

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Восстановления распределения масляных и водных частиц по размерам в водомасляной эмульсии

УДК 004.89:004.93.11:665.61

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т82	Цзян Ижань		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ИШЭ	Исаев.Ю.Н.	д.ф-м.н. Профессор		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Былкова Т.В.	к.э.н. Доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Авдеева И.И	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Е.И.	к.т.н. доцент		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений.
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде.
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах).
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах.
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов.
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи.
УК(У)-10	Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности.
УК(У)-11	Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению.
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда.
ОПК(У)-2	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.
ОПК(У)-3	Способен использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности.
ОПК(У)-4	Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения
ОПК(У)-5	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью.
Профессиональные компетенции	

Код компетенции	Наименование компетенции
ПК(У)-1	Способен собирать и анализировать исходные информационные данные для проектирования технологических процессов изготовления продукции, средств и систем автоматизации, контроля, технологического оснащения, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством; участвовать в работах по расчету и проектированию процессов изготовления продукции и указанных средств и систем с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования.
ПК(У)-2	Способен выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей, методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов и готовых изделий, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий.
ПК(У)-3	Готов применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов, современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, средства автоматизации технологических процессов и производств.
ПК(У)-4	Способен участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры его взаимосвязей, определении приоритетов решения задач с учетом правовых и нравственных аспектов профессиональной деятельности, в разработке проектов изделий с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров, в разработке проектов модернизации действующих производств, создании новых, в разработке средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации расчетов и проектирования.
ПК(У)-5	Способен участвовать в разработке (на основе действующих стандартов и другой нормативной документации) проектной и рабочей технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, их эксплуатационному обслуживанию, управлению жизненным циклом продукции и ее качеством, в мероприятиях по контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации действующим стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.
ПК(У)-6	Способен проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа.
ПК(У)-7	Способен участвовать в разработке проектов по автоматизации производственных и технологических процессов, технических средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, в практическом освоении и совершенствовании данных процессов, средств и систем.
ПК(У)-8	Способен выполнять работы по автоматизации технологических процессов и производств, их обеспечению средствами автоматизации и управления, готовностью использовать современные методы и средства автоматизации,

Код компетенции	Наименование компетенции
	контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством.
ПК(У)-9	Способен определять номенклатуру параметров продукции и технологических процессов ее изготовления, подлежащих контролю и измерению, устанавливать оптимальные нормы точности продукции, измерений и достоверности контроля, разрабатывать локальные поверочные схемы и выполнять проверку и отладку систем и средств автоматизации технологических процессов, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, а также их ремонт и выбор; осваивать средства обеспечения автоматизации и управления.
ПК(У)-10	Способен проводить оценку уровня брака продукции, анализировать причины его появления, разрабатывать мероприятия по его предупреждению и устранению, по совершенствованию продукции, технологических процессов, средств автоматизации и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, систем экологического менеджмента предприятия, по сертификации продукции, процессов, средств автоматизации и управления.
ПК(У)-11	Способен участвовать: в разработке планов, программ, методик, связанных с автоматизацией технологических процессов и производств, управлением процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, инструкций по эксплуатации оборудования, средств и систем автоматизации, управления и сертификации и другой текстовой документации, входящей в конструкторскую и технологическую документацию, в работах по экспертизе технической документации, надзору и контролю за состоянием технологических процессов, систем, средств автоматизации и управления, оборудования, выявлению их резервов, определению причин недостатков и возникающих неисправностей при эксплуатации, принятию мер по их устранению и повышению эффективности использования.
ПК(У)-18	Способен аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции, компьютерных систем управления ее качеством.
ПК(У)-19	Способен участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами.
ПК(У)-20	Способен проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций.
ПК(У)-21	Способен составлять научные отчеты по выполненному заданию и участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции и ее качеством.
ПК(У)-22	Способен участвовать: в разработке программ учебных дисциплин и курсов

Код компетенции	Наименование компетенции
	на основе изучения научной, технической и научно-методической литературы, а также собственных результатов исследований; в постановке и модернизации отдельных лабораторных работ и практикумов по дисциплинам профилей направления; способностью проводить отдельные виды аудиторных учебных занятий (лабораторные и практические), применять новые образовательные технологии, включая системы компьютерного и дистанционного обучения.

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Громаков Е.И.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
158Т82	Цзян Ижань

Тема работы:

Восстановления распределения масляных и водных частиц по размерам в водомасляной эмульсии
--

Утверждена приказом директора (дата, номер)	№45-49/с от 14.02.2022 г.
---	---------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	11.06.2022
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования является процесс седиментация водомасляной эмульсии, изучаемый с целью построения моделирования распределения частиц по размерам с помощью программы mathcad. Для определения распределения водных частиц по размерам в водомасляной среде.</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Описание седиментационного процесса; Вывод основных формул седиментационного анализа и расчеты в программно интегрированной среде MathCAD 15; Моделирование распределения глобул в нефти; Моделирование распределения частиц на прямоугольной поверхности; Случайное моделирование размера радиусы частиц; Моделирование глобул для седиментационного анализа; Построение интегральных и дифференциальных кривых распределения частиц по размерам.</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Нет</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Былкова Татьяна Васильевна, доцент.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Авдеева Ирина Ивановна, старший преподаватель</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Заключение (Conclusion)</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>14.02.2022г</p>
--	--------------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ИШЭ	Исаев.Ю.Н.	д.ф-м.н. Профессор		14.02.2022г

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т82	Цзян Ижань		14.02.2022г

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Уровень образования – Бакалавриат

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

Период выполнения – Весенний семестр 2021 /2022 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	11.06.2022 г
--	--------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
27.05.2022 г.	<i>Основная часть ВКР</i>	60
30.05.2022 г.	<i>Раздел «Социальная ответственность»</i>	20
30.05.2022 г.	<i>Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</i>	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ИШЭ	Исаев.Ю.Н.	д.ф-м.н. Профессор		14.02.2022г

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Е.И.	к.т.н., доцент		14.02.2022 г.

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т82	Цзян Ижаны		14.02.2022г

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

Студенту:

Группа	ФИО
158Т82	Цзян Ижань

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Автоматизация технологических процессов и производств

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней рыночной стоимости. Оклады в соответствии с окладами сотрудников организации.
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	30% районный коэффициент
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	30% отчисления во внебюджетные фонды

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Представить возможные альтернативы проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Разработать план научно-исследовательских работ и рассчитать затраты.
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Определить интегральный показатель эффективности научного исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. Диаграмма Ганта 2. График проведения НИ 3. Бюджет НИ <p>Оценка ресурсной, финансовой эффективности НИ</p>
--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Былкова Т.В.	канд.экон.наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т82	Цзян Ижань		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
158Т82		Цзян Ижэнь	
Школа	ишИТР	Отделение (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Тема ВКР:

<i>Восстановления распределения масляных и водных частиц по размерам в водомасляной эмульсии</i>	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение	<p>Объектом исследования является процесс седиментации водомасляной эмульсии, изучаемый с целью построения моделирования распределения частиц по размерам с помощью программы mathcad.</p> <p>Областью применения являются нефтедобыча.</p> <p>Рабочей зоной является офис и лаборатория. Размеры помещения - не менее 20м*20м*5м.</p> <p>Количество и наименование оборудования рабочей зоны - количества не более 5 комплектов, включая компьютеры, принтеры и мониторы.</p> <p>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: Математическое моделирование с помощью пакета Mathcad 15 и набор текста на персональном компьютере.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ. 2. ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:	<p>Вредные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Отклонение показателей микроклимата 2. Превышение уровня шума 3. Недостаточная освещенность рабочей зоны 4. Повышенный уровень вибрации 5. Умственное перенапряжение <p>Опасные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 6. Статическое электричество 7. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека 8. Короткое замыкание
3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения:	<p>Воздействие на селитебную зону: воздействие отсутствует</p> <p>Воздействие на литосферу: утилизация элементов отработавшего оборудования, макулатуры, аккумуляторов, люминесцентных ламп</p> <p>Воздействие на гидросферу: продукты жизнедеятельности персонала</p> <p>Воздействие на атмосферу: задымление в случае</p>

	возгорания
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения	Возможные ЧС: природная – сильные морозы зимой, (аварии на электро-, тепло-коммуникациях, водоканале, транспорте); Наиболее типичная ЧС: Пожар в следствие короткого замыкания.
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Авдеева Ирина Ивановна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т82	Цзян Ижань		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 88 страниц, содержит 24 рисунка, 12 таблиц, 25 источников литературы, 2 приложения.

Ключевые слова: седиментация, водомасляные эмульсии, распределение частиц по размерам, обезвоживание сырой нефти, дифференциальные кривые.

Объектом исследования является процесс седиментации водомасляной эмульсии.

Целью работы является построение моделирования распределения частиц по размерам с помощью программы mathcad для определения распределения частиц воды по размерам в водомасляной среде.

В процессе работы мы проанализировали закон седиментации полидисперсной системы и изучили взаимосвязь между размером частиц воды и скоростью оседания и временем оседания в процессе оседания, анализ проводился в Mathcad.

Результатом этой работы является кривые распределения частиц по размерам, полученные путем построения кривых оседания, наконец получим дифференциальные и интегральные кривые распределения частиц по размерам.

Это позволит определить диапазон радиусов глобул которые образуют основную массу воды. Воздействуя внешним акустический импульсом с частотой соответствующей заданному диапазону радиусов глобул, можно разрушать водяные капли и тем самым ускорить процесс обезвоживания нефти.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	15
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	17
1.1 Образование и свойства водонефтяных эмульсий.....	17
1.2 Распространенные методы обезвоживания сырой нефти	22
1.3 Седиментационный анализ дисперсности	25
2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	28
2.1 Вывод основных формул седиментационного анализа и расчеты в программно интегрированной среде MathCAD 15	28
2.2 Построение кривых седиментации для полидисперсных систем в интегрированной программной среде MathCAD 15	34
2.3 Моделирование распределения глобул в нефти	40
2.3.1 Моделирование распределения частиц на прямоугольной поверхности.....	40
2.3.2 Случайное моделирование размера радиусы частиц.....	41
2.3.3 Моделирование глобул для седиментационного анализа	43
2.3.4 Построение интегральных и дифференциальных кривых распределения частиц по размерам	48
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	51
3.1 Планирование научно-исследовательских работ.....	51
3.1.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	51
3.1.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	52
3.2 Бюджет научно-технического исследования.....	55
3.2.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	55
3.2.2 Расчет амортизационных отчислений	56
3.2.3 Основная заработная плата исполнителей темы	57
3.2.4 Дополнительная заработная плата	59
3.2.5 Отчисления во внебюджетные фонды.....	60
3.2.6 Накладные расходы	60

3.2.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	61
3.3 Определение эффективности исследования	61
3.4 Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	65
4. Социальная ответственность	67
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	67
4.2 Производственная безопасность	68
4.2.1 Отклонение показателей Микроклимата	69
4.2.2 Производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде	70
4.2.3 Производственные факторы, связанные с отсутствием или недостатком необходимого искусственного освещения	71
4.2.4 Повышенный уровень вибрации.....	71
4.2.5 Производственные факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия на организм человека	72
4.2.6 Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий.....	73
4.2.7 Опасность поражения электрическим током, короткое замыкание, статическое эл-во.	75
4.3 Экологическая безопасность	76
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	77
4.5 Вывод по разделу «социальная ответственность»	78
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	79
CONCLUSION	80
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	81
ПРИЛОЖЕНИЕ А	84
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	86

ВВЕДЕНИЕ

По мере того, как разработка нефтяных месторождений переходит на среднюю и позднюю стадии, содержание воды в нефти из скважин увеличивается, причем большая часть воды находится в свободном состоянии, и эта свободная вода должна быть удалена до того, как сырая нефть будет подвергнута глубокой очистке.

В настоящее время сырая нефть в основном обезвоживается с помощью устьевого дозирования, и гравитационного отстаивания. Сырая деэмульгаторы добавляется на устье скважины водомасляной эмульсии, и свободная вода образуется в нефтяной эмульсии в результате столкновения и агломерации капель воды большого размера в нефтесборном трубопроводе за счет перемешивания арматуры, такой как дозирующие приборы, клапаны, отводы и тройники. После подачи сырой нефти на станцию свободная вода удаляется самотеком в оборудовании для отстаивания и обезвоживания.

В горизонтальном отстойнике, например, водонефтяная смесь поступает в слой воды на дне отстойника через трубу распределения жидкости на дне отстойника. Когда водонефтяная смесь течет вверх через слой воды, свободная вода и крупные капли воды, содержащиеся в сырой нефти, попадают в слой воды. После промывки сырая нефть попадает в слой раковины в середине отстойника, где крупные капли оседают под действием силы тяжести, а сырая нефть поднимается в верхний слой отстойника вместе с мелкими каплями. Если известен гранулометрический состав капель воды в слое раковины, то находят зависимость между содержанием воды в водомасляной эмульсии и гранулометрическим распределением частиц воды в водомасляной эмульсии.

Поэтому целью данной работы является объектом исследования является процесс седиментация водомасляной эмульсии, изучаемый с

целью построения моделирования распределения частиц по размерам с помощью программы mathcad для определения распределения частиц воды по размерам в нефтяной среде.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Образование и свойства водонефтяных эмульсий

Более 80% сырой нефти в мире сегодня добывается в виде эмульсий, которые перед транспортировкой и переработкой необходимо деэмульгировать и обезвоживать. Эмульсии сырой нефти представляют собой очень сложные дисперсные системы, и природные эмульгаторы, такие как асфальтены, камеди, нафтеновые кислоты и следы твердых вязких частиц в эмульсиях, являются основными факторами, способствующими стабильности эмульсий сырой нефти.

Вода в нефти существует в трех формах:

1. Растворенная форма, в состоянии которой молекулы воды существуют в молекулах углеводородов между промежутками, а углеводороды находятся в однородной фазе, называется растворенной водой. Растворенная вода не влияет на прозрачность масла. В это время содержание воды в масле ниже уровня насыщения, когда содержание воды превышает уровень насыщения, избыток воды появляется в виде эмульгированной или свободной.

2. Эмульгированный, относится к воде очень мелких частиц воды состояние диспергированных в масле, эта дисперсия очень тонкой эмульсии, из-за мелких частиц капель воды, сложнее, чем свободной воды из масла в разделении;

3. Свободная форма, осаждение крошечных частиц воды, собранных в более крупные капли из нефти, чтобы опуститься вниз, является состоянием разделения нефти и воды существует.

Масло-водная смешанная дисперсионная система и в соответствии с непрерывной фазой и различной дисперсной фазой, подразделяется на тип вода-в-масле - W/O тип, то есть, масло для непрерывной фазы (также известной как "дисперсионная среда"), вода для дисперсной фазы (также известной как "прерывистая фаза"). ") многофазной дисперсной системы; и типа "вода в масле" - O/W, т.е. вода в качестве непрерывной фазы, масло в качестве дисперсной фазы многофазной дисперсной системы.

Согласно В соответствии с различными типами систем смешанного диспергирования нефти и воды, а также с различиями в промышленной сфере, следует использовать различные технологии разделения нефти и воды. Современные технологии разделения нефти и воды в основном включают физические методы разделения и химические методы разделения.

Эмульсия - это полидисперсная фазовая система, в которой по крайней мере одна жидкость равномерно диспергирована в виде капель в жидкости, с которой она не смешивается. Цель исследования состоит в определении распределения частиц воды по размерам в нефтяной среде. В качестве модели нефти в дальнейшем будем рассматривать масляную среду (растительное масло) . [6]

Эмульсии обычно непрозрачные, с каплями в основном от 100 нм до 10 мкм в диаметре, и их можно наблюдать с помощью общего светового микроскопа. Капли можно наблюдать с помощью общего светового микроскопа.

Согласно исследованию В.Г. Аванесяна [2], любая эмульсия обладает характерными особенностями в зависимости от ее физико-химического состава, свойств отдельных компонентов, содержания различных примесей, природы и условий образования и т.д. В эмульсиях различных типов степень влияния какого-либо компонента проявляется по-разному.

Эмульсия обладает свойствами:

- дисперсность.
- вязкость и плотность.
- устойчивость
- Неустойчивость

Дисперсия: степень дисперсности дисперсной фазы в непрерывной фазе. Он обычно выражается как обратная величина среднего диаметра частиц во внутренней фазе, или иногда как отношение общей площади поверхности к общему объему частиц во внутренней фазе. Чем меньше размер частиц, тем более однородным и стабильным он является.

Вязкость

Различают динамическую и кинематическую вязкости.

Динамическая вязкость, η – это отношение действующего касательного напряжения к градиенту скорости при заданной температуре.

Единица измерения динамической вязкости Паскаль-секунда (Па·с), на практике используют обычно мПа·с.

Так как при определении динамической вязкости требуется источник постоянного давления на жидкость, что приводит к дополнительным техническим трудностям, поэтому наибольшее распространение при различных расчетах, а также при контроле качества нефтепродуктов получила кинематическая вязкость.

Кинематическая вязкость ν – отношение динамической вязкости жидкости к плотности при той же температуре.

Единица измерения кинематической вязкости в м²/с или в стоксах.

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}$$

При различных условиях вязкость эмульсий определяется экспериментальным путем, поэтому единой формулы для ее нахождения не существует.

Плотность эмульсии определяется, зная плотность масла и воды в чистом виде - хороших диэлектриков. Когда вода содержит растворенную соль или кислоту, ее электропроводность увеличивается в десять раз. Капельки воды имеют тенденцию ложиться на линии электрического поля - основная причина использования электричества для разрушения эмульсий "масло в воде".

Устойчивость

Эмульсии представляют собой полидисперсные системы с границей раздела жидкость-жидкость между дисперсной фазой и непрерывной фазой, и поэтому обладают межфазной свободной энергией. При эмульгировании поверхность раздела жидкость-жидкость увеличивается, и межфазная свободная энергия системы возрастает. Поэтому процесс эмульгирования

является термодинамически неспонтанным и требует внешней работы над системой. Когда капли эмульсии сталкиваются друг с другом и сливаются, граница раздела сжимается и межфазная свободная энергия системы уменьшается, что является термодинамически спонтанным процессом. Поэтому эмульсии являются термодинамически нестабильными системами. Если слияние капель эмульсии происходит медленно, можно считать, что эмульсия обладает некоторой относительной стабильностью. Ключом к тому, могут ли капли сливаться, сталкиваясь друг с другом под действием теплового движения или гравитации, является природа межфазной пленки жидкость-жидкость.

Добавление эмульгаторов снижает межфазное натяжение масло-вода и, следовательно, также снижает затраты энергии при эмульгировании, что облегчает эмульгирование системы и стабильность эмульсии. Но более важную роль в снижении межфазного натяжения играет ПАВ на границе раздела масло-вода для формирования направленного одномолекулярного слоя, согласно адсорбционной формуле Гиббса, чем ниже межфазное натяжение, тем больше адсорбция ПАВ на границе раздела, тем более тесно направленный одномолекулярный слой расположен на границе раздела, тем выше прочность межфазной пленки, тем стабильнее эмульсия. [11]

Неустойчивость

Существует несколько возможных проявлений нестабильности эмульсии: расслоение или оседание, флокуляция, агломерация, разрушение эмульсии, метаморфоза или фазовое превращение и созревание. Эти процессы представляют собой различные проявления или стадии нестабильности эмульсии, и в некоторых случаях эти процессы могут быть взаимосвязаны. Эмульсии могут подвергаться флокуляции, агломерации и расслоению до полного разрушения. Например, плавающие молоко или сливки, или молоко, не подвергшееся гомогенизации, разделятся на два слоя, причем в одном слое будет более дисперсная фаза, чем исходная, а в другом - менее дисперсная. синтез в одну большую каплю. Разрушение эмульсии и агломерация могут происходить одновременно с расслоением или деформацией. [7]

Ниже описаны два типа.

Расслоение или осаждение: Из-за разной плотности масляной и водной фаз капли под воздействием внешних сил (например, силы тяжести, центробежной силы) всплывают или опускаются, создавая равновесный градиент концентрации капель в эмульсии, процесс, известный как расслоение или опускание. Хотя расслоение нарушает однородность эмульсии, на самом деле эмульсия не нарушена, и часто капли плотно упакованы в одном конце системы (верхнем или нижнем) и разделены на два слоя, границы которых могут быть постепенными или очевидными; в целом, при расслоении не происходит значительного изменения размера и распределения капель, только установление равновесного градиента концентрации капель внутри эмульсии.

Флокуляция: капли в дисперсной фазе эмульсии объединяются в кластеры, образуя двумерные скопления капель, называемые флокулами, - процесс, известный как флокуляция. В целом, не происходит значительного изменения размера и распределения капель во флокулянте, не происходит агломерации капель, и капли сохраняют свои первоначальные характеристики. Флокуляция вызывается притягательными силами между каплями, эффект, который заставляет дисперсные фазы в эмульсии агломерироваться в комки.

1.2 Распространенные методы обезвоживания сырой нефти

На ранней стадии эксплуатации нефтяных месторождений вода в сырой нефти в основном существовала в виде эмульсий типа W/O. С дальнейшей эксплуатацией нефтяных месторождений большинство месторождений вступили в стадию высокого содержания воды, и жидкость для восстановления нефтяных скважин также изменилась от первоначального типа эмульсий (W/O) к эмульсиям типа вода в нефти (O/W). В результате исследования методов обезвоживания постепенно перешли от изучения разрушения эмульсий W/O к разрушению эмульсий O/W. Мы сосредоточимся на методах разрушения эмульсии и разрушителях эмульсии для эмульсий W/O, а также представим проблемы разрушения эмульсий O/W, где это необходимо. [5]

Процесс разрушения эмульсии обычно делится на три этапа: коалесценция, агломерация и седиментация. В результате этого процесса, когда капли воды сливаются и увеличиваются в контакте друг с другом, они отделяются от сырой нефти путем отстаивания. На первом этапе коалесценции (или флокуляции) шарики дисперсной фазы агрегируются в кластеры.

Бусины часто бывают двусторонними. Эти бусины часто обратимы и, с точки зрения самослоения, действуют как капли, процесс, который может ускорить расслаивание, если разница в плотности между бусинами и средой достаточно велика. Если эмульсия достаточно плотная, ее вязкость значительно увеличивается. Вторым этапом является агломерация, при которой бисерные массы сливаются в одну большую каплю. Этот процесс необратим и приводит к уменьшению количества шариков и полному разрушению конечной эмульсии сырой нефти. Таким образом, становится ясно, что агломерация является ключевым моментом в процессе обезвоживания, и что разделение агломерации и осаждения представляет собой процесс обезвоживания сырой нефти.

На протяжении многих лет в стране и за рубежом изучались различные методы обезвоживания сырой нефти для удовлетворения требований по обезвоживанию различных видов сырой нефти с разной степенью содержания воды.

1. Гравитационное осаждение обезвоживание

Осаждение и сепарация являются наиболее фундаментальным процессом при обезвоживании эмульсий сырой нефти. Сепарация осадка основана на том, что сырая нефть и вода не являются взаимно растворимыми, имеют разную плотность и иногда представляют собой неустойчивые эмульсии. Скорость оседания пропорциональна квадрату радиуса капель воды в сырой нефти, пропорциональна разнице в плотности воды и нефти и обратно пропорциональна вязкости сырой нефти.

2. Электрическое обезвоживание

Обезвоживание силой электрического поля относится к методу обезвоживания, при котором эмульсия сырой нефти Цзян помещается в электрическое поле высокого напряжения, и под действием силы электрического поля прочность межфазной пленки капель воды ослабевает, а столкновение между каплями воды усиливается, что приводит к их агломерации, оседанию и отделению от сырой нефти. Агломерация капель воды в электрическом поле: электрофоретическая агломерация, дипольная агломерация, осцилляторная агломерация.

Суть воздействия переменного электрического поля на эмульсию заключается в том, что под действием электрического поля поляризованные капли притягиваются друг к другу и объединяются в более крупные капли, которые быстро оседают под действием силы тяжести.

Эффект электрического поля постоянного тока заключается в том, что заряженные капли воды движутся вдоль силовых линий под действием неоднородного электрического поля, создаваемого вертикальным бочкообразным или пластинчатым электродом, заставляя капли двигаться к электроду, собираться на поверхности электрода и стекать вниз под действием силы тяжести.

Этот метод обычно используется для эмульсий, содержащих мало воды, когда капли находятся на большом расстоянии друг от друга и взаимное притяжение между каплями играет лишь незначительную роль.

3. Центробежный метод

Центробежный метод - это метод, который использует разницу в плотности между нефтью и водой для разрушения эмульсии под действием высокоскоростного центробежного поля для достижения разделения нефти и воды. Чем сильнее центробежное поле, тем лучше эффект разрушения эмульсии. Однако высокоскоростное центробежное оборудование сложно обслуживать ежедневно, и оно подходит только для использования в лабораториях или там, где требуется небольшая площадь.

4. Химический метод разрушения эмульсии

Химическое разрушение эмульсии является одним из видов средств разрушения эмульсии, обычно используемых для обезвоживания эмульсий сырой нефти. Это добавление химических добавок в эмульсии сырой нефти для разрушения ее эмульгированного состояния, так что нефть и вода разделяются на слои. Эти химические добавки называются разрушителями эмульсии и обычно представляют собой поверхностно-активные вещества или сверхвысокомолекулярные ПАВ, содержащие амфифильные структуры.

На нефтяном месторождении в процессах обезвоживания сырой нефти в основном используются электрохимические и термохимические методы. Электрохимический метод использует небольшое количество разрушителя эмульсии для обезвоживания в электрическом поле высокого напряжения и характеризуется быстротой и эффективностью; термохимический метод требует выбора высокоэффективного разрушителя эмульсии. Конечно, выбор подходящего метода зависит от экономического расчета. В целом, химический метод используется для обработки эмульсий сырой нефти, которые легко обезвоживаются, электрическое поле используется для обработки эмульсий, которые не очень стабильны, а электрохимический метод используется для обработки неподатливых эмульсий.

В данной работе мы сосредоточились на методе гравитационного осаждения.

1.3 Седиментационный анализ дисперсности

Анализ дисперсности веществ и материалов люди проводили с древних времен. Еще в далеком прошлом была известна роль дисперсности (которую в то время определяли на ощупь) для кроющей способности и яркости красок, для вкусовых качеств муки, для получения мелкозернистых кирпича, фарфора. Наиболее важное понятие в коллоидной химии, связанное с системами частиц, является дисперсных систем[1].

Дисперсная система - это система, состоящая из одного или нескольких веществ, диспергированных в другом веществе. [10]

Вся природа состоит из различных дисперсных систем. Дисперсная система - это система, в которой одно или несколько веществ диспергированы в другом веществе. Например, капельки сливок в молоке диспергируются в воде, пигменты диспергируются в органических жидкостях для образования красок и так далее. Вещество, подлежащее диспергированию, обычно называют дисперсной фазой, а вещество, играющее роль в диспергировании, - дисперсионной средой.

Дисперсные системы можно разделить на монодисперсные и полидисперсные системы.

Монодисперсные системы имеют частицы дисперсной фазы одного размера, а полидисперсные системы имеют частицы разного размера. Реальные системы вокруг нас обычно полидисперсны, а ещё существуют также дисперсные системы с большим числом фаз - сложные дисперсные системы.

В настоящее время дисперсность служит одним из основных технологических параметров веществ и материалов во многих производствах. Разработаны различные методы дисперсионного анализа, из которых наиболее простой и распространенный метод — седиментационный. Принцип седиментационного метода анализа дисперсности состоит в измерении скорости осаждения частиц, обычно в жидкой среде. По скорости осаждения с помощью соответствующих уравнений рассчитывают размеры частиц. Метод

позволяет определить распределение частиц по размерам и соответственно подсчитать их удельную поверхность.

Седиментационный метод анализа дисперсности в гравитационном поле применим для анализа микрогетерогенных и некоторых грубодисперсных систем. Он позволяет определять размеры частиц в интервале от 10^{-5} до 10^{-2} см, которому соответствуют суспензии, эмульсии, порошки — дисперсные системы, наиболее распространенные и важные в различных областях промышленности.

Важнейшими характеристиками многих дисперсных систем (особенно дисперсных систем с жидкой и газообразной дисперсионными средами) являются размер и форма элементов дисперсной фазы (частиц), так как большая часть других свойств таких систем зависит именно от этих параметров. Определение этих параметров и есть цель дисперсионного анализа. Реальные дисперсные системы, как правило, полидисперсны и могут содержать частицы, минимальный и максимальный размер которых отличается на несколько порядков. Для таких систем определение некоторого среднего размера частиц считается недостаточным и для более полного описания конкретной системы необходимо установить распределение частиц по размерам, что также входит в задачу дисперсионного анализа. [8].

Прежде чем приступить к определению размеров частиц, необходимо установить их форму. В простейшем случае частицы могут быть представлены сферической формой,

Размер частицы дисперсной фазы обычно характеризуют радиусом частицы, реже объемом или площадью ее поверхности. Радиус однозначно определяется только для частиц сферической формы. Для частиц неправильной формы радиус — условная величина и его значение зависит от экспериментального метода измерения. Так, с помощью микроскопа определяют несколько линейных размеров частицы и среднее значение принимают за ее радиус. Часто при микроскопическом анализе за радиус частицы принимают радиус круга, площадь которого равна площади проекции

частицы на плоскость, перпендикулярную оси оптической системы микроскопа. При кондуктометрическом методе дисперсионного анализа, например, с помощью счетчика Колтера, в качестве радиуса частицы используют радиус сферы с тем же объемом, что и объем частицы. [9]

При седиментационном анализе, как уже упоминалось, размер частицы определяют как радиус сферической частицы той же плотности, оседающей со скоростью, равной скорости движения частицы (гидравлический радиус).

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Вывод основных формул седиментационного анализа и расчеты в программно интегрированной среде MathCAD 15

Цель данного раздела работы заключается в том, чтобы понять, как распределяются глобулы по скоростям и по радиусам. Понять, что такое гравитационная седиментация.

Седиментация – это процесс оседания дисперсных частиц под действием гравитационных сил.

Запишем закон Ньютона для сферической водной частицы, движущейся в вязкой (масляной) среде, учитывая, что на частицу действуют сила Стокса - сила сопротивления среды:

$$F_{\text{стокс}}(r) = -6\pi\mu r v \quad (2.1)$$

И сила Архимеда – обусловленная гравитационным потенциалом:

$$F_A(r) = \frac{4}{3}\pi r^3 g(\rho_e - \rho_{cp}) \quad (2.2)$$

Здесь, r, v - радиус и скорость частицы, $\pi = 3,1415$, μ [м²/с] - динамическая вязкость среды, $g = 9,81\text{м/с}^2$ - ускорение свободного падения, $\rho_e = 10^3$ [кг/см³], $\rho_{cp} = 10^3 \cdot 0,8$ [кг/см³] - плотность воды и среды (нефти, масла) соответственно,

$$m \frac{dv}{dt} = F_C + F_A = -6\pi\mu r v + \frac{4}{3}\pi r^3 g(\rho_e - \rho_{cp}), \quad m = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_e \quad (2.3)$$

Решения дифференциального уравнения будем искать в виде двух составляющих, свободной и вынужденной:

$$v = v_{ce} + v_e = Ae^{pt} + v_e \quad (2.4)$$

Здесь, A - константа интегрирования, определяемая из начальных условий, p - корень характеристического уравнения.

Вынужденную составляющую скорости v_e ищем при установившемся режиме, при этом производная скорости в уравнении (2.3) равна нулю:

$$v_{\text{св}} = \frac{\frac{4}{3}\pi r^3 g(\rho_{\text{св}} - \rho_{\text{ср}})}{6\pi\mu r} = \frac{2\pi r^2 g(\rho_{\text{св}} - \rho_{\text{ср}})}{9\pi\mu} \quad (2.5)$$

Находим корень характеристического уравнения p , подставляя $v_{\text{св}} = Ae^{pt}$ в (2.3)

$$mp + 6\pi\mu r = 0 \rightarrow p = -\frac{6\pi\mu r}{m} = -\frac{6\pi\mu r}{\frac{4}{3}\pi r^3 \rho_{\text{св}}} = -\frac{9\pi\mu}{2\pi r^2 \rho_{\text{св}}}$$

Теперь, решение можно записать в виде

$$v(t) = v_{\text{св}}(t) + v_{\text{св}} = Ae^{-\frac{9\pi\mu}{2\pi r^2 \rho_{\text{св}}}t} + \frac{2\pi r^2 g(\rho_{\text{св}} - \rho_{\text{ср}})}{9\pi\mu} \quad (2.6)$$

Считая, что начальная скорость частицы равна нулю $v(0) = 0$, определяем константу интегрирования A ,

$$A = -\frac{2\pi r^2 g(\rho_{\text{св}} - \rho_{\text{ср}})}{9\pi\mu} \quad (2.7)$$

$$v(t) = \frac{2\pi r^2 g(\rho_{\text{св}} - \rho_{\text{ср}})}{9\pi\mu} \cdot \left(1 - e^{-\frac{9\pi\mu}{2\pi r^2 \rho_{\text{св}}}t}\right) \quad (2.8)$$

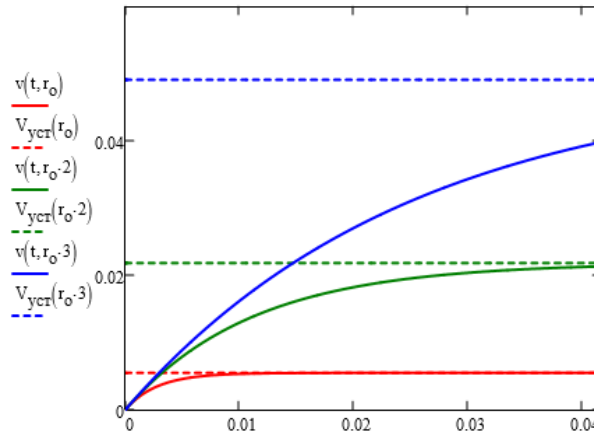


Рис. 2.1 — Скорость частиц от времени $v(t, r)$ разного радиуса

Из графиков $v(t)$ видно, что на стационарный режим движения, быстрее выходят капли меньшего радиуса, капли большего радиуса выходят на установившийся режим с запаздыванием. Если взять производную скорости $v(t)$

по радиусу $dv(t,r)/dr$, то можно увидеть относительное количество частиц движущихся с заданной скоростью.

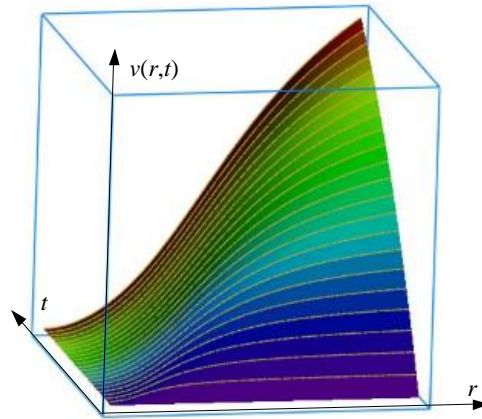


Рис. 2.2 — Распределение скорости частиц от времени и от радиуса $v(t, r)$

Из графика видно, что в начале процесса основную массу движущихся частиц образуют частицы малого радиуса. С увеличением времени основную массу потока образуют частицы большего радиуса. И распределение частиц по радиусам размывается.

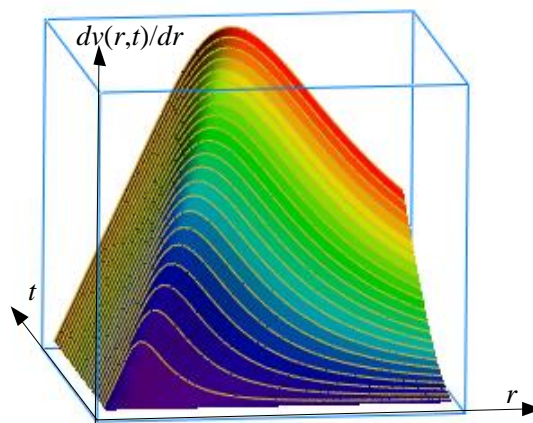


Рис. 2.3 — Дифференциальное распределение скорости частиц по времени и по радиусу $v(t, r)$

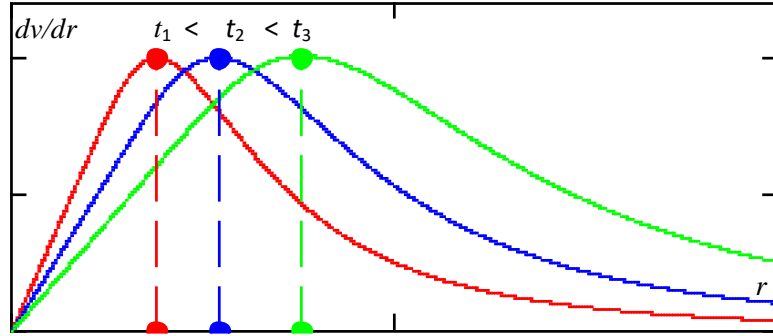


Рис. 2.4 — $dv(t, r)/dr$ - нормированное на максимум, дифференциальное распределение скорости частиц по радиусу, в разные моменты времени.

Зная вертикальную скорость частиц, вызванную гравитацией, можно определить результирующую скорость как векторную сумму горизонтальной и вертикальной компонент

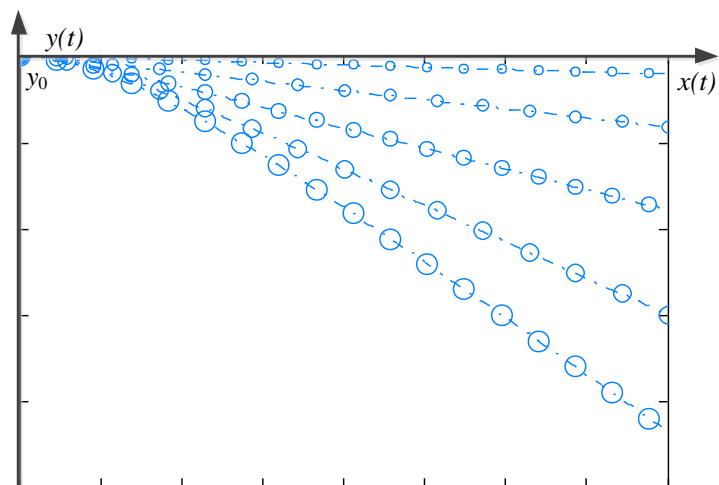
$$\mathbf{v} = i v_{\perp} + j v_{\parallel} = i \frac{dx}{dt} + j \frac{dy}{dt} \quad (2.9)$$

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = v_{\parallel} \\ \frac{dy}{dt} = v_{\perp} = \frac{2 r^2 g \Delta \rho}{9 \mu_{неф}} \cdot \left(1 - e^{-\frac{9 \mu_{неф} t}{2 r^2 \rho_w}} \right) \end{cases} \quad (2.10)$$

После интегрирования получаем выражения для траектории частицы $\mathbf{r}=(x,y)$ и ее компонент, вертикальной и горизонтальной координат соответственно:

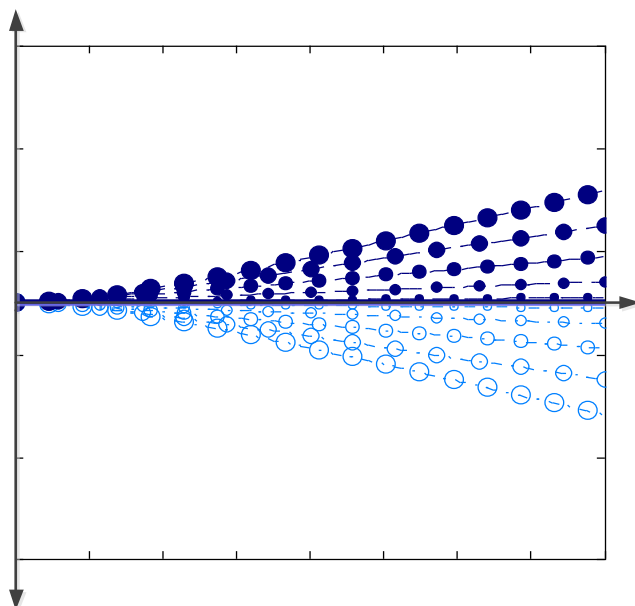
$$\begin{cases} x = \int_0^t v_{\parallel}(t) dt + x_0 = v_x(0) \cdot t + x_0 \\ y = \int_0^t v_{\perp}(t) dt + y_0 = \frac{2 r^2 g \Delta \rho}{9 \mu_{неф}} \cdot t + \frac{2 r^2 \rho_w}{\mu_{неф}} \left(1 - e^{-\frac{9 \mu_{неф} t}{2 r^2 \rho_w}} \right) + y_0 \end{cases} \quad (2.11)$$

Здесь y_0 начальная высота уровня. Процесс гравитационно седиментации можно графически представить в виде:



На графике представлены траектории глобул с разными радиусами. По вертикали вертикальная оси координата $y(t)$, по горизонтали оси координата $x(t)$. Сверху вниз представлены графики для частиц с радиусами $r, 2r, 3r, 4r, 5r$.

Аналогичный процесс происходит для нефтяных капель, рисунок представлен ниже:



В первых двух разделах проводимся анализ литературы, и выяснимся основные понятия такие как – эмульсия, седиментация. Выведены основные формулы для расчетов скоростей оседания частиц воды в масле.

Выяснено что:

1. **Водомасляная Эмульсии** - это дисперсные системы, состоящие из несмешивающихся жидкостей, в которых одна дисперсная фаза распределена в виде сферических капель в другой дисперсионной среде.
2. Плотность воды больше плотности масла, поэтому происходит оседания капель воды под действием гравитационных сил. С течением времени происходит расслоение в эмульсии, частицы воды опускаются вниз, а частицы масла поднимаются вверх. Этот процесс называется **седиментаций**. Этот процесс происходит при противоборстве двух сил, сил Архимеда и сил Стокса.
3. Крупные частицы воды в масле называются **глобулами**.

2.2 Построение кривых седиментации для полидисперсных систем в интегрированной программной среде MathCAD 15

Монодисперсная система является одной из самых простых и наиболее представительных в структуре расселения. Монодисперсность значит, что все частицы в суспензии имеют совершенно одинаковый размер и плотность, что может наблюдаться в монодисперсной системе или в скоплении подобных частиц в полидисперсной системе. В монодисперсной системе, поскольку все частицы одинаковы, все они оседают с одинаковой скоростью, концентрация частиц, уменьшающаяся по высоте столба суспензии, остается постоянной, а масса оседающих частиц увеличивается с постоянной скоростью. (см. Рис.3.1) [4].

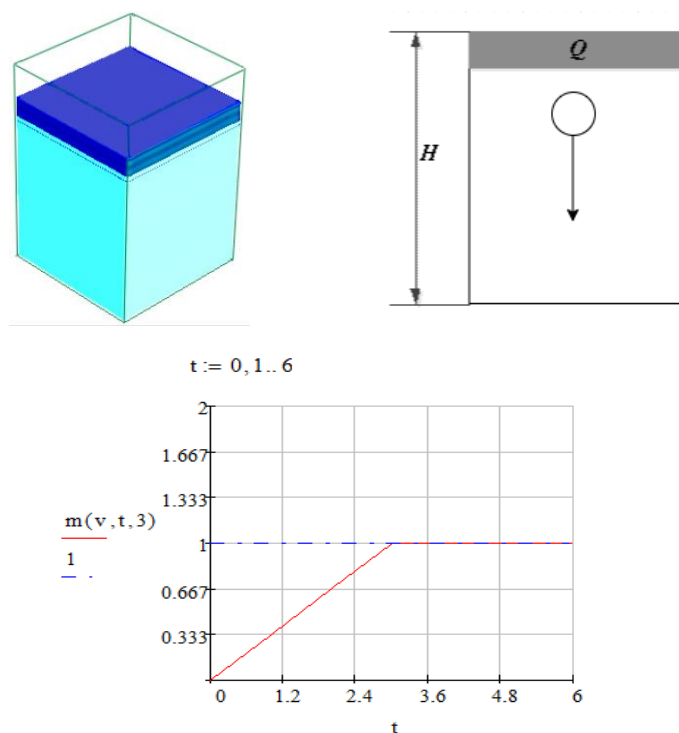


Рис.2.5 — Кривая седиментации монодисперсной системы

При скорости осаждения частиц v в течение времени t вещество осядет из столба высотой vt , и масса осевшего вещества составит:

$$m = \frac{Q}{H} \cdot vt \quad (3.1)$$

Здесь, Q - общая масса дисперсной фазы, H — первоначальная высота столба суспензии, Q/H — масса дисперсной фазы в объеме, приходящаяся на единицу

высоты столба суспензии. Тангенс угла наклона прямой характеризует скорость оседания дисперсной фазы.

На каждую частицу в системе действует сила тяжести (гравитационная сила) и подъемная сила Архимед:

$$F_g = mg = v\rho g \text{ и } F_A = v\rho_0 g \quad (3.2)$$

Здесь, m и v — масса и объем частицы; g — ускорение свободного падения; ρ, ρ_0 — плотность частиц дисперсной фазы и дисперсионной среды соответственно.

Эти силы постоянны и направлены в разные стороны. Равнодействующая сила, вызывающая седиментацию, равна:

$$F_{\text{сед}} = F_g - F_A = m_{\text{от}}g = v(\rho - \rho_0)g \quad (3.3)$$

Здесь, $m_{\text{от}}$ — относительная масса частицы (с учетом плотности среды, $m_{\text{от}} = m - v\rho_0$).

Так как седиментация протекает в определенной среде, то при ламинарном движении частицы возникает сопротивление — сила трения, пропорциональная скорости движения частицы:

$$F_{\text{тр}} = Bv \quad (3.4)$$

Здесь, B — коэффициент трения; v — скорость движения частиц.

Таким образом, сила, действующая на частицу, во время движения, равна:

$$F = F_{\text{сед}} - F_{\text{тр}} = v g (\rho - \rho_0) - Bv \quad (3.5)$$

При условии $F = 0$:

$$v = \frac{m_{\text{от}}g}{B} = \frac{vg(\rho - \rho_0)}{B} \quad (3.6)$$

Выражение для силы трения (3.4), возникающей при движении сферических частиц, можно представить в виде закона Стокса:

$$B = 6\pi\mu r \text{ и } F_{\text{тр}} = 6\pi\mu r v \quad (3.7)$$

Здесь, μ — динамическая вязкость среды; r — радиус частицы.

Подставляя уравнение (3.6) в (3.7) и выражая объем частицы через ее радиус, получим

$$v = \frac{2g(\rho - \rho_0)r^2}{9\mu} \quad (3.8)$$

Частицы имеют сферическую форму и при их осаждении соблюдается закон Стокса, то, используя формулу(3.8), получим:

$$m = \frac{2r^2g(\rho - \rho_0)Qt}{9\mu H} \quad (3.9)$$

Отсюда радиус частицы равен:

$$r = \sqrt{\frac{9\mu Hm}{2g(\rho - \rho_0)Qt}} \quad (3.10)$$

Для полидисперсных систем он содержит частицы с различными радиусами размеров, частицы разных размеров оседают с разной скоростью(см. Рис.3.2). Оседание крупных частиц всегда сопровождается оседанием мелких частиц, и после того, как все крупные частицы осели, остаются мелкие частицы, которые продолжают оседать, и скорость оседания крупных частиц больше, чем мелких. Таким образом, анализ оседания полидисперсной системы состоит из нескольких частей, и их можно рассматривать как отдельные дисперсные системы. Очевидно, что чем больше разделена полидисперсная система, тем больше степени этих фракции соответствовать для монодисперсной системы, и тем более приспособлены к использованию (3.9) и (3.10).

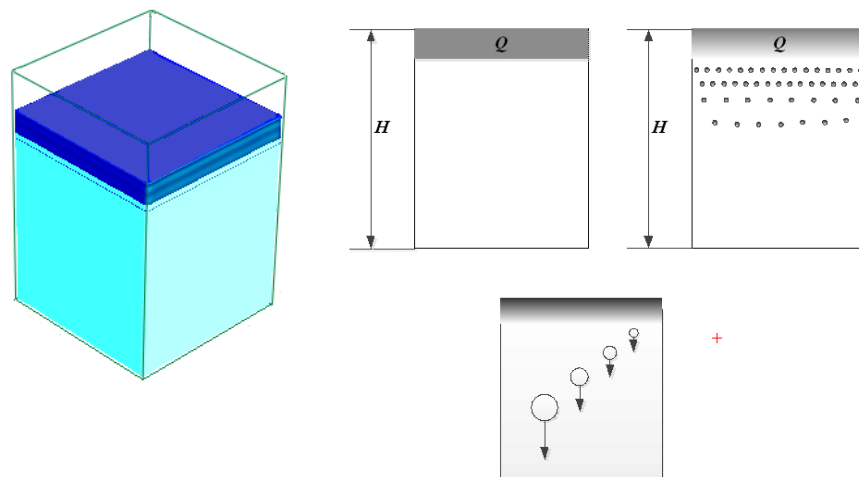


Рис.2.6 — Процесс седиментации в полидисперсной системе

Измеряя зависимость массы осадка от времени, можно построить кривые седиментации. Анализируя кривые, мы можем получить соответствующие характеристики дисперсной системы и для полидисперсных систем узнаем, что наклон кривой представляет скорость осаждения, чем больше размер частиц, тем больше наклон линии, т.е. тем быстрее скорость.

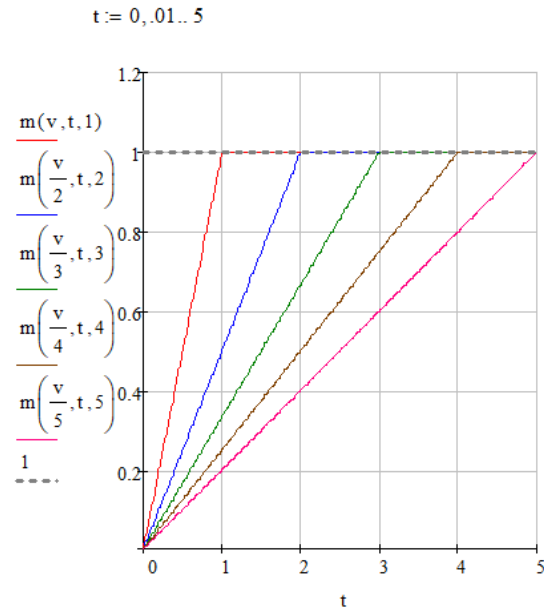


Рис.2.7 — Отдельные прямые описывающие осаждения каждой фракции в полидисперсной системе

И мы знаем $Q = m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 \dots m_n$, получим кривую седиментации полидисперсной системы (как видно из рис.4):

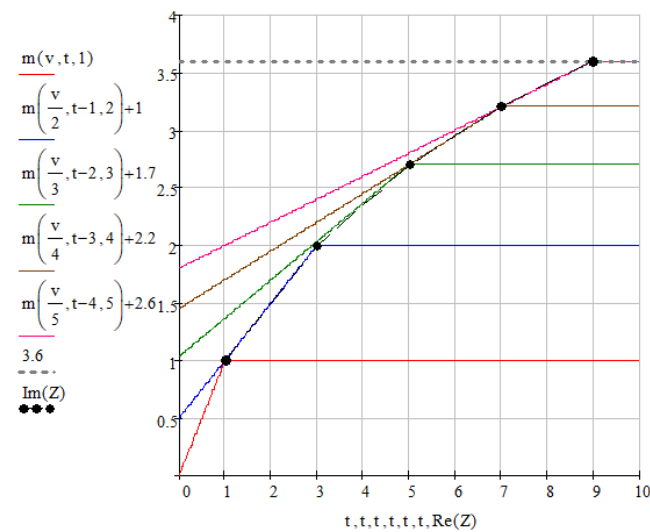


Рис.2.8 — Кривая седиментации полидисперсной системы

Масса всего осадка, выпавшего к моменту времени t , может быть выражена как отношение:

$$m = k_1 t + k_2 t + k_3 t + \dots = (k_1 + k_2 + k_3 + \dots) \cdot t \quad (3.11)$$

Здесь, k_i — коэффициент пропорциональности.

Этому соотношению отвечает участок кривой седиментации $m(v, t, 1)$, После выпадения первой фракции указанное соотношение принимает следующий вид:

$$m = m_1 + (k_2 + k_3 + \dots) \cdot t \quad (3.12)$$

Что соответствует участку $m(\frac{v}{2}, t - 1, 2)$ кривой седиментации. Экстраполяция этого участка к началу осаждения дает свободный член m_1 , означающий на массу частиц в первой фракции. После осаждения второй фракции получим:

$$m = (m_1 + m_2) + (k_2 + k_3 + \dots) \cdot t \quad (3.13)$$

Путем экстраполяции можно получить свободный член на оси ординат и соответственно массу частиц второй фракции. Продолжая вышесказанное, можно найти массу частиц третьей и следующей фракции. Тангенс угла наклона линейных участков ломаной кривой седиментации $tg\alpha = \frac{\Delta m}{\Delta t} = k$, где $k = \sum_i^n k_i$ определяет скорость накопления массы осадка в данный отрезок времени.

Кривая оседания полидисперсной системы обычно представляет собой плавную кривую, которую можно разделить на бесконечно малые части, т.е. многоступенчатое оседание. Масса оседающей частицы в момент времени t_1 равна m_1 , которую можно разделить на две части по размеру, одна из которых - частица, которая полностью осела (размер частицы больше r_1), а другая - частица, которая продолжает оседать (размер частицы меньше r_1). Касательная линия вдоль пересечения m и t_1 пересекает вертикальную ось в точке r_1 , тогда mr_1 представляет собой массу оседания частиц с радиусом меньше r_1 в момент времени t_1 , а or_1 представляет собой массу оседания всех частиц с радиусом

больше r_1 . Уравнение для касательной линии в любой точке кривой оседания по аналогии с предыдущими соотношениями имеет вид:

$$m = m_i + \frac{dm}{dt} \cdot t_i \quad (3.14)$$

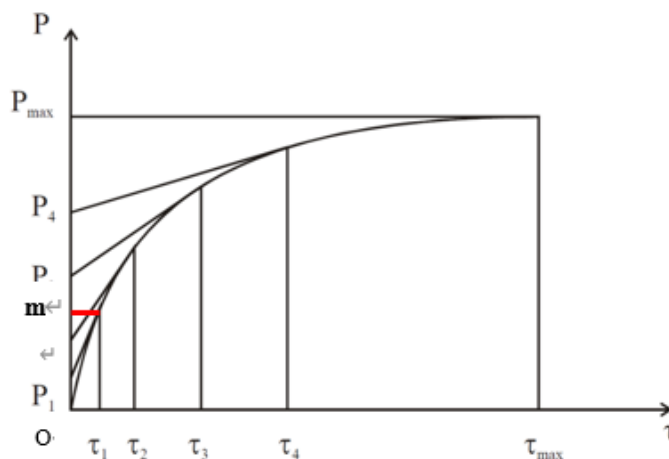


Рис.2.9 — Кривая седиментации

Это уравнение касательной, известное как уравнение Аудена, является важной основой для анализа распределения частиц по размерам в полидисперсных системах. Процесс анализа заключается в разделении кривой многоступенчатого оседания на несколько частей (см. рис. 2.8), которые соответствуют полному времени оседания различных частиц компонентов (различных размеров частиц) $(t, t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6)$. Наибольший размер частиц оседает первым и соответствует времени t ; наименьший размер частиц оседает последним и соответствует времени t_6 .

Используя вышеуказанный метод, мы можем получить время оседания для различных размеров частиц, зная высоту столба суспензии и время полного оседания каждой фракции, скорость оседания можно определить по формуле(3.1), а размер частиц каждой фракции также можно определить по формуле(3.10).

Очевидно, что для полидисперсной системы, чем ближе средний радиус к истинному значению, тем больше разделены фракций полидисперсной системы.

2.3 Моделирование распределения глобул в нефти

2.3.1 Моделирование распределения частиц на прямоугольной поверхности

Для моделирования глобул в нефти будем использовать датчики случайных чисел.

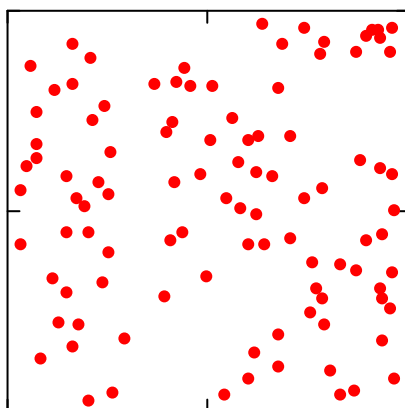
Датчик равномерных чисел будем использовать для равномерного распределения центров глобул на прямоугольной поверхности. В этом случае мы будем использовать датчик чисел с равномерным распределением. Будем считать, что емкость имеет квадратные поперечные размеры $S=b \times b$. Приведем реализацию алгоритма в программно-интегрированной среде *Mathcad-15*.

```
a := 0.02: b := 1 - a = 0.975 N := 100 i := 0..N x1 := C y1 := C
```

```
m(a,b,N) := for i ∈ 0..N A := m(a,b,N)
| x1 ← a + (b - a)·rnd(1)
| y1 ← a + (b - a)·rnd(1)
| (x y)
```

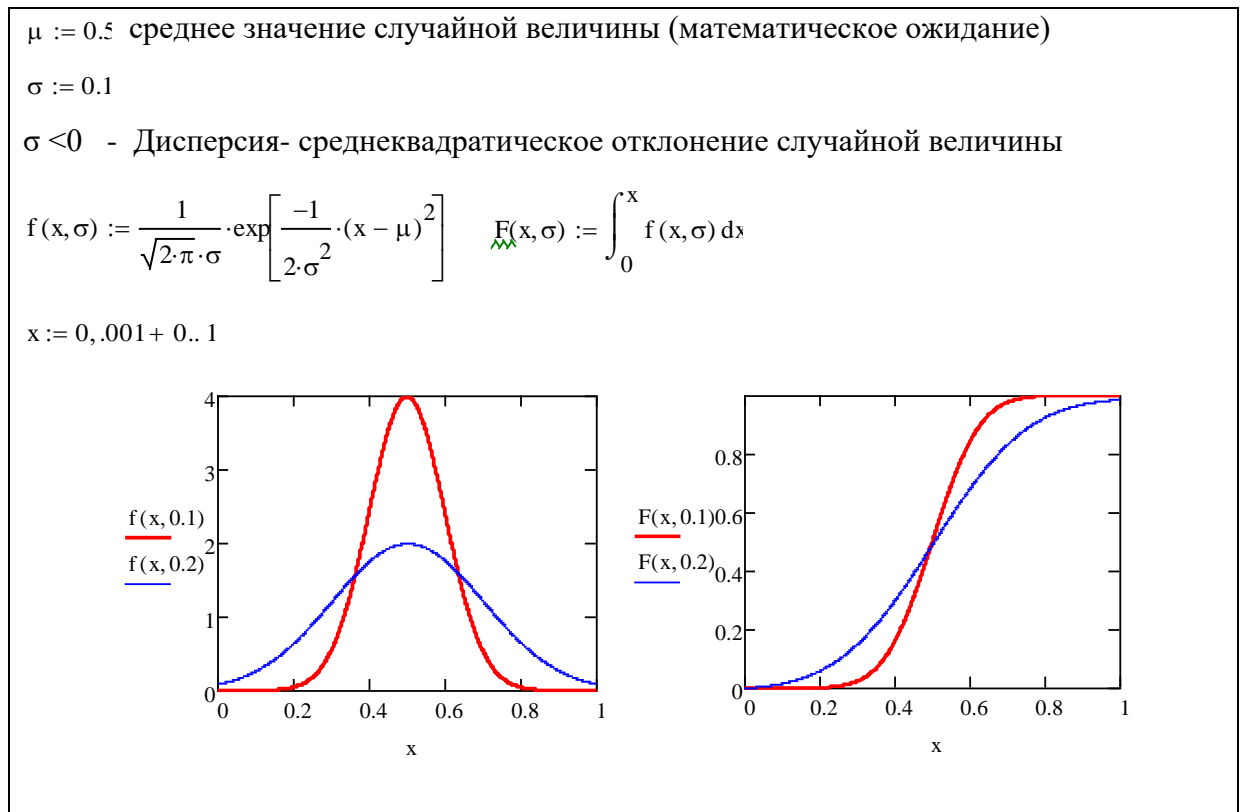
Результат моделирования центров частиц в пределах квадратной площади, Здесь **a**-отступ от краев емкости, **b**-ширина и длина емкости, **N**- количество случайных точек, **rnd(1)** – генератор случайных чисел.

Равномерное Распределение центров частиц по площади квадрата

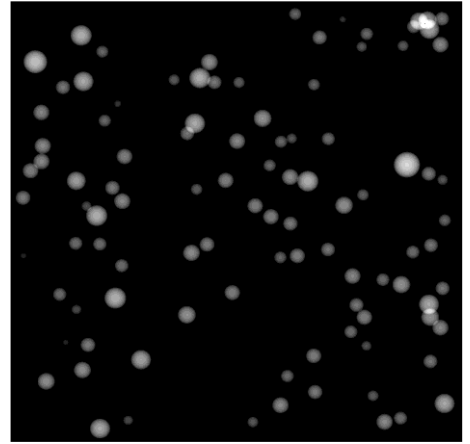
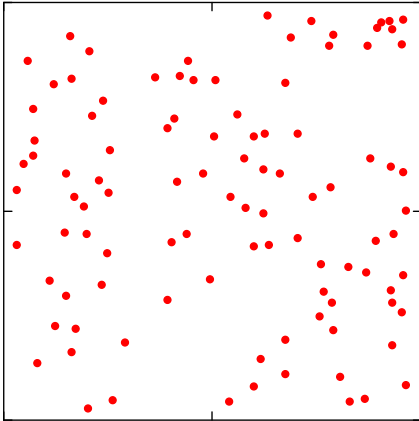
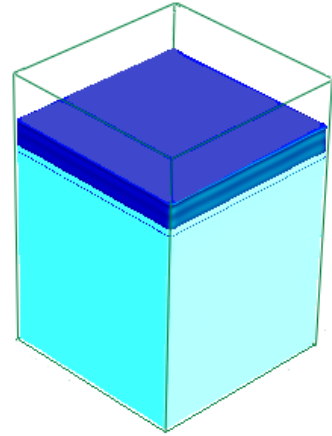
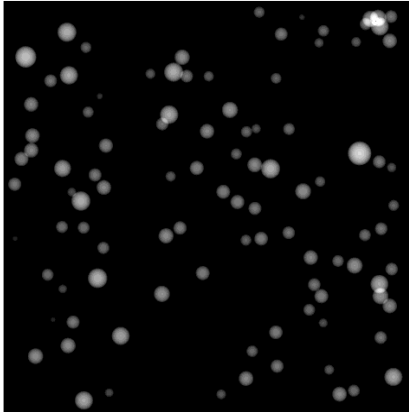


2.3.2 Случайное моделирование размера радиусы частиц

Далее, генерируем радиусы глобул, предполагая, что они распределены по Гауссовому (равномерному) закону распределения. Ниже приведен нормальный закон распределения случайной величины с параметрами среднего значения и среднеквадратического отклонения.



Ниже приводится программа моделирования радиусов глобул:



2.3.3 Моделирование глобул для седиментационного анализа

В прямоугольном контейнере находится суспензия столба первоначальной высоты H и дисперсная фаза общей массой Q . При скорости осаждения частиц v в течение времени t вещество осядет из столба высотой vt . Поскольку полидисперсные системы имеют частицы разных размеров, которые оседают с разной скоростью, т.е. система состоит из нескольких компонентов.

$$\rho_w := 10^3 \text{ плотность воды} \quad \rho_n := 10^3 \cdot 0.8 \text{ плотность нефти}$$

$$k_m := \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \rho_w = 4.189 \times 10^3$$

$$r_{\text{sort}} := \text{sort}(r) \text{ сортировка радиусов по возрастанию} \quad k := 0..N - 1$$

$$Q(r) := r^3 \cdot k_m \text{ масса одной частицы}$$

$$Q_{\text{total}} := \sum_{k=0}^{N-1} Q(r_k) = 2.446 \text{ масса всех частиц}$$

Масса одной фракции частиц с радиусами в интервале:

$$Q1 := \sum_{k=0}^{10} Q(r_k) \quad Q2 := \sum_{k=11}^{20} Q(r_k) \quad Q3 := \sum_{k=21}^{30} Q(r_k) \quad Q4 := \sum_{k=31}^{40} Q(r_k) \quad Q5 := \sum_{k=41}^{50} Q(r_k)$$

$$Q6 := \sum_{k=51}^{60} Q(r_k) \quad Q7 := \sum_{k=61}^{70} Q(r_k) = 0.259 \quad Q8 := \sum_{k=71}^{80} Q(r_k) = 0.301 \quad Q9 := \sum_{k=81}^{90} Q(r_k) = 0.411$$

$$Q10 := \sum_{k=91}^{100} Q(r_k) = 0.628$$

$$Q_{\text{total}} := Q1 + Q2 + Q3 + Q4 + Q5 + Q6 + Q7 + Q8 + Q9 + Q10 = 2.446 \text{ масса всех частиц}$$

подпрограмма для определения массы частиц с радиусами

$Q(R) :=$	Q1 if $r_0 \leq R < r_{10}$
	Q2 if $r_{11} \leq R < r_{20}$
	Q3 if $r_{21} \leq R < r_{30}$
	Q4 if $r_{31} \leq R < r_{40}$
	Q5 if $r_{41} \leq R < r_{50}$
	Q6 if $r_{51} \leq R < r_{60}$
	Q7 if $r_{61} \leq R < r_{70}$
	Q8 if $r_{71} \leq R < r_{80}$
	Q9 if $r_{81} \leq R < r_{90}$
	Q10 if $r_{91} \leq R < r_{100}$
	0 otherwise

$g := 9.81$ ускорение свободного падения, $H := 0.3$ высота сосуда в метрах (30 см)

Динамическая вязкость $\mu_w := 0.008$ для воды
 $\mu_n := 2$ для нефти

$$v(r) := \frac{2 \cdot g \cdot (\rho_w - \rho_n) \cdot r^2}{9 \cdot \mu_n}, \quad m(r, t) := v(r) \cdot \frac{Q(r)}{H} \cdot t$$

$n := 10$ число интервалов для разбиения седиментационной кривой Одена

$H = 0.3$, $\Delta t := 0.05$

Время оседания фракции от $T_0 = 32.474$ – самой маленькой до $T_9 = 2.634$ – самой крупной

$$T_0 := \frac{H}{v(r_0)} = 32.474 \quad T_1 := \frac{H}{v(r_{11})} = 8.755 \quad T_2 := \frac{H}{v(r_{21})} = 6.896 \quad T_3 := \frac{H}{v(r_{31})} = 5.921$$

$$t := 0, \Delta t .. T_0 \quad t_1 := 0, \Delta t .. T_1 \quad t_2 := 0, \Delta t .. T_2 \quad t_3 := 0, \Delta t .. T_3$$

$$T_4 := \frac{H}{v(r_{41})} = 5.276 \quad T_5 := \frac{H}{v(r_{51})} = 4.933 \quad T_6 := \frac{H}{v(r_{61})} = 4.254 \quad T_7 := \frac{H}{v(r_{71})} = 3.951$$

$$t_4 := 0, \Delta t .. T_4 \quad t_5 := 0, \Delta t .. T_5 \quad t_6 := 0, \Delta t .. T_6 \quad t_7 := 0, \Delta t .. T_7$$

Сила трения, возникающая при оседании глобул частиц, может быть рассчитана по закону Стокса, и мы получим зависимость между скоростью оседания и размером частиц, чем больше размер частиц, тем быстрее скорость оседания.

$$r_1 := r_0, r_0 + 0.01r_0 \dots r_{N-1}$$

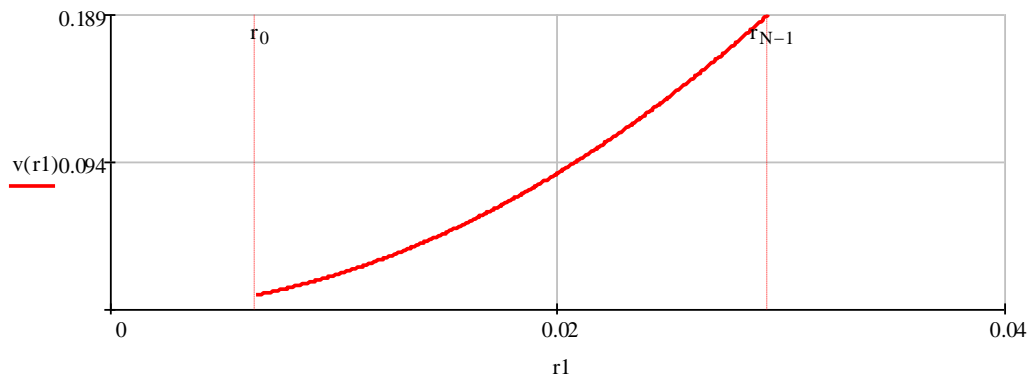


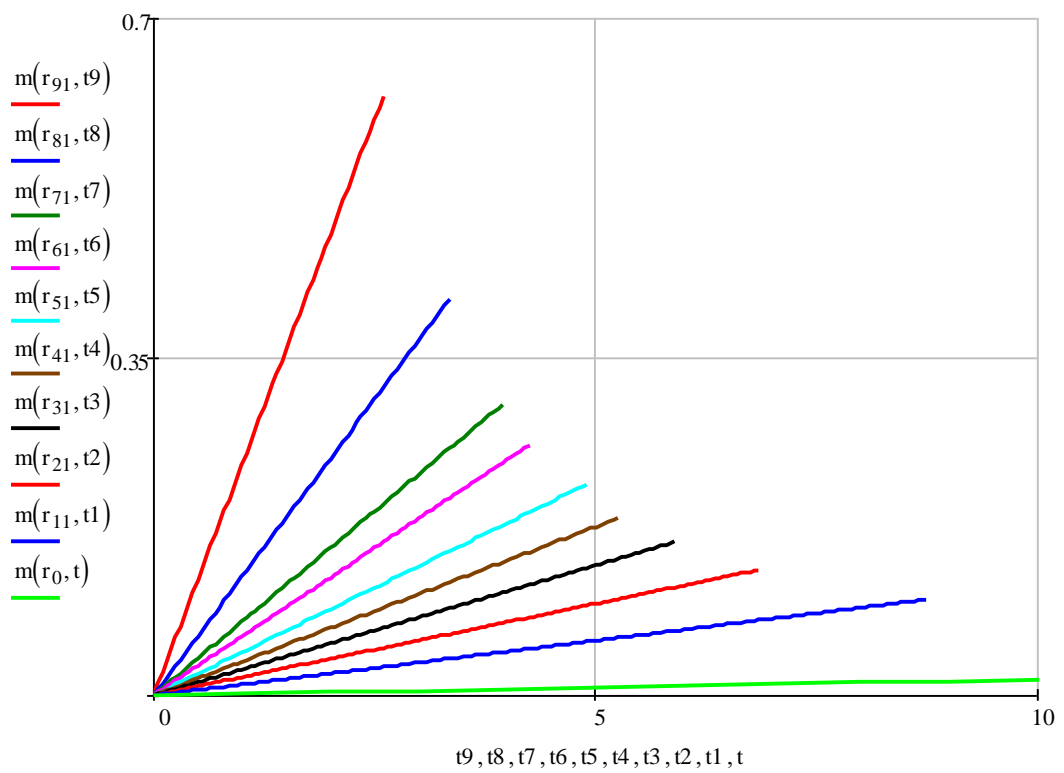
Рис.2.10 — Квадратичная зависимость между скоростью и размером частиц

$$m_9(t_9) := m(r_{91}, t_9)$$

$$m_8(t_8) := m(r_{81}, t_8) + m_9(T_9), \quad m_7(t_7) := m(r_{71}, t_7) + m_8(T_8), \quad m_6(t_6) := m(r_{61}, t_6) + m_7(T_7)$$

$$m_5(t_5) := m(r_{51}, t_5) + m_6(T_6), \quad m_4(t_4) := m(r_{41}, t_4) + m_5(T_5), \quad m_3(t_3) := m(r_{31}, t_3) + m_4(T_4)$$

$$m_2(t_2) := m(r_{21}, t_2) + m_3(T_3), \quad m_1(t_1) := m(r_{11}, t_1) + m_2(T_2), \quad m_0(t) := m(r_0, t) + m_1(T_1)$$



Строим седиментационную кривую Одена

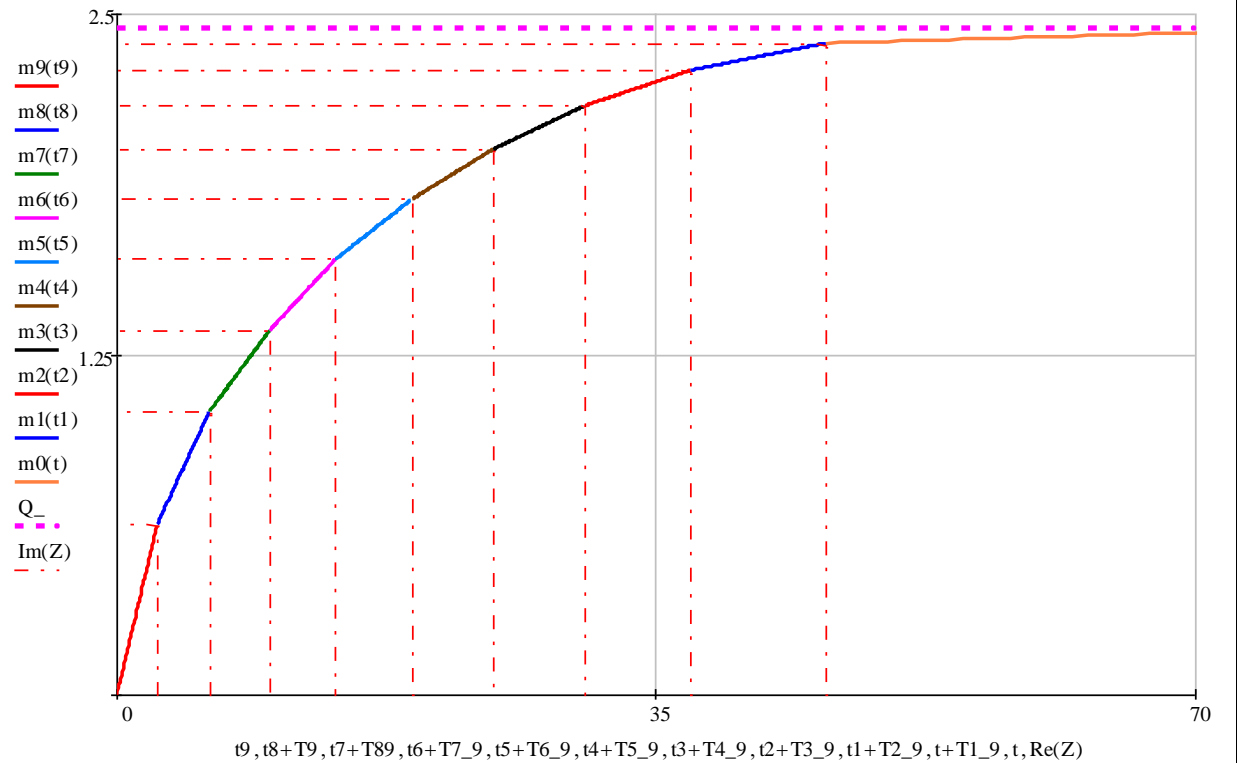
$T_{89} := T_9 + T_8$, $T_{7_9} := T_7 + T_{89}$, $T_{6_9} := T_6 + T_{7_9}$, $T_{5_9} := T_5 + T_{6_9}$, $T_{4_9} := T_4 + T_{5_9}$
 $T_{3_9} := T_3 + T_{4_9}$, $T_{2_9} := T_2 + T_{3_9}$, $T_{1_9} := T_1 + T_{2_9}$

$t := 0..70$

Вспомогательные построения для графиков

$z_9 := (T_9 \ T_9 + i \cdot m_9(T_9) \ -i \cdot m_9(T_9))^T$, $z_8 := (T_{89} \ T_{89} + i \cdot m_8(T_8) \ -i \cdot m_8(T_8))^T$
 $z_7 := (T_{7_9} \ T_{7_9} + i \cdot m_7(T_7) \ -i \cdot m_7(T_7))^T$, $z_6 := (T_{6_9} \ T_{6_9} + i \cdot m_6(T_6) \ -i \cdot m_6(T_6))^T$
 $z_5 := (T_{5_9} \ T_{5_9} + i \cdot m_5(T_5) \ -i \cdot m_5(T_5))^T$, $z_4 := (T_{4_9} \ T_{4_9} + i \cdot m_4(T_4) \ -i \cdot m_4(T_4))^T$
 $z_3 := (T_{3_9} \ T_{3_9} + i \cdot m_3(T_3) \ -i \cdot m_3(T_3))^T$, $z_2 := (T_{2_9} \ T_{2_9} + i \cdot m_2(T_2) \ -i \cdot m_2(T_2))^T$
 $z_1 := (T_{1_9} \ T_{1_9} + i \cdot m_1(T_1) \ -i \cdot m_1(T_1))^T$ $\sigma := 10^6$

$Z := \text{stack}(z_9, \sigma, z_8, \sigma, z_7, \sigma, z_6, \sigma, z_5, \sigma, z_4, \sigma, z_3, \sigma, z_2, \sigma, z_1)$



Кривая оседания полидисперсной системы обычно представляет собой плавную кривую, которую можно разделить на бесконечно малые части, т.е. многоступенчатое оседание. Уравнение для касательной линии в любой точке кривой оседания:

$$m = m_i + \frac{dm}{dt} \cdot t_i$$

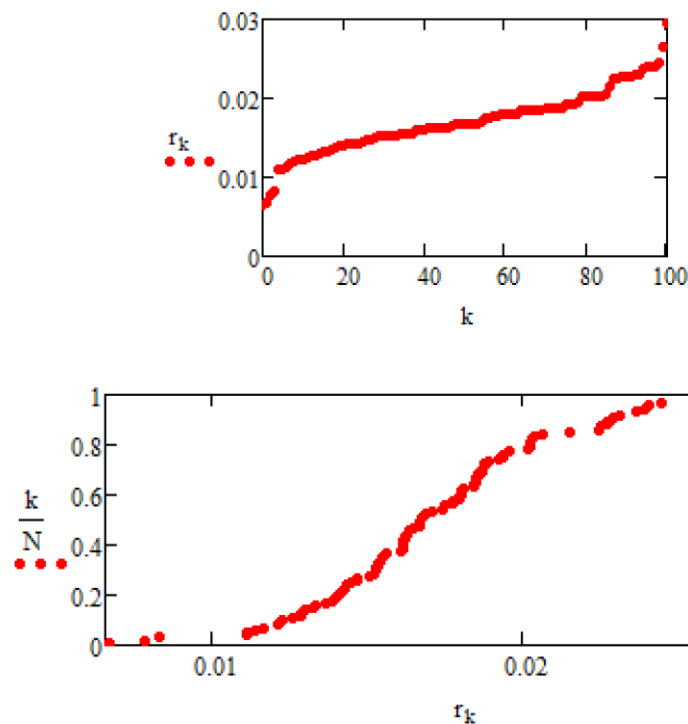
Разделим кривой многоступенчатого оседания на несколько частей(см. рис. 2.8), которые соответствуют полному времени оседания различных частиц компонентов (различных размеров частиц) $(t, t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6)$. Наибольший размер частиц оседает первым и соответствует времени t ; наименьший размер частиц оседает последним и соответствует времени t_6 . Из рисунок, мы можем получить время оседания для различных размеров частиц, зная высоту столба суспензии и время полного оседания каждой фракции, Очевидно, что для полидисперсной системы, чем ближе средний радиус к истинному значению, тем больше разделены фракций полидисперсной системы.

2.3.4 Построение интегральных и дифференциальных кривых распределения частиц по размерам

Считываем случайный вектор значений частиц по радиусам и строим интегральную кривую распределения частиц по размерам

```
r :=  
    ... \shuju r1.xls  
    N := length(r) = 101 , k := 0..N - 1 , F1k :=  $\frac{k}{N}$   
r := sort(r), rmax := max(r), rmin := min(r)
```

Строим модельную кривую распределения частиц по размерам

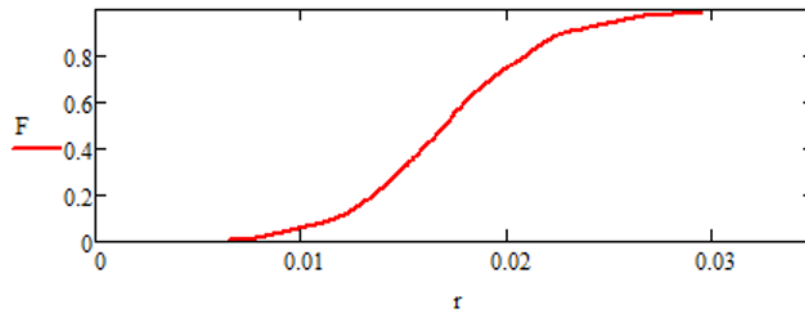


Далее осуществляем сглаживание данных из-за наличия шумов с помощью фильтра низких частот с полосой пропускания 0.003

Предварительно сглаживанием данные используя фильтр низких частот с полосой пропускания 0,003

```
F := ksmooth(r, F1, 0.003)
```


получим интегральную кривую распределения частиц по размерам



для получения дифференциальной кривой будем использовать кубический сплайн

$$s := \text{cspline}(r, F), \quad F1(t) := \text{interp}(s, r, F, t), \quad df(t) := \frac{d}{dt} F1(t)$$

Для построения дифференциальной кривой будем использовать сплайн интерполяцию с предварительным сглаживанием фильтром низких частот с полосой пропускания 0.002.

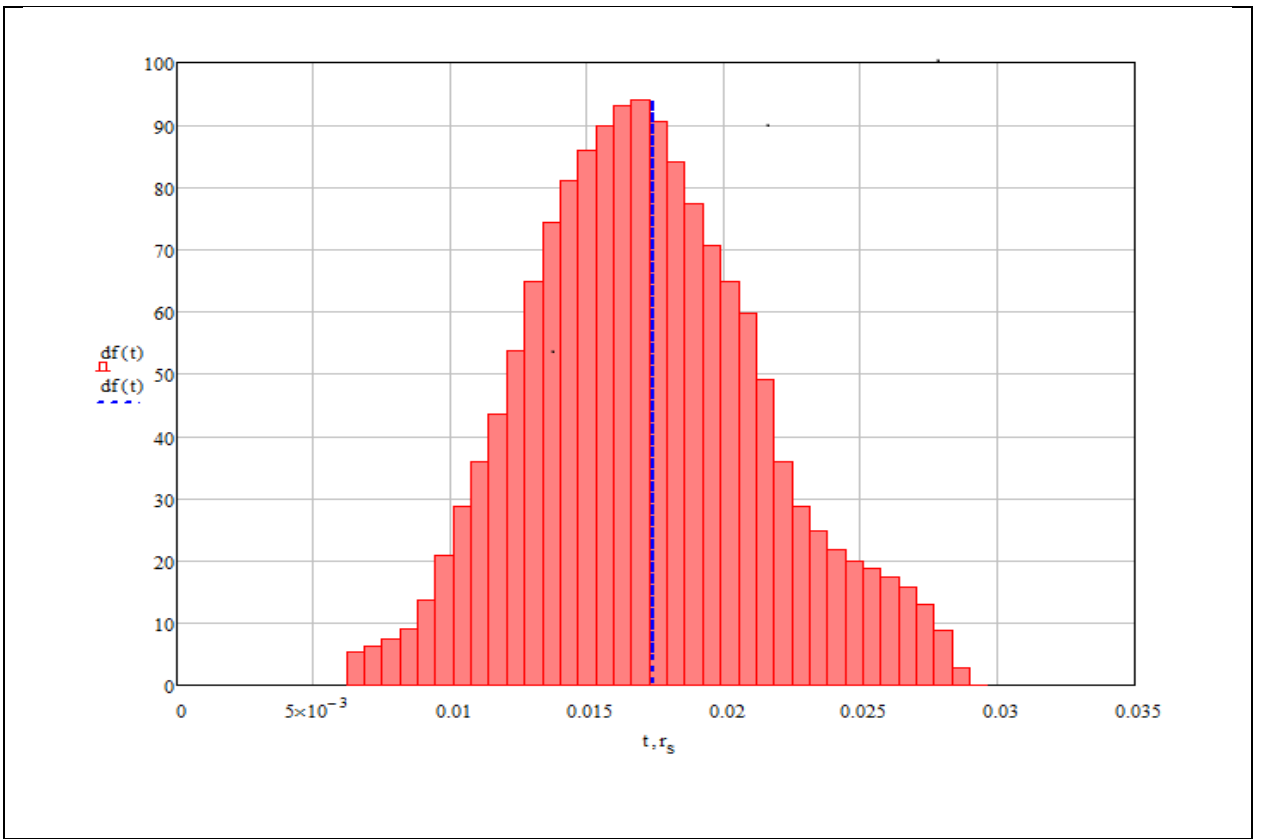
$$dF_0 := 0 \quad dF_{N-1} := 0 \quad dF_1 := F_{N-2} = 0.974 \quad dF_k := df(r_k)$$

Еще раз сглаживаем данные используя фильтр низких частот с полосой пропускания 0.002

$$dF := \text{ksmooth}(r, dF, 0.0023) \quad ds := \text{cspline}(r, dF), \quad df(t) := \text{interp}(ds, r, dF, t)$$

Строим графическую зависимость дифференциальной кривой распределения частиц по размерам. Находим среднее значение среднеквадратичное отклонение

$$r_s := \int_0^{r_{\max}} df(t) \cdot t \, dt = 0.017 \quad r_{\text{sqr}} := \int_0^{r_{\max}} df(t) \cdot t^2 \, dt = 0.00031 \quad t := r_{\min}, r_{\min} + 0.1 \cdot r_{\min} \dots r_{\max}$$



3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью работы является проведение таких научных исследований, тема которых актуальна на сегодняшний день и отвечает современным требованиям в области ресурсосбережения и ресурсоэффективности.

Достижение цели обеспечивается решением ряда задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования;
- планирование научно-исследовательской работы;
- определение возможных альтернатив проведения научного исследования, отвечающих современным требованиям в области ресурсосбережения и ресурсоэффективности.

3.1 Планирование научно-исследовательских работ

3.1.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для реализации проекта необходимы два исполнителя – руководитель (Р) и студент (С). Проектная работа делится на этапы, каждый из которых имеет своё содержание и исполнителей [12]. Этапы реализации проекта представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Этапы реализации проекта

Основные этапы	№	Содержание работ	Исполнитель
Выбор направления исследования	1	Выбор направления научного исследования	Р, С
	2	Постановка основных целей и задач	Р
Разработка технического задания	3	Составление и утверждение технического задания	Р, С
Анализ предметной области	4	Обзор научно-технической литературы	С
	5	Календарное планирование работ	Р, С
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Описание теоретических исследований	С
	7	Вывод основных формул седиментационного анализа	Р, С

	8	Построение кривых седиментации для полидисперсных систем в интегрированной программной среде MathCAD	С
	9	Моделирование распределения глобул в нефти	С
Дополнительные разделы	10	Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	С
	11	Написание раздела «социальная ответственность»	С
Проверка результатов	12	Проверка работы руководителем	Р
Оформление отчета	13	Составление пояснительной записки	С
	14	Подготовка презентации дипломного проекта	С

По итогам определения структуры работ в рамках реализации проекта, было определено 7 основных этапов, состоящих из 14 работ, при этом исполнителем большей части работ является студент.

3.1.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Как правило, затраты на оплату труда составляют большую часть стоимости разработки, поэтому неотъемлемым действием определения ресурсоэффективности является определение трудоемкости работ участников проектирования.

Среднее значение трудоемкости $T_{ожі}$ рассчитывается по следующей формуле[12]:

$$T_{ожі} = \frac{3 \cdot T_{mini} + 2 \cdot T_{maxi}}{5} \quad (3.1)$$

где $T_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел/дн.

T_{mini} – минимальная трудоемкость i -ой работы, чел/дн.;

T_{maxi} – максимальная трудоемкость i -ой работы, чел/дн.

С помощью рассчитанной ожидаемой трудоемкости работ можно вычислить продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} с учетом параллельности выполнения работ несколькими исполнителями.

Продолжительность одной работы рассчитывается по следующей формуле [12]:

$$T_{pi} = \frac{T_{ожі}}{Ч_i}, \quad (3.2)$$

Где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$T_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ – количество исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Длительность каждого из этапов работ из рабочих дней необходимо перевести в календарные дни согласно следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{кал}, \quad (3.3)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы, календ. дн.;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы, раб. дн.;

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (3.4)$$

Таким образом, коэффициент календарности равен:

$$k_{кал} = \frac{366}{366 - 118} = 1.48, \quad (3.5)$$

Расчеты по трудоемкости выполнения работ представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Временные показатели проведения научного исследования

№ работы	Трудоемкость работ			Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	T_{min} , чел-дни	T_{max} , чел-дни	$T_{ожі}$, чел-дни		

	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель
1	2	2	7	7	4.5	4.5	2.25	2.25	3.33	3.33
2	0	5	0	7	0	6	0	6	0	8.88
3	5	5	7	7	6	6	3	3	4.44	4.44
4	14	0	30	0	22	0	11	0	16.28	0
5	2	2	5	5	3.5	3.5	1.75	1.75	2.59	2.59
6	2	0	5	0	3.5	0	3.5	0	5.18	0
7	7	7	10	10	8.5	8.5	4.25	4.25	6.29	6.29
8	7	0	10	0	8.5	0	8.5	0	12.58	0
9	7	0	10	0	8.5	0	8.5	0	12.58	0
10	5	0	10	0	7.5	0	7.5	0	11.1	0
11	5	0	10	0	7.5	0	7.5	0	11.1	0
12	0	5	0	10	0	7.5	0	7.5	0	11.1
13	10	0	14	0	12	0	12	0	17.76	0
14	2	0	5	0	3.5	0	3.5	0	5.18	0
Итого	68	26	126	46	97	36	74	25	109	37

Таким образом, научно-исследовательская работа займет 109 рабочих дня студента и 37 рабочий день руководителя.

По полученным данным была построена диаграмма Ганта, представленная на рисунке 3.1.

№	Содержание работ	Исполнитель	Февраль		Март			Апрель			Май			Июнь	
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Выбор направления научного исследования	Р, С	■												
2	Постановка основных целей и задач	Р	■	■											
3	Составление и утверждение технического задания	Р, С		■											
4	Обзор научно-технической литературы	С			■	■	■								
5	Календарное планирование работ	Р, С				■									
6	Описание теоретических исследований	С				■	■								
7	Вывод основных формул седиментационного анализа	Р, С					■	■							
8	Построение кривых седиментации для полидисперсных систем	С						■	■						
9	Моделирование распределения глобул в нефти	С							■	■					
10	Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	С								■	■				
11	Написание раздела «социальная ответственность»	С									■	■			
12	Проверка работы руководителем	Р										■			
13	Составление пояснительной записки	С											■	■	
14	Подготовка презентации дипломного проекта	С													■

Рисунок 3.1 – Диаграмма Ганта

Из диаграммы Ганта видно, что значительный промежуток времени выделен на обзор научно-технической литературы. Это необходимо, так как цель работы связана с научно-исследовательской деятельностью, что вносит необходимость детального изучения вариантов реализации процессов, являющихся объектом исследования.

3.2 Бюджет научно-технического исследования

3.2.1 Расчет материальных затрат НТИ

Материальные затраты рассчитываются по следующей формуле [12]:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (3.6)$$

Где Z_M – материальные затраты, руб.;

m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования;

Для разработки проекта необходим ПК, а также программное обеспечение. ТПУ предоставляет бесплатный доступ к разному виду ПО, в том числе необходимыми для разработки математических моделей. Материальные ресурсы, необходимые для реализации проекта представлены в таблице 3.3. Специальное оборудование, необходимое для реализации проекта представлено в таблице 3.4.

Таблица 3.3 – Материальные затраты для реализации проекта

Наименование	Количество, шт.	Цена за ед., руб.	Цена (всего), руб.
Офисная бумага, 500 листов	1	600	600
Итого			600

Таблица 3.4 – Специальное оборудование

Наименование	Количество, шт.	Цена за ед., руб.	Цена (всего), руб.
Персональный компьютер	1	50000	50000
Принтер	1	7000	7000
Итого			57000

Материальные затраты и специальное оборудование необходимые для выполнения научно-исследовательской работы составили 63360 рублей.

3.2.2 Расчет амортизационных отчислений

Разработка проекта производится в течение 5 месяцев с использованием персонального компьютера первоначальной стоимостью 50 000 рублей и принтера стоимостью 7 000 рублей. Срок их полезного использования составляет 3 года и 5 лет соответственно [15].

Норма амортизации рассчитывается согласно следующей формуле[12]:

$$H_A = \frac{1}{T} \cdot 100\%, \quad (3.7)$$

где T – срок полезного использования, лет.

Таким образом, норма амортизации для используемого ПК составит:

$$H_A = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 33,3\% \quad (3.8)$$

Годовые амортизационные отчисления для используемого ПК:

$$A_{\text{год}} = \frac{50000 \cdot 33,3}{100} = 16650 \text{ руб.} \quad (3.9)$$

Амортизационные отчисления за 5 месяцев для используемого ПК составят:

$$A = \frac{16650 \cdot 5}{12} = 6937,5 \text{ руб.} \quad (3.10)$$

Норма амортизации для используемого принтера составит:

$$H_A = \frac{1}{5} \cdot 100\% = 20\% \quad (3.11)$$

Годовые амортизационные отчисления для используемого ПК:

$$A_{\text{год}} = \frac{7000 \cdot 20}{100} = 1400 \text{ руб.} \quad (3.12)$$

Амортизационные отчисления за 5 месяцев для используемого ПК составят:

$$A = \frac{1400 \cdot 5}{12} = 583,3 \text{ руб.} \quad (3.13)$$

По результатам расчетов амортизационные отчисления на реализацию проекта в течение 5 месяцев составили 7 520,8 рублей.

3.2.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Помимо материальных затрат, необходимо рассчитать включающую премию и доплаты заработную плату работников, которые непосредственно заняты выполнением НИИ, а также дополнительную заработную плату.

Заработная плата работников складывается из основной и дополнительной [12]:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (3.14)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

При этом основная плата работников, непосредственно занятых выполнением НИИ равняется произведению среднедневной платы работника и количества рабочих дней:

$$Z_{\text{дн}} = Z_{\text{осн}} \cdot T_{\text{раб}} \quad (3.15)$$

где $Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата, руб.;

$T_{\text{раб}}$ – продолжительность работ, раб. дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} * M}{F_{\text{д}}}, \quad (3.16)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Показатели рабочего времени для студента и руководителя представлены в таблице 3.5.

Месячный должностной оклад работника рассчитывается согласно следующей формуле[12]:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} * (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) * k_{\text{р}}, \quad (3.17)$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3;

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок, равный примерно 0,2 – 0,5;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска) [13].

Таблица 3.5 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих (выходных и праздничных) дней	118	118
Потери рабочего времени –отпуск	48	72

– невыходы по болезни		
Количество месяцев без отпуска	10,4	9,6
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	175

Таким образом, действительный годовой фонд рабочего времени составляет 199 и 175 дней для руководителя и студента соответственно.

Расчет основной заработной платы приводится в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад, руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дни	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	22 221	0,3	0,2	1,3	33 332	1 742	15	26 130
Студент	1 326	0,3	0,2	1,3	2585,7	141,8	73	10 351,4

По результатам расчётов можно заключить, что основная заработная плата за реализацию проекта составит 9 784,2 рубля для студента и 26 130 для руководителя.

3.2.4 Дополнительная заработная плата

Дополнительная заработная плата рассчитывается по следующей формуле [12]:

$$Z_{доп} = Z_{осн} * k_{доп}, \quad (3.18)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Примем $k_{доп}$ равным 0,12, тогда дополнительная плата руководителя и студента будет рассчитываться следующим образом:

$$Z_{допР} = 26 130 * 0,12 = 3 135,6; \quad (3.19)$$

$$Z_{допС} = 10 351,4 * 0,12 = 1242,2. \quad (3.20)$$

В итоге, с учетом основной и дополнительной, заработная плата для руководителя будет составлять 29 265,6 рублей, а для студента – 11 593,6 рублей.

3.2.5 Отчисления во внебюджетные фонды

Нормами законодательства Российской Федерации установлены обязательные отчисления от затрат на оплату труда работникам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС), величина которых рассчитываются по следующей формуле:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot Z_{\text{зп}}, \quad (3.21)$$

Где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

Размер страховых взносов равен 30% от заработной платы. Сюда включены взносы на пенсионное страхование – 22%, на медицинское страхование – 5,1%, а также на соцстрахование – 2,9% [14]. Отчисления во внебюджетные фонды представлены ниже в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Заработная плата, руб.	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды, %	Отчисления во внебюджетные фонды, руб.
Руководитель	29 265,6	30	8777
Студент	11 593,6	30	3 478

В итоге, сумма отчислений во внебюджетные фонды для двух работников составила 12 255.

3.2.6 Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя затраты на управление, хозяйственное обслуживание, эксплуатацию и ремонт оборудования и составляют 15-20% от суммы заработной платы и отчислений [12]:

$$C_{\text{н}} = k_{\text{н}} \cdot (Z_{\text{зпР}} + Z_{\text{зпС}}) = 0,2 \cdot (30\,049,5 + 11\,904,1) = 8\,390,7, \quad (3.22)$$

где $C_{\text{н}}$ – накладные расходы, руб.;

$k_{\text{н}}$ коэффициент накладных расходов;

$Z_{\text{зпС}}$ – заработная плата студента, руб.;

$Z_{зпР}$ – заработная плата руководителя, руб.

По результатам расчётов можно заключить, что накладные расходы на реализацию проекта составят 8 390,7 рублей.

3.2.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Затраты проекта формируются на основе рассчитанной величины затрат научно-исследовательской работы. Определение бюджета затрат на научно-исследовательскую деятельность представлено таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
Материальные затраты НИИ и специальное оборудование	63360
Амортизационные расходы	7 520,8
Затраты по заработной плате работников	
- руководитель	29 265,6
- студент	11 593,6
Отчисления во внебюджетные фонды	
- руководитель	8 777
- студент	3 478
Накладные расходы	8 390,7
Бюджет затрат НИИ	132385,7

Согласно расчетам, бюджет затрат научно-исследовательской работы составил 132 385,7 рублей. Основной статьей расходов являются материальные затраты НИИ – 47,8%, на втором месте затраты по заработной плате работников – 30,9%, далее отчисления во внебюджетные фонды – 9,2%, после – накладные расходы – 6,3% и на последнем месте амортизационные отчисления – 5,8%.

3.3 Определение эффективности исследования

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более)

вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения. В качестве вариантов исполнения 2, 3 были выбраны ближайшие аналоги среды программирования:

1. Реализация исполнения программного кода в среде Wolfram Mathematica. Этот вариант исполнения работы был выбран в качестве основного.

Сама система бесплатна для сотрудников и студентов ТПУ, поэтому итоговые затраты на научное исследование составили 132385,7 руб.

2. Реализация исполнения программного кода с применением рабочей среды MATHCAD. MATHCAD – пакет прикладных программ для решения разнообразных задач технических вычислений. В рамках пакета введен одноименный язык программирования. В пакет входят инструменты для решения задач цифровой обработки сигналов, финансового анализа, разнообразных математических задач, визуализации и представления данных, расчета систем управления, и т.п. Годовая лицензия Mathcad home стоит 10000 рублей, что увеличивает затраты на научное исследование до 142385,7 руб.

3. Реализация исполнения программного кода в среде Maple. Maple – является важным инструментом для исследователей, преподавателей и студентов в любых математических и технических дисциплинах. Общая ориентированность пакета 91 на символьные преобразования (компьютерную алгебру), но также поддерживает и численные вычисления. Кроме того, имеется несколько тысяч специальных функций, хранящихся в подгружаемых к ядру пакетах и библиотеках. Обладает графическими возможностями, средствами программирования. С учетом стоимости лицензии (9000 руб.), затраты на научное исследование составят 141385,7 руб.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{испл.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (3.23)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{испл.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Рассчитаем значения интегрального финансового показателя для различных вариантов исполнения:

$$\text{Вариант 1: } I_{\text{финр}}^{\text{испл.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{132385,7}{142385,7} = 0,93.$$

$$\text{Вариант 2: } I_{\text{финр}}^{\text{испл.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{142385,7}{142385,7} = 1.$$

$$\text{Вариант 3: } I_{\text{финр}}^{\text{испл.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{141385,7}{142385,7} = 0,993.$$

В результате расчета консолидированных финансовых показателей по трем вариантам разработки вариант 1 (текущий проект) с меньшим перевесом признан более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

Интегральный показатель ресурсоэффективности рассчитывается согласно следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i, \quad (3.24)$$

где I_{pi} – интегральный финансовый показатель разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения;

b_i – балльная оценка i -го варианта исполнения.

Расставляем балльные оценки и весовые коэффициенты в соответствии с приоритетом характеристик исполнения исследования, рассчитываем конечный интегральный показатель и сводим полученные результаты в таблицу 3.9.

Таблица 3.9 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения исследования для исполнителя

Критерии	Весовой коэффициент	Вариант 1 (Текущий проект)	Вариант 2	Вариант 3
1. Контроль качества кода	0.1	2	5	5

2. Простота использования	0.2	3	4	5
3. Быстрота внедрения обновлений в программу	0.3	5	4	4
4. Потребление ресурсов компьютера	0.2	5	3	3
5. Доступность для рядового пользователя	0.1	5	2	2
6. Система контроля версий	0.1	2	5	5
Итого:	1	4	3.6	4

Расчет интегрального показателя для используемого варианта исполнения исследования:

$$I_{p1} = 0,1 * 2 + 0,2 * 5 + 0,3 * 5 + 0,2 * 5 + 0,1 * 5 + 0,1 * 2 = 4.$$

Расчет интегрального показателя для альтернативных вариантов исполнения:

$$I_{p2} = 0,1 * 5 + 0,2 * 4 + 0,3 * 4 + 0,2 * 3 + 0,1 * 2 + 0,1 * 5 = 3,8;$$

$$I_{p3} = 0,1 * 5 + 0,2 * 5 + 0,3 * 4 + 0,2 * 3 + 0,1 * 2 + 0,1 * 5 = 4;$$

Согласно полученным результатам расчетов, разрабатываемый проект является более ресурсоэффективным.

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{испi} = \frac{I_{pi}}{I_{финр}}, \quad (3.25)$$

Сравнительная эффективность вариантов исполнения рассчитывается по формуле, представленной ниже:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{разраб.}}{I_{ан.i}}, \quad (3.26)$$

где $\mathcal{E}_{ср}$ – сравнительная эффективность проекта;

$I_{разраб.}$ – интегральный показатель эффективности разработки;

$I_{ан.i}$ – интегральный показатель эффективности аналога.

Расчет сравнительной эффективности разработки представлен в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Вариант 1 (Текущий проект)	Вариант 2	Вариант 3
Интегральный финансовый показатель разработки	0,93	1	0,993
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4	3,8	4
Интегральный показатель эффективности	4,3	3,8	4,03
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	1,32	1,07

Таким образом, основываясь на расчете интегральных показателей финансов, ресурсоэффективности и эффективности, можно сделать вывод, что текущий проект превосходит другие варианты исполнения.

3.4 Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

В ходе разработки данного раздела были произведены расчеты трудоемкости НТИ: поставленные задачи, необходимые для разработки проекта были соотнесены со сроком их выполнения и исполнителем. Согласно расчетам, для реализации проекта понадобится 73 дня работы студента (что соответствует 108 календарным дням) и 25 дней работы руководителя (что соответствует 37 календарным дням).

По составленной диаграмме Ганта было выявлено, что наиболее времязатратными работами являются обзор научно-технической литературы и разработка математических моделей.

Расчет затрат на разработку стенда показал, что основной статьей расходов являются материальные затраты НТИ – 47,8%, на втором месте затраты по заработной плате работников – 30,9%, далее отчисления во внебюджетные фонды – 9,2%, после – накладные расходы – 6,3% и на последнем месте амортизационные отчисления – 5,8%.

4. Социальная ответственность

Данная выпускная квалификационная работа представлена научно-исследовательской работой, во время выполнения которой осуществлялась работа с пакетом Mathcad 15, математическое моделирование и набор текста на персональном компьютере, поэтому в разделе «Производственная безопасность при проведении геоэкологических исследований» рассматривается «Производственная безопасность при работе на персональных компьютерах».

Цель данного раздела: проанализировать опасные и вредные факторы при данном виде производственной деятельности и решить вопросы обеспечения защиты от них на основе требований действующих нормативно-технических документов.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Научно-исследовательская работа включает в себя использование персонального компьютера. Поэтому, согласно ГОСТ 12.2.032-78 [16], выполняя планировку рабочего места необходимо учитывать следующее:

- Рекомендуемый проход справа и спереди от стола 500 мм, слева допускается проход 300 мм;
- Рабочие места с ПЭВМ при выполнении творческой работы, требующей значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется изолировать друг от друга перегородками высотой (1,5-2,0) м. Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии (600-700) мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов. Конструкция рабочего стола должна удовлетворять требованиям эргономики;
- Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего

кресла следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ;

- Кресло не может располагаться непосредственно на границе площади рабочего места. Рекомендуемое расстояние от спинки стула до границы должно быть не менее 300 мм [18].

4.2 Производственная безопасность

Для анализа вредных и опасных факторов необходимо воспользоваться ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

Рабочее место представляет собой помещение, где располагается ПК для разработки ВКР. Возможные опасные и вредные факторы перечислены в таблице 4.1 [17].

Таблица 4.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
1. Отклонение показателей микроклимата	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
2. Производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде (повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума)	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности; СанПиН 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003.
3. Производственные факторы, связанные с отсутствием или	СанПиН 52.13330.2016 Естественное и искусственное

недостатком необходимого искусственного освещения	освещение;
4. Повышенный уровень вибрации	ГОСТ 12.4.002 – 97 ССБТ. Средства индивидуальной защиты рук от вибрации. Общие технические требования.
5. Производственные факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия на организм человека (активное наблюдение за ходом производственного процесса, монотонность труда, перенапряжение анализаторов)	МР 2.2.9.2311 – 07 Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности;
6. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов;
7. Статическое эл-во	ГОСТ 12.1.009 – 2017 ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения.
8. Короткое замыкание	ГОСТ 12.1.019 – 2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

4.2.1 Отклонение показателей Микроклимата

Для создания благоприятных условий работы, соответствующих физиологическим потребностям человеческого организма, санитарные нормы

устанавливают оптимальные и допустимые метеорологические условия в рабочей зоне помещения. К показателям микроклимата относятся температура воздуха и поверхностей, относительная влажность и скорость движения воздуха. Оптимальные значения вышеперечисленных показателей зависят от сезона и категории физической тяжести работ. Компьютерное моделирование относится к категории Ib – работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся физическим напряжением [19].

Оптимальные показатели микроклимата для данной категории тяжести в теплый и холодный период года приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Показатели микроклимата на рабочих местах производственных помещений для категории Ib

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Теплый	(23 – 25)	(21 – 25)	(40 – 60)	0,1
Холодный	(20-22)	(22-26)	(40-60)	0,1

Поддержание оптимальных показателей микроклимата обеспечивает создание благоприятных условий труда и способствует повышению его производительности. Для этого должны быть предусмотрены следующие средства: центральное отопление, вентиляция (искусственная и естественная), искусственное кондиционирование.

4.2.2 Производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде

Воздействие шума на организм человека негативно сказывается на нервной системе, оказывая значительное психологическое воздействие. Длительное воздействие шумов уровня (70-90) дБ может привести к заболеваниям нервной системы. Кроме того, воздействие шума способствует развитию сердечно-сосудистых заболеваний.

Источником шума при разработке выпускной квалификационной работы может быть ПК, его уровень шума – 40 дБ(А).

Допустимые показатели звукового давления в помещениях для данного типа работ не должны превышать 50 дБ. Таким образом, уровень шума превышает допустимый. Для его ослабления необходимо регулярно производить технического обслуживание оборудования: очищать от пыли, своевременно обрабатывать смазывающими веществами. Если данные меры окажутся недостаточно эффективными необходимо воспользоваться средствами индивидуальной защиты.

4.2.3 Производственные факторы, связанные с отсутствием или недостатком необходимого искусственного освещения

Согласно СП 52.13330.2016 отсутствие освещения или его нехватка классифицируется как вредный производственный фактор. Работа при недостаточном освещении может привести к переутомлению, усталости глаз, головным болям, что неизбежно приводит к снижению работоспособности. Математическое моделирование с помощью ПК оценивается как зрительная работа очень высокой точности, при этом наименьший размер объекта различения ограничивается (0,15-0,3) мм (II разряд зрительной работы) [20].

В помещениях, предназначенных для работы с ПЭВМ, освещенность рабочей поверхности от систем общего освещения E_n должна быть не менее 300 лк. Коэффициент пульсации освещенности K_p не должен превышать 5 %, коэффициент естественной освещенности не должен превышать 2,1 % [21].

4.2.4 Повышенный уровень вибрации

Также, к вредным производственным факторам, относится фактор «превышение уровня вибрации». В данном случае, на производстве, под вибрацией понимается колебание твердых тел, а основными источниками выступают различные станки, двигатели и прочее крупногабаритное оборудование.

Превышение уровня вибрации негативно влияет на отделы центральной нервной системы, желудочно-кишечного тракта и вестибулярного аппарата человека. Одним из самых распространенных профессиональных заболеваний при длительном воздействии вибрации – является виброблезнь, побочными факторами которой являются: головокружение, онемение нижних конечностей и потеря ориентации в пространстве. На предприятии, в целях профилактики данной болезни, для работающих с вибрирующим оборудованием, регламентируется режим работы – продолжительность рабочей смены, обязательные перерывы, отдых.

Для того, чтобы защитить работника от вибрации на производстве (согласно [ГОСТ 12.4.002 – 97]), применяются следующие средства защиты:

- антивибрационные рукавицы (для защиты от вибрирующих объектов);
- специальная обувь на антивибрационной подошве (для защиты от вибрирующего пола);
- резино-войлочные маты;
- антивибрационные площадки;
- антивибрационные сидения [25].

4.2.5 Производственные факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия на организм человека

Математическое моделирование с использованием ПК вызывает зрительную и умственную нагрузку на организм человека. При умственной нагрузке необходима длительность сосредоточенного внимания, выраженная ответственность, плотность сигналов и сообщений в единицу времени по МР 2.2.9.2311 – 07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности» [24]. Оказывает угнетающее влияние на психическую деятельность ухудшаются функции внимания (объем, концентрация, переключение), памяти (кратковременной и долговременной), восприятия (появляется большое число ошибок).

При зрительной нагрузке необходима высокая координация сенсорных и моторных элементов зрительной системы. Вызывает головную боль, ухудшение зрения, астенопию – патологического состояния, связанного с быстрым переутомлением глаз.

Для устранения накопленной усталости и нагрузки на организм человека необходимо выполнять комплекс физических упражнений на координацию движений, концентрацию внимания, комплекс упражнений на глаз, использовать методику психической саморегуляции.

В течение рабочего дня (смены) работнику должен быть предоставлен перерыв для отдыха и питания продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается. Правилами внутреннего трудового распорядка или трудовым договором может быть предусмотрено, что указанный перерыв может не предоставляться работнику, если установленная для него продолжительность ежедневной работы (смены) не превышает четырех часов. (в ред. Федерального закона от 18.06.2017 N 125-ФЗ).

Согласно Типовой инструкции по охране труда при работе на персональном компьютере в зависимости от вида трудовой деятельности и категории тяжести и напряженности работы с компьютером следует устанавливать регламентированные перерывы. Если работа на компьютере творческая и происходит в режиме диалога с компьютером, перерывы должны быть уже через 1,5 — 2 часа от начала рабочей смены и через 1,5 — 2 часа после обеденного перерыва продолжительностью 20 минут каждый или продолжительностью 15 минут через каждый час работы.

4.2.6 Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий

Согласно ГОСТ 12.0.003-2015 поражение электрическим током относится к опасным производственным факторам. Электрический ток способен привести

к острому поражению или мгновенному воздействию относительно высокоинтенсивного воздействия, приводящий к летальному исходу [22].

Согласно правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок, утвержденным приказом Минтруда России от 15.12.2020 N 903н пользоваться ПК может персонал, имеющий I группу электробезопасности [23].

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 изоляции, не подают каких-либо сигналов, которые предупреждают человека об опасности. Реакция человека на электрический ток возникает лишь при протекании последнего через тело человека.

Для предотвращения электротравматизма большое значение имеет правильная организация работ, то есть соблюдение правил технической эксплуатации электроустановок потребителей и правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. Для предотвращения электротравм следует соблюдать требования, предъявляемые к обеспечению электробезопасности работающих на ПЭВМ:

- все узлы одного персонального компьютера и подключённое к нему периферийное оборудование должно питаться от одной фазы электросети;
- корпуса системного блока и внешних устройств должны быть заземлены радиально с одной общей точкой;
- для отключения компьютерного оборудования должен использоваться отдельный пункт с автоматами и общим рубильником;
- все соединения ПЭВМ и внешнего оборудования должны проводиться при отключённом электропитании.

Основными мероприятиями, направленными на ликвидацию причин травматизма, относятся: систематический контроль за состоянием изоляции электропроводов, кабелей и т.д.

Разработка инструкций по техническому обслуживанию и эксплуатации средств вычислительной техники и контроль за их соблюдением;

1. соблюдение правил противопожарной безопасности;
2. своевременное и качественное выполнение работ по проведению планово- профилактических работ и предупредительных ремонтов.

4.2.7 Опасность поражения электрическим током, короткое замыкание, статическое эл-во.

Поражение электрическим током может быть вызвано дефектами оборудования, подключенного к электрической сети. Источниками электрической опасности являются оголенные части проводов или отсутствие изоляции.

В компьютерной аудитории эксплуатируется 11 компьютеров, подключенных к электрической сети 220 В и серверное оборудование, подключенное к сети 380 В.

Компьютерная аудитория второго корпуса ТПУ по опасности поражения электрическим током относится к первому классу – помещение без повышенной опасности, т.к. температура в помещении не превышает 30 °С, относительная влажность воздуха не превышает 70 %, токопроводящие полы отсутствуют (полы выполнены из керамической плитки).

Для защиты от поражения электрическим током в нормальном режиме эксплуатации электроустановок в компьютерной аудитории применены следующие меры защиты:

1. Защитное заземление и зануление;
2. Изолирующие электрозащитные средства;

3. Устройства автоматического отключения питания. Необходимо также проводить мероприятия по закреплению работниками правил безопасной работы с электрическим оборудованием.

4.3 Экологическая безопасность

Основным инструментом работы при разработке является ПК. Для удовлетворения потребности в электроэнергии, в настоящее время приходится увеличивать мощность и количество электростанций. Это приводит к нарушению экологической обстановки, так как электростанции в своей деятельности используют различные виды топлива, водные ресурсы, а также являются источником вредных выбросов в атмосферу. Данная проблема является мировой. На сегодняшний день во многих странах внедрены альтернативные источники энергии (солнечные батареи, энергия ветра). Еще одним способом решения данной проблемы является использование энергосберегающих систем.

К отходам, производимым в помещении, можно отнести бытовой мусор и твердые отходы при поломки частей ПК. Согласно СанПиН 2.1.3684-21 оборудование в случае полной неработоспособности и неремонтопригодности должно быть утилизировано на полигоне твердых бытовых отходов [21].

Необходимо предпринимать различные меры, для того чтобы как можно больше сократить негативное влияние на окружающую среду. В качестве таких мер можно рассматривать:

- использование экономного режима работы электротехники;
- использовать энергосберегающие лампы для освещения помещений;
- устанавливать режим освещения, соответствующий времени года;
- правильно утилизировать отходы (компьютерный лом, газоразрядные лампы, бумага и др.);
- применять расходные материалы с высоким коэффициентом использования и возможностью их полной или частичной регенерации;

- использовать малотоксичные материалы при производстве компьютерной техники.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее характерной ЧС при разработке ВКР является пожар, это обусловлено использованием оборудования, подключенного к промышленной сети, а именно ПК.

Для ослабления последствий пожара в здании должны находиться углекислотный огнетушитель, сухой песок и внутренние пожарные водопроводы находиться. Они предназначаются для своевременного тушения небольших локальных возгораний.

Действия, которые можно предпринять для предотвращения пожара:

- организация обучения персонала правилам пожарной безопасности;
- разработка мероприятий по действиям персонала на случай возникновения пожара и организация эвакуации людей;
- назначение лица, ответственного за эвакуацию, которое должно следить за исправностью дверных проемов, окон, проходов и лестниц.

Действия при пожаре на производстве регламентируются правилами обеспечения пожарной безопасности предприятия. Основой для подготовки инструкции по эвакуации служат Противопожарные правила, утвержденные Постановлением Правительства РФ от 16.09.2020 №1979 «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации». Общие правила же правила поведения при обнаружении пожара персоналом остаются неизменными:

- немедленно сообщить в пожарную службу;
- сообщить руководству предприятия;
- включить сигнализацию, систему пожаротушения;
- оказать помощь в эвакуации людей и тушении пожара.

4.5 Вывод по разделу «социальная ответственность»

В ходе реализации данного раздела были рассмотрены организационные и правовые вопросы обеспечения безопасности, проанализированы нормативные документы, касающиеся разработки выпускной квалификационной.

Значение всех производственных факторов на изучаемом рабочем месте соответствует нормам, которые также были продемонстрированы в данном разделе. Категория помещения по электробезопасности, согласно ПУЭ, соответствует первому классу – «помещения без повышенной опасности».

Согласно правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок персонал должен обладать I группой допуска по электробезопасности. Категория тяжести труда в лаборатории по СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" относится к категории Ib (работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся физическим напряжением).

В качестве самой характерной ЧС был выявлен пожар. Следование предложенным в данном разделе правилам и мерам может помочь избежать чрезвычайных ситуаций, а также обеспечить сохранность здоровья персонала и состояния окружающей среды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Кривая седиментации Одена позволяет построить интегральную кривую после дифференцирования которой с получается кривая распределения частиц по размерам.

Полученная кривая распределения частиц по размерам, позволяет определить наиболее вероятный радиус частиц - μ . Частицы с наиболее вероятным радиусом осуществляют наибольший вклад в общую массу водяных глобул.

Зная дисперсию - σ распределения можно определить среднеквадратичное отклонение от наиболее вероятного радиуса. Это позволит определить диапазон радиусов глобул которые образуют основную массу воды.

Воздействуя внешним акустический импульсом с частотой соответствующей заданному диапазону радиусов глобул, можно разрушать водяные капли и тем самым ускорить процесс обезвоживания нефти.

CONCLUSION

The Oden curve of sedimentation allows an integral curve to be constructed which, when differentiated, yields a particle size distribution curve.

The obtained curve of particle size distribution allows to determine the most probable particle radius - μ . The particles with the most probable radius make the largest contribution to the total mass of the water globules.

Knowing dispersion - σ of the distribution it is possible to determine the standard deviation of the most probable radius. This will make it possible to determine the range of the radii of the globules that make up the bulk of the water.

By applying an external acoustic pulse with a frequency corresponding to a given range of globule radii, it is possible to destroy the water droplets and thereby accelerate the oil dehydration process.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. М.: Химия-1988. –464с.
2. Аванесян В.Г. Реологические особенности эмульсионных смесей. М.: Недра, 1980. – 115 с.
3. Микроскопические методы определения размера частиц дисперсных материалов: Н. Н. Гаврилова, В. В. Назаров, О. В. Яровая, Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева, 2012. – 54с.
4. Фукс Н.А. Механика аэрозолей: М.: Академия наук СССР 1955.–346с.
5. Белик В.В., Киенская К.И. Физическая и коллоидная химия, 2015. –288с.
6. Медведев В.Ф. Сбор и подготовка неустойчивых эмульсий на промыслах. – М.: Недра, 1987. – 144 с.
7. Эмульсии: получение, свойства, разрушение: учебно-методическое пособие/ Л.В. Кольцов, М.А. Лосева – Самара: изд-во СамГТУ, 2017 г. – 20 с.
8. Исследование процесса осаждения твердых частиц в жидкостях под действием силы тяжести: учебно-методическое пособие / А.С. Кантаев, И.Д. Брус, Ф.А. Ворошилов– Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – 24 с.
9. Н.А. Небогина, И.В. Прозорова, Н.В. Юдина. Особенности формирования и осадкообразования водонефтяных эмульсий // Нефтепереработка и нефтехимия. 2008. №1. – 21с..
- 10.Р.З. Сафиева, Л.А. Магадова, Л.З. Климова, О.А. Борисова. Физико-химические свойства нефтяных дисперсных систем. Под ред. проф. В.Н. Кошелева – М.: Изд. РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина, 2001. - 60 с.
- 11.Ф. Шерман. Эмульсии. Л., Химия, 1972. – 448 с.
- 12.Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова – Томск: изд-во ТПУ, 2014. – 73с.
- 13.Районный коэффициент [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://assistentus.ru/oplata-truda/rajonnyj-koefficient/>, свободный (дата обращения 05.05.2020).

14. Федеральный закон от 24.07.2009 N 212-ФЗ "О страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования" [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_89925/, свободный (дата обращения 05.05.2020).
15. Срок полезного использования офисной техники [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://praktibuh.ru/buhuchet/vneoborotnye/os/amortizatsiya/srok-poleznogo-ispolzovaniya-kompyutera.html>, свободный (дата обращения 13.05.2020).
16. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200003913>, свободный (дата обращения 6.05.2022).
17. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071>, свободный (дата обращения 10.05.2022).
18. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200118606>, свободный (дата обращения 12.05.2022).
19. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573500115>, свободный (дата обращения 7.05.2022).

- 20.Свод правил: СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*. – М.: Минстрой России, 2016. – 106 с.
- 21.Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы: СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573500115>, свободный (дата обращения 8.05.2022).
- 22.ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071>, свободный (дата обращения 10.05.2022).
- 23.Приказ Минтруда России от 15.12.2020 N 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/law/hotdocs/66987.html/>, свободный (дата обращения 7.05.2022).
- 24.Постановление Правительства РФ от 16.09.2020 №1979 «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/565837297>, свободный (дата обращения 7.05.2022).
- 25.ГОСТ 12.4.002 – 97 ССБТ. Средства индивидуальной защиты рук от вибрации. Общие технические требования.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Таблица А.1 – Случайно сформированный размер частиц в соответствии с нормальным распределением

1	0.0065098	21	0.0140544	41	0.0161188	61	0.0179324	81	0.0201997
2	0.0066619	22	0.0141265	42	0.0161506	62	0.0179867	82	0.0202351
3	0.0077619	23	0.014148	43	0.0161543	63	0.0180014	83	0.0202559
4	0.0082857	24	0.0142537	44	0.016174	64	0.0180509	84	0.0202918
5	0.0110829	25	0.0143385	45	0.0162158	65	0.0184193	85	0.0203426
6	0.0111004	26	0.0144198	46	0.0162482	66	0.0184391	86	0.0206004
7	0.0113414	27	0.0146391	47	0.0163088	67	0.0184465	87	0.0214988
8	0.0116463	28	0.0146707	48	0.0164786	68	0.0184897	88	0.0224529
9	0.0120846	29	0.0150445	49	0.0166433	69	0.0185184	89	0.0225175
10	0.0121297	30	0.0151786	50	0.016674	70	0.0185681	90	0.0226907
11	0.0122507	31	0.0152161	51	0.0166919	71	0.0186546	91	0.0227108
12	0.0125375	32	0.0152455	52	0.0167026	72	0.0186623	92	0.0228563
13	0.0128163	33	0.0152907	53	0.0167814	73	0.01873	93	0.0228882
14	0.0128285	34	0.0153213	54	0.0168739	74	0.0187733	94	0.0231082
15	0.0129909	35	0.0153844	55	0.0170532	75	0.0188524	95	0.0236783
16	0.013242	36	0.015441	56	0.0174306	76	0.0192105	96	0.0239029
17	0.0132887	37	0.0155085	57	0.0174862	77	0.0193481	97	0.0239805
18	0.0136047	38	0.0155677	58	0.0177178	78	0.0193636	98	0.0240819
19	0.0138121	39	0.0160786	59	0.0177215	79	0.0195749	99	0.0244313
20	0.0139849	40	0.0160892	60	0.0179123	80	0.0201254	100	0.026614
								101	0.0294331

Таблица А.2 – Случайно сгенерированное положение (ось-Х) частицы

								81	0.6787493
1	0.026205	21	0.5940892	41	0.5297511	61	0.2000733	82	0.0306159
2	0.5807558	22	0.5687788	42	0.6497189	62	0.2557214	83	0.8450735
3	0.8066958	23	0.4289066	43	0.1294496	63	0.5803752	84	0.3861144
4	0.6999706	24	0.7389596	44	0.2967779	64	0.7287043	85	0.9329223
5	0.1118407	25	0.4922901	45	0.8178855	65	0.7892835	86	0.1500627
6	0.9640831	26	0.1651444	46	0.2650844	66	0.8909709	87	0.05145
7	0.0334765	27	0.6832363	47	0.7909274	67	0.6593957	88	0.1500658
8	0.5966759	28	0.9432739	48	0.5505329	68	0.3155309	89	0.7105625
9	0.4532466	29	0.8055894	49	0.7396073	69	0.8336581	90	0.6975093
10	0.7691532	30	0.8013245	50	0.4398771	70	0.1003806	91	0.1854871
11	0.8571698	31	0.7204067	51	0.439849	71	0.5428337	92	0.3741952
12	0.5373744	32	0.6731313	52	0.6222336	72	0.4672829	93	0.5252115
13	0.8441086	33	0.1418762	53	0.6859796	73	0.7260864	94	0.1625839
14	0.9719559	34	0.5161676	54	0.1944563	74	0.8546765	95	0.1547337
15	0.2779032	35	0.9268715	55	0.1176466	75	0.1458683	96	0.5696758
16	0.3820645	36	0.4731356	56	0.909915	76	0.6041659	97	0.3207765
17	0.0333762	37	0.4582888	57	0.2409525	77	0.6461565	98	0.2950515
18	0.5835161	38	0.7272244	58	0.6216667	78	0.2407356	99	0.7316035
19	0.4856841	39	0.8224572	59	0.5929368	79	0.654645	100	0.2420859
20	0.460077	40	0.0511214	60	0.618539	80	0.4969789	101	0.540298

Таблица А.3 – Случайно сгенерированное положение (ось-У) частицы

1	0.2086569	21	0.7232537	41	0.8258849	61	0.5523852	81	0.6009606
2	0.3577927	22	0.1689793	42	0.8250295	62	0.5994908	82	0.1206037
3	0.1904225	23	0.5162641	43	0.3233809	63	0.4947258	83	0.7349631
4	0.3137868	24	0.1855461	44	0.1582671	64	0.6143633	84	0.550166
5	0.1649477	25	0.6897653	45	0.5952304	65	0.5722435	85	0.1927568
6	0.1381257	26	0.1595187	46	0.0265383	66	0.7162793	86	0.9291239
7	0.530081	27	0.430219	47	0.2250461	67	0.3242688	87	0.0781313
8	0.182937	28	0.1705928	48	0.1330942	68	0.1281487	88	0.8460912
9	0.0792031	29	0.2067831	49	0.5412573	69	0.1721424	89	0.0389487
10	0.5188823	30	0.1727853	50	0.6863961	70	0.6339364	90	0.2316837
11	0.9331048	31	0.2906094	51	0.5739733	71	0.4135264	91	0.3489335
12	0.4639701	32	0.7108124	52	0.5039418	72	0.1700258	92	0.7872731
13	0.7656754	33	0.817924	53	0.2054541	73	0.810355	93	0.783275
14	0.6059181	34	0.4299011	54	0.4595855	74	0.3100738	94	0.4072919
15	0.8231132	35	0.5470636	55	0.114684	75	0.7707107	95	0.0878664
16	0.6683274	36	0.8296158	56	0.8748711	76	0.0936777	96	0.5456395
17	0.2870929	37	0.9588023	57	0.4151761	77	0.1245721	97	0.7926171
18	0.8207272	38	0.2112068	58	0.4540327	78	0.8989708	98	0.8754654
19	0.7315413	39	0.5008666	59	0.8370525	79	0.492908	99	0.3680836
20	0.7321977	40	0.5689437	60	0.562459	80	0.5087956	100	0.2429668
								101	0.0761147

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

Программа Б.1 – Случайно сформированный размер частиц в соответствии с нормальным распределением среде MathCAD 15

$\mu := 0.01$ среднее значение
 $\sigma := 0.003$ дисперсия $N := 101$

$r := \text{norm}(N, \mu, \sigma)$ $i := 0..N$

	0
0	0.012
1	0.014
2	$4.79 \cdot 10^{-3}$
3	0.013
4	$7.984 \cdot 10^{-3}$
5	0.011
6	$8.675 \cdot 10^{-3}$
7	$5.297 \cdot 10^{-3}$
8	$7.182 \cdot 10^{-3}$
9	0.013
10	0.011
11	$9.375 \cdot 10^{-3}$
12	0.011
13	0.01
14	0.01
15	...

shuju r.xls

Программа Б.2 – Случайной генерации положений частиц среде MathCAD 15

$a := 0.025$ $b := 1 - a = 0.975$
 $N := 100$ $i := 0..N$
 $x_i := 0$ $y_i := 0$

```

m(a, b, N) := for i ∈ 0..N
               | x_i ← a + (b - a)·md(1)
               | y_i ← a + (b - a)·md(1)
               (x y)
    
```

$A := m(a, b, N)$

shuju x1.xls

x1

length(x1) = 101

shuju y1.xls

y1

	0
0	0.026
1	0.581
2	0.807
3	0.7
4	0.112
5	0.964
6	0.033
7	0.597
8	0.453
9	0.769
10	0.857
11	0.537
12	0.844
13	0.972
14	0.278
15	...

	0
0	0.209
1	0.358
2	0.19
3	0.314
4	0.165
5	0.138
6	0.53
7	0.183
8	0.079
9	0.519
10	0.933
11	0.464
12	0.766
13	0.606
14	0.823
15	...

$x1 := A_{0,0} =$ $y1 := A_{0,1} =$

x1 :=  shuju x1.xls
 y1 :=  shuju y1.xls

$N := \text{length}(x1) = 101$ $k := 0..N - 1$ $z(x,y) := x + i \cdot y$

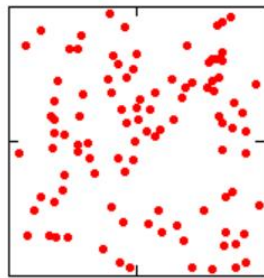
$f(x,y,R) := \sqrt{R^2 - (|z(x,y)|)^2}$ $F(x,y,R) := \text{if}(R < |z(x,y)|, 0, f(x,y,R))$

$z0 := 0.5 + 0.5i$ $Z_k := x1_k + i \cdot y1_k$ $Z_k := (Z_k - z0) \cdot i + z0$

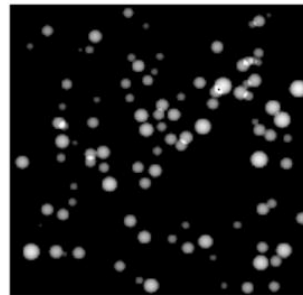
$R := 0.025$ $M := 10^3$ $i := 0..M$ $j := i$ $x_i := \frac{40}{M} \cdot R \cdot i + 40 \cdot R$

$W_{i,j} := \sum_{k=0}^{N-1} F(x_i - x1_k, x_j - y1_k, r_k)$ $w := \frac{W - \min1}{\max(W)} \cdot 256$ $\min1 := 0.001$ $w1 := \frac{W - \min1}{\max(W) - \min1} \cdot 255$


Равномерное распределение центров частиц по площади квадрата



Нормальное (Гауссово) распределение частиц по радиусам



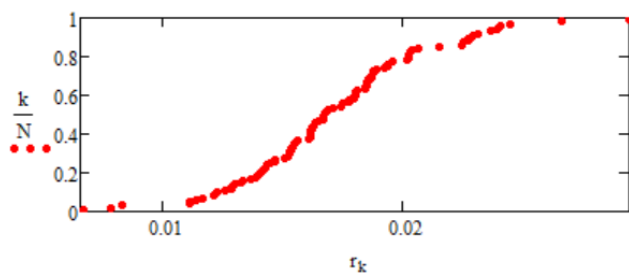
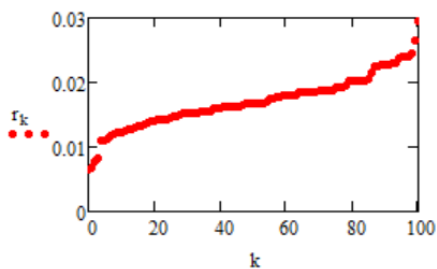
Программа Б.3 – Построение интегральных и дифференциальных кривых распределения частиц по размерам среде MathCAD 15

r :=  r.prn
 $N := \text{length}(r) = 101$ $k := 0..N - 1$

$F1_k := \frac{k}{N}$

$f := \text{sort}(r)$ $\max := \max(r)$ $\min := \min(r)$

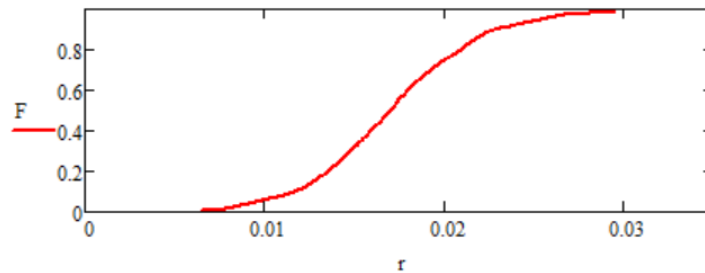
Строим модельную кривую распределения частиц по размерам



Предварительно сглаживаем данные используя фильтр низких частот с полосой пропускания 0.003

$$F := \text{ksmooth}(r, F1, 0.003)$$

Получаем интегральную кривую распределения частиц по размерам



Для получения дифференциальной кривой будем использовать кубический сплайн

$$s := \text{cspline}(r, F) \quad F1(t) := \text{interp}(s, r, F, t) \quad df(t) := \frac{d}{dt} F1(t)$$

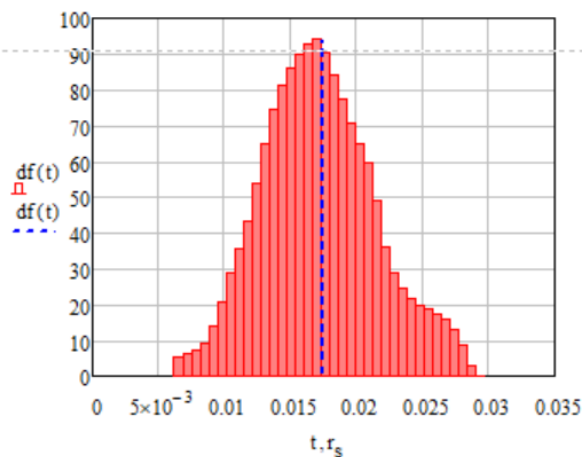
$$\frac{dF}{dr} := 0 \quad dF_{N-1} := 0 \quad dF_1 := F_{N-2} = 0.974 \quad dF_k := df(r_k)$$

Еще раз сглаживаем данные используя фильтр низких частот с полосой пропускания 0.002

$$dF := \text{ksmooth}(r, dF, 0.0023) \quad ds := \text{cspline}(r, dF) \quad \frac{df}{dt}(t) := \text{interp}(ds, r, dF, t)$$

Строим графическую зависимость дифференциальной кривой распределения частиц по размерам. Находим среднее значение среднеквадратичное отклонение

$$r_s := \int_0^{r_{\max}} df(t) \cdot t \, dt = 0.017 \quad r_{sqr} := \int_0^{r_{\max}} df(t) \cdot t^2 \, dt = 0.00031 \quad t := \text{min}, \text{min} + 0.1 \cdot \text{min} .. \text{max}$$



+