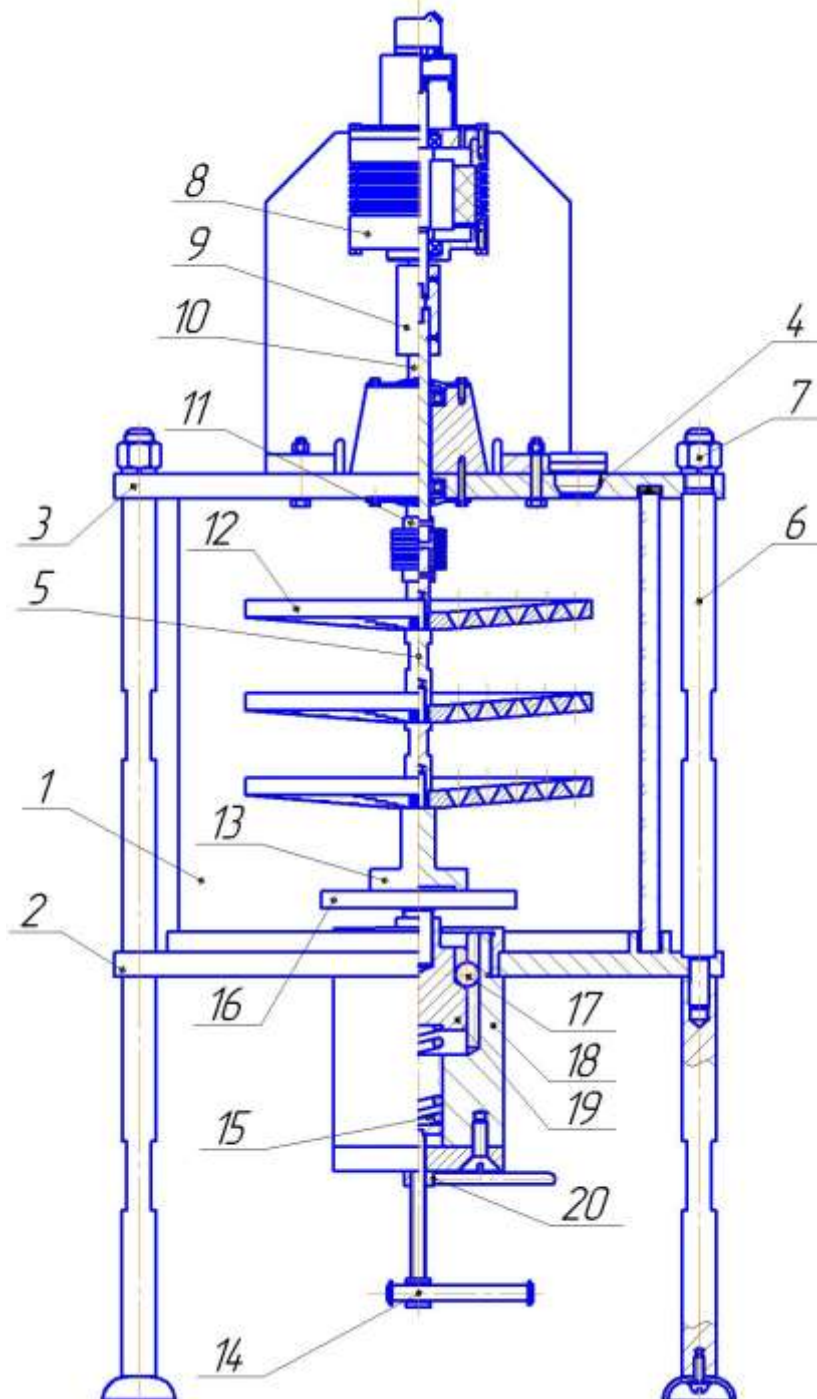


Рисунок 2.5 – Сборочный чертеж аппарата с вибросмесителем

Конструкция аппарата представляет собой емкость, корпус которой изготовлен из прозрачного стекла для визуального наблюдения за процессом перемешивания. Стеклоянная колба 1 установлена между двумя основаниями 2, 3 (рисунок 2.13), в верхнем основании 3 для заливки жидкой среды имеется горловина с пробкой 4. В центральном отверстии размещен ротор 5.

Верхнее и нижнее основание соединены стяжками 6 с гайками 7. На верхнее основание 3 установлен электропривод 8 модели СЛ 224В 1. Ось привода через муфту 9 связана с промежуточным валом 10 который передает вращение через муфту 11 на роторе с дисками 12, на его конце закреплена тарелка 13. Диски 12 (см. рисунок 2.1) выполнены коническими. Каждый диск в свою очередь имеет до 40 конических отверстий. Диски на роторе расположены так, чтобы конические отверстия были направлены навстречу друг другу. Такой способ расположения конических отверстий необходим для создания встречных затопленных струй в аппарате, которые способствуют интенсивному перемешиванию жидкой среды.

В нижнем основании 2 установлен вибровозбудитель (рисунок 2.13) для генерирования круговых колебаний ротора с дисками. Вращением винта 14 изменяют жесткость пружины 15. Тем самым создают тарированную силу прижима ротора 5 к контртелу 16. Проворот контртела предотвращают шесть шариков 17, которые устанавливаются в совместные отверстия корпуса 18 и подвижного элемента 19. Регулирование величины силы прижима ротора к контртелу 16 позволяет изменять частоту и амплитуду колебаний ротора. Контргайка 20 служит для предотвращения самоотвинчивания винта 14.

Вывод по разделу два

Во втором разделе был описан новый способ возбуждения колебаний и найдена закономерность движения жидкости в вибросмесителе. Ещё было отмечено, что комплексное применение принципиально нового способа возбуждения колебаний, реализованного в роторном инерционном

				15.03.05.2018.181.00 ПЗ	Лист
Лис	№ докум.	Подп.	Дата		44

виброприводе, позволяет получить ряд физических эффектов. Одновременная реализация которых позволит создать встречные вращающиеся закрученные затопленные струи и увеличить длину их пути перемещения, тем самым усовершенствовать оборудование для механического перемешивания компонентов ЖТС для их приготовления и восстановления. Для реализации нового способа был доработан аппарат с вибросмесителем.

				15.03.05.2018.181.00 ПЗ	Лист
Лис	№ докум.	Подп.	Дата		45

3 ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ В ПРОГРАММЕ FLOWVISION

3.1. План экспериментальных исследований

Для выявления общих закономерностей движения жидкости принимается следующий план проведения экспериментов:

1) Выявить степень влияния изменения частоты радиально-осевых колебаний активатора на скорости потоков принудительно создаваемых внутренних затопленных струй.

2) Выявить степень влияния изменения геометрии конических отверстий активатора на скорости потоков принудительно создаваемых внутренних затопленных струй.

3) Выявить влияние количества отверстий и диска активатора на формирование трасс потоков.

4) Выявить влияние формы отверстий активатора на скорости и направления потоков принудительно создаваемых внутренних затопленных струй.

3.2 Методика исследования процесса формирования трасс внутренних затопленных струй ньютоновских жидкостей

Программа FlowVision является самостоятельным пакетом для решения прямых задач по моделированию движения жидкостей и газов в различных условиях. Данный подход требует предварительного 3D моделирования моделей, задающих граничные условия при вычислениях.

Для решения задачи вибросмешивания жидких сред были созданы 3D модели конического диска и объема, в котором должно происходить перемешивание. На рисунке 3.1 показано окно программы «КОМПАС-3D», в котором смоделирован конический диск.

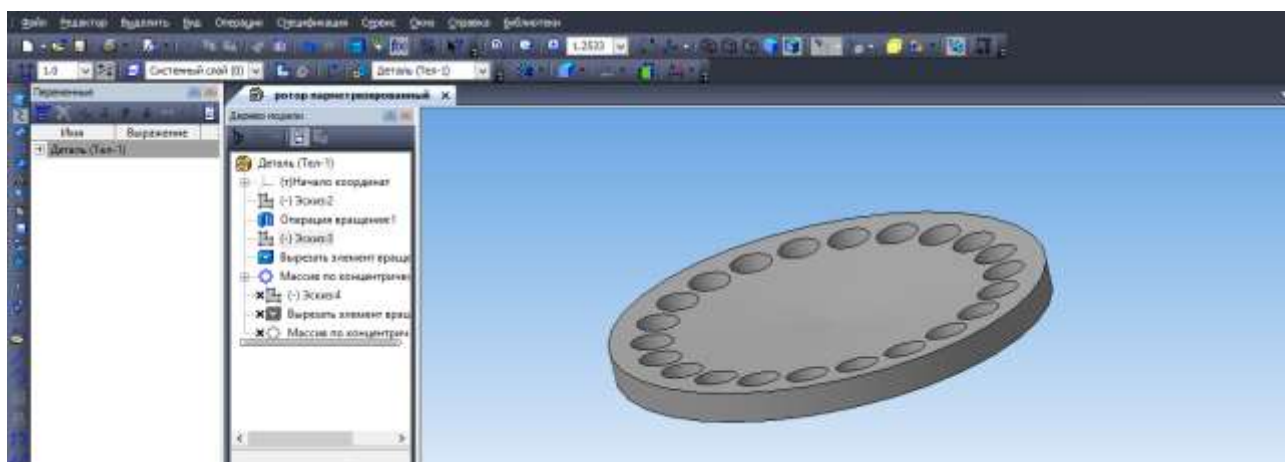


Рисунок 3.1 – Моделирование конического диска в программе «КОМПАС-3D»

Для дальнейшего расчета необходимо конвертировать 3D модель в формат .stl. Это необходимо для того, чтобы загрузить ее в программу FlowVision. Данная программа на данный момент этот продукт не поддерживает форматы САПР КОМПАС.

Дальнейшие вычисления производятся непосредственно в программе FlowVision.

Для начала работы необходимо задать рабочую область (тот объем, в котором производятся вычисления). Для этого необходимо зайти в программу, создать новый файл, выбрать формат .stl и загрузить сконвертированную 3D модель. На рисунке 3.2 показано окно программы с загруженной моделью.

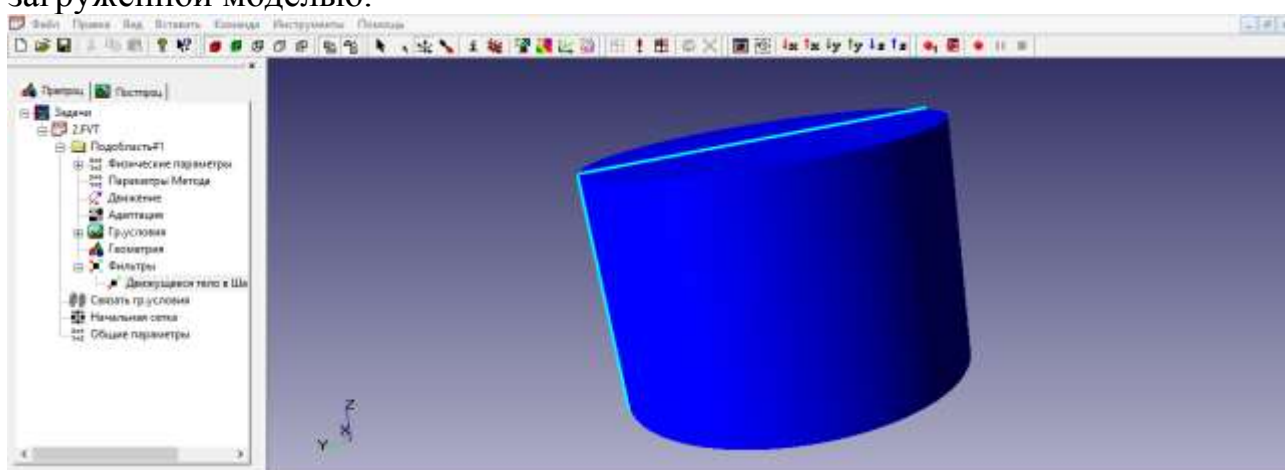


Рисунок 3.2 – Окно программы FlowVision: задание области вычислений.

Следующим шагом в работе является выбор модели вычисления. В случае расчетов вибросмесителя необходимо выбрать «Несжимаемая жидкость». На рисунке 3.3 показано окно выбора типа модели.

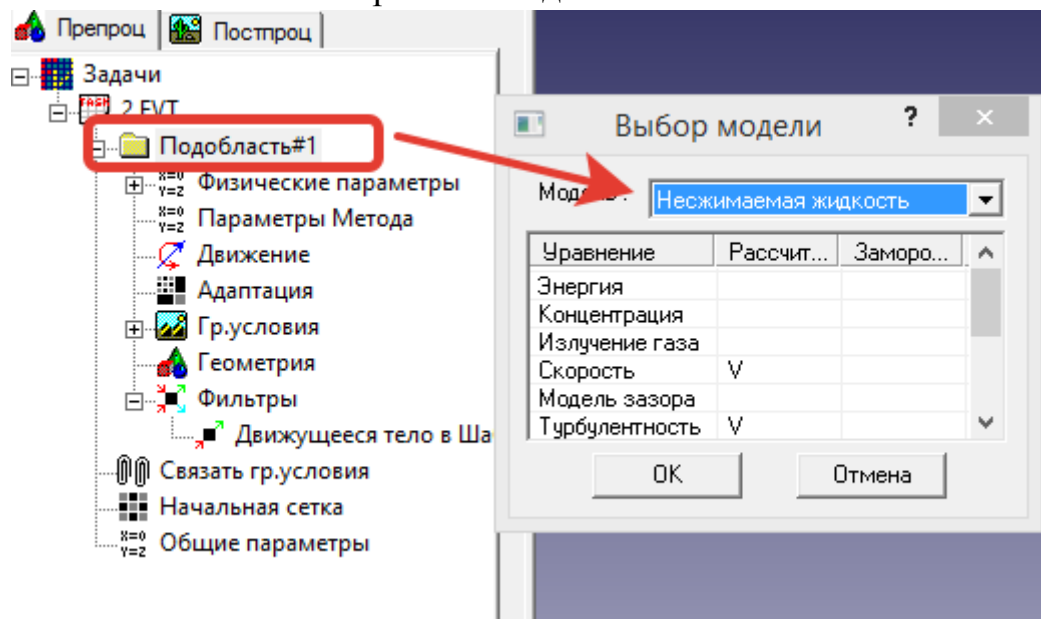


Рисунок 3.3 – Окно выбора типа вычислений

Данная модель наиболее универсальная среди других, так как включает в себя все типы вычислений, а не только характерных для турбулентного или ламинарного течения.

Третьим этапом является загрузка фильтра, который является граничным условием при вычислении. Для этого необходимо перейти во вкладку «фильтр», нажать кнопку «загрузить» и выбрать .stl файл модели конического диска.

После выбора модели появится окно выбора параметров расположения и движения данного фильтра (рисунок 3.4)

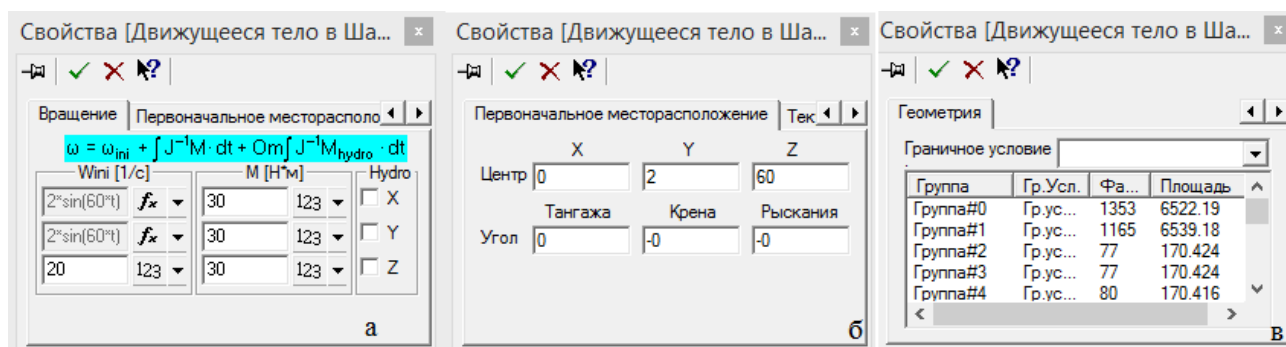


Рисунок 3.4 – Окно выборов параметров движения.
а – задание вращения; б – задание расположения диска относительно объема вычисления; в – задание типа граничного условия.

Следующий этап вычислений – задача расчетной сетки. От количества ячеек зависит точность вычислений. В данной программе в демо-режиме предоставляется до 30000 ячеек. Данное количество не так велико, однако для решения задачи является достаточным.

На рисунке 3.5 показано окно задачи расчетной сетки.

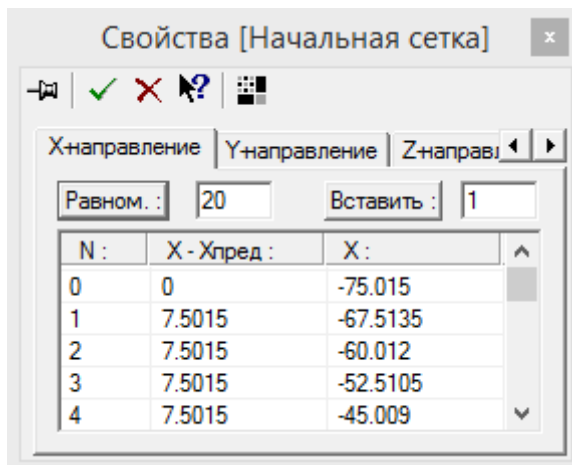


Рисунок 3.5 – Задание количества ячеек вычислений

После выбора количества ячеек необходимо перейти на вкладку «Постпроцессор» и установить отображение необходимых топограмм. Для разгрузки видеокарты компьютера в виду его слабых характеристик выбирается график типа «вектора», который отображает прохождение потоков в разрезе плоскости (рисунок 3.6).

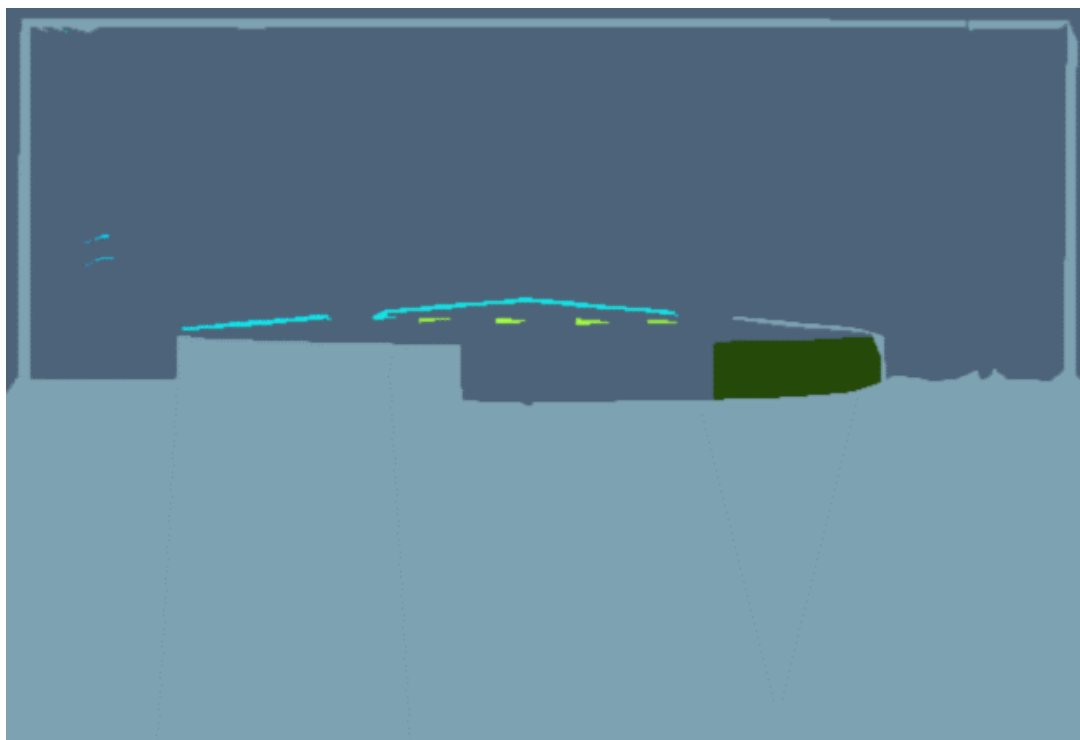


Рисунок 3.6 – Отображение векторов в шаблоне плоскости

Необходимо отметить возможность настройки отображения данных векторов: в свойствах слоя можно выбрать их размер, масштаб, а так же переприсвоить значения скоростей для цветовой шкалы. На рисунке 3.7 показано окно настройки слоя, а на рисунке 3.8 – его цветовая шкала

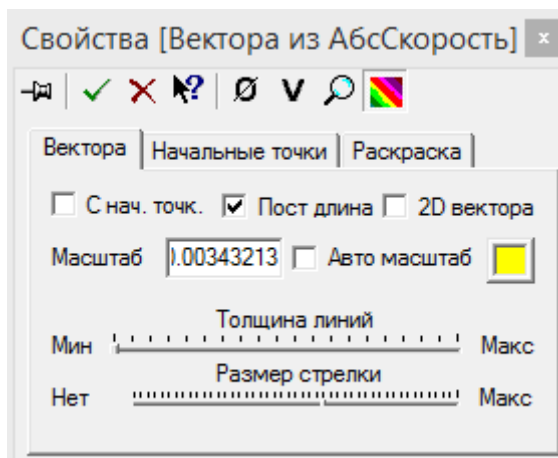


Рисунок 3.7 – Окно настройки слоя

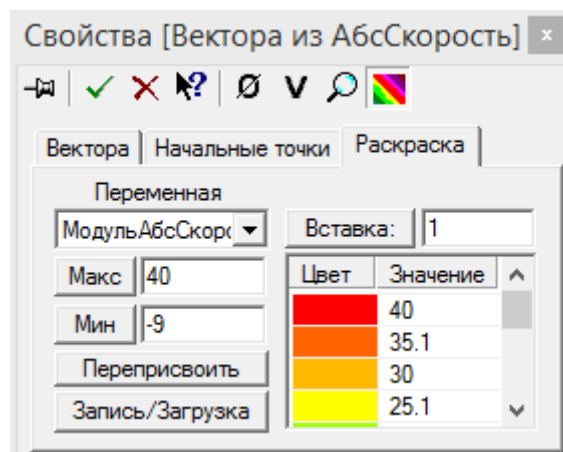


Рисунок 3.8 – Цветовая шкала индикации

После настройки всех необходимых параметров можно приступить к вычислениям.

Главной задачей при работе в программе является исследование геометрических параметров (направления потоков жидкости), а так же их количественные параметры (скорости и ускорения).

Загрузив необходимые модели в программу, задаются параметры движения – частота вибрации, эксцентриситет, частоты вращений. Затем генерируется расчетная сетка и производится расчет.

На рисунке 3.9 показан результат расчета. По нему видно, что при заданных параметрах движения (рисунок 3.10), образуются тороидальные потоки жидкости. Скорости при этом определяются по цветовой шкале.

Распознавание количественных характеристик производится относительным методом (относительно скоростей по осям, относительно абсолютной или относительно или скорости), что позволяет выявить преобладающие параметры – изменение скоростей, давлений, вязких напряжений. На рисунке 3.11 показана цветовая шкала, по которой производится определение скоростей потоков.

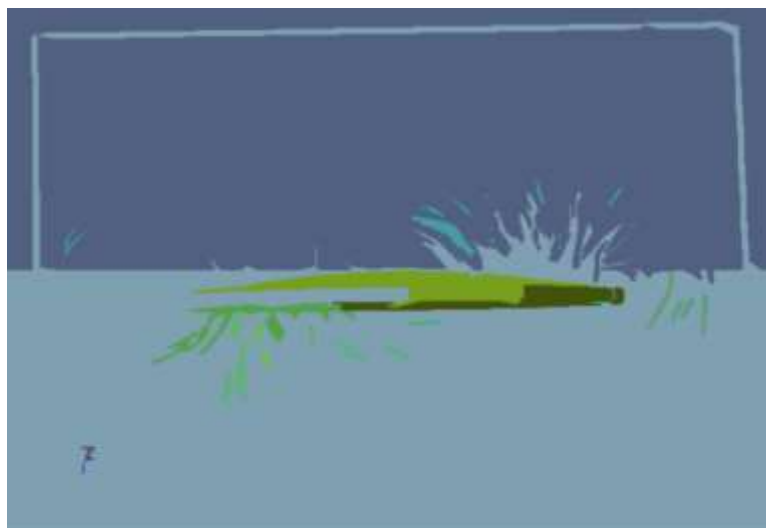


Рисунок 3.9 – Результат расчета в программе FlowVision

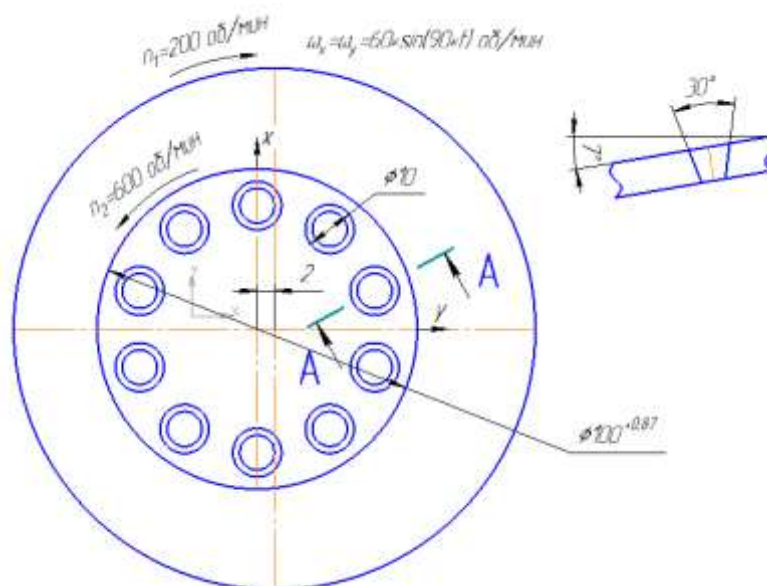


Рисунок 3.10 – параметры движения диска

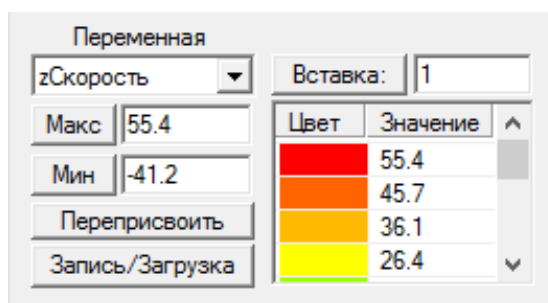


Рисунок 3.11 – Окно цветовой индикации

3.3 Исследование влияния изменения частоты радиально-осевых колебаний активатора на скорости потоков принудительно создаваемых внутренних затопленных струй

В таблице 3.1 представлены результаты опытов по изменению частот колебаний диска.

Таблица 3.1 – Результаты опытов

Закон движения	1 опыт (конусность отверстий 30°)	2 опыт (конусность отверстий 35°)
		
		
		
Диапазон скоростей, м/с	0 – 30 м/с	0 – 50 м/с

В опыте 1 и опыте 2 применялись разные конусности отверстий - 30° и 35°. Движение жидкости в опыте 2 потеряло упорядоченное движение в виде колец, однако, судя по цветовой шкале, с уверенностью можно сказать, что при увеличении конусности с 30° до 35° скорости потоков увеличились почти в два раза. При этом уменьшение и увеличение частоты колебаний диска так же негативно влияет на интенсивность смешивания.

Дальнейшие опыты показали, что наилучший результат получается с конусностью 35° и количеством отверстий равным 14. При применении такого диска потоки (рисунок 3.12) имеют наиболее равномерный характер, что не дает возникнуть эффекту кавитации.

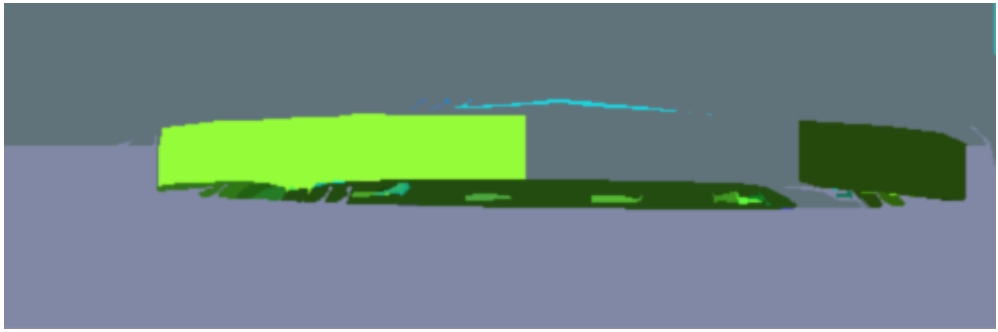


Рисунок 3.12 – Движение жидкости при оптимальных режимах смешивания

3.5 Выявление влияния количества рядов отверстий

Проведенные опыты с диском, имеющим два ряда отверстий представлены в таблице 3.2. Эскиз диска показан на рисунке 3.13.

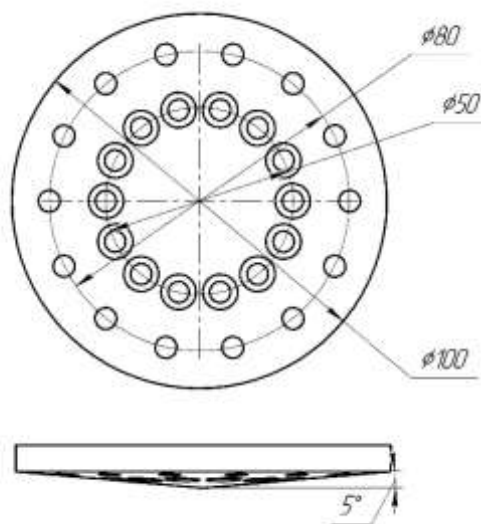
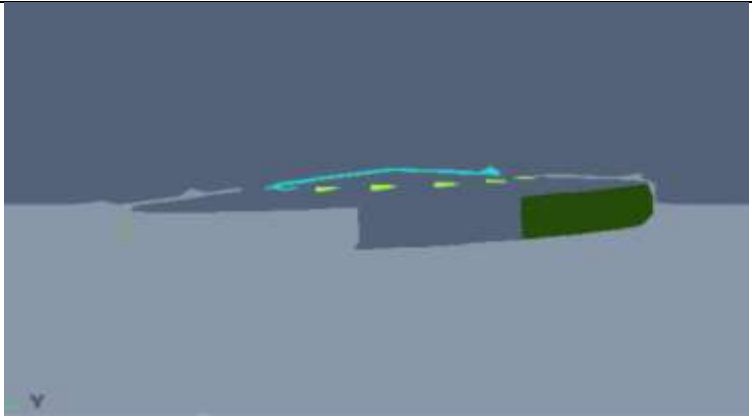
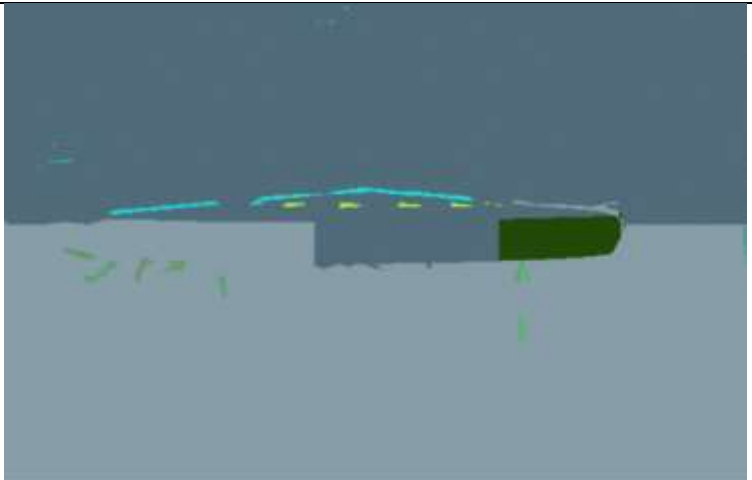


Рисунок 3.13 – Эскиз диска.

Таблица 3.2 – Результаты измерений

Закон движения	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> Wini [1/c] 2°SIN(80°) f_x ▾ 2°SIN(80°) f_x ▾ 30 123 ▾ </div>	

Окончание таблицы 3.2

<table border="1"> <tr><td colspan="2">Wini [1/c]</td></tr> <tr><td>2*SIN(120°)</td><td><i>f_x</i> ▼</td></tr> <tr><td>2*SIN(120°)</td><td><i>f_x</i> ▼</td></tr> <tr><td>30</td><td>123 ▼</td></tr> </table>	Wini [1/c]		2*SIN(120°)	<i>f_x</i> ▼	2*SIN(120°)	<i>f_x</i> ▼	30	123 ▼	
Wini [1/c]									
2*SIN(120°)	<i>f_x</i> ▼								
2*SIN(120°)	<i>f_x</i> ▼								
30	123 ▼								
<table border="1"> <tr><td colspan="2">Wini [1/c]</td></tr> <tr><td>2*SIN(60°)</td><td><i>f_x</i> ▼</td></tr> <tr><td>2*SIN(60°)</td><td><i>f_x</i> ▼</td></tr> <tr><td>30</td><td>123 ▼</td></tr> </table>	Wini [1/c]		2*SIN(60°)	<i>f_x</i> ▼	2*SIN(60°)	<i>f_x</i> ▼	30	123 ▼	
Wini [1/c]									
2*SIN(60°)	<i>f_x</i> ▼								
2*SIN(60°)	<i>f_x</i> ▼								
30	123 ▼								
<p>Цветовая шкала, м/с</p>	<p>0 – 55 м/с</p>								

Как видно на рисунке 3.13, при использовании такого диска появляются вторичные потоки, которые направлены из одного ряда отверстий в другой.

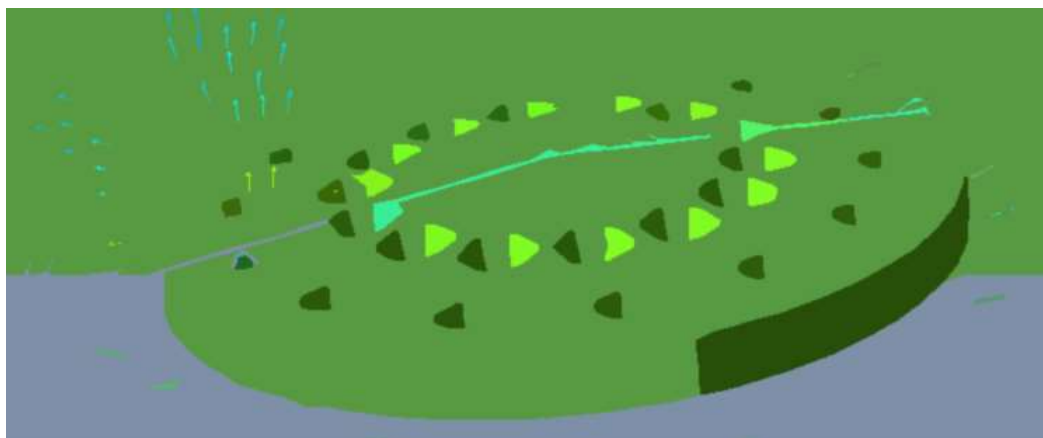


Рисунок 3.13 – Отображение потоков жидкости в 2D векторах

3.4 Влияние геометрии конических отверстий активатора на скорости потоков принудительно создаваемых внутренних затопленных струй

Для данной задачи в программе FlowVision были проведены опыты с использованием активатора с разной конусностью отверстий: от 30° до 35° с шагом в один градус (рисунок 3.14).

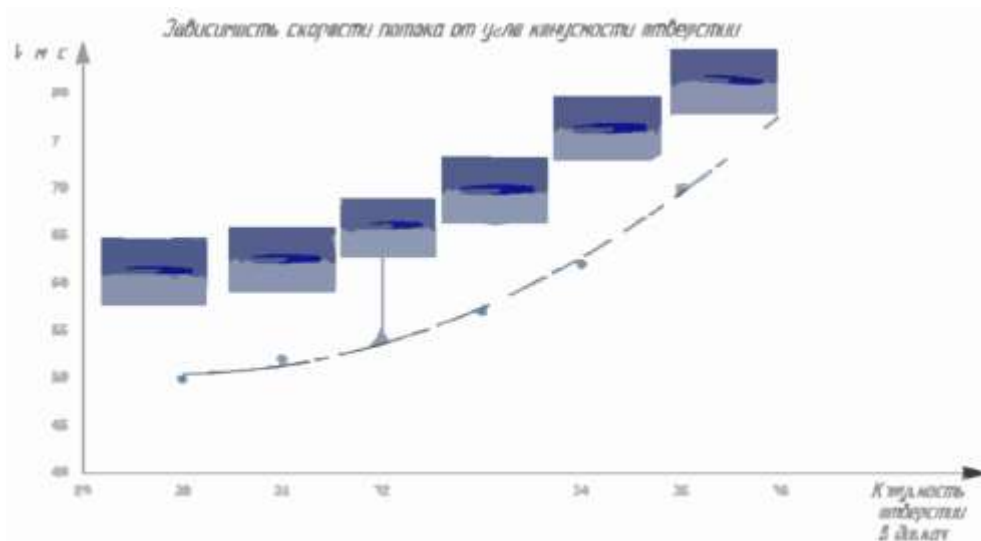


Рисунок 3.14 – Зависимость скорости потока от угла конусности отверстий

По данному графику видно, что зависимость имеет экспоненциальный характер.

3.5 Влияние количества отверстий и дисков на формирование трасс потоков

При использовании двух дисков и расстоянии 20 мм между ними можно заметить, что потоки стали взаимодействовать. Данный опыт показан на рисунке 3.15.

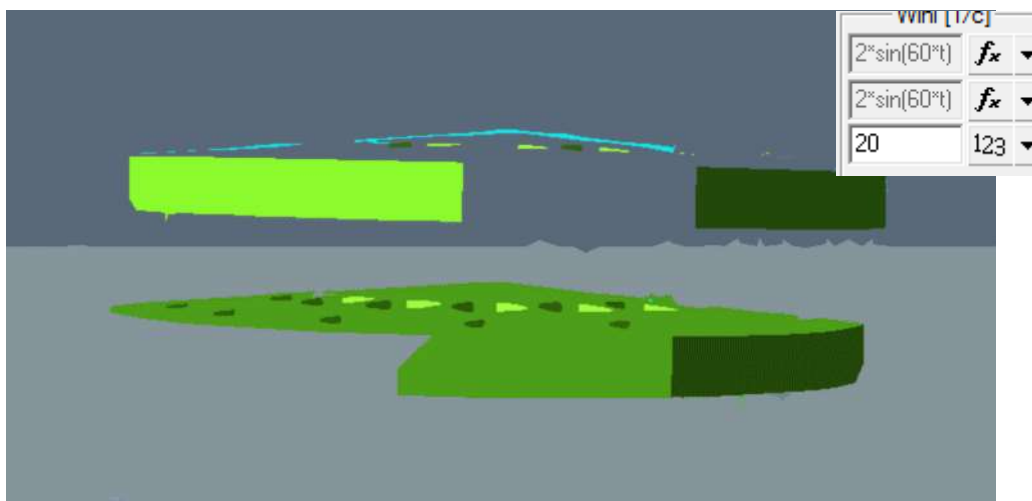


Рисунок 3.15 – Взаимодействие потоков жидкости при использовании двух дисков. Расстояние 20 мм.

При таком расположении дисков скорость вращения пришлось снизить на треть, т.к. скорости потоков при 30 рад/с выходили за пределы кавитации.

При расстоянии между дисками в 10 мм интенсивность перемешивания заметно увеличилась. При этом взаимодействие потоков стало более очевидным, при этом стройность потоков уменьшилась, что должно вызывать кавитацию. Опыт показан на рисунке 3.16.



Рисунок 3.16 – Взаимодействие потоков жидкости при использовании двух дисков. Расстояние 10 мм.

Проведенные опыты с увеличением количества отверстий с 28 до 36 показали, что количество отверстий значительно влияет на интенсивность смешивания.

На рисунке 3.16 видно, что интенсивность перемешивания при увеличении количества отверстий увеличилась (это видно по векторам, которые стали огибать большие расстояния и стали проявлять более упорядоченное движение)

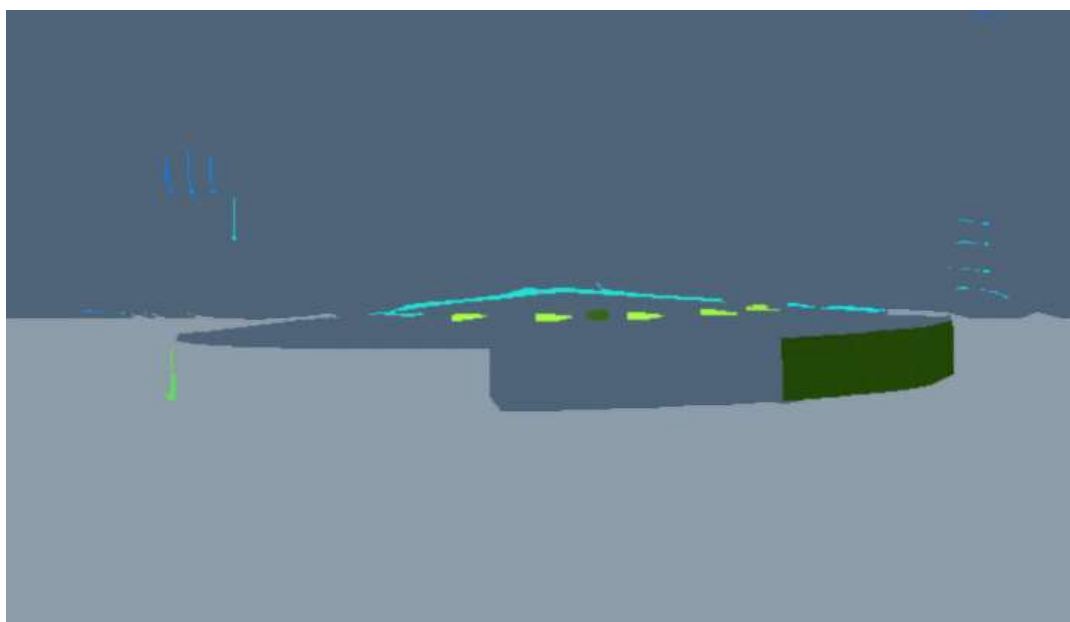


Рисунок 3.16 – Диск с увеличенным количеством отверстий

3.6 Влияние формы отверстий активатора на скорости и направления потоков принудительно создаваемых внутренних затопленных струй

Для проверки влияния формы отверстий на потоки жидкости при смешивании дополнительно было смоделировано два диска. На рисунке 3.18 показаны эскизы данных дисков.

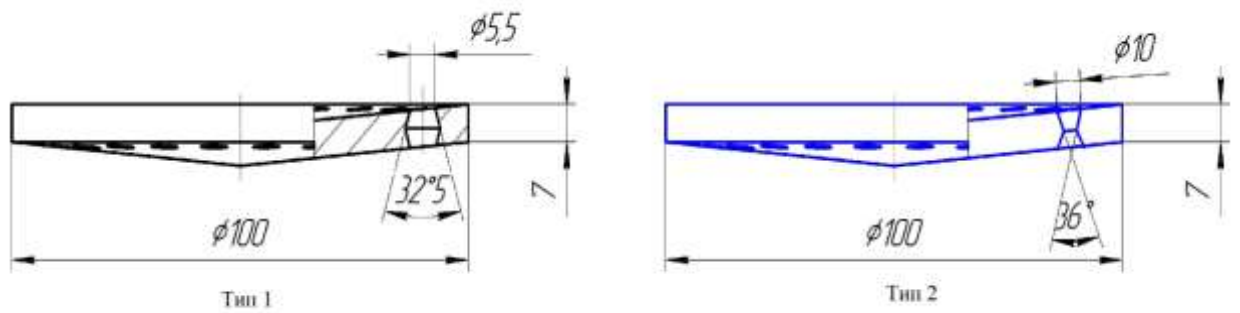


Рисунок 3.18 – Диски с различными формами отверстий

На рисунке 3.19 показаны заданные условия движения этих дисков.

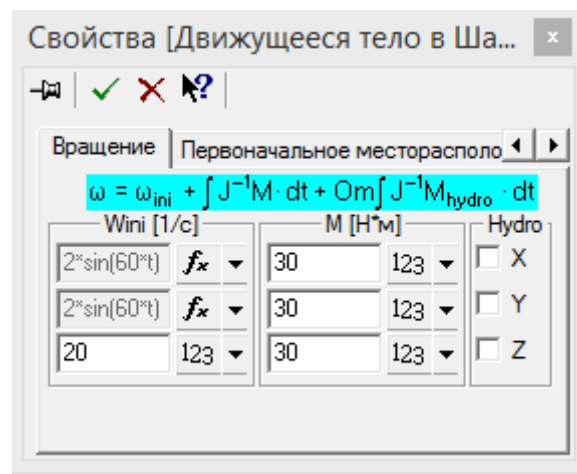


Рисунок 3.19 – Условия движения дисков

На рисунке 3.20 показан результат моделирования диска первого типа, на рисунке 3.21 – диска второго типа.

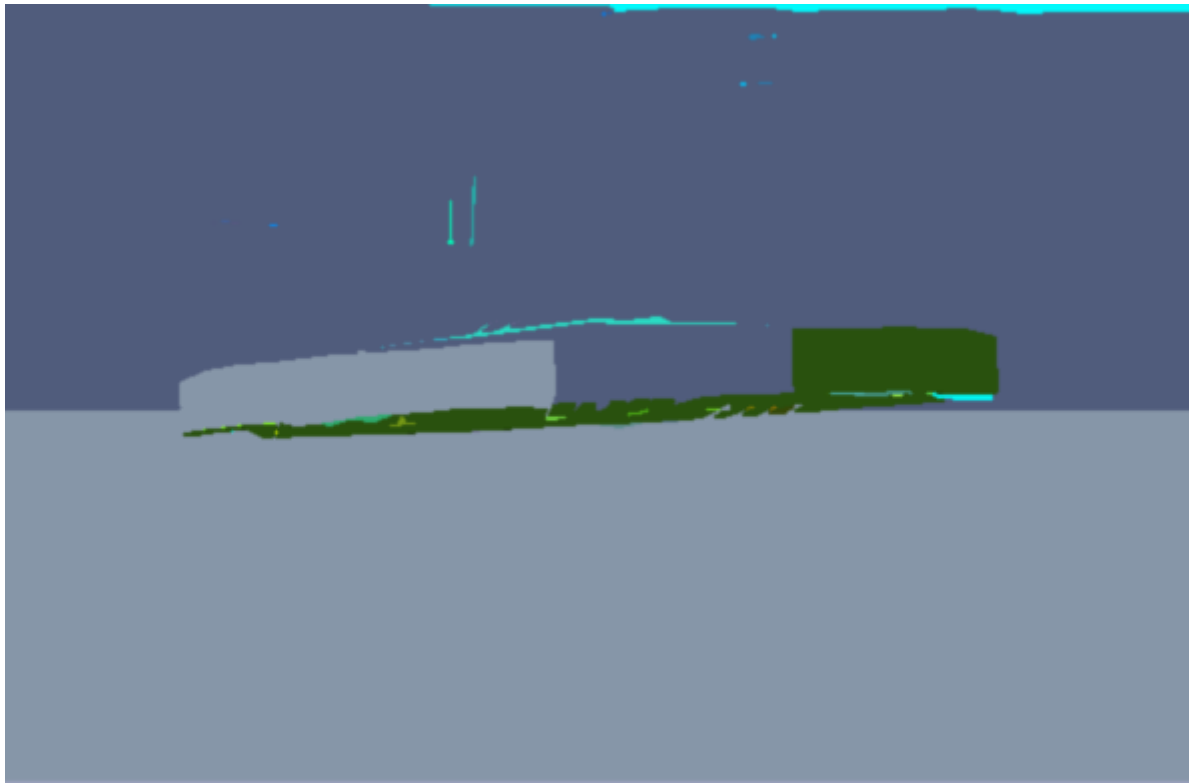


Рисунок 3.20 – Моделирование движения жидкости с диском первого типа

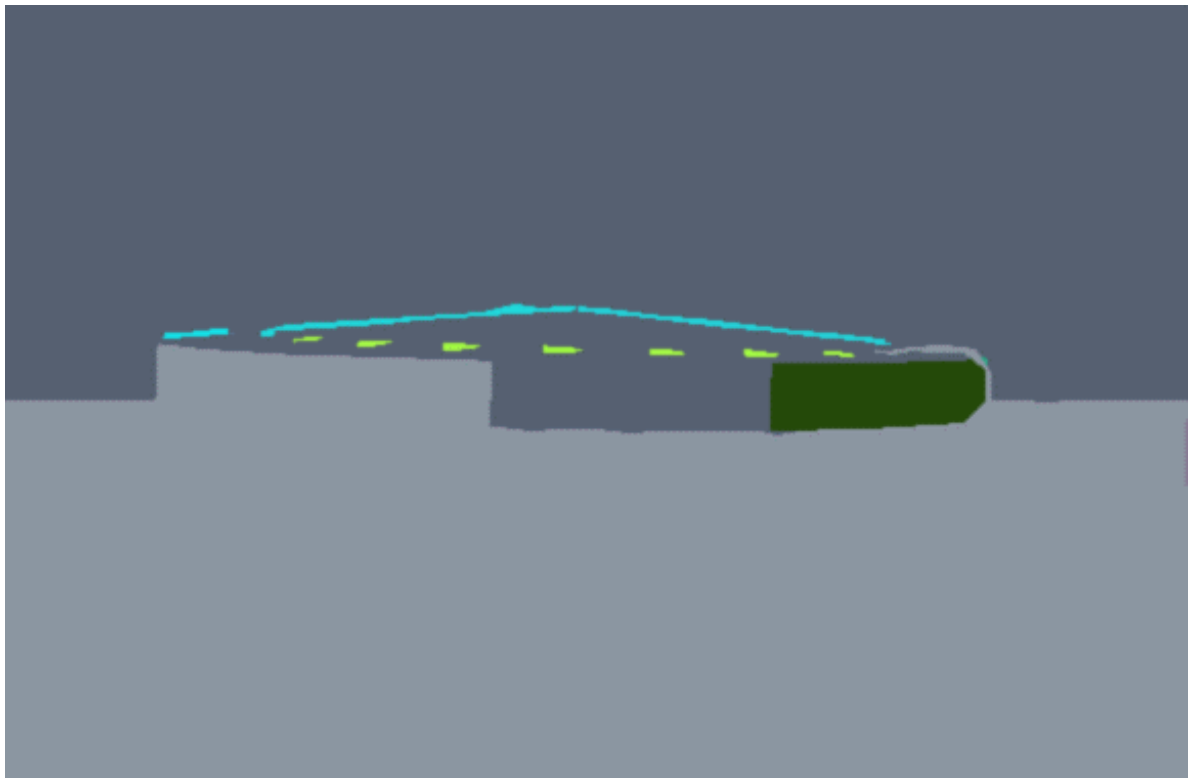


Рисунок 3.21 – Моделирование движения жидкости с диском первого типа

Как видно по рисункам, форма отверстий повлияла как на геометрию потоков жидкости, так и на и их скорости. При этом во втором случае можно говорить об

увеличении интенсивности смешивания, так как потоки приобрели преимущественно красный цвет, что соответствует большим скоростям. Окно цветовой индикации для этих компьютерных экспериментов показано на рисунке 3.22.

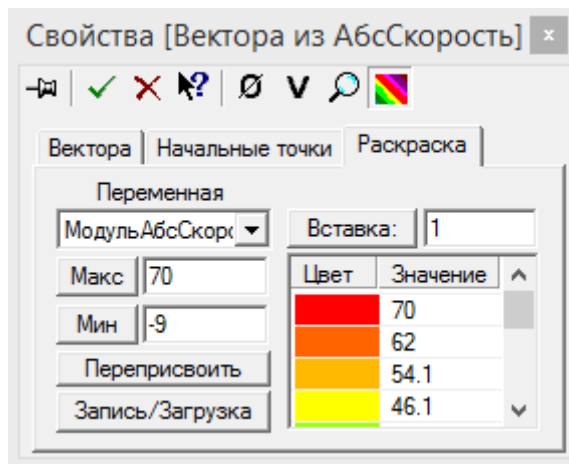


Рисунок 3.22 – Цветовая шкала

Выводы разделу третьему

В разделе была показана методика исследования затопленных струй, возникающих при использовании вибросмесителя.

Так же были получены следующие экспериментальные результаты:

- 1) Для интенсивного перемешивания частота радиально-осевых колебаний активатора должна быть более 60 колебаний в минуту. При частоте 120 колебаний в минуту наблюдаются наибольшие скорости потоков, которые достигают 50-55 м/с.
- 2) Увеличение конусности с 30 до 35 позволяет увеличить скорость потоков с 35 - 40 до 45 - 50 м/с при одинаковых параметрах работы вибросмесителя.
- 3) Введение дополнительного ряда отверстий в рабочем органе позволяет создавать дополнительные потоки, которые увеличивают производительность смешивания за счет повышения скорости до максимальных значений в 45-50 м/с и увеличения длины пути перемешивания потоков. Размещение каждого дополнительного диска на активаторе увеличивает производительность смешивания за счет увеличения количества потоков.
- 4) Использование активатора со встречными коническими отверстиями позволяет повысить скорость дополнительных потоков жидкости с 10-12 м/с до 25-27 м/с.

4 РАЗДЕЛ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНИДЕЯТЕЛЬНОСТИ

4.1 Воздействие вибраций на организм человека и методы борьбы

По физической природе вибрация так же, как и шум, представляет собой колебательное движение материальных тел.

Вибрация - механические колебания упругих тел, проявляющиеся в перемещении центра их тяжести или оси симметрии в пространстве, а также в периодическом изменении ими формы, которую они имели в статическом состоянии [28].

Параметры вибрации нормирует ГОСТ 12.1.012-78 "ССБТ. Вибрация. Общие требования безопасности".

Вибрация в соответствии со стандартом по источникам ее возникновения подразделяется на: транспортную, которая возникает в результате движения автомобилей по местности и дорогам и при их строительстве; транспортно-технологическую, которая возникает при работе машин, выполняющих технологическую операцию в стационарном положении или при перемещении по специально подготовленной части производственного помещения, промышленной площадки; технологическую, которая возникает при работе стационарных машин или передается на рабочие места не имеющих источников вибрации.

По способу передачи на тело человека вибрацию разделяют на общую, которая передается через опорные поверхности на тело человека, и локальную, которая передается через руки человека. В производственных условиях часто встречаются случаи комбинированного влияния вибрации — общей и локальной.

Вибрация вызывает нарушения физиологического и функционального состояний человека. Стойкие вредные физиологические изменения называют вибрационной болезнью. Симптомы вибрационной болезни проявляются в виде

				15.03.05.2018.181.00 ПЗ	Лист
Лис	№ докум.	Подп.	Дата		63

головной боли, онемения пальцев рук, боли в кистях и предплечье, возникают судороги, повышается чувствительность к охлаждению, появляется бессонница. При вибрационной болезни возникают патологические изменения спинного мозга, сердечно-сосудистой системы, костных тканей и суставов, изменяется капиллярное кровообращение.

Функциональные изменения, связанные с действием вибрации на человека-оператора — ухудшение зрения, изменение реакции вестибулярного аппарата, возникновение галлюцинаций, быстрая утомляемость. Негативные ощущения от вибрации возникают при ускорении, которое составляет 5% ускорения силы веса, то есть при $0,5 \text{ м/с}^2$. Особенно вредны вибрации с частотами, близкими к частотам собственных колебаний тела человека, большинство которых находится в границах 6..30, Гц.

Защита от вибраций. Общие методы борьбы с вибрацией базируются на анализе уравнений, которые описывают колебание машин в производственных условиях и классифицируются следующим образом: снижение вибраций в источнике возникновения путем снижения или устранения возбуждающих сил; регулировка резонансных режимов путем рационального выбора приведенной массы или жесткости системы, которая колеблется; вибродемпфирование — снижение вибрации за счет силы трения демпферного устройства, то есть перевод колебательной энергии в тепловую; динамическое гашение — введение в колебательную систему дополнительной массы или увеличение жесткости системы; виброизоляция — введение в колебательную систему дополнительной упругой связи с целью ослабления передачи вибраций смежному элементу, конструкции или рабочему месту; использование индивидуальных средств защиты.

Снижение вибрации в источнике ее возникновения достигается путем уменьшения силы, которая вызывает колебание. Поэтому еще на стадии проектирования машин и механических устройств, следует выбирать кинематические схемы, в которых динамические процессы, вызванные ударами

				15.03.05.2018.181.00 ПЗ	Лист
Лис	№ докум.	Подп.	Дата		64

и ускорением, были бы исключены или снижены. Регулировка режима резонанса. Для ослабления вибраций существенное значение имеет предотвращение резонансных режимов работы с целью исключения резонанса с частотой принуждающей силы. Собственные частоты отдельных конструктивных элементов определяются расчетным методом по известным значениям массы и жесткости или же экспериментально на стендах.

Вибродемпфирование. Этот метод снижения вибрации реализуется путем превращения энергии механических колебаний колебательной системы в тепловую энергию. Увеличение расхода энергии в системе осуществляется за счет использования конструктивных материалов с большим внутренним трением: пластмасс, металло-резины, сплавов марганца и меди, никелетитановых сплавов, нанесения на вибрирующие поверхности слоя упруговязких материалов, которые имеют большие, потери на внутреннее трение.

Виброгашение для динамического гашения колебаний. Используются динамические виброгасители: пружинные, маятниковые, эксцентриковые гидравлические. Недостатком динамического гасителя является то, что он действует только при определенной частоте, которая отвечает его резонансному режиму колебаний.

Динамическое виброгашение достигается также установлением агрегата на массивном фундаменте.

Виброизоляция состоит в снижении передачи колебаний от источника возбуждения к объекту, который защищается, путем введения в колебательную систему дополнительной упругой связи. Эта связь предотвращает передачу энергии от колеблющегося агрегата к основе или от колебательной основы к человеку или к конструкциям, которые защищаются.

Средства индивидуальной защиты от вибрации применяют в случае, когда рассмотренные выше технические средства не позволяют снизить уровень вибрации до нормы. Для защиты рук используются рукавицы, вкладыши,

прокладки. Для защиты ног — специальная обувь, подметки, наколенники. Для защиты тела — нагрудники, пояса, специальные костюмы.

4.2 Безопасность работы на компьютере

Параметры безопасности - электрическая, механическая, пожарная безопасность по ГОСТ Р 50377 - 92.

Санитарно - гигиенические требования , уровень звуковых шумов по ГОСТ 26329 - 84 или ГОСТ 2718 - 88, ультрафиолетовое, рентгеновское излучения и показатели качества изображения по ГОСТ 27954 - 88. Электромагнитная совместимость - излучаемые радиопомехи по ГОСТ 29216 - 91.

4.2.1 Обеспечение электробезопасности

Электрический ток представляет собой скрытый тип опасности, т.к. его трудно определить в токо- и нетоковедущих частях оборудования, которые являются хорошими проводниками электричества. Смертельно опасным для жизни человека считают ток, величина которого превышает 0,05А, ток менее 0,05А – безопасен (до 1000 В). С целью предупреждения поражений электрическим током к работе должны допускаться только лица, хорошо изучившие основные правила по технике безопасности.

В соответствии с правилами электробезопасности в служебном помещении должен осуществляться постоянный контроль состояния электропроводки, предохранительных щитов, шнуров, с помощью которых включаются в электросеть компьютеры, осветительные приборы, другие электроприборы.

Электрические установки, к которым относится практически все оборудование ЭВМ, представляют для человека большую потенциальную опасность, так как в процессе эксплуатации или проведении профилактических работ человек может коснуться частей, находящихся под напряжением.

				15.03.05.2018.181.00 ПЗ	Лист
Лис	№ докум.	Подп.	Дата		66

Специфическая опасность электроустановок – токоведущие проводники, корпуса стоек ЭВМ и прочего оборудования, оказавшегося под напряжением в результате повреждения (пробоя) изоляции, не подают каких-либо сигналов, которые предупреждают человека об опасности. Реакция человека на электрический ток возникает лишь при протекании последнего через тело человека. Исключительно важное значение для предотвращения электротравмотизма имеет правильная организация обслуживания действующих электроустановок ВЦ (вычислительного центра), проведения ремонтных, монтажных и профилактических работ.

В ВЦ разрядные токи статического электричества чаще всего возникают при прикосновении к любому из элементов ЭВМ. Такие разряды опасности для человека не представляют, но кроме неприятных ощущений они могут привести к выходу из строя ЭВМ. Для снижения величины возникающих зарядов статического электричества в ВЦ покрытие технологических полов следует выполнять из однослойного поливинилхлоридного антистатического линолеума. Другим методом защиты является нейтрализация заряда статического электричества ионизированным газом. В промышленности широко применяются радиоактивные нейтрализаторы. К общим мерам защиты от статического электричества в ВЦ можно отнести общие и местное увлажнение воздуха.

4.2.2 Пожарная безопасность

Пожарная безопасность – состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных факторов пожара и обеспечивается защита материальных ценностей.

Пожарная безопасность обеспечивается системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты. Во всех служебных помещениях обязательно должен быть «План эвакуации людей при пожаре», регламентирующий действия

				15.03.05.2018.181.00 ПЗ	Лист
Лис	№ докум.	Подп.	Дата		67

персонала в случае возникновения очага возгорания и указывающий места расположения пожарной техники.

Пожары в ВЦ представляют особую опасность, так как сопряжены с большими материальными потерями. Характерная особенность ВЦ – небольшие площади помещений. Как известно пожар может возникнуть при взаимодействии горючих веществ, окисления и источников зажигания. В помещениях ВЦ присутствуют все три основных фактора, необходимые для возникновения пожара.

Горючими компонентами на ВЦ являются: строительные материалы для акустической и эстетической отделки помещений, перегородки, двери, полы, изоляция кабелей и др.

Противопожарная защита – это комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращение пожара, ограничение его распространения, а также на создание условий для успешного тушения пожара.

Источниками зажигания в ВЦ могут быть электронные схемы от ЭВМ, приборы, применяемые для технического обслуживания, устройства электропитания, кондиционирования воздуха, где в результате различных нарушений образуются перегретые элементы, электрические искры и дуги, способные вызвать загорания горючих материалов.

В современных ЭВМ очень высокая плотность размещения элементов электронных схем. В непосредственной близости друг от друга располагаются соединительные провода, кабели. При протекании по ним электрического тока выделяется значительное количество теплоты. При этом возможно оплавление изоляции. Для отвода избыточной теплоты от ЭВМ служат системы вентиляции и кондиционирования воздуха. При постоянном действии эти системы представляют собой дополнительную пожарную опасность.

Энергоснабжение ВЦ осуществляется от трансформаторной станции и двигатель-генераторных агрегатов. На трансформаторных подстанциях особую

				15.03.05.2018.181.00 ПЗ	Лист
Лис	№ докум.	Подп.	Дата		68

опасность представляют трансформаторы с масляным охлаждением. В связи с Пожарная опасность двигатель-генераторных агрегатов обусловлена возможностью коротких замыканий, перегрузки, электрического искрения. Для безопасной работы необходим правильный расчет и выбор аппаратов защиты. При поведении обслуживающих, ремонтных и профилактических работ используются различные смазочные вещества, легковоспламеняющиеся жидкости, прокладываются временные электропроводники, ведут пайку и чистку отдельных узлов. Возникает дополнительная пожарная опасность, требующая дополнительных мер пожарной защиты. В частности, при работе с паяльником следует использовать несгораемую подставку с несложными приспособлениями для уменьшения потребляемой мощности в нерабочем состоянии.

Для изготовления строительных конструкций используются, как правило, кирпич, железобетон, стекло, металл и другие негорючие материалы. Применение дерева должно быть ограничено, а в случае использования необходимо пропитывать его огнезащитными составами. В ВЦ противопожарные преграды в виде перегородок из несгораемых материалов устанавливаются между машинными залами.

К средствам тушения пожара, предназначенных для локализации небольших загораний, относятся пожарные стволы, внутренние пожарные водопроводы, огнетушители, сухой песок, асбестовые одеяла и т. п.

В зданиях ВЦ пожарные краны устанавливаются в коридорах, на площадках лестничных клеток и входов. Применение воды в машинных залах ЭВМ, хранилищах носителей информации, помещениях контрольно-измерительных приборов ввиду опасности повреждения или полного выхода из строя дорогостоящего оборудования возможно в исключительных случаях, когда пожар принимает угрожающе крупные размеры. При этом количество воды должно быть минимальным, а устройства ЭВМ необходимо защитить от попадания воды, накрывая их брезентом или полотном.

				15.03.05.2018.181.00 ПЗ	Лист
Лис	№ докум.	Подп.	Дата		69

Огнетушители. По виду используемого огнетушащего вещества огнетушители подразделяются на следующие основные группы:

Пенные огнетушители, применяются для тушения горящих жидкостей, различных материалов, конструктивных элементов и оборудования, кроме электрооборудования, находящегося под напряжением.

Газовые огнетушители применяются для тушения жидких и твердых веществ, а также электроустановок, находящихся под напряжением.

В производственных помещениях ВЦ применяются главным образом углекислотные огнетушители, достоинством которых является высокая эффективность тушения пожара, сохранность электронного оборудования, диэлектрические свойства углекислого газа, что позволяет использовать эти огнетушители даже в том случае, когда не удастся обесточить электроустановку сразу.

Объекты ВЦ необходимо оборудовать установками стационарного автоматического пожаротушения. Наиболее целесообразно применять в ВЦ установки газового тушения пожара, действие которых основано на быстром заполнении помещения огнетушащим газовым веществом с резким сжижением содержания в воздухе кислорода.

4.2.3 Определение основных параметров микроклимата при работе с ЭВМ

Достижение науки и техники, бурное развитие научно технической революции, воздействующие на всю сферу человеческой деятельности, требуют дальнейшего совершенствования управления, стиля и методов работы, повышения качества и эффективности управленческого труда.

Механизация и автоматизация труда требуют от людей постоянного повышения своей деловой квалификации, более глубоких знаний высоких технологии.

				15.03.05.2018.181.00 ПЗ	Лист
Лис	№ докум.	Подп.	Дата		70

Широкое распространение микроэлектроники, компьютеров индивидуального пользования, мощных средств автоматизированной обработки текста и графической информации, высоко эффективных устройств ее хранения и поиска, современных средств связи и сетей электронно-вычислительных машин позволяют некоторым специалистам ставить вопрос о перспективах создания электронных офисов будущего.

Работа операторов, программистов и просто пользователей непосредственно связана компьютерами, а соответственно с дополнительными вредными воздействиями целой группы факторов, что существенно снижает производительность их труда.

Изучение и решение проблем, связанных с обеспечением здоровых и безопасных условий, в которых протекает труд человека - одна из наиболее важных задач в разработке новых технологий и систем производства. Изучение и выявление возможных причин производственных несчастных случаев, профессиональных заболеваний, аварий, взрывов, пожаров, и разработка мероприятий и требований, направленных на устранение этих причин позволяют создать безопасные и благоприятные условия для труда человека.

Комфортные и безопасные условия труда - один из основных факторов влияющих на производительность людей работающих с ЭВМ.

Сейчас практически в любом офисе можно найти компьютер. Он значительно упрощает процесс делопроизводства, но прежде, чем оснащать этим прибором свой офис, неплохо было бы узнать о нем немного больше: ГОСТы, стандарты, требования, рекомендации, совместимость, экологическую безопасность и т.д.

Требования к освещению помещений и рабочих мест с ЭВМ описаны в санитарных нормах и правилах СанПиН для работников вычислительных центров от 22.05.95г. Искусственное освещение в помещениях эксплуатации ЭВМ осуществляется системой общего равномерного освещения.

В производственных и административно-общественных помещениях, в случаях преимущественной работы с документами, разрешено применение

				15.03.05.2018.181.00 ПЗ	Лист
Лис	№ докум.	Подп.	Дата		71

системы комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов).

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк, также допускается установка светильников местного освещения для подсветки документов, но с таким условием, чтобы оно не создавало бликов на поверхности экрана и не увеличивало освещенность экрана более чем на 300 лк.

В качестве источников света при искусственном освещении должны применяться преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ. При устройстве отраженного освещения в административно-общественных помещениях допускается применение металлогалогенных ламп мощностью до 250 Вт. Допускается применение ламп накаливания в светильниках местного освещения.

Общее освещение следует выполнять в виде сплошных или прерывистых линий светильников, расположенных сбоку от рабочих мест, параллельно линии зрения пользователя при рядном расположении ЭВМ. При периметральном расположении компьютеров линии светильников должны располагаться локализовано над рабочим столом, ближе к его переднему краю, обращенному к оператору.

Для обеспечения нормируемых значений освещенности в помещениях использования ЭВМ следует проводить чистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп.

Помещения ВЦ, их размеры (площадь, объем) должны в первую очередь соответствовать количеству работающих и размещаемому в них комплексу технических средств. В них предусматриваются соответствующие параметры температуры, освещения, чистоты воздуха, обеспечивают изоляцию, от производственных шумов и т.п. Для обеспечения нормальных условий труда

				15.03.05.2018.181.00 ПЗ	Лист
Лис	№ докум.	Подп.	Дата		72

санитарные нормы СН 245-71 устанавливают на одного работающего, объем производственного помещения не менее 15 м³, площадь помещения выгороженного стенами или глухими перегородками не менее 4,5 м².

Высота зала над технологическим полом до подвесного потолка должна быть 3,3-3,5 м. Расстояние подвесным и основным потолками при этом должно быть 0,5-0,8 м. Высоту подпольного пространства принимают равной 0,2-0,6 м.

Рациональное цветовое оформление помещения направлено на улучшение санитарно-гигиенических условий труда, повышение его производительности и безопасности. Окраска помещений ВЦ влияет на нервную систему человека, его настроение и, в конечном счете, на производительность труда. Основные производственные помещения целесообразно окрашивать в соответствии с цветом технических средств. Освещение помещения и оборудования должно быть мягким, без блеска.

Снижение шума, создаваемого на рабочих местах ВЦ внутренними источниками, а также шума проникающего извне, является очень важной задачей. Снижение шума в источнике излучения можно обеспечить применением упругих прокладок между основанием машины, прибора и опорной поверхностью. В качестве прокладок используются резина, войлок, пробка, различной конструкции амортизаторы. Под настольные шумящие аппараты можно подкладывать мягкие коврики из синтетических материалов, а под ножки столов, на которых они установлены, – прокладки из мягкой резины, войлока, толщиной 6-8 мм. Крепление прокладок возможно путем приклейки их к опорным частям.

Возможно также применение звукоизолирующих кожухов, которые не мешают технологическому процессу. Не менее важным для снижения шума в процессе эксплуатации является вопрос правильной и своевременной регулировки, смазывания и замены механических узлов шумящего оборудования.

				15.03.05.2018.181.00 ПЗ	Лист
Лист	№ докум.	Подп.	Дата		73

Использовать архитектурно-планировочные и технологические решения изоляций источников шума.

В помещении в течение всего года поддерживаются нормальные значения температуры, влажности воздуха, и скорости движения воздуха, благодаря установленному кондиционеру (оптимальные нормы микроклимата приведены в таблицах 4.1 и 4.2).

Таблица 4.1 - Оптимальные нормы микроклимата для помещений с ЭВМ

Период года	Категория работ	Температура воздуха, С	Относит. влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Легкая – 1	22-24	40-60	0,1
Холодный	Легкая – 1	21-23	40-60	0,1
Теплый	Легкая – 1	23-25	40-60	0,1
Теплый	Легкая – 1	22-24	40-60	0,2

Таблица 4.2 - Уровни ионизации воздуха помещений при работе с ЭВМ

Уровни ионизации	Число ионов на 1 куб. см воздуха	
	n +	n -
Минимально необходимое	400	600
Оптимальное	1500-3000	30000-50000
Максимально допустимое	50000	50000

4.3 Мероприятия по ограничению облучения населения в условиях радиационной аварии

Радиоактивность – самопроизвольный распад ядер атомов нестабильных химических элементов (изотопов), сопровождающийся выделением

(излучением) потока элементарных частиц и квантов электромагнитной энергии. При взаимодействии такого потока с веществом происходит образование ионов разного (положительного и отрицательного) знака, поэтому это явление называют еще ионизирующим излучением.

Явление радиоактивности – одно из свойств, присущее, подобно массе или температуре, любому веществу Вселенной. В повседневной жизни мы постоянно подвергаемся воздействию излучения, поскольку естественные радиоактивные вещества (радионуклиды) рассеяны в живой и неживой природе.

Радиоактивные вещества принято оценивать по их активности.

Активность определяется числом распадов, происходящих в данном количестве вещества за единицу времени. Активность изотопа чаще определяется периодом полураспада. Период полураспада радиоактивного изотопа – промежуток времени, за который число радиоактивных атомов данного изотопа уменьшается вдвое. Так, для урана-238 он составляет приблизительно 4,5 млрд. лет, а для полония-212 – около 3.

Наиболее опасны те радиоактивные вещества, период полураспада которых близок к продолжительности жизни человека. Большую опасность для здоровья человека представляют наиболее распространенные в природе изотопы, например, стронций-90 (имеющий период полураспада 28 лет) и цезий-137 (период полураспада 33 года). Из коротко живущих радиоактивных изотопов наиболее распространен радон-222, составляющий 1/3 естественной радиации. Период его полураспада равен 3,8 суток. В системе СИ активность измеряется в беккерелях (Бк). 1 Бк равен одному распаду ядра в секунду. Часто пользуются внесистемной единицей - кюри (Ки); 1 Ки = 3,7 Бк.

Основными мерами по предотвращению радиационных аварий и снижению ущерба от них являются:

- рациональное размещение РОО с учетом возможных последствий аварий;
- создание автоматизированной системы контроля радиационной обстановки (АСКРО);

				15.03.05.2018.181.00 ПЗ	Лист
Лис	№ докум.	Подп.	Дата		75

- создание локальной системы оповещения персонала населения в 30-километровой зоне;
- первоочередное строительство и приведение в готовность защитных сооружений в радиусе 30 км вокруг АЭС, а также использование подвальных, встроенных и других легко герметизируемых помещений;
- определение количества населенных пунктов и населения, подлежащих защите на месте эвакуации;
- создание запасов медикаментов, средств индивидуальной защиты и других средств, необходимых для защиты населения и его жизнеобеспечения;
- разработка оптимальных режимов поведения населения и подготовка его к действиям во время аварии;
- создание на АЭС специальных формирований для ликвидации последствий возможных аварий;
- прогнозирование радиационной разведки;
- периодическое проведение учений по ГО на АЭС и прилегающей территории.

Основные меры радиационной защиты, обеспечивающие снижение дозы облучения населения загрязненной территории и вводимые в зависимости от ее величины, включают:

- нормирование облучения;
- добровольное отселение жителей с загрязненных территорий;
- ограничение проживания и функционирования населения на отдельных участках загрязненной территории;
- регулирование возвращения жителей на загрязненные территории;
- дезактивацию отдельных участков загрязненной территории, строений и других объектов;
- систему мер в цикле сельскохозяйственных технологий и производств по снижению содержания радионуклидов в местной растительной и животной

пищевой продукции, включая рекомендации для жителей по ведению личных приусадебных хозяйств;

– радиационный контроль и бракераж сельскохозяйственной, рыбной, лесной продукции, а также поставки радиационно чистых продуктов питания и фуража;

– радиационный контроль и бракераж производимых на загрязненных территориях;

– обеспечение безопасных условий труда на загрязненных радионуклидами территориях;

– уменьшение доз медицинского облучения на основе принципа оптимизации, а также снижение уровней природного облучения, в частности, за счет ограничения поступления радона в жилые и производственные помещения.

В случаях завершившегося аварийного облучения населения дальнейшее ограничение накопленной дозы может осуществляться, как правило, только за счет уменьшения содержания радона в помещениях и оптимизации профилактических и диагностических рентгенорадиологических исследований.

Осуществление мер радиационной защиты населения в послеаварийной ситуации может приводить к нежелательному вмешательству в его нормальную жизнь. Защита населения осуществляется с помощью мероприятий (переселение, дезактивация, ограничения в питании, поведении и хозяйственной деятельности и др.), которые могут сопровождаться негативными психологическими эффектами, нарушениями здоровья, экологическим ущербом и значительными материальными затратами. Поэтому при введении этих мер защиты и планировании их объема должны учитываться негативные последствия вмешательства.

Вывод по разделу четвертому.

В первой части четвертого разделе были рассмотрены и изучены воздействия вибрации на организм человека и методы борьбы с ними, такие как вибродемпфирование, динамическое виброгашение и виброизоляция. В

				15.03.05.2018.181.00 ПЗ	Лист
Лис	№ докум.	Подп.	Дата		77

следующей части раздела был описан раздел безопасности работы на компьютере. Параметры безопасности - электрическая, механическая, пожарная безопасность. В третьей части раздела были изучены мероприятия по ограничению облучения населения в условиях радиационной аварии, а именно меры по предотвращению радиационных аварий и снижению ущерба и основные меры радиационной защиты, обеспечивающие снижение дозы облучения населения загрязненной территории

				15.03.05.2018.181.00 ПЗ	Лист
Лис	№ докум.	Подп.	Дата		78

5 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

5.1 Характеристика устройства

В настоящее время для обеспечения высокой эффективности общественного производства определяющее значение имеет правильный экономический подход к планированию, производству и эксплуатации создаваемых производственных и непроизводственных машин, а также устройств преобразовательной техники. Поэтому необходимо правильно давать экономическую оценку разработке и внедрению новой техники.

В рамках данной выпускной квалификационной работы производится расчет себестоимости усовершенствования инерционного вибросмесителя [29]. Для совершенствования процесса перемешивания жидких технологических жидкостей.

5.2 Ориентировочный расчет себестоимости изготовления аппарата с вибросмесителем совмещенным с вентильно-индукторным приводом

Расчет зарплаты основных и вспомогательных рабочих с отчислениями

$$C_z = C_{z0} + C_{zv}, \quad (5.1)$$

где C_{z0} – заработная плата основных рабочих;

C_{zv} - заработная плата вспомогательных рабочих.

$$C_{z0} = \sum_{I=1}^M C_{ч} \times K_n \times K_d \times K_c \times t \times n, \quad (5.2)$$

Для производства основных деталей устройства:

$I = 1 \dots M$ – количество операций на выполнение изделия,

$I = 1$

				15.03.05.2018.181.00 ПЗ	Лист
Лис	№ докум.	Подп.	Дата		79

$Cч = 4,51$ руб/час – средняя часовая заработная плата по тарифу основных рабочих;

$Kn = 1,3+1,15=2,45$ – коэффициент, учитывающий приработок $Kд = 1,2$ - коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату;

$Kс = 1,377$ - коэффициент, учитывающий отчисления в социальные фонды;

$n = 2$ - коэффициент, учитывающий численность бригады;

$t = 20$ ч – норма времени на операцию изготовления изделия.

$$C_{зот} = 4,51 \times 2,45 \times 1,2 \times 1,377 \times 20 \times 2 = 730,33 \text{ руб/шт.}$$

$Cз = C_{зот}$ – т.к вспомогательных рабочих нет.

Для сборки основных узлов устройства:

$Cч = 4,51$ руб/час; $Kn = 2,45$; $Kд = 1,2$;

$Kс = 1,377$; $n = 2$; $t = 40$ ч/шт-опер.

$$C_{зос} = 4,51 \times 2,45 \times 1,2 \times 1,377 \times 2 \times 40 = 1460,65 \text{ руб/шт.}$$

$Cз = C_{зос} = 1460,65$ руб/шт – т.к вспомогательных рабочих нет.

Общая зарплата:

$$Cз = C_{зот} + C_{зос},$$

$$Cз = 730,33 + 1460,65 = 2190,98 \text{ руб/шт.}$$

Расчет затрат по эксплуатации оборудования при изготовлении.

$$Cо = Cа + Cр + Cэ + Cв, \tag{5.3}$$

где $Cа$ – амортизационные отчисления;

				15.03.05.2018.181.00 ПЗ	Лист
Лис	№ докум.	Подп.	Дата		80

$$Ca = \frac{\Phi_n \times O \times Z \times Ha}{Q_z \times 100}, \quad (5.4)$$

где Φ_n - балансовая стоимость единицы оборудования, руб;

O – количество технологического оборудования, занятого при выполнении данной операции изделия, ед/опер;

Z – коэффициент занятости технологического оборудования выполнением операции изготовления устройства вибросмесителя;

Q_z – годовое количество изделий, запускаемых в производство, шт;

Ha – норма амортизационных отчислений на замену оборудования в год.

$$Ha = \frac{\Phi_n - \Phi_l}{\Phi_n \times tc} \times 100\% , \quad (5.5)$$

где Φ_l – ликвидационная стоимость, руб;

tc – срок службы основных фондов, лет.

Для производства основных деталей устройства:

$\Phi_n = 16600$ руб; $O = 4$ ед./опер.;

$Z = 1,1$; $Q_z = 1$ шт;

$\Phi_l = 1500$ руб; $tc = 10$ лет.

$$Ha = \frac{16600 - 1500}{16600 \times 10} \times 100\% = 9,096\%,$$

за 20ч $Ha = 0,09\%$

$$Ca = \frac{16600 \times 4 \times 1,1 \times 0,09}{100 \times 1} = 65,73 \text{ руб/шт.}$$

Для сборки основных узлов устройства:

$$\begin{aligned} \Phi_n &= 3400 \text{руб}; & O &= 1 \text{ ед/опер}; & Z &= 1,05; \\ Q_z &= 1; & \Phi_l &= 825 \text{руб}; & t_c &= 10 \text{ лет}. \end{aligned}$$

$$H_a = \frac{3400 - 825}{3400 \times 10} \times 100\% = 7,57\%,$$

За 40ч $H_a = 0,146\%$

$$C_a = \frac{3400 \times 1 \times 1,05 \times 0,146}{100 \times 1} = 5,21 \text{руб/шт.}$$

Общие затраты:

$$C_a = 65,73 + 5,21 = 70,94 \text{руб/шт.}$$

Затраты на ремонт оборудования

$$C_p = \frac{R \times W \times K_z \times O \times Z}{T_p \times Q_z}, \quad (5.6)$$

где R – группа ремонтной сложности основной части оборудования, ед.рем. сложн.;

W – средняя величина затрат на все виды ремонтов и осмотров основной части оборудования, приходящаяся на единицу ремонтной сложности за 1 ремонтный цикл, руб/ед. рем. слож.;

K_z – коэффициент, учитывающий затраты на ремонт энергетической части оборудования;

				15.03.05.2018.181.00 ПЗ	Лист
Лис	№ докум.	Подп.	Дата		82

O – количество оборудования, занятого при выполнении операции, ед/опер.;
 Z – коэффициент занятости технологического оборудования выполнением операции;

T_p – длительность ремонтного цикла оборудования, лет/цикл.

Для производства основных деталей устройства:

$R = 15$ ед.рем.сложн.; $W = 130,10$ руб/ ед.рем.сложн.; $Kэ = 1,3$;

$O = 4$ ед/опер.; $Z = 1,1$; $T_p = 6,5$ лет/цикл.

$$C_p = \frac{15 \times 130,1 \times 1,3 \times 4 \times 1,1}{6,5 \times 1} = 1717,32 \text{ руб/шт.}$$

Для сборки основных узлов устройства:

$R = 10$ ед.рем.сложн.; $W = 150$ руб/ ед.рем.сложн.;

$Kэ = 1,3$; $O = 1$ ед/опер.; $Z = 1,05$; $T_p = 6$ лет/цикл.

$$C_p = \frac{10 \times 150 \times 1,3 \times 1 \times 1,05}{6 \times 1} = 341,25 \text{ руб/шт.}$$

Затраты на силовую электроэнергию при изготовлении устройства

$$C_э = \frac{N \times Ц}{\eta} \times t, \quad (5.7)$$

где N – мощность электродвигателя, кВт;

$Ц$ – стоимость 1кВт × ч, руб/кВт × ч;

η - КПД;

t – машинное время, ч.

Для производства основных деталей устройства:

$N = 2$ кВт; $Ц = 0,806$ руб/кВт × ч; $\eta = 0,92$; $t = 20$ ч.

$$C_{\text{э}} = \frac{2 \times 0,806}{0,92} \times 20 = 35,04 \text{ руб/шт.}$$

Для сборки основных узлов устройства:

$$N = 0,38 \text{ кВт}; \quad Ц = 0,806 \text{ руб/кВт} \times \text{ч}; \quad \eta = 0,92; \quad t = 20 \text{ ч.}$$

$$C_{\text{э}} = \frac{0,38 \times 0,806}{0,92} \times 20 = 6,66 \text{ руб/шт.}$$

Затраты на эксплуатацию оборудования

Для производства основных деталей устройства:

$$C_o = 65,73 + 1717,32 + 35,04 + 3,39 = 1821,48 \text{ руб/шт.}$$

Для сборки основных узлов устройства:

$$C_o = 5,21 + 341,25 + 6,66 = 353,12 \text{ руб/шт.}$$

Общие затраты:

$$C_o = 1821,48 + 353,12 = 2174,6 \text{ руб/шт.}$$

Расчет затрат на материалы при изготовлении устройства

$$S_m = \sum_{c=1}^w (D_m \times C_c \times K_{mз}) - (D_o \times C_o), \quad (5.8)$$

				15.03.05.2018.181.00 ПЗ	Лист
Лис	№ докум.	Подп.	Дата		84

где W - число видов материалов, применяющихся для изготовления устройства;

D_m – норма расхода материала на изделие, кг/шт;

C_c – оптовая цена на инструментальную сталь, руб/кг;

K_{tz} – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы;

D_o – количество использования отхода материала при изготовлении изделия, кг/шт;

$D_o = 0,15 \times D_m$;

C_o – цена отходов стали, руб/кг.

Расчет цеховой себестоимости

$$S_{цех} = S_m + S_o, \quad (5.9)$$

$$S_{цех} = 6071,12 + 5003,36 = 11074,48 \text{ руб/шт.}$$

Расчет расходов на подготовку и освоение производств

$$S_{осв} = 300 \text{ руб/шт.}$$

Расчет затрат на брак

$$S_{бр} = 21,65 \text{ руб/шт.}$$

Расчет производственной себестоимости

$$S_{пр} = S_{цех} + S_{осв} + S_{бр}, \quad (5.10)$$

$$S_{пр} = 11074,48 + 300 + 21,65 = 11396,13 \text{ руб/шт.}$$

Расчет внепроизводственных расходов

				15.03.05.2018.181.00 ПЗ	Лист
Лис	№ докум.	Подп.	Дата		85

$$S_{впр} = S_{пр} \times K_{впр}, \quad (5.11)$$

где $K_{впр}$ – коэффициент, учитывающий отношение внепроизводственных расходов к производственной себестоимости

$$S_{впр} = 11396,13 \times 0,15 = 1709,42 \text{руб/шт.}$$

Расчет полной себестоимости

$$S = S_{пр} + S_{впр}, \quad (5.12)$$

$$S = 11396,13 + 1709,42 = 13105,55 \text{руб/шт.}$$

Себестоимость всего устройства

$$S_o = S + S_{эл.об}, \quad (5.13)$$

$$S_o = 8300 + 13105,55 = 21405,55 \text{руб/шт.}$$

$$Ц_{онт} = 21405,55 + (21405,55 \times 10\%) / 100\% = 23546,10 \text{руб/шт.}$$

Таблица 5.1 - Прогнозируемая себестоимость на изготовление вибросмесителя с вентильно-индукторным приводом.

Затраты	Обозначение	Стоймость руб/шт.
Заработная плата рабочих	C_z	2190,98
Затраты по эксплуатации оборудования	C_o	2174,60
Затраты по эксплуатации оснастки	C_n	1130,40
Затраты по использованию производственных зданий	C_k	27,40
Прочие цеховые расходы	$C_{пц}$	547,74
Технологическая себестоимость	S_m	6071,12
Затраты на материалы	S_m	5003,36
Продолжение таблицы 5.1		
Цеховая себестоимость	$S_{цех}$	11074,48

Расходы на освоение и подготовку производства	<i>Socв</i>	300
Затраты на брак	<i>Sбp</i>	21,65
Производственная себестоимость	<i>Snp</i>	11396,13
Внепроизводственные расходы	<i>Sвnp</i>	1709,42
Себестоимость машины	<i>S</i>	13105,55
Себестоимость электрооборудования	<i>Sэл.об</i>	8300
Полная себестоимость	<i>So</i>	21405,55
Цена изделия	<i>Цонп</i>	23546,10

Вывод по разделу пять

В пятом разделе был проведен расчет стоимости трудовых затрат, затрат на сырье и производство и получена прогнозируемая себестоимость изготовления вибросмесителя с вентильно-индукторным приводом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В первом разделе выпускной квалификационной работы были исследованы методы смешивания жидкостей и установки, которые позволяют реализовать данные методы.

Во втором разделе работы был описан новый способ перемешивания жидких технологических сред, описан принцип работы аппарата для вибрационного перемешивания, а так же представлен его сборочный чертеж.

В третьем разделе был представлен план выполнения экспериментальных исследований, показана методика исследования, представлены результаты по поставленным задачам и сделаны выводы.

В четвертом разделе был произведен подбор безопасных условий работы по ГОСТ, которые позволяют соблюдать правила охраны здоровья на рабочих местах.

В пятом разделе были произведены экономические расчеты, которые позволяют оценить затраты на производство вибрационного смесителя.

				15.03.05.2018.181.00 ПЗ	Лист
Лис	№ докум.	Подп.	Дата		88

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Управление поведением глинистых отложений при строительстве скважин / З.З. Шарафутдинов, М.Р. Мавлютов, Ф.А. Чегодаев, А.Я. Мандель // Научно-технические достижения газовой промышленности: сборник научных трудов. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2001. – С. 58-77.
- 2 Токунов, В.И. Технологические жидкости и составы для повышения продуктивности нефтяных и газовых скважин / В.И. Токунов, А.З. Саушин. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2004. – 711 с.
- 3 Брагинский, Л.Н. Перемешивание в жидких средах / Л.Н. Брагинский, В.И. Бегачев, В.М. Барабаш. – Л.: Химия, 1984. – 336 с.
- 4 Гильперин, Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии / Н.И. Гильперин. – М.: Химия, 1981. – 812 с.
- 5 Антипов, С.Т. Машины и аппараты пищевых производств. В 2 кн. / С.Т. Антипов, И.Т. Кретов, А.Н. Остриков, В.А. Панфилов, О.А. Ураков. – М.: Высш. шк., 2001.
- 6 Лукьянов, Н.Я. Оборудование предприятий молочной промышленности / Н.Я. Лукьянов, Н.В. Барановский. – М.: Пищепромиздат, 1958. – 466 с.
- 7 А. с. №554846 СССР, А011 11/16. Многоступенчатая гомогенизирующая головка / А.А. Мухин, В.В. Червецов, А.Ф. Генералов. – №2172010/13; заявл. 10.09.75; опубл. 25.04.77, Бюл. №15.
- 8 Брагинский, Л.Н. Перемешивание в жидких средах / Л.Н. Брагинский, В.И. Бегачев, В.М. Барабаш. – Л.: Химия, 1984. – 336 с.
- 9 Стренк, Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками. Пер. с польск. / Ф. Стренк; под ред. И. А. Щупляка. – Л.: Химия, 1975. – 384 с.
- 10 Азбель, Г.Г. Вибрации в технике: справочник в 6 т. Т.4: Вибрационные процессы и машины / Г.Г. Азбель, И.И. Блехман, И.И. Быховский и др.; под ред. Э.Э. Лавендела. – М.: Машиностроение, 1981. – 509 с.

				15.03.05.2018.181.00 ПЗ	Лист
Лис	№ докум.	Подп.	Дата		89

11 Блехман, И.И. Вибрационная механика / И.И. Блехман. – М.: Наука. Изд. Фирма «Физ.-мат. лит.», 1994. – 394 с.

12 А. с. 725691 СССР. Роторно-пульсационный аппарат / О.А. Кремнев, В.Р. Боровский, Э.К. Жукотский. – №2811532/23-26; заявл. 24.08.79; опубл. 15.05.81, Бюл. №18.

13. Алексеев, В.А. Границы режимов работы аппаратов с возбуждением кавитации / В.А. Алексеев, В.Ф. Юдаев // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2004. – №10. – С. 57.

14 А. с. №554846 СССР, А011 11/16. Многоступенчатая гомогенизирующая головка / А.А. Мухин, В.В. Червецов, А.Ф. Генералов. – №2172010/13; заявл. 10.09.75; опубл. 25.04.77, Бюл. №15.

15 Стренк, Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками. Пер. с польск. / Ф. Стренк; под ред. И. А. Щупляка. – Л.: Химия, 1975. – 384 с.

16 Иванец, В.Н. Аппараты с перемешивающими устройствами / В.Н. Иванец, В.И. Зайцев // КемТИПП. – Кемерово, 1994. – 135 с.

17 Справочник технолога молочного производства. Технология и рецептуры. Под редакцией К.К. Горбатовой Т. 4. Мороженое Издательство: СПб.: ГИОРД, 2002, 323 с.

18 Штербачек, З. Перемешивание в химической промышленности / З. Штербачек, П. Тауск. – Л.: Госхимиздат, 1963.

19 Юдаев, В. Ф. Роторные аппараты с модуляцией площади проходного сечения потока обрабатываемой среды и их применение // Оборонный комплекс – научно-технич. прогрессу России: Межотр. научн.-техн. сб. / В.Ф. Юдаев ВИМИ, 1997. Вып. 1–2. – С.3.

20 Сергеев, С.В. Особенности моделей динамических процессов сверления отверстий / С.В. Сергеев // Технология машиностроения. – 2010. – №4. – С. 14–19.

				15.03.05.2018.181.00 ПЗ	Лист
Лис	№ докум.	Подп.	Дата		90

21 Лакирев, С.Г. Вибрационная механика процессов сверления-бурения и новые динамические эффекты: монография / С.Г. Лакирев, Я.М. Хилькевич, С.В. Сергеев. – Челябин. гос. техн. ун-т. – Челябинск, 1993. – 286с.

22 Пригожин, И.Р. Порядок из хаоса / И.Р. Пригожин, И. Стенгерс. – М.: Эдиториал УРСС, 2001. – 312 с.

23 Решение о выдаче патента на изобретение от 05.10.2012 г. по заявке №2011132718 Российская Федерация, МПК8 В 06 В 1/16 Способ возбуждения колебаний / С.В. Сергеев, Б.А. Решетников, Р.Г. Закиров, Ю.С. Сергеев. – №2011132718/28; заявл. 03.08.2011.

24 Бакланов, Н.А. Перемешивание жидкостей. / Н.А. Бакланов. – Л. Химия. 1979.326 с.

25 Шлихтинг, Г. Теория пограничного слоя: Пер. с нем / Г. Шлихтинг. Под ред. Л.Г. Лойцянского. – М.: Наука, 1974, 712 с.

26 Сергеев, С.В. Повышение эффективности перемешивания маловязких пищевых продуктов применением роторных инерционных вибровозбудителей / С.В. Сергеев, В.Г. Некрутов // ЭНЖ СПбГУНиПТ. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств» – http://www.processes.open-mechanics.com/years/2011_1/

27 Сергеев, Ю.С. Динамическая модель вентильно индукторного вибропривода / Ю.С. Сергеев, В.М. Сандалов // Электротехника. – М.: ООО «Знак», 2012. – №8. – С. 24-27.

28 Абрамов, В.В. Безопасность жизнедеятельности / В.В. Абрамов. С.П.: Издание второе – исправленное и дополненное, 2013, 365с.

29 Бабук, И.М. Расчет экономической эффективности новых технологических процессов / И.М. Бабук, А.А. Королько, С.И. Адаменкова, Е.Н. Костюкевич. — Минск: БНТУ, 2010,56 с.

				15.03.05.2018.181.00 ПЗ	Лист
Лис	№ докум.	Подп.	Дата		91