

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,
к.т.н., доцент
_____ А.В. Бобылев
_____ 2019 г.

Совершенствование технологии приготовления состава композиционного
покрытия для электроплитки «Мечта». Часть 2

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
15.03.05.2019.003.ПЗ ВКР

Консультанты:
Безопасность жизнедеятельности
А.В. Бобылев

_____ 2019 г.

Руководитель ВКР
С.В. Сергеев

_____ 2019 г.

Автор ВКР
студент группы
ФТТ-401
Д.А. Волокитин

_____ 2019 г.

Нормоконтролер
И.Н. Миронова

_____ 2019 г.

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

Направление 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств
Кафедра технологии машиностроения, станков и инструментов

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой
_____ /Бобылев А.В./
_____ 2019 г.

ЗАДАНИЕ
на выпускную квалификационную работу студента

Волокитина Дмитрия Андреевича

Группа ФТТ-401

1. Тема работы Совершенствование технологии приготовления состава
композиционного покрытия для электроплитки «Мечта». Часть 2
утверждена приказом ректора университета от «25» апреля 2019 г. № 899

2. Срок сдачи студентом законченной работы «08» июля 2019 г.

3. Исходные данные к работе

3.1 Заводская технология приготовления композиционного покрытия для
электроплитки «Мечта»

3.2 Научно-техническая и патентная литература

3.3 Результаты собственных научных исследований

3.4 Материалы преддипломной практики

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

Аннотация

Оглавление

Введение

4.1 Сравнения отечественных и передовых зарубежных технологий и решений. Обзор на существующие способы перемешивания бингамовских сред. Аппараты и установки для перемешивания бингамовских сред. Анализ видов течений жидких сред. Выводы.

4.2 Конструкторско–технологический раздел.

Разработка предлагаемого способа перемешивания бингамовских смесей. Описание работы вибросмесителя. Выводы.

4.3 Исследовательско–экспериментальный раздел.

Создание объектов и данных для проведения экспериментального расчета перемешивания бингамовских смесей. Анализ результатов суперкомпьютерного моделирования процессов перемешивания. Анализ зависимости скоростей потоков от профиля отверстий с переменным сечением. Сравнение показателей потоков при перемешивании бингамовской среды. Анализ влияния количества отверстий на длину пути перемешивания. Анализ зависимости длины пути перемешивания от скоростей встречных потоков. Выводы.

4.4 Безопасность жизнедеятельности.

Воздействие вибраций на организм человека и методы борьбы. Безопасность работы на компьютере. Мероприятия по ограничению облучения населения в условиях радиационной аварии. Выводы.

4.5 Экономический раздел.

Характеристика устройства. Ориентировочный расчет себестоимости изготовления аппарата с вибросмесителем совмещенным с вентильно-индукторным приводом. Вывод.

Заключение

Библиографический список

5 Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Цель и задачи исследования (Плакат)	1,0 л
2. Существующие способы перемешивания бингамовских сред (Плакат)	2,0 л
3. Виды течений жидких сред (Плакат)	1,0 л
4. Новый способ и устройство для перемешивания жидких бингамовских сред (Плакат)	1,0 л
5. Суперкомпьютерное моделирование (Плакат)	2,0 л
6. Результаты суперкомпьютерного моделирования процесса перемешивания эмали (Плакат)	4,0 л
7. Зависимость скорости потоков от профиля отверстий с переменным сечением (Плакат)	1,0 л
8. Показатели потоков при перемешивании бингамовской среды (Плакат)	1,0 л
9. Влияние количества отверстий на длину пути перемешивания (Плакат)	1,0 л
10. Зависимость длины пути перемешивания от скоростей встречных потоков (Плакат)	1,0 л

Всего 15 листов

6 Консультанты по проекту, с указанием относящихся к ним разделов проекта

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

7 Дата выдачи задания 25.04.2019

Руководитель Сергеев Сергей Васильевич
(ФИО)

(подпись)

Задание принял к исполнению 25.04.2019

Студент-дипломник Волокитин Дмитрий Андреевич
(ФИО)

(подпись)

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов ВКР	Срок выполнения этапов ВКР	Отметка о выполнении
Введение	15.05.2019	
Сравнения отечественных и передовых зарубежных технологий решений	20.05.2019	
Конструкторско–технологический раздел	23.05.2019	
Исследовательско–экспериментальный раздел	01.06.2019	
Безопасность жизнедеятельности	20.06.2019	
Экономический раздел	22.06.2019	
Оформление работы	05.07.2019	
Сдача ВКР на кафедре	08.07.2019	

Зав.кафедрой _____ /А.В.Бобылев/
(подпись)

Руководитель ВКР _____ /С.В. Сергеев/
(подпись)

Студент _____ /Д.А.Волокитин/
(подпись)

АННОТАЦИЯ

Волокитин Д.А. Совершенствование технологии приготовления состава композиционного покрытия для электроплитки «Мечта». Часть 2. — Златоуст: филиал ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоуст, ТМСИ, 2019. – 87 с. 68 ил. Библиографический список – 27 наим, 15 листов чертежей ф. А1

В выпускной квалификационной работе проведен анализ существующих способов и аппаратов для перемешивания бингамовских сред. Проведен анализ видов течений бингамовских сред. На суперкомпьютере выполнен расчет и визуализация потоков среды при её виброструйном перемешивании.

В соответствии с заданием рассмотрены вопросы по безопасности жизнедеятельности, а также произведен экономический ориентировочный расчет себестоимости изготовления аппарата с вибросмесителем совмещенным с вентильно-индукторным приводом.

					15.03.05.2019.003.00.00			
	Лист	№ документа	Подпись	Дата				
Разраб.	Волокитин				Совершенствование технологии приготовления состава композиционного покрытия для электроплитки «Мечта». Часть 2	Лит.	Лист	Листов
Провер.	Сергеев						6	87
Т. Контр.	Губин					Филиал ЮУрГУ (НИУ) в г. Златоусте Кафедра ТМСИ		
Н. Контр.	Миронова							
Утверд.	Бобылев							

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	9
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ.....	10
1.1 Анализ существующих способов перемешивания бингамовских сред.	10
1.1.1 Способ центробежного перемешивания жидкости посредством центробежного гомогенизатора.....	10
1.1.2 Способ перемешивания жидкости, реализованный в роторно–пульсационном аппарате.....	11
1.1.3 Вибрационный способ перемешивания, реализованный в устройствах вибрационных смесителей.....	13
1.2 Анализ видов течений жидких сред.....	15
Выводы по разделу один.....	16
2 КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	17
2.1 Разработка предлагаемого способа вибрационного перемешивания бингамовских смесей.....	17
2.2 Описание работы вибросмесителя.....	18
Выводы по разделу два.....	27
3 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ.....	28
3.1 Создание объектов и данных для проведения экспериментального расчета перемешивания бингамовских смесей.....	28
3.2 Анализ результатов суперкомпьютерного моделирования процессов перемешивания эмали.....	35
3.3 Анализ зависимости скоростей потоков от профиля отверстий с переменным сечением.....	42
3.4 Сравнительные показатели формируемых потоков при перемешивании бингамовской среды.....	43
3.5 Влияние количества отверстий на длину пути перемешивания.....	44

3.6 Зависимость длины пути перемешивания от скоростей встречных потоков	45
Выводы по разделу три.....	47
4 БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНИДЕЯТЕЛЬНОСТИ	48
4.1 Воздействие вибраций на организм человека и методы борьбы	48
4.2 Безопасность работы на компьютере.....	50
4.3 Обеспечение электробезопасности	51
4.4 Пожарная безопасность.....	52
4.5 Определение основных параметров микроклимата при работе с ЭВМ.....	55
4.6 Мероприятия по ограничению облучения населения в условиях радиационной аварии.....	59
Выводы по разделу четыре	62
5 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	63
5.1 Характеристика вибросмесителя.....	63
5.2 Ориентировочный расчет себестоимости изготовления аппарата с вибросмесителем совмещенным с вентильно-индукторным приводом	63
Выводы по разделу пять	69
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	70
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	72

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. При этом большое внимание уделяется увеличению скорости протекания гидромеханических процессов. В ряде случаев действующее оборудование не обеспечивает смесь требуемого качества.

Задачами дипломной работы является:

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

					15.03.05.2019.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		9

1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

1.1 Анализ существующих способов перемешивания бингамовских сред.

1.1.1 Способ центробежного перемешивания жидкости посредством центробежного гомогенизатора

При данном способе перемешивания бингамовской среде посредством вращающегося рабочего органа сообщают движение либо в тангенциальном, либо в радиальном направлении, создавая ее циркуляцию в области вращения рабочего органа.

На рисунке 1.1 схематично изображено устройство.

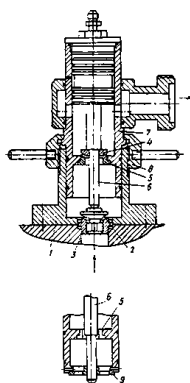


Рисунок 1.1 – Схема устройства для гомогенизации.

Позицией 1 обозначен корпус; 2 – клапан первой ступени, 3 – седло первой ступени, образующие клапанное сопряжение первой ступени гомогенизации, 4 – клапан второй ступени; 5 – седло второй ступени, образующее клапанное сопряжение; 6 – приводной шток; 7 – дополнительный корпус; 8 – гайка для осевого перемещения дополнительного корпуса и 9 – промежуточная опора с отверстиями для прохода продукта. Стрелками показано направление подачи гомогенизируемого продукта.

Корпус 1 служит для установки деталей устройства. В нем закреплено седло 3 клапанного сопряжения первой ступени с клапаном 2. В корпусе 1, в его центральном отверстии, установлен также дополнительный корпус 7 с

					15.03.05.2019.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		10

возможностью его осевого перемещения, что достигается соответствующей посадкой сопрягаемых поверхностей.

Для перемещения и фиксации в заданном положении корпуса 7 предусмотрена винтовая передача с гайкой 8. Клапанное сопряжение второй ступени, состоящее из клапана 4 и седла 5, установлено в дополнительном корпусе и связано с клапанном сопряжением первой ступени с помощью приводного штока 6. Клапан этого сопряжения закреплен неподвижно на штоке 6, а седло - в дополнительном корпусе 7. Привод клапанов выполнен в виде гидроцилиндра, который помещен в дополнительном корпусе 7. Клапанное сопряжение второй ступени может быть выполнено в виде щели кольцевой формы. Клапан в этом случае представлен цилиндрическим пояском, выполненным на штоке 6, а седло - деталью-втулкой 7. Шток 6 может быть снабжен в предлагаемом устройстве одной или несколькими промежуточными опорами 9.

Устройство работает следующим образом.

Продукт, подлежащий гомогенизации подается в корпус 1 через клапанное сопряжение первой ступени, состоящей из клапана 2 и седла 3, которое управляется штоком 6 от гидравлического привода. Пройдя через первую ступень, продукт попадает в клапанное сопряжение второй ступени, состоящей из клапана 4 и седла 5, гомогенизируется и попадает в выходное отверстие устройства. Настройка необходимого давления гомогенизации производится изменением давления жидкости, подаваемой в приводной гидроцилиндр, расположенный в корпусе 7, а также путем перемещения корпуса 7 относительно корпуса 1 с помощью винтовой передачи с гайкой 8.

1.1.2 Способ перемешивания жидкости, реализованный в роторно-пульсационном аппарате

Способ заключается в создании принудительной пульсации жидкости и кавитации, которая порождает ее гидродинамические возмущения. Конструкция роторно-пульсационного аппарата показана на рисунке 1.2.

					15.03.05.2019.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		11

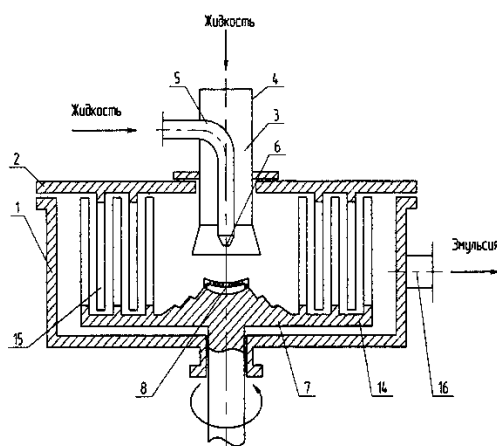


Рисунок 1.2 – Конструкция роторно-пульсационного аппарата

В состав роторно-пульсационного аппарата входит цилиндрическая рабочая камера 1, имеющая крышку 2 с размещенным на ней устройством для ввода контактирующих фаз 3. Устройство выполнено в виде инжекционного узла смешения, имеет центральный патрубок 4, расположенный соосно с ним канал 5, оканчивающийся соплом 6. Через патрубок 4 и канал 5 в зону смешения подаются компоненты эмульсии. Непосредственно в камере 1 расположен ротор 7, вращение которого производится от привода (не показан). Центральная часть ротора 7 имеет форму усеченного конуса с углублением в вершине и кольцевые выступы на боковой поверхности. В вершине усеченного конуса закреплена одним из известных способов насадка 8, которая состоит из фронтальной вогнутой стенки 9 и боковой кольцевой стенки 10, при этом имеется зазор 11 между поверхностью стенки 9 и поверхностью углубления усеченного 7. В стенках 9 и 10 выполнены отверстия 12 и 13. Периферийная часть ротора 7 имеет три коаксиальных цилиндра 14 с радиальными прямоугольными каналами для прохода обрабатываемой среды. На крышке 2 концентрично по отношению к цилиндрам 14 ротора 7 расположены два цилиндра 15, которые также имеют радиальные прямоугольные каналы. Вывод готовой эмульсии производится через тангенциальный патрубок 16 в обечайке рабочей камеры.

Аппарат работает следующим образом.

В центральную часть вращающегося ротора 7 через канал 5 и патрубок 4 инжекционного узла смешения 3 поступают исходные компоненты эмульсии.

					15.03.05.2019.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		12

Первый выходит из сопла 6 в виде расширяющейся затопленной струи, увлекая за собой часть потока второго компонента. Часть потока ударяется о поверхность стенки 9 насадки 8, при этом струя дробится на капли, которые после отражения подхватываются потоком второго компонента и вновь ударяются о поверхность концентрических кольцевых выступов центральной части ротора 7. Одновременно другая часть потока поступает в отверстия 12, из которых поток в виде высокоскоростных струек поступает в зазор 11. В зазоре 11 происходит интенсивное диспергирование одной из фаз и однородное ее распределение в объеме другой под действием пульсаций скорости и давления. Из зазора 11 поток компонентов эмульсии удаляется через отверстия 13 в виде высокоскоростных струек, которые подхватываются потоком из устройства 3 вывода фаз и далее ударно взаимодействуют с кольцевыми выступами центральной части ротора 7. Такое многоступенчатое предварительное дробление одного из компонентов позволяет получать достаточно однородный состав эмульсии.

Далее, проходя через периодически перекрывающиеся каналы в цилиндрах 14 ротора 7 и цилиндрах 15 крышки 2, эмульсия подвергается совместному действию знакопеременного давления, микротечений и развитой турбулентности. Под их воздействием происходит окончательное тонкое диспергирование и образуется эмульсия требуемого качества, которая выводится из аппарата через патрубок 16.

1.1.3 Вибрационный способ перемешивания, реализованный в устройствах вибрационных смесителей

Способ заключается в том, что жидкости принудительно сообщают возвратно-поступательные в осевом направлении осциллирующие движения, при этом ей сообщают линейные ускорения, создавая множество затопленных турбулентных струй. На рисунке 1.3 представлен вибрационный смеситель.

					15.03.05.2019.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		13

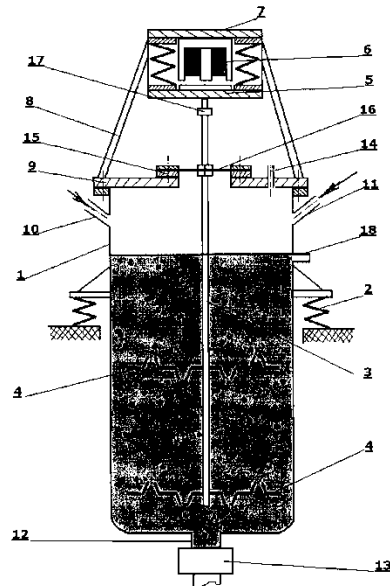


Рисунок 1.3 – Вибрационный смеситель

Вибрационный смеситель имеет камеру 1, установленную на несущей конструкции аппарата посредством виброизолирующих пружин 2, шток 3 вибрационной мешалки, несущий вибродиски 4, и присоединенный верхним концом к активной (якорной) части 5 вибровозбудителя 6, реактивная (корпусная) часть 7 которого установлена посредством рамы 8 на крышке 9 камеры 1. Камера 1 имеет также патрубки ввода жидкости 10, сыпучего материала и выхода их смеси 12, который снабжен разгрузочным устройством 13, и сдувочный патрубок 14. Крышка 9 камеры 1 оснащена узлом 15 герметизации ввода штока вибрационной мешалки 3 в полость камеры 1 посредством диафрагмы 16. Кроме того, шток вибрационной мешалки 3 снабжен амплитудомером 17, а камера 1 оснащена сигнализатором уровня 18. В разгрузочном устройстве 13 использовано шланговое запорное устройство с пневмоприводом, служащее клапаном. Другим вариантом разгрузочного устройства 13 может служить шнековый дозатор или задвижка.

Вибрационный смеситель работает следующим образом.

Включают вибровозбудитель 6, устанавливая требуемую амплитуду виброскорости штока 3 вибрационной мешалки, по показаниям амплитудомера 17 и подают в полость камеры 1 по патрубкам 10 и 11 подлежащие смешению жидкость и сыпучие материалы. В процессе перемешивания при достижении требуемого уровня заполнения камеры 1 суспензией, отмечаемого показаниями

					15.03.05.2019.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		14

сигнализатора уровня 18, включается исполнительный механизм разгрузочного устройства 13, оснащенного регулятором скорости выхода суспензии из камеры, поддерживающим уровень суспензии в полости камеры 1. Вибрация дисков 4, имеющих перфорации с соплами, направленные частично вниз и частично вверх от плоскости дисков, возбуждает циркуляционное движение образующейся в полости камеры суспензии в виде турбулентных струй, приводящее к интенсивному, без застойных зон, смешению суспензии и, в результате, усреднению ее состава. Камера 1, установленная на виброизоляторах, иод воздействием колебаний корпусной части 7 вибровозбудителя 6, колеблется в противофазе колебаниям штока 3 вибрационной мешалки, что способствует смешению суспензии в камере 1 и ее опорожнению.

1.2 Анализ видов течений жидких сред

По типу создаваемого мешалкой потока жидкости в аппарате различают мешалки, обеспечивающие тангенциальное, радиальное, осевое и смешанное течение. При тангенциальном течении жидкость в аппарате движется преимущественно по концентрическим окружностям, параллельным плоскости вращения мешалки, как показано на рисунке 1.4.

А количественные результаты моделирования полностью подтверждают априорные данные исследователей о том, что качество перемешивания будет наихудшим, когда скорость вращения жидкости будет равна скорости вращения мешалки. Также процесс перемешивания будет менее интенсивным, если преобладает либо радиальное течение, как представлено на рисунке 1.5, характеризующееся направленным течением жидкости от мешалки к стенкам аппарата перпендикулярно оси вращения мешалки, либо осевое течение, где движение жидкости преимущественно направлено параллельно оси вращения мешалки.

					15.03.05.2019.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		15

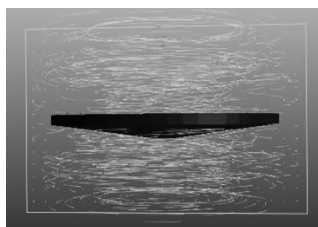


Рисунок 1.4 – Топологическая картина тангенциальных течений

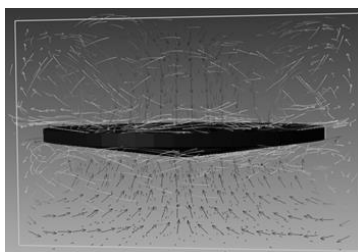


Рисунок 1.5 – Топологическая картина радиальных течений

Считается, что гораздо эффективнее будет происходить перемешивание компонентов смеси при формировании осевых течений смеси, как изображено на рисунке 1.6.

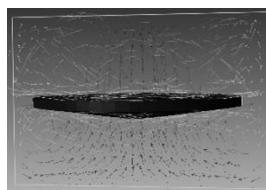


Рисунок 1.6 – Топологическая картина осевых течений

Выводы по разделу один

Основным недостатком представленных способов перемешивания является слабая интенсивность перемешивания, что приводит к образованию застойных зон. Наиболее выгодными являются смешанные течения.

2 КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Разработка предлагаемого способа вибрационного перемешивания бингамовских смесей

Для устранения недостатков смесителей, предлагается использовать смесители со встряхивающими, качающимися или вибрационными устройствами. Данное 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. Устройство обеспечивает повышение эффективности смешивания за счет углубления турбулизации увеличением циркуляции потоков и исключения застойных зон и увеличением взаимодействия встречных внутренних затопленных струй жидкости.

Для реализации способа была разработана экспериментальная установка, которая показана на рисунке 2.1.

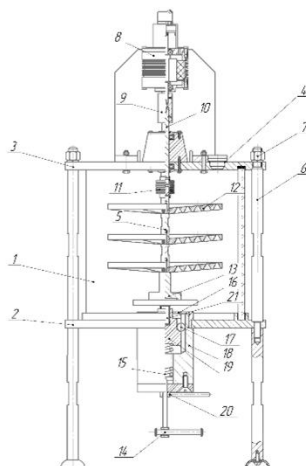


Рисунок 2.1 – Экспериментальная установка

					15.03.05.2019.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		17

Данная установка состоит из: 1 - стеклянная колба; 2 и 3 - нижнее и верхнее основания; 4 - пробка; 5 - ротор; 6 - стяжка; 7 - гайка; 8 - электропривод; 9 - муфта; 10 - промежуточный вал; 11 - упругая муфта; 12 - ротор с дисками; 13 - тарелки; 14 - винт; 15 - пружина; 16 - контртело; 17 - шарики; 18 - конус; 19 - подвижный элемент; 20 - контргайка.

2.2 Описание работы вибросмесителя

Для реализации нового принципа перемешивания предлагается использовать способ, при котором вращаемое тело с дисками, перфорированными встречными коническими отверстиями торцевой поверхностью сопрягают с контртелом тарированной силой прижима и обкатывают по замкнутой траектории, имеющей поворотную симметрию вокруг оси симметрии траектории. При этом создают циркуляцию встречных затопленных закрученных потоков рабочей среды путем сообщения ей совместного вращения с пульсациями скорости, радиально-осевых колебаний и увеличивают длину их пути перемешивания. Изменяя параметры этих принудительных движений, можно управлять траекториями встречных закрученных потоков рабочей жидкости, что очевидно становится возможным управлять интенсивностью процесса перемешивания жидкости, усиливая либо радиальную составляющую, либо осевую составляющую скорости движения затопленных струй, как показано на рисунке 2.1. При этом изменяя угол α наклона способ перемешивания жидкости равнодействующей скоростей в радиальном и осевом направлении, изменяется шаг спиральных траекторий закрученных встречных затопленных струй, а значит частота взаимодействия последних.

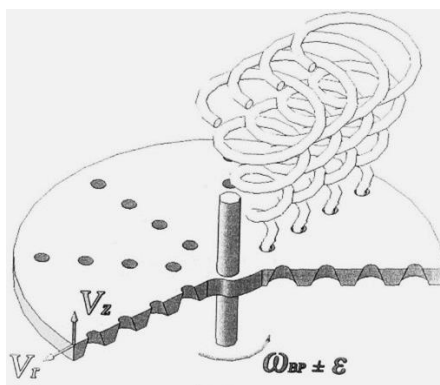


Рисунок 2.1 – Схема формирования закрученных внутренних затопленных струй

Для пояснения сущности способа сначала рассмотрим течение жидкой среды вблизи плоского диска, который представлен на рисунке 2.2, равномерно вращающегося с угловой скоростью ω вокруг оси, перпендикулярной к плоскости диска.

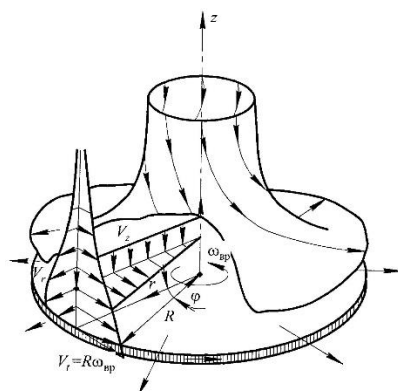


Рисунок 2.2 – Схема, поясняющая образование течений жидкой среды вблизи плоского вращающегося диска

Жидкость вдали от диска принимается покоящейся. Вследствие трения слой жидкости, непосредственно прилегающий к диску, увлекается последним и под действием центробежной силы отбрасывается наружу от диска. Взамен отброшенной жидкости к диску притекает в осевом направлении новая жидкость, которая также увлекается диском и опять отбрасывается наружу. Следовательно, в данном случае мы имеем полностью трехмерное течение. При этом, вследствие осевой симметрии течения уравнения Навье-Стокса и уравнение неразрывности в цилиндрических координатах имеют вид:

$$\left\{ \begin{aligned}
& a_1 \omega \frac{\partial(a_1 \omega)}{\partial r} - \frac{\left(\frac{(R_1 + R) 2 \omega a_1}{D_{\text{д}}} \right)^2}{r} + a_2 \omega \frac{\partial(a_1 \omega)}{\partial z} = -\frac{1}{p} \frac{\partial p}{\partial r} + \\
& + \nu \left[\frac{\partial^2(a_1 \omega)}{\partial r^2} + \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{a_1 \omega}{r} \right) + \frac{\partial^2(a_1 \omega)}{\partial z^2} \right]; \\
& a_1 \omega \frac{\partial \left((R_1 + R) 2 \omega a_1 / D_{\text{д}} \right)}{\partial r} + \frac{(a_1 \omega) \left((R_1 + R) 2 \omega a_1 / D_{\text{д}} \right)}{r} + \\
& + a_2 \omega \frac{\partial \left((R_1 + R) 2 \omega a_1 / D_{\text{д}} \right)}{\partial z} = -\frac{1}{p} \frac{\partial p}{\partial t} + \nu \left[\frac{\partial^2 \left((R_1 + R) 2 \omega a_1 / D_{\text{д}} \right)}{\partial r^2} + \right. \\
& \left. + \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{(R_1 + R) 2 \omega a_1 / D_{\text{д}}}{r} \right) + \frac{\partial^2 \left((R_1 + R) 2 \omega a_1 / D_{\text{д}} \right)}{\partial z^2} \right]; \\
& a_1 \omega \frac{\partial(a_2 \omega)}{\partial r} + \frac{(a_2 \omega)^2}{r} + a_2 \omega \frac{\partial(a_2 \omega)}{\partial z} = -\frac{1}{p} \frac{\partial p}{\partial z} + \\
& + \nu \left[\frac{\partial^2(a_2 \omega)}{\partial r^2} + \frac{\partial(a_2 \omega)}{\partial r} \frac{1}{r} + \frac{\partial^2(a_2 \omega)}{\partial z^2} \right]; \\
& \frac{\partial(a_1 \omega)}{\partial r} + \frac{(a_1 \omega)}{r} + \frac{\partial(a_2 \omega)}{\partial z} = 0.
\end{aligned} \right. \quad (2.1)$$

Граничные условия, определяемые условием прилипания к вращающейся плоскости, будут:

$$\begin{cases} V_r = 0, V_t = r\omega, V_z = 0, & \text{при } z = 0; \\ V_r = 0, V_t = 0, & \text{при } z = \infty, \end{cases} \quad (2.2)$$

где p - давление;

ρ - плотность жидкости;

ν - коэффициент кинематической вязкости;

r, t, z - цилиндрические координаты;

V_t, V_r, V_z - составляющие скорости в тангенциальном, радиальном и осевом направлениях.

При наложении на вращение пульсации и радиально-осевых колебаний, согласно заявленному способу, создается циркуляция встречных затопленных потоков рабочей среды. В данном случае уже будут доминировать такие факторы,

как частота и амплитуда колебаний, оказывающие воздействия на составляющие скорости движения жидкой среды.

Исследуем кинематические характеристики вращающихся дисков 1 диаметром D_d , как показано на рисунке 2.3, размещенных на роторе 2, посредством которых создаются закрученные встречные внутренние затопленные струи жидкости, которым помимо вращения с частотой $\omega_{вр}$ сообщают пульсации скорости движения $\pm \varepsilon$ и радиально-осевые колебания с частотой ω и амплитудой a .

Определяем максимальные амплитудные значения составляющих скорости движения точек на периферии диска ротора:

$$\begin{cases} V_t = (R_1 + R)\omega_{вр}, \\ V_r = a_1\omega, \\ V_z = a_2\omega. \end{cases} \quad (2.3)$$

$$a_2 = R_1 a / l; \quad (2.4)$$

$$a_1 = l - \frac{l_1}{l_a}. \quad (2.5)$$

Максимальную скорость движения жидкость будет иметь в периферийной зоне нижнего. В данный момент времени скорость в точке С равна нулю, так как она является мгновенным центром качения.

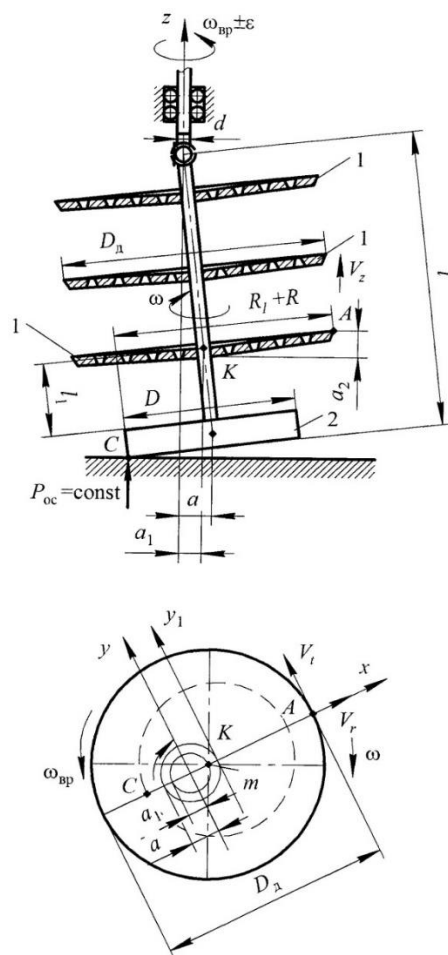


Рисунок 2.3 – Кинематическая расчетная схема определения максимальной скорости (точка А) на периферии диска ротора

С учетом составляющих скоростей в окружном, радиальном и осевом направлениях уравнения движения жидкой среды примут вид:

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

$$\left\{ \begin{aligned}
 & a_1 \omega \frac{\partial(a_1 \omega)}{\partial r} - \frac{\left(\frac{(R_1 + R)2\omega a_1}{D_D} \right)^2}{r} + a_2 \omega \frac{\partial(a_1 \omega)}{\partial z} = -\frac{1}{p} \frac{\partial p}{\partial r} + \\
 & + v \left[\frac{\partial^2(a_1 \omega)}{\partial r^2} + \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{a_1 \omega}{r} \right) + \frac{\partial^2(a_1 \omega)}{\partial z^2} \right]; \\
 & a_1 \omega \frac{\partial \left((R_1 + R)2\omega a_1 / D_D \right)}{\partial r} + \frac{(a_1 \omega) \left((R_1 + R)2\omega a_1 / D_D \right)}{r} + \\
 & + a_2 \omega \frac{\partial \left((R_1 + R)2\omega a_1 / D_D \right)}{\partial z} = -\frac{1}{p} \frac{\partial p}{\partial z} + v \left[\frac{\partial^2 \left((R_1 + R)2\omega a_1 / D_D \right)}{\partial r^2} + \right. \\
 & \left. + \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{(R_1 + R)2\omega a_1 / D_D}{r} \right) + \frac{\partial^2 \left((R_1 + R)2\omega a_1 / D_D \right)}{\partial z^2} \right]; \\
 & a_1 \omega \frac{\partial(a_2 \omega)}{\partial r} + \frac{(a_2 \omega)^2}{r} + a_2 \omega \frac{\partial(a_2 \omega)}{\partial z} = -\frac{1}{p} \frac{\partial p}{\partial z} + \\
 & + v \left[\frac{\partial^2(a_2 \omega)}{\partial r^2} + \frac{\partial(a_2 \omega)}{\partial r} \frac{1}{r} + \frac{\partial^2(a_2 \omega)}{\partial z^2} \right]; \\
 & \frac{\partial(a_1 \omega)}{\partial r} + \frac{(a_1 \omega)}{r} + \frac{\partial(a_2 \omega)}{\partial z} = 0.
 \end{aligned} \right. \quad (2.6)$$

При этом граничные условия будут уже следующими:

$$\begin{cases}
 V_r = a_1 \omega, V_t = (R_1 + R)\omega_{вр}, V_z = a_2 \omega, \text{ при } z = 0; \\
 V_r = a_1 \omega, V_t = (R_1 + R)\omega_{вр}, V_z = a_2 \omega, \text{ при } z = \infty.
 \end{cases} \quad (2.7)$$

Важно отметить, что новый способ перемешивания позволяет обеспечить одновременно ряд физических эффектов: псевдооживления рабочей жидкости (турбулизацию), активного перемешивания жидкости (виброструйный эффект), эффекта вибрационного поддержания вращения.

При турбулентном режиме частицы жидкости наряду с основным движением осуществляют поперечные перемещения, создающие перемешивание жидкости. Траектории движения частиц имеют сложную траекторию и пересекаются между собой. Переход ламинарного режима в турбулентный наступает при определенных условиях, характеризуемых числом (критерием) Рейнольдса. При рассмотрении течения жидкой среды около дисков ротора, который вращается без колебаний, число Рейнольдса будет зависеть только от тангенциальной скорости дисков, при

этом начиная с некоторого числа Рейнольдса течение перестает быть ламинарными. При числах Рейнольдса:

$$Re = \frac{VR_1}{\nu} \geq 3 \cdot 10^5, \quad (2.8)$$

где ν - кинематическая вязкость жидкости;

V - окружная скорость дисков, оно всегда турбулентное.

Если же мы рассматриваем течение жидкой среды около дисков, который помимо вращения получает еще и колебания вокруг оси, перпендикулярной к плоскости диска, то при этом число Рейнольдса Re будет больше критического Re^* (для аналогичных способов $Re^* > 1000$). Характер изменения течений жидкости в каждый момент времени зависит от разных составляющих значений скорости движения, которые оказывают влияние на число Рейнольдса, при этом наибольшее значение оказывает тангенциальная составляющая скорости V_t :

$$Re_t = \frac{V}{\nu} = \frac{(R_1 + R)2\omega a_1 R_1 / D}{\nu}; Re_z = \frac{V_z l_z}{\nu}; Re_r = \frac{V_r D_p}{\nu}, \quad (2.9)$$

где l_z - расстояние между дисками;

D_p - диаметр резервуара.

Множественность направлений затопленных струй позволяет обеспечить эффект псевдооживления жидкости, то есть создаваемые высокочастотные колебания рабочей жидкости существенно увеличивают ее динамическую вязкость, обеспечивая тем самым увеличение внутреннего сопротивления движущихся молекул (перемешиваемых компонентов).

Радиально-осевые колебания конических перфорированных дисков, закрепленных на роторе вибромешалки, создают еще и виброструйный эффект. То есть не только скорость потока струй, но и частота взаимодействия многочисленных затопленных струй жидкости на выходе из сужающихся конических отверстий увеличивается. А это углубляет турбулизацию жидкости. Интенсивность протекания виброструйного эффекта зависит от значений осевой скорости:

					15.03.05.2019.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		24

$$V_z = R_1 \frac{a}{l} \omega \quad (2.10)$$

Виброструйный эффект заключается в различном гидросопротивлении конических отверстий при смене направления движения жидкости через последние. При увеличении разности площадей отверстий на входе и выходе отношение сопротивлений диффузора и конфузора увеличивается, то есть большее количество жидкой среды протекает через конфузур (за счет более резкого уменьшения количества протекаемой жидкости через диффузор), тем самым повышается интенсивность виброструйного эффекта при неизменной скорости колебаний диска.

Ротор с дисками, вращающийся с частотой $\omega_{вр}$, будет колебаться из-за его кинематической неуравновешенности с частотой, ω большей (в 10-100 раз) частоты вращения $\omega_{вр}$. При этом жидкость, увлекаемая колеблющимся ротором с дисками, будет тоже вибрировать, что способствует поддержанию вращения дисков ротора, так возникает эффект вибрационного поддержания вращения ротора машины, так называемый эффект Хула-Хуп, что, в свою очередь, позволяет затрачивать меньшую мощность на вращение ротора в установившемся режиме. А это позволяет повысить энергоэффективность процесса. При этом момент сил сопротивления вращению дисков ротора не должен превышать некоторого предельного значения вибрационного момента W :

$$W = ma\omega \frac{\omega_{вр} D}{2} \quad (2.11)$$

Одновременно реализовать все три указанных эффекта возможно, если затопленным струям задавать вращение с пульсациями скорости и радиально-осевые колебания, а это позволяет достичь максимальной турбулизации жидкой среды, следовательно, интенсифицировать процесс перемешивания.

Проведенные экспериментальные исследования позволили увидеть даже визуально наличие этих физических эффектов. Формирование кольцевых волн в результате взаимодействия внутренних затопленных струй на поверхности жидкой

					15.03.05.2019.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		25

среды, где количество кольцевых волн строго соответствует числу диаметральных рядов отверстий.

Для оценки качества процесса перемешивания систем жидкость-жидкость на следующем этапе экспериментов были использованы взаимно нерастворимые жидкости – вода и масло, а также производился выбор оптимальных соотношений между временем перемешивания, осевой силой и концентраций компонентов смеси вода-масло.

Для получения механическим путем дисперсных материалов с требуемыми геометрическими параметрами целесообразно применять принципиально новую технологию размерного механического диспергирования. А добиться качественного скачка в совершенствовании процессов механического диспергирования материалов в плане получения материалов с требуемой дисперсностью можно, применив управляемую вибрацию в зоне разрушения. Реализовать это позволяют принципиально новые станки для размерного диспергирования вязких и хрупких материалов. В таких станках приводы главного движения должны генерировать колебания со сложными алгоритмами управления. Управление колебаниями исполнительного органа станка позволяет формировать требуемые форму и размеры дисперсных частиц. С точки зрения повышения мощности и производительности, а также управляемости процессом диспергирования, наиболее перспективным будет оснащение станков-диспергаторов так называемыми резонансными виброприводами. На сегодняшний день ни в науке, ни в практике ничего подобного не существует.

Возбуждение колебаний на основе резонанса является одним из наиболее эффективных способов разработки энергоэкономичных и высокопроизводительных вибрационных машин. Резонансным является режим работы вибромашины, при котором происходит совпадение собственных и вынужденных частот колебаний. В резонансной вибрационной машине, работающей на частоте собственных колебаний, силы инерции полностью компенсируются восстанавливающими силами. В связи с этим, возмущающая сила

					15.03.05.2019.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		26

преодолевают только силы сопротивления. Но наряду с большим количеством достоинств, современные резонансные схемы имеют низкую стабильность, сложность настройки, неуравновешенность, сложность конструкции и большую металлоемкость. В связи с перечисленными недостатками, схемы создания резонансных колебаний нашли применение только в грохотах небольшой производительности, предназначенных для переработки сравнительно легких материалов.

Выводы по разделу два.

Ожидается ощутимый экономический эффект от внедрения данного способа перемешивания жидкостей, так как в современных способах перемешивания и у смесителей существуют ряд недостатков, которые не позволяют эффективно производить смешивание. Поэтому при замене известных конструкций смесителей на смеситель, который будет основан на предлагаемом способе перемешивания, за счет повышения эффективности, производительности существенно снизится их стоимость.

					15.03.05.2019.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		27

3 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

3.1 Создание объектов и данных для проведения экспериментального расчета перемешивания бингамовских смесей

Процесс создания 3D модели в программе FlowVision на суперкомпьютере начинается с создания модели диска и цилиндра в программном обеспечении КОМПАС-3D, и последующем ее сохранении в формате STL, как показано на рисунке 3.1:

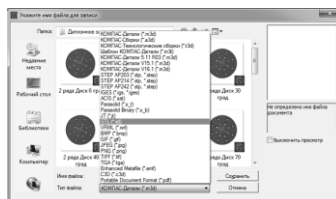


Рисунок 3.1 – Сохранение модели в формате STL

Команда «Создать проект», расположенная как показано на рисунке, вызывает окно, в котором необходимо выбрать базовую деталь, как представлено на рисунках 3.2 и 3.3: в данном случае это модель цилиндра. После этого начинается загрузка модели. Скорость и время загрузки модели зависят от её сложности.

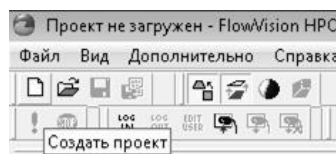


Рисунок 3.2 – Команда «Создать проект»

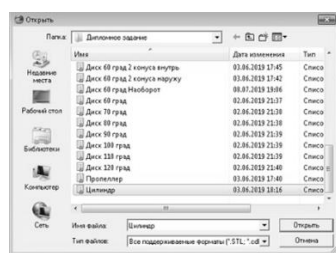


Рисунок 3.3 – Процесс выбора базовой детали

Создание модели начинается во вкладке «ПреПроцессор» с задания вещества. Для этого необходимо перейти на вкладку «Вещества» и задать вещество, как показано на рисунках 3.4, 3.5 и 3.6, в нашем случае это «Вода Жидкая». Все данные по веществам берутся из таблицы стандартных веществ FlowVision. Далее, для того, чтобы задать фазы выбираем «Создать непрерывную», как представлено на

рисунке 3.7. В заданной фазе, во вкладку «Вещества» добавляем ранее заданное нами вещество, как изображено на рисунке 3.8. Также во вкладке «Физические процессы», указываем, что нужно считать программе, как показано на рисунке 3.9. Первым делом задаем движение, в данном случае это «Бингамовская жидкость», и задаем турбулентность – это SST модель, как представлено на рисунке 3.10.

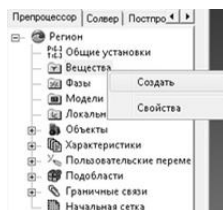


Рисунок 3.4 – Процесс создания вещества

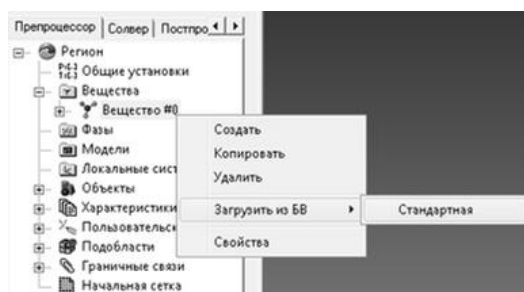


Рисунок 3.5 – Процесс создания вещества

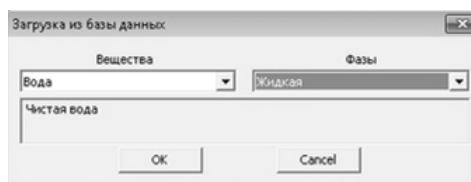


Рисунок 3.6 – Процесс выбора вещества

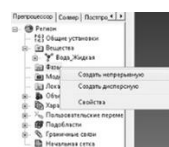


Рисунок 3.7 – Процесс создания фазы

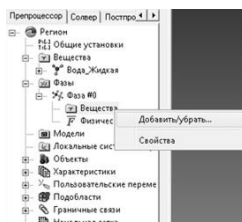


Рисунок 3.8 – Процесс добавления вещества к фазе

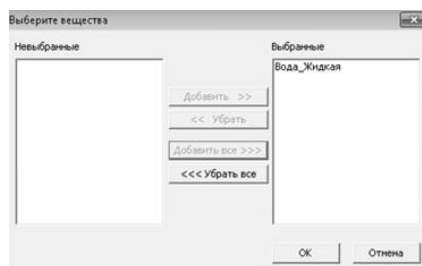


Рисунок 3.9 – Процесс добавления вещества к фазе

Физические процесс	[...]
Теплоперенос	(нет)
Излучение	(нет)
Движение	Бингамовская жидкость
Массоперенос	(нет)
Турбулентность	SST модель
Перенос фазы	(нет)

Рисунок 3.10 – Присваивание движению и турбулентности значений

Во вкладке «Модель» создаем модель, после чего раскрыв её ветку, добавляем во вкладку «фазы» ранее созданную фазу, как изображено на рисунках 3.11, 3.12 и 3.13.

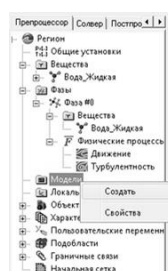


Рисунок 3.11 – Процесс создания модели



Рисунок 3.12 – Процесс добавления фазы к модели



Рисунок 3.13 – Процесс добавления фазы к модели

Для того, чтобы задать начальную расчетную сетку, как показано на рисунке 3.14, переходим во вкладку «Начальная сетка». Изначально её размеры составляют 1x1x1, но при таких значениях сетки, выводимые результаты будут неточными. Поэтому необходимо выбрать размер сетки по максимальным размерам, в данном

случае расчетная сетка составляет 15x15x15, таким образом, обеспечивается высокая точность расчета.

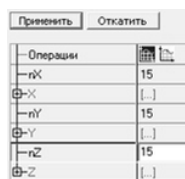


Рисунок 3.14 – Настройка расчетной сетки

Для составления последующих исходных данных необходимо задать постоянные скалярные переменные и для каждой присвоить значения, как изображено на рисунках 3.15 и 3.16.

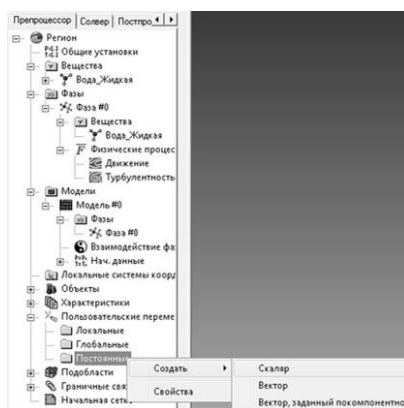


Рисунок 3.15 – Создание переменной

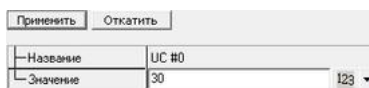


Рисунок 3.16 – Присваивание значения переменной

Во вкладке «Подобласть» необходимо задать ранее созданную модель, как показано на рисунке 3.17. Затем во вкладке «Модификаторы» нужно загрузить «Подвижное тело», как изображено на рисунках 3.18 и 3.19, в нашем случае это модель диска.

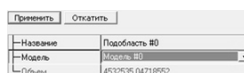


Рисунок 3.17 – Выбор модели для подобласти

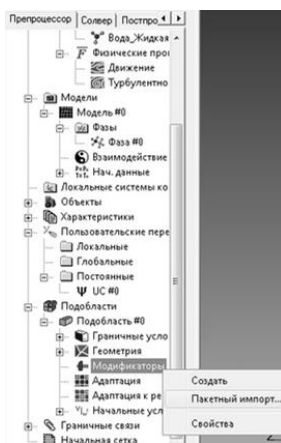


Рисунок 3.18 – Создание подвижного тела

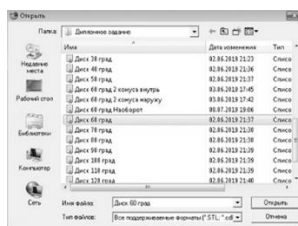


Рисунок 3.19 – Создание подвижного тела

Далее на вкладке «Подвижное тело», как показано на рисунке 3.20, необходимо задать начальное положение диска, для этого по оси Z задаем 90 мм. Затем присваиваем скорость вращения вокруг оси Z 30 рад/с (286 об/мин). По осям X и Y нужно задать формулы колебаний, которые являются проекциями вектора ω_2 на соответствующие плоскости, как показано на рисунке 3.21.

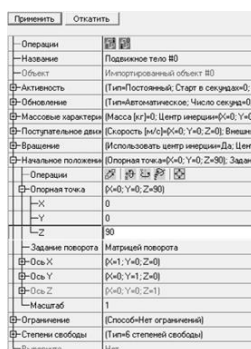


Рисунок 3.20 – Настройка начального расположения диска



Рисунок 3.21 – Окно ввода формул

По оси X:

$$-\omega_2 \cdot \sin(A) \cdot \sin(\omega_1 \cdot Time), \quad (3.1)$$

$-\omega_2 \cdot \sin(A) \cdot \sin(\omega_1 \cdot Time)$ – это проекция вектора ω_2 на ось X

$-\omega_2 \cdot \sin(A)$ – это проекция вектора ω_2 на плоскость XY;

$\omega_1 \cdot Time$ – это угол поворота вокруг оси Z (рад/с);

Time – это текущее время (секунды).

По оси Y:

$$\omega_2 \cdot \sin(A) \cdot \cos(\omega_1 \cdot Time), \quad (3.2)$$

$\omega_2 \cdot \sin(A) \cdot \cos(\omega_1 \cdot Time)$ – это проекция вектора ω_2 на ось Y

$\omega_2 \cdot \sin(A)$ – это проекция вектора ω_2 на плоскость XY;

$\omega_1 \cdot Time$ – это угол поворота вокруг оси Z (рад/с);

Time – это текущее время (секунды).

Для задания шага по времени необходимо перейти на вкладку «Солвер», а затем во вкладку «Шаг по времени». Задаем шаг по времени 0,2 секунды, как показано на рисунке 3.22. Далее во вкладке «Условие останова» – «Отрезок времени» указывается время остановки расчета, в секундах. Задаем время останова 50 секунд, как представлено на рисунке 3.23.

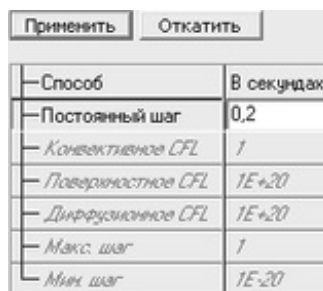


Рисунок 3.22 – Присваивание значения постоянному шагу

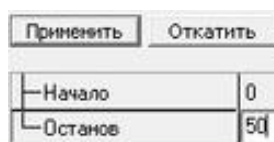


Рисунок 3.23 – Присваивание значения останову

Для настройки визуализации, чтобы видеть траектории потоков, а также их скорости (в м/с) необходимо создать во вкладке «Слои» слой «Линии тока» и выбрать объект «Пространство», как показано на рисунках 3.24 и 3.25. Затем редактируем созданный слой. Указываем переменную которую, как изображено на рисунке 3.26, требуется считывать, в нашем случае это «Скорость».

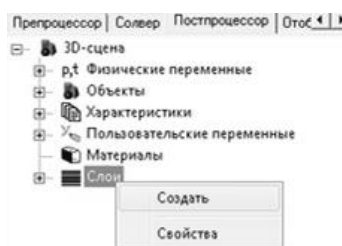


Рисунок 3.24 – Процесс создания слоя

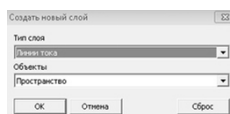


Рисунок 3.25 – Процесс выбора слоя

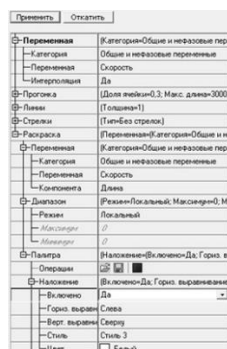


Рисунок 3.26 – Присваивание слою переменной

После того как задали все исходные данные, следует загрузить созданный проект на солвер, как представлено на рисунке 3.27, то есть на сервер, где будут происходить расчеты.

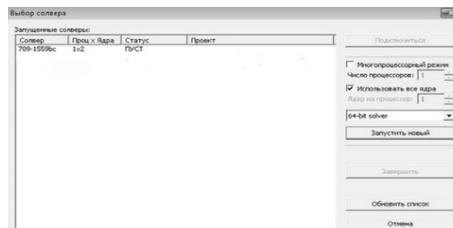


Рисунок 3.27 – Выбор свободного солвера

Последним шагом является запуск расчета. Команда «Запуск расчета» открывает окно в котором, которое показано на рисунке 3.28, можно выбрать продолжение расчета или же начать его сначала. По истечению указанного времени, расчет будет приостановлен автоматически.

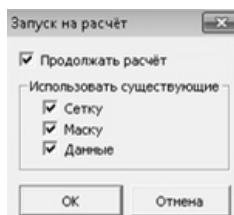


Рисунок 3.28 – Окно запуска расчета

3.2 Анализ результатов суперкомпьютерного моделирования процессов перемешивания эмали

Первым этапом экспериментов в программе FlowVision, является установление стабильности процесса перемешивания. Для этого требуется выбрать один любой диск из 13 возможных. Данный процесс можно увидеть на рисунках 3.30 – 3.44. На которых изображено, как меняется скорость потоков с течением времени. Для этого эксперимента был выбран диск, который представлен на рисунке 3.29, со следующими параметрами:

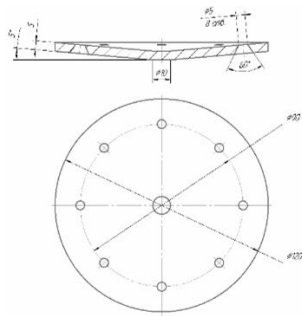


Рисунок 3.29 – Параметры диска с величиной угла конфузора 60 градусов
Оставшиеся исходные данные можно увидеть в таблице 3.1:

Таблица 3.1 – Исходные данные эксперимента

Название переменной	Переменная	Значение переменной	Размерность переменной
Масса диска	m	1,5	кг
Скорость вращения диска	$v_{вр.д.}$	30	рад/с
Высота расположения диска	$Z_{полож.д.}$	90	мм
Коэффициент шага по времени	τ	0,2	сек
Диаметр цилиндра	$d_{цил}$	170	мм
Высота цилиндра	$h_{цил}$	200	мм

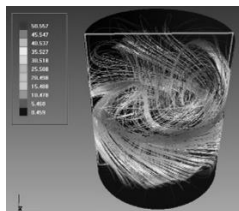


Рисунок 3.30 – Время вращения 5 секунд

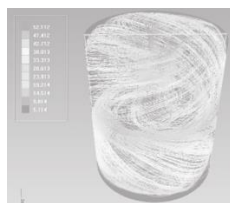


Рисунок 3.31 – Время вращения 10 секунд



Рисунок 3.32 – Время вращения 15 секунд

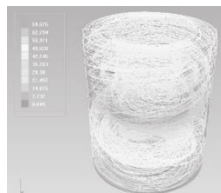


Рисунок 3.33 – Время вращения 20 секунд

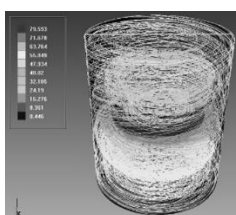


Рисунок 3.34 – Время вращения 25 секунд

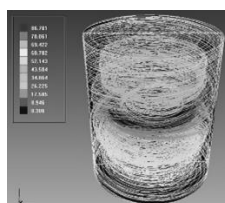


Рисунок 3.35 – Время вращения 30 секунд

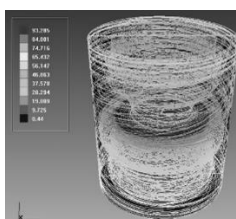


Рисунок 3.36 – Время вращения 35 секунд

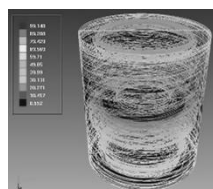


Рисунок 3.37 – Время вращения 40 секунд

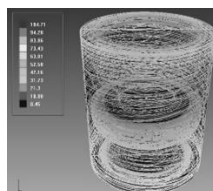


Рисунок 3.38 – Время вращения 45 секунд

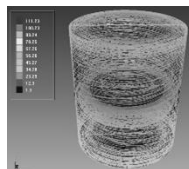


Рисунок 3.39 – Время вращения 50 секунд

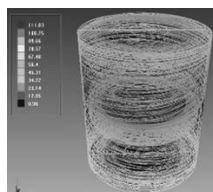


Рисунок 3.40 – Время вращения 55 секунд

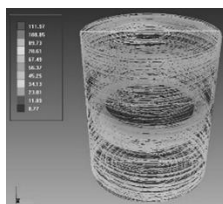


Рисунок 3.41 – Время вращения 60 секунд

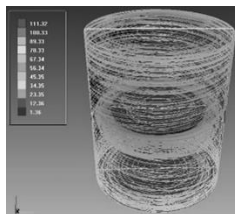


Рисунок 3.42 – Время вращения 65 секунд

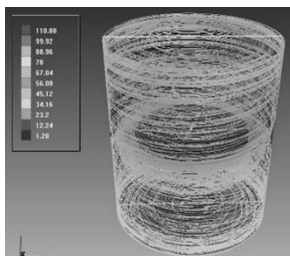


Рисунок 3.43 – Время вращения 70 секунд

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

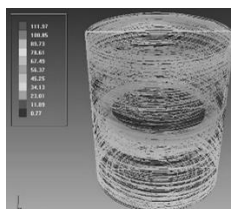


Рисунок 3.44 – Время вращения 75 секунд

Сначала условием останова являлось время 30 секунд, но по истечении времени скорость потоков продолжала возрастать. Поэтому время останова было увеличено до 60 секунд. Сравнив вновь полученные результаты было замечено, что скорость потоков стала стабилизироваться на 50 секундах. Для достоверности результатов, было решено увеличить время останова до 75 секунд. Сравнивая полученные данные было установлено, что стабильность процесса перемешивания возникает на 50 секундах, а дальше скорость лишь колеблется в пределах от 114,5 до 116,2 м/с. Данный эксперимент проводился 5 раз для наиболее высокой точности результатов. Полученные данные стабильности процесса перемешивания сведены в таблицу 3.2 и представлены в виде графика на рисунке 3.45.

Таблица 3.2 – Расчет времени переходного процесса

Время перемешивания	Скорость потоков	Время перемешивания	Скорость потоков	Время перемешивания	Скорость потоков
5	50,57	30	80,67	55	114,87
10	52,12	35	93,2	60	115,89
15	58,51	40	99,14	65	115,39
20	69,68	45	104,7	70	114,66
25	79,59	50	115,07	75	115,43

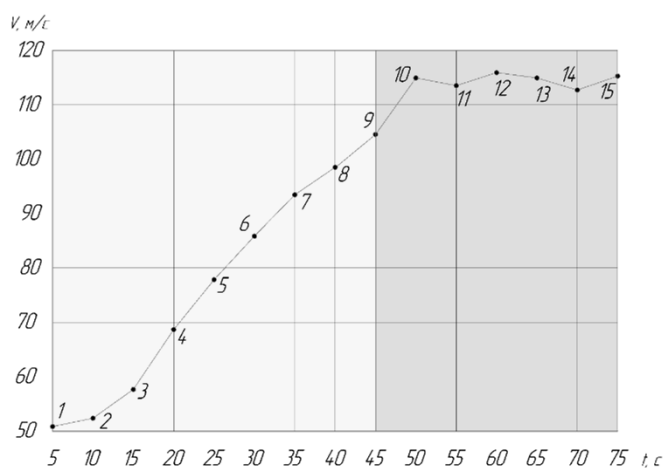


Рисунок 3.45 – График переходных процессов и стабильности процесса перемешивания

Исходя из результатов, для последующих экспериментов время останова будет составлять 50 секунд.

Вторым этапом экспериментов было определение зависимости скорости потоков от величины угла конфузора. Для данного эксперимента исходные значения были одинаковыми, но отличались лишь по величине угла конфузора, параметры дисков представлены на рисунке 3.46.

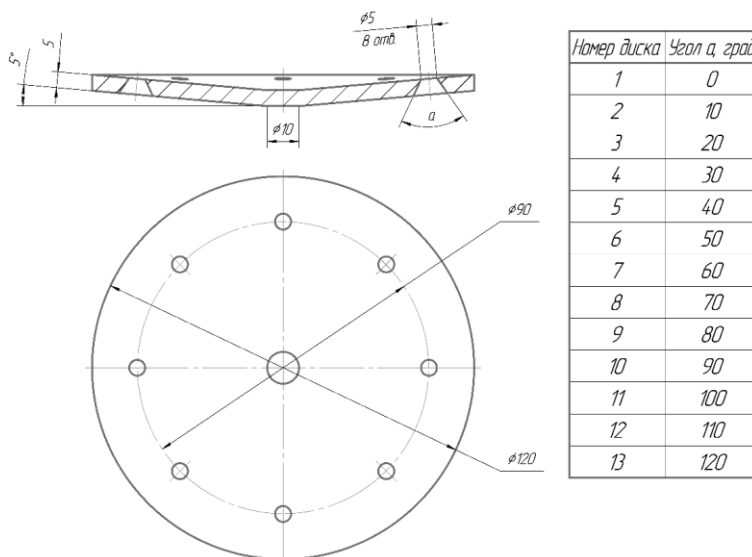


Рисунок 3.46 – Параметры дисков

Остальные данные сведены в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 – Исходные данные для эксперимента

Название переменной	Переменная	Значение переменной	Размерность переменной
Масса диска	m	1,5	кг
Скорость вращения диска	$v_{вр.д.}$	30	рад/с
Время остановки расчета	$t_{ост.}$	50	сек
Высота расположения диска	$z_{полож.д.}$	90	мм
Коэффициент шага по времени	τ	0,2	сек
Диаметр цилиндра	$d_{цил}$	170	мм
Высота цилиндра	$h_{цил}$	200	мм

Данные эксперименты проводились по 5 раз каждый, чтобы результаты были наиболее точными. Затем посчитано среднее значение скоростей потоков для каждого диска. Полученные результаты представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Результаты эксперимента

Величина угла конфузора, град	Номер эксперимента					Среднее значение, м/с
	1, м/с	2, м/с	3, м/с	4, м/с	5, м/с	
0	109,59	111,7	110,34	114,59	112,16	111
10	108,11	110,76	115,29	114,01	116,47	112,93
20	107,43	110	113,88	113,47	113,56	113,05
30	112,9	114,57	112,36	115,24	112,27	113,51
40	115,27	116	111	111,43	112,33	113,21
50	114,75	113,98	110,12	114,5	115,06	114,08
60	117,23	115,89	111,3	118,06	112,85	115,07
70	117,12	116,05	110,33	112,03	117,23	114,55
80	112,51	115,02	110,37	114,21	109,1	112,24
90	110,62	110,85	109,12	112,39	111,07	110,81
100	108,96	109,71	107,92	110,31	107,5	108,88
110	108,57	110,04	107,11	109,88	108,61	108,84

120	105,21	107,63	110,02	107,07	109,21	107,83
-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------

На рисунке 3.47 представлен график зависимости скорости потоков от величины угла конфузора. На нем видно, что по величине скорости потоков, диск с углом конфузора 60 градусов, создаёт более быстрые потоки по отношению к остальным дискам.

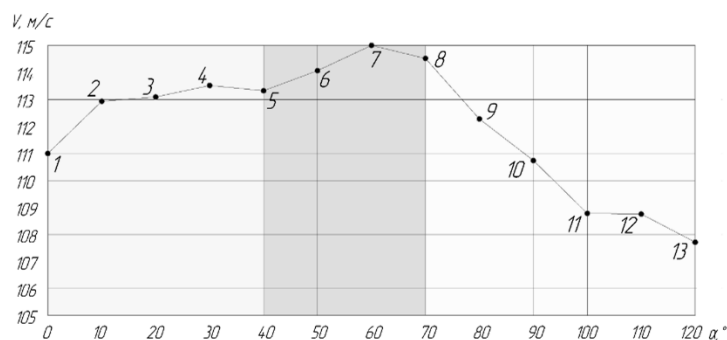


Рисунок 3.47 – График зависимости скорости потоков от величины угла конфузора

Таким образом, в последующих экспериментах будет использоваться диск с углом конфузора 60 градусов.

3.3 Анализ зависимости скоростей потоков от профиля отверстий с переменным сечением

На третьем этапе экспериментов поставлена задача, сравнить скорости потоков от профиля отверстий с переменным сечением. Для этого за основу взят диск, с предыдущего эксперимента, с отверстием конфузора 60 градусов, который изображен на рисунке 3.29, так как его скорость потоков является наибольшей.

По этим данным выполнены две модели:

1. Первая модель имеет диск с двумя конфузорами 60 градусов и диаметром меньшей окружности 5 мм, как показано на рисунке 3.48, а.

2. Вторая модель имеет диск с двумя диффузорами 60 градусов и диаметром меньшей окружности 5 мм, как представлено на рисунке 3.48, б.

Также для эксперимента взят диск с цилиндрическим отверстием, как изображено на рисунке 3.48, в.

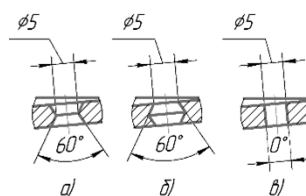


Рисунок 3.48 – Параметры дисков

Остальные исходные данные, по моделям дисков, представлены в таблице 3.3.

Затем по полученным результатам был построен график зависимости, который показан на рисунке 3.49. (и выполнено соотношение к диску взятого за основу).

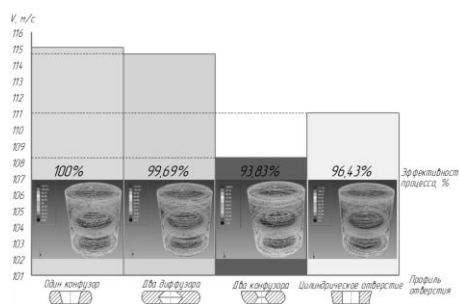


Рисунок 3.49 – График зависимости скорости потоков от профиля отверстия с переменным сечением

По графику видно, что диск, взятый за основу, является лучшим вариантом. Также видно, что эффективность процесса перемешивания меняется незначительно, поэтому разумно использовать диск с одним конфузором.

3.4 Сравнительные показатели формируемых потоков при перемешивании бингамовской среды.

Следующим этапом экспериментов является сравнение предлагаемого способа перемешивания с пропеллерным. Основным элементом перемешивающего устройства лопастного типа является вертикальный вал, на котором может быть установлено несколько лопастей вертикально или наклонно под углом к горизонту от 45 до 60°. Вертикальные лопасти сообщают жидкости в основном вращательное движение, а наклонные способствуют перемещению жидкости вверх в вертикальном направлении. Но при таком способе перемешивания возникают застойные зоны, которые представляют собой медленно движущиеся потоки жидкости, которые, можно с достаточным

основанием считать полностью неподвижными. Эти зоны, которые представлены на рисунке 3.50, занимают достаточно большой объем сосуда.

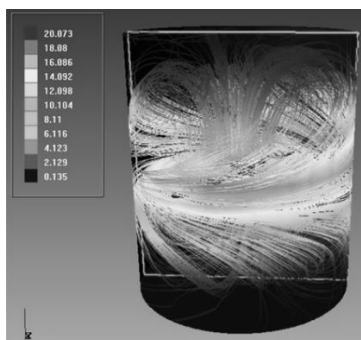


Рисунок 3.50 – Пропеллерный способ перемешивания

В предлагаемом способе перемешивания застойные зоны отсутствуют, как изображено на рисунке 3.51, за счет сообщения рабочей среде совместного вращения и радиально-осевых колебаний. А это, в конечном итоге, позволит увеличить взаимодействие встречных внутренних затопленных струй жидкости.

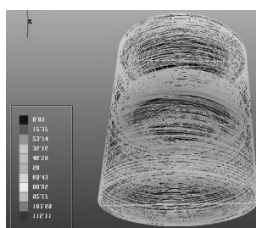


Рисунок 3.51 – Предлагаемый способ виброперемешивания

Также при одинаковых исходных данных, скорость потоков пропеллерного способа и предлагаемого способа перемешивания, разная. В данном случае скорости вращения диска и пропеллера 30 рад/с. При такой скорости, скорость потоков пропеллера составляет 20 м/с, а скорость потоков предлагаемого способа составляет 115 м/с. Это доказывает, что предлагаемый способ эффективнее.

3.5 Влияние количества отверстий на длину пути перемешивания

На текущем этапе эксперимента выполнено слияние количества отверстий на длину пути перемешивания. В данном случае рассмотрены три варианта моделей диска: диск с 8 отверстиями; диск с 16 отверстиями; диск с 24 отверстиями. Эти диски представлены на рисунках 3.52 – 3.54. На них показано что, чем больше отверстий, тем формируется больше количество потоков и соответственно

увеличивается длина пути перемешивания. Это позволяет обеспечить эффект псевдооживления жидкости, то есть создаваемые высокочастотные колебания рабочей жидкости существенно увеличивают ее динамическую вязкость, обеспечивая тем самым увеличение внутреннего сопротивления движущихся молекул (перемешиваемых компонентов).

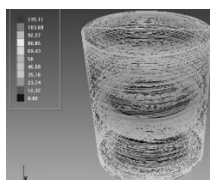


Рисунок 3.52 – Диск с 8 отверстиями

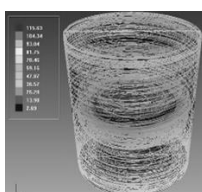


Рисунок 3.53 – Диск с 16 отверстиями

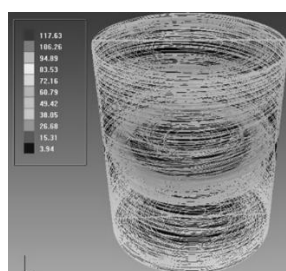


Рисунок 3.54 – Диск с 24 отверстиями

3.6 Зависимость длины пути перемешивания от скоростей встречных потоков

Последним этапом экспериментов было определение зависимости длины пути перемешивания от скоростей встречных потоков. Для этого были созданы три модели:

1. Расчет по модели с одним диском, как показано на рисунке 3.55;
2. Расчет по модели с двумя дисками, как представлено на рисунке 3.56, у которых отверстия направлены друг к другу;
3. Расчет по модели с тремя дисками, как изображено на рисунке 3.57.

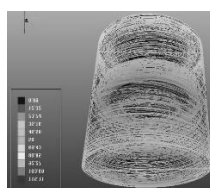


Рисунок 3.55 – Модель с одним диском

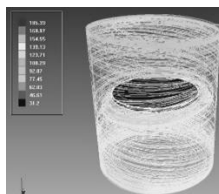


Рисунок 3.56 – Модель с двумя дисками

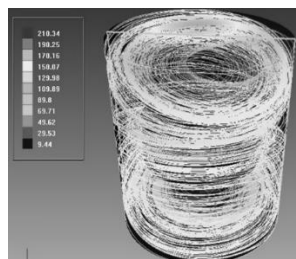


Рисунок 3.57 – Модель с тремя дисками

Все три модели построены при одинаковых исходных данных, за исключением высоты и количества дисков.

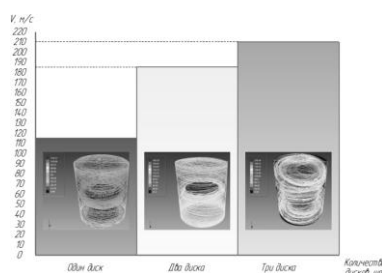


Рисунок 3.58 – График зависимости длины пути перемешивания от скоростей встречных потоков

На рисунке 3.58 представлен график, на котором изображена зависимость длины пути перемешивания от скорости встречных потоков. На данном графике показаны 3 случая:

1. Один диск, его скорость потоков составляет 115 м/с;
2. Два диска, где потоки встречаются друг с другом между дисками и перемешиваются, за счет этого увеличивается длина пути перемешивания. Также средняя скорость составляет в верхней части 124 м/с, а в нижней 108 м/с.
3. В третьем случае показано что при трёх дисках длина пути перемешивания не только увеличивается, но и меняет свою траекторию. За счет встречных потоков. Также средняя скорость потоков достигает 150 м/с.

Выводы по разделу три

1. В первой части третьего раздела была рассмотрена методика поэтапного компьютерного эксперимента в программе FlowVision.

2. Во второй части раздела были представлены результаты суперкомпьютерного моделирования процесса перемешивания эмали, где была рассмотрена зависимость скорости потоков от величины угла конфузора, а также определены интервалы времени стабилизации формирования смешанных потоков, и построены по ним графики.

3. В третьей части была рассмотрена зависимость скорости потоков от профиля отверстий с переменным сечением, где сравнили четыре вида отверстий и выявлено что на скорость потоков профиль отверстий меняется незначительно.

4. В четвертой части было выполнено сравнение пропеллерного и предлагаемого способа перемешивания.

5. В пятой части раздела было показано влияние количества отверстий на длину пути перемешивания.

6. Последней частью раздела является зависимость длины пути перемешивания от скоростей встречных потоков, где было выполнено сравнение трёх моделей и выявлена лучшая.

					15.03.05.2019.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		47

4 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.

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 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,

					15.03.05.2019.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

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 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

					15.03.05.2019.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		49

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.

					15.03.05.2019.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		50

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.

4.3 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. 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.

					15.03.05.2019.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		51

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.

4.4 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 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.

					15.03.05.2019.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		52

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 опасность представляют трансформаторы с масляным охлаждением. В связи с пожарной опасностью 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.

					15.03.05.2019.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		53

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 устанавливают 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.

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.

					15.03.05.2019.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		54

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.

4.5 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.

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

					15.03.05.2019.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		55

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 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

					15.03.05.2019.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		56

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 комплекту технических средств. В них предусматриваются соответствующие параметры температуры, освещения, чистоты воздуха, обеспечивают изоляцию, от производственных шумов и т.п. Для обеспечения нормальных условий труда 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

					15.03.05.2019.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		57

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.

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

4.6 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.

					15.03.05.2019.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		59

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);

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;

					15.03.05.2019.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		60

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.

					15.03.05.2019.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		61

Выводы по разделу четыре

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

2. Во второй части раздела был описан раздел безопасности работы на компьютере. Параметры безопасности - электрическая, механическая, пожарная безопасность.

3. 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.

					15.03.05.2019.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		62

5 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

5.1 Характеристика вибросмесителя

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

В рамках данной дипломной работы производится расчет себестоимости усовершенствования инерционного вибросмесителя. 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,

$I = 1$

$C_{ч} = 4,51$ руб/час – средняя часовая заработная плата по тарифу основных рабочих;

$K_n = 1,3 + 1,15 = 2,45$ – коэффициент, учитывающий приработок $K_d = 1,2$ – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату;

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

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

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

					15.03.05.2019.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		63

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

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

Для сборки основных узлов устройства:

$$C_ч = 4,51 \text{ руб/час}; \quad K_n = 2,45; \quad K_{\partial} = 1,2;$$

$$K_c = 1,377; \quad n = 2; \quad t = 40 \text{ ч/шт-опер.}$$

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

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

Общая зарплата:

$$C_з = C_{зот} + C_{зос},$$

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

Расчет затрат по эксплуатации оборудования при изготовлении.

$$C_o = C_a + C_p + C_з + C_в, \quad (5.3)$$

где C_a – амортизационные отчисления;

$$C_a = \frac{\Phi_n \times O \times 3 \times N_a}{Q_z \times 100}, \quad (5.4)$$

где Φ_n – балансовая стоимость единицы оборудования, руб;

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

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

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

N_a – норма амортизационных отчислений на замену оборудования в год.

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

где Φ_l – ликвидационная стоимость, руб;

t_c – срок службы основных фондов, лет.

Для производства основных деталей устройства:

$$\Phi_n = 16600 \text{ руб}; \quad O = 4 \text{ ед./опер.};$$

$$3 = 1,1; \quad Q_z = 1 \text{ шт};$$

$\Phi_l = 1500$ руб; $t_c = 10$ 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:

$\Phi_n = 3400$ руб; $O = 1$ ед/опер; $З = 1,05$;

$Q_z = 1$; $\Phi_l = 825$ руб; $t_c = 10$ лет.

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

За 40ч $Ha = 0,146\%$

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

Общие затраты:

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

Затраты на ремонт оборудования

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

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.сложн.;

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

O – количество оборудования, занятого при выполнении операции, ед/опер.;

$З$ – коэффициент занятости технологического оборудования выполнением операции;

T_p – длительность ремонтного цикла оборудования, лет/цикл.

					15.03.05.2019.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		65

Для производства основных деталей устройства:

$$R = 15 \text{ ед.рем.сложн.}; \quad W = 130,10 \text{руб/ ед.рем.сложн.}; \quad Kэ = 1,3;$$

$$O = 4 \text{ед/опер.}; \quad 3 = 1,1; \quad Tr = 6,5 \text{лет/цикл.}$$

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

Для сборки основных узлов устройства:

$$R = 10 \text{ ед.рем.сложн.}; \quad W = 150 \text{руб/ ед.рем.сложн.};$$

$$Kэ = 1,3; \quad O = 1 \text{ед/опер.}; \quad 3 = 1,05; \quad Tr = 6 \text{лет/цикл.}$$

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

Затраты на силовую электроэнергию при изготовлении устройства

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

где N – мощность электродвигателя, кВт;

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

η - КПД;

t – машинное время, ч.

Для производства основных деталей устройства:

$$N = 2 \text{кВт}; \quad Ц = 0,806 \text{руб/кВт} \times \text{ч}; \quad \eta = 0,92; \quad t = 20 \text{ч.}$$

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

Для сборки основных узлов устройства:

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

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

Затраты на эксплуатацию оборудования

Для производства основных деталей устройства:

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

Для сборки основных узлов устройства:

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

					15.03.05.2019.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		66

Общие затраты:

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

Расчет затрат на материалы при изготовлении устройства

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

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;

$K_{mз}$ – 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

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

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

					15.03.05.2019.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		67

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

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

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 виброресмесителя с вентильно-индукторным приводом.

Затраты	Обозначение	Стоимость руб/шт.
Заработная плата рабочих	<i>S_з</i>	2190,98
Затраты по эксплуатации оборудования	<i>S_о</i>	2174,60
Затраты по эксплуатации оснастки	<i>S_п</i>	1130,40
Затраты по использованию производственных зданий	<i>S_к</i>	27,40
Прочие цеховые расходы	<i>S_ц</i>	547,74
Технологическая себестоимость	<i>S_т</i>	6071,12
Затраты на материалы	<i>S_м</i>	5003,36
Цеховая себестоимость	<i>S_{цех}</i>	11074,48
Расходы на освоение и подготовку производства	<i>S_{осв}</i>	300
Затраты на брак	<i>S_{бр}</i>	21,65
Производственная себестоимость	<i>S_{np}</i>	11396,13
Внепроизводственные расходы	<i>S_{впр}</i>	1709,42
Себестоимость машины	<i>S</i>	13105,55
Себестоимость электрооборудования	<i>S_{эл.об}</i>	8300
Полная себестоимость	<i>S_о</i>	21405,55
Цена изделия	<i>Ц_{онт}</i>	23546,10

Выводы по разделу пять

В пятом разделе был проведен расчет прогнозируемой себестоимости изготовления вибросмесителя с вентильно-индукторным приводом.

					15.03.05.2019.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		69

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы рассмотрено получение суспензий за счет углубления турбулизации путем увеличения циркуляции потоков и исключения застойных зон предложен усовершенствованный аппарат с вибромешалкой, в котором реализован принцип действия, заключающийся в создании в жидкой среде встречных вращающихся затопленных струй путем сообщения им, посредством рабочего органа, совместного вращения и радиально-осевых колебаний, причем изменяя параметры колебаний рабочего органа управляют траекториями встречных затопленных струй, перераспределяя радиальную и осевую составляющую скорости их движения, тем самым увеличивают длину их пути перемешивания.

Рассмотрена методика поэтапного компьютерного эксперимента в программе FlowVision. Представлены результаты суперкомпьютерного моделирования процесса перемешивания эмали, а также определены интервалы времени стабилизации формирования смешанных потоков. Рассмотрена зависимость скорости потоков от профиля отверстий с переменным сечением. Выполнено сравнение пропеллерного и предлагаемого способа перемешивания. Показано влияние количества отверстий на длину пути перемешивания. Рассмотрена зависимость длины пути перемешивания от скоростей встречных потоков.

Результаты компьютерного моделирования виброперемещений рабочего органа аппарата с вибромешалкой позволяют численно определять координатные составляющие скорости движения встречных вращающихся затопленных струй, а также визуализировать формирование траекторий их движения.

Для компьютерного моделирования быстро-протекающих процессов виброперемешивания бингамовских сред применен топологический метод. А суперкомпьютерные ресурсы ЮУрГУ и программное обеспечение FlowVision позволили визуализировать и оптимизировать технологические параметры получения много-компонентных смесей.

					15.03.05.2019.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		70

Экспериментальные исследования показали, что применение аппарата с вибромешалкой позволяет получать устойчивые во времени эмульсии, например, при приготовлении эмульсии для композиционных покрытий.

Результаты исследований явились основой научной статьи в журнале «Вестник ЮУрГУ».

Работа проведена в рамках Госзадания на 2017-2019 г.г. Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект №9.7960.2017/ВР).

					15.03.05.2019.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		71

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. – 58–77 с.
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. Машины и аппараты пищевых производств: в 2 кн. / С.Т. Антипов, И.Т. Кретов, А.Н. Остриков, В.А. Панфилов, О.А. Ураков. – М.: Высшая школа, 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.
11. Блехман, И.И. Вибрационная механика / И.И. Блехман. – М.: Наука. Изд. Фирма «Физ.-мат. лит.», 1994. – 394 с.

					15.03.05.2019.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		72

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 ред. К.К. Горбатовой. – СПб.: Мороженое Издательство ГИОРД, 2002. – Т. 4. – 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. – 3 с.

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

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

					15.03.05.2019.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		73

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.

					15.03.05.2019.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		74