

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа: Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки: 21.04.01 Нефтегазовое дело
 ООП: Petroleum Engineering / Нефтегазовый инжиниринг
 Отделение школы (НОЦ): Отделение нефтегазового дела

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРАНТА

Тема работы
Комплексирование геолого-технологических данных при создании интегрированной модели месторождения углеводородов

УДК 004.9:553.982

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ТМ11	Иванова Валентина Владимировна		18.08.23

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Чернова О.С.	д.г.-м.н.		18.08.23

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рукавишников В.С.	PhD		18.08.23

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин А.А.	к.т.н.		15.08.23

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП/ОПОП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Чернова О.С.	д.г.-м.н.		18.08.23

Томск – 2023 г.

Результаты освоения основной образовательной программы

Petroleum Engineering /Нефтегазовый инжиниринг

Категория компетенций	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
Системное и критическое мышление	УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного анализа, выработать стратегию действий	И.УК(У)-1.1. Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
		И.УК(У)-1.2. Определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению
		И.УК(У)-1.3. Разрабатывает стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и других современных междисциплинарных подходов; обосновывает выбор темы исследований на основе анализа явлений и процессов в конкретной области научного знания
		И.УК(У)-1.4. Использует логико-методологический инструментарий для критической оценки современных концепций в своей предметной области
Разработка и реализация проектов	УК(У)-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	И.УК(У)-2.1. Определяет проблему и способ ее решения через реализацию проектного управления
		И.УК(У)-2.2. Разрабатывает концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы: формулирует цель, задачи, обосновывает актуальность, значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения
		И.УК(У)-2.3. Осуществляет мониторинг за ходом реализации проекта, корректирует отклонения, вносит дополнительные изменения в план реализации проекта
Командная работа и лидерство	УК(У)-3. Способен организовывать и руководить работой команды, выработывая командную стратегию для достижения поставленной цели	И.УК(У)-3.1. Планирует и корректирует свою социальную и профессиональную деятельность с учетом интересов, особенностей поведения и мнений людей, с которыми работает и взаимодействует
		И.УК(У)-3.2. Организует дискуссии по заданной теме и обсуждение результатов работы команды

Категория компетенций	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
Коммуникация	УК(У)-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	И.УК(У)-3.3. Планирует командную работу, распределяет поручения и делегирует полномочия членам команды
		И.УК(У)-4.1. Решает конкретные задачи профессиональной деятельности на основе академического и профессионального взаимодействия с учетом анализа мнений, предложений, идей отечественных и зарубежных коллег
		И.УК(У)-4.2. Составляет, переводит и редактирует различные академические тексты (рефераты, эссе, обзоры, статьи и т.д.)
		И.УК(У)-4.3. Представляет результаты академической и профессиональной деятельности на различных научных мероприятиях, включая международные
		И.УК(У)-4.4. Планирует и организывает совещания, деловые беседы, дискуссии по заданной теме; аргументированно и конструктивно отстаивает свою точку зрения, позицию, идею в академических и профессиональных дискуссиях на государственном и иностранном языках
Межкультурное взаимодействие	УК(У)-5. Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия	И.УК(У)-5.1. Осуществляет профессиональную и социальную деятельность с учетом особенностей поведения и мотивации людей различного социального и культурного происхождения, в том числе особенностей деловой и общей культуры представителей других этносов и конфессий
		И.УК(У)-5.2. Выстраивает социальное и профессиональное взаимодействие с учётом особенностей деловой и общей культуры представителей разных этносов и конфессий, других социальных групп
		И.УК(У)-5.3. Обеспечивает создание недискриминационной среды для участников межкультурного взаимодействия при личном общении и при выполнении профессиональных задач
Самоорганизация и саморазвитие (в том числе здоровьесбережение)	УК(У)-6. Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	И.УК(У)-6.1. Анализирует использование рабочего времени в широком спектре деятельности: планирование, распределение, постановка целей, делегирование полномочий, анализ временных затрат, мониторинг, организация, составление списков и расстановка приоритетов

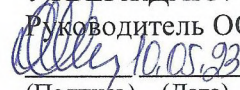
Категория компетенций	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
		<p>И.УК(У)-6.2. Сочетает выполнение текущих производственных задач с повышением квалификации; корректирует планы в соответствии с имеющимися ресурсами</p> <p>И.УК(У)-6.3. Планирует профессиональную траекторию с учетом особенностей как профессиональной, так и других видов деятельности и требований рынка труда</p>

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа: Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки: 21.04.01 Нефтегазовое дело
 Отделение школы (НОЦ): Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП


 О.С. Чернова
 (Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
2ТМ11	Иванова Валентина Владимировна

Тема работы:

Комплексирование геолого-технологических данных при создании интегрированной модели месторождения углеводородов	
<i>Утверждена приказом директора (дата, номер)</i>	от 09.06.2023 г. № 160-39/с

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	
--------------------------------------------	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p>	<p><i>Геолого-технологическая информация по объекту X:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – сведения о месторождении в рамках которого был выделен объект X (краткое описание и сводный стратиграфический разрез); – результаты интерпретации ГДИС в виде отчета в текстовом формате; – результаты рутинных и специальных исследований керна; – результаты анализа проб флюидов; – готовая ГМ: трехмерная сетка и кубы свойств в текстовом формате; – инклинометрия скважин; – отчеты о проведении промыслово-геофизических исследований (ПГИ) скважин; – история работы скважин.
----------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Введение – Интегрированное моделирование: история и современное состояние – Составление алгоритма построения интегрированной модели – Обоснование возможности построения интегрированной модели на основе предоставленных геолого-технических данных по объекту X – Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение – Социальная ответственность – Заключение
<p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p><i>Рисунки 30 штук:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Структура концепции «Интегрированные операции» – Карта цифровых месторождений РФ – Классификация исходных данных – Исходные данные группы «пласт» – Исходные данные группы «скважина» – Исходные данные группы «система сбора и подготовки» – Исходные данные группы «экономика» – Пример структуры данных в БД – Комплексирование данных при построении концептуальной модели – Фрагмент алгоритма построения ИМ (подготовительный этап) – Фрагмент алгоритма построения ИМ (основной этап, модель пласта) – Фрагмент алгоритма построения ИМ (основной этап, модель скважин) – Фрагмент алгоритма построения ИМ (основной этап, модель системы сбора) – Фрагмент алгоритма построения ИМ (основной этап, экономическая модель) – Фрагмент алгоритма построения ИМ (заключительный этап) – ОФП в системе «вода-нефть» – ОФП в системе «нефть-газ» – Зависимость растворимости газа в нефти от давления – Зависимость объемного коэффициента нефти от давления – Зависимость вязкости пластовой нефти от давления – Зависимость сжимаемости пластовой нефти от давления – Зависимость объемного коэффициента и вязкости газа от давления – Зависимость сжимаемости газа от давления – Графики адаптации по скважине X1 – Графики адаптации по скважине X2 – Графики адаптации по скважине X3

	<ul style="list-style-type: none"> - Графики адаптации по скважине Х4 - Графики адаптации (накопленная добыча и среднее давление) по объекту Х - Трехмерная сетка готовой ГМ - Схема управления НТИ <p><i>Таблицы 13 штук:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Названия концепции «Интегрированные операции» в различных компаниях - Контроль качества построения PVT-модели - Этапы и сроки выполнения проекта - Рабочая группа проекта и функции ее участников - Расчет заработной платы участников проекта - Страховые взносы на участников проекта - Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте, оборудованном персональным компьютером <ul style="list-style-type: none"> - Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений - Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений - Допустимые значения габаритной яркости осветительных приборов в зависимости от яркости экранов/мониторов - Требования к основным параметрам естественного и совмещенного освещения - Требования к основным параметрам искусственного освещения - Суммарное время регламентированных перерывов
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

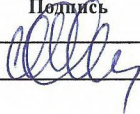
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Рукавишников Валерий Сергеевич, доцент, PhD.
«Социальная ответственность»	Сечин Андрей Александрович, доцент, к.т.н.

Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:

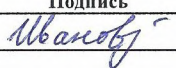
Интегрированное моделирование: история и современное состояние

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.05.2023
-------------------------------------------------------------------------------------------------	------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Чернова О.С.	д.г.-м.н.		10.05.2023

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ТМ11	Иванова В.В.		10.05.2023

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа: Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки: 21.04.01 Нефтегазовое дело
 Уровень образования магистратура
 Отделение школы (НОЦ): Отделение нефтегазового дела
 Период выполнения осенний / весенний семестр 2022/2023 учебного года

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
2ТМ11	Иванова Валентина Владимировна

Тема работы:


Комплексирование геолого-технологических данных при создании интегрированной модели месторождения углеводородов

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	
--------------------------------------------	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
19.05.23	Интегрированное моделирование: история и современное состояние	20
26.05.23	Составление алгоритма построения интегрированной модели	25
08.06.23	Опробование алгоритма построения интегрированной модели на основе предоставленных геолого-технологических данных по объекту X	25
12.06.23	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
14.06.23	Социальная ответственность	10

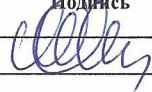
СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

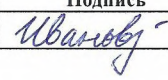
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Чернова О.С.	д.г.-м.н.		10.05.2023

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Чернова О.С.	д.г.-м.н.		10.05.2023

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ТМ11	Иванова В.В.		10.05.2023

**ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ
И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Обучающемуся:

Группа	ФИО
2ТМ11	Иванова Валентина Владимировна

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	Отделение нефтегазового дело
Уровень образования	магистратура	Направление/ специальность	21.04.01 Нефтегазовое дело

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Расчет сметной стоимости выполняемых работ
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Нормы времени на выполнение научно-исследовательской работы, тарифные ставки заработной платы
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Налоговый кодекс Российской Федерации

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:


1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала научно-технического исследования (НТИ)</i>	Обоснование актуальности научно-технического исследования
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	Характеристика научно-технического проекта в соответствии с разработанным уставом: – формулирование целей и задач проекта; – определение сроков и назначение ключевых этапов выполнения; – формирование рабочей группы проекта; – форма представления результатов.
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Организация структуры управления выполнением научно-технического исследования участниками рабочей группы
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Расчет финансовых затрат на выполнение исследования по категориям: – заработная плата – накладные расходы – страховые выплаты

Перечень графического материала:

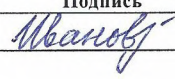
1. Схема управления НТИ
2. Этапы и сроки выполнения проекта
3. Рабочая группа проекта и функции ее участников
4. Расчет заработной платы участников проекта
5. Страховые взносы на участников проекта

Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком	10.05.2023
-----------------------------------------------------------------------------	------------

Задание выдал консультант по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рукавишников В.С.	PhD		10.05.2023

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ТМ11	Иванова Валентина Владимировна		10.05.2023

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»


Студенту:

Группа		ФИО	
2ТМ11		Иванова Валентина Владимировна	
Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	Отделение нефтегазового дело
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	21.04.01 Нефтегазовое дело

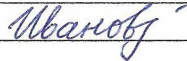
Тема ВКР:

Комплексирование геолого-технологических данных при создании интегрированной модели месторождения углеводородов	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p>Объект исследования – процесс комплексирования геолого-технологических данных при построении интегрированной модели</p> <p>Область применения – разработка месторождений углеводородов</p> <p>Рабочая зона: офисное помещение</p> <p>Размеры помещения: 5 м x 7 м, высота потолка – 3 м</p> <p>Количество и наименование оборудования рабочей зоны: 8 персональных компьютеров</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>СанПиН 2.2.4.3359-16 ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ ГОСТ 21889-76 ГОСТ 22269-76 ГОСТ Р ИСО 9241-1-2007 СП 2.2.3670-20 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 СанПиН 2.2.2.133203</p>
<p>2. Производственная безопасность при эксплуатации проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов – Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора 	<p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Отклонение показателей микроклимата от оптимальных значений – Отклонение показателей освещенности от оптимальных значений – Психофизиологические нагрузки <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Поражение электрическим током <p>Расчет: необходимый воздухообмен</p>
<p>3. Экологическая безопасность при эксплуатации проектного решения:</p>	<p>Воздействие на селитебную зону: отсутствует Воздействие на литосферу: отсутствует Воздействие на гидросферу: отсутствует Воздействие на атмосферу: отсутствует</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации проектного решения:</p>	<p>Возможные ЧС: пожар, авария на тепловых сетях (системах горячего водоснабжения) в холодное время года, вспышка инфекционного заболевания</p> <p>Наиболее типичная ЧС: пожар</p>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
10.05.2023	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Сечин Андрей Александрович	К.Т.Н		10.05.23

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ТМ11	Иванова Валентина Владимировна		10.05.23

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа (магистерская диссертация) состоит из 105 страниц, 30 рисунков, 13 таблиц и 60 использованных источников. Работа содержит 1 приложение.

Ключевые слова: интегрированное моделирование, интегрированная модель, комплексирование геолого-технологических данных, алгоритм, модель-компонента.

Объектом исследования является процесс комплексирования геолого-технологических данных при построении интегрированной модели.

Цель исследования: провести анализ современного подхода к интегрированному моделированию и составить алгоритм построения интегрированной модели с целью оптимизации разработки месторождений.

Задачи. В соответствии с целью исследования были поставлены следующие задачи: 1) провести анализ современного подхода к интегрированному моделированию на основе научной и научно-практической литературы; 2) рассмотреть процесс комплексирования геолого-технологических данных при построении интегрированной модели; 3) разработать алгоритм построения интегрированной модели и провести его опробование на предоставленных данных.

В процессе проведения исследования проведен анализ научной и научно-практической литературы, по результатам которого определены и представлены современные подходы к интегрированному моделированию, изучен процесс комплексирования геолого-технологических данных при построении интегрированной модели. На основе изученного материала составлен алгоритм построения интегрированной модели, а также приведена его апробация по предоставленным данным.

Область применения: разработка месторождений углеводородов.

Потенциальная экономическая эффективность связана с оптимизацией процесса построения интегрированных моделей за счет формирования научно-методической базы.

В будущем планируется расширение и дополнение созданного алгоритма, а также составление подобных алгоритмов для различных конфигураций интегрированных моделей.

Благодарности: Хочу выразить свою благодарность научному руководителю Черновой Оксане Сергеевне, а также сотрудникам Центра подготовки и переподготовки специалистов нефтегазового дела и всему преподавательскому составу за помощь и поддержку в процессе написания работы.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	17
1 ИНТЕГРИРОВАННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ	20
1.1 Общие сведения о концепции «Интегрированные операции».....	20
1.2 Современный подход к интегрированному моделированию	27
1.3 Опыт применения интегрированного моделирования российскими компаниями	31
2 СОСТАВЛЕНИЕ АЛГОРИТМА ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ МОДЕЛИ	33
2.1 Характеристика исходных данных необходимых для построения интегрированной модели	33
2.2 Комплексирование геолого-технологических данных на примере построения модели пласта	38
2.3 Составление алгоритма построения интегрированной модели	41
3 ОПРОБОВАНИЕ АЛГОРИТМА ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ МОДЕЛИ НА ОСНОВЕ ПРЕДОСТАВЛЕННЫХ ГЕОЛОГО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПО ОБЪЕКТУ X	49
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	61
4.1 Оценка коммерческого и инновационного потенциала научно- технического исследования (НТИ)	61
4.2 Разработка устава научно-технического проекта	62
4.3 Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок.....	64

4.4	Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	65
5	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	68
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности...	69
5.2	Производственная безопасность.....	71
5.2.1.	Отклонения от оптимальных показателей микроклимата	72
5.2.2.	Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током	75
5.2.3.	Опасные и вредные производственные факторы, связанные со световой средой.....	78
5.2.4.	Опасные и вредные производственные факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия на организм человека..	80
5.2.5.	Экологическая безопасность	83
5.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	84
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	86
	СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	87
	Приложение А	94

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В настоящее время интегрированное моделирование – активно развивающееся направление деятельности, обусловленной активным использованием интегрированных моделей различной конфигурации российскими и зарубежными компаниями с целью оптимизации процессов планирования и управления разработкой месторождений углеводородов.

Такой интерес к внедрению интегрированного моделирования в производственные процессы связано с тем, что выполнение расчетов на интегрированной модели обладает целым рядом преимуществ. Во-первых, интегрированная модель по сути является набором взаимосвязанных моделей-компонент, характеризующих месторождение на уровнях пласт – скважины – система сбора и подготовки – экономические показатели, что позволяет учесть взаимовлияние объектов, включенных в модель и накладываемые ими ограничения. Во-вторых, учет взаимного влияния компонентов способствует повышению точности прогнозных расчетов. В-третьих, улучшение прогнозной способности модели позволяет принимать наиболее эффективные решения. Следовательно, применение интегрированной модели для выполнения расчетов позволяет более точно определить результативность проводимых мероприятий и исключить те, эффективность которых не соизмерима со стоимостью. Таким образом интегрированная модель позволяет снизить затраты.

Несмотря на активное развитие интегрированного моделирования в настоящее время не существует единой методической основы создания интегрированных моделей. В связи с этим актуальность данной работы обусловлена необходимостью создания общей методической базы для использования в качестве основы для оптимизации процессов построения интегрированных моделей и обучения молодых специалистов.

Объектом исследования является процесс комплексирования геолого-технологических данных при построении интегрированной модели.

Предметом исследования является алгоритм построения интегрированной модели месторождения углеводородов.

Цель исследования: провести анализ современного подхода к интегрированному моделированию и составить алгоритм построения интегрированной модели с целью оптимизации разработки месторождений.

Задачи. В соответствии с целью исследования были поставлены следующие задачи: 1) провести анализ современного подхода к интегрированному моделированию на основе научной и научно-практической литературы; 2) рассмотреть процесс комплексирования геолого-технологических данных при построении интегрированной модели; 3) разработать алгоритм построения интегрированной модели и провести его опробование на предоставленных данных.

Научные положения, выносимые на защиту.

1. Интегрированное моделирование активно применяющийся и развивающийся инструмент по проектированию и управлению процессами разработки месторождений углеводородов, требующий комплексирование значительного объема геолого-технологических данных.

2. Разработанный алгоритм может быть использован для построения интегрированной модели актива с возможностью параллельного анализа исходных данных, позволяющего отслеживать и корректировать потоки многомерных данных между элементами модели.

Научная новизна: заключается в том, что был создан алгоритм построения интегрированной модели конфигурации «пласт – скважины – система сбора – экономика», аналогов которого в литературных источниках, находящихся в открытом доступе, не представлено.

Основной метод, использованный в работе: анализ современных достижений в области интегрированного моделирования, систематизация опубликованных и полученных данных с целью проведения алгоритмизации процесса построения интегрированной модели конфигурации «пласт – скважины – система сбора – экономика»

Область применения: разработка месторождений углеводородов.

Личный вклад автора выпускной квалификационной работы заключается в комплексном анализе литературных источников, посвященных интегрированному моделированию, определению перечня геолого-технологических данных, использующихся в процессе построения интегрированной модели, и выделению основных этапов построения интегрированной модели с последующим применением результатов работы для создания алгоритма и его опробования на основе предоставленных данных.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования разработанного алгоритма в качестве методической основы оптимизации процесса построения интегрированных моделей, а также обучения молодых специалистов.

Благодарности: Хочу выразить свою благодарность научному руководителю Черновой Оксане Сергеевна, а также сотрудникам Центра подготовки и переподготовки специалистов нефтегазового дела и всему преподавательскому составу за помощь и поддержку в процессе написания работы.

1 ИНТЕГРИРОВАННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

1.1 Общие сведения о концепции «Интегрированные операции»

Концепция оптимизации разработки месторождений углеводородов путем организации эффективной работы мультидисциплинарных команд существует около 30 лет, однако недостаточное развитие информационных и компьютерных технологий не позволяло в полной мере интегрировать работу специалистов из различных сегментов нефтегазодобывающей отрасли [54].

В 1980-х гг. началось активное развитие информационных и компьютерных технологий, которое привело к созданию специализированного программного обеспечения для создания моделей объектов и процессов разработки месторождений. При этом происходило постепенное совершенствование технологий, от наипростейших видов моделирования (математического и 2D-моделирования) к более функциональным пакетам 3D моделирования [46, 48].

Например, компания «Амосо» в 1960-х годах представила двумерный симулятор пласта и систем поверхностного обустройства [45, 57]. Несколько позже компанией «Schlumberger» были представлены, такие программные продукты, как: симулятор неустановившегося мультифазного потока «OLGA» (1979) и симулятор многофазного установившегося потока «PIPESIM» (1984).

В 1987 году началось распространение первой версии программного комплекса «IRAP RMS» компанией «Geomatic» (позже вошедшая в состав компании ROXAR и далее приобретенная вместе с ней корпорацией «Emerson Electric»). В 1998 году «Technoguide» представила первую версию платформы Petrel для коммерческого использования (после 2002 года разработкой и технической поддержкой работы платформы занимается «Schlumberger»). Примерно в это же время «Chevron» активно использует собственные разработки – «CHEARS» (трехмерный симулятор пласта) и «PIPESOFT-2»

(мультифазный симулятор системы скважина – поверхностное обустройство) и предпринимает попытки их совместного использования [60].

Таким образом, к концу 2000 г. уже существовал целый комплекс программных продуктов для моделирования пласта, сети трубопроводов, расчета экономических моделей актива и т.д. [27-28].

Одновременно с развитием информационных и компьютерных технологий происходило появление и развитие новых направлений исследований в области оптимизации разработки и эксплуатации месторождений. Одно из таких направлений было связано с понятием «интегрированные операции». Задачей исследований по данному направлению на начальном этапе было изучение перспектив объединения нескольких моделей для их совместного анализа с целью повышения точности прогнозов работы месторождения и эффективности составления планов разработки.

Так, например, коллектив авторов Breaux, E. J., Monroe, S. A., Blank, L. S., Yarberr, D. W., & Al-Umran, S. A. (1985) в своей работе рассмотрели методику составления плана разработки и эксплуатации месторождения с определенным дебитом на основе модели пласта с учетом ограничений поверхностного обустройства [47].

Одновременно с созданием и расширением теоретической базы для использования интегрированных операций для оптимизации производственных процессов происходило и постепенное внедрение компаниями интегрированных операций в свою деятельность [50-52].

Примером первых попыток использования интегрированных операций с целью оптимизации производственных процессов является создание компанией «Superior Oil» в 1989 г. специальных информационных центров для сбора и обработки данных бурения в реальном времени для направления их далее в головной офис. Первое полномасштабное внедрение интегрированных операций было осуществлено объединением трех крупных компаний – «Baker Hughes», «Norsk Hydro» (перестала существовать после слияния со «Statoil» в

корпорацию «Statoil Hydro») и «British Petroleum» («BP») на норвежском шлейфе [34].

Параллельное развитие компаниями в сфере интегрированных операций обусловило формирование к настоящему времени у большинства крупных нефтегазовых холдингов собственных подходов к применению интегрированных операций и соответствующих им целей, задач, комплекса методов и набора применяемых программных пакетов. При этом в условиях каждой отдельно взятой компании для концепции «Интегрированные операции» существует собственное название (Таблица 1.1) и определение.

Таблица 1.1 – Названия концепции «Интегрированные операции» в различных компаниях

Компания	Наименование концепции
«Shell»	«Smart Fields»
«Chevron»	«I-Fields»
«British Petroleum (BP)»	«Field of the future»
«StatoilHydro»	«Integrated Operations (IO)»
«Газпром нефть»	«Цифровое месторождение»
«ЛУКОЙЛ»	«Интеллектуальное месторождение»

Анализ научной литературы, посвященной применению интегрированных операций и их аналогов зарубежными и российскими компаниями, позволяет сделать вывод о том, что несмотря на различия в формулировках, основа методики остается неизменной. Ниже представлена попытка обобщить все многочисленные подходы и свести их к базовому набору компонентов, составляющих концепцию «Интегрированные операции».

Начать следует с определения. В настоящее время не существует единого определения понятия «Интегрированные операции» (Цифровое месторождение / Smart field / Интеллектуальное месторождение и т.д.). Однако данное определение рассматривается одновременно с нескольких позиций [28]:

- совокупность взаимосвязанных технологий и бизнес-процессов;
- программное обеспечение, позволяющее описывать и предсказывать поведение месторождения (моделировать процессы разработки и эксплуатации месторождения, а также технологических процессов добычи и транспортировки углеводородов);
- инструмент оперативного управления месторождением на основе данных, полученных в режиме реального времени;
- инструмент оптимизации технологических процессов добычи и транспортировки углеводородов с целью снижения финансовых расходов.

Структуру концепции в обобщенном виде можно представить в виде совокупности трех крупных блоков – интегрированные модели, интегрированное планирование и модель ограничений (Рисунок 1.1). Каждый из указанных блоков можно представить в виде набора взаимосвязанных компонентов, каждый из которых можно также разделить. При этом в рамках одного месторождения, разрабатываемого с применением интегрированных операций, обычно создается несколько интегрированных моделей.

Таким образом реальная структура применяемых интегрированных операций на месторождениях имеет гораздо более сложное строение по сравнению с приведенной на Рисунке 1.1 упрощенной схемой.

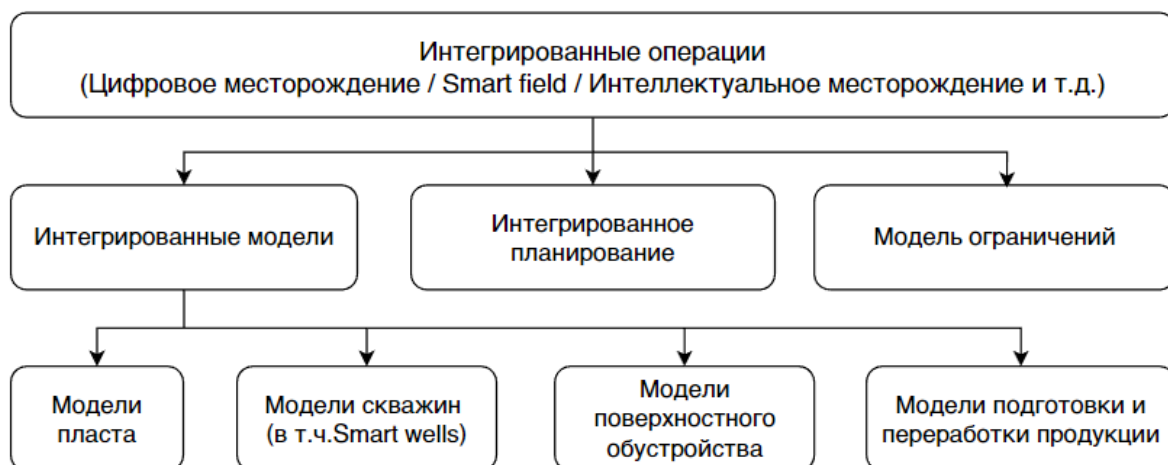


Рисунок 1.1 – Структура концепции «Интегрированные операции»
(Составила Иванова В.В., 2023)

Блоки «Интегрированное планирование» и «Модель ограничений» являются важными элементами концепции «Интегрированные операции», ниже приводится их краткая характеристика. Интегрированное моделирование является основным предметом изучения в рамках настоящей работы и более подробно рассмотрено в разделе 1.2.

Интегрированное планирование появилось в результате распространения принципов интегрированных операций в область планирования [33-34, 42]. Сущность интегрированного планирования заключается в следующем:

- объединения набора планов (производственных, логистических, бурения, обслуживания и т.д.) с целью увеличения эффективности планирования путем рационального и максимально оптимизированного распределения материально-технических и человеческих ресурсов на основе информации, получаемой в режиме реального времени;
- обеспечения большей предсказуемости событий за счет учета различного рода зависимостей между элементами планирования;
- обеспечение организационной гибкости, за счет возможности своевременной оценки возникновения проблем и их решения;

- обеспечение надежности планирования, путем уменьшения вероятности возникновения несоответствия между спросом и предложением продукции.

Рассмотрим применение модели ограничений на примере деятельности ПАО «Газпром нефть». В производственном процессе выделяется три цикла управления активом.

Малый цикл – ежедневное/еженедельное наблюдение по точкам ограничения (скважины, пункты сбора и подготовки и т.д.) путем контроля параметров работы (например, дебита скважин).

Средний цикл, проводящийся один раз в неделю/месяц/квартал – управление потерями по точкам ограничения (пласт-коллектор, скважины, системы сбора и подготовки и т.д.) средствами планирования и проведения различных технологических операций (геолого-технологические мероприятия, оптимизация систем поддержания пластового давления и т.д.).

Длинный цикл, проводящийся один раз в квартал/год/три года – управление нераскрытым потенциалом месторождения путем выполнения работ по проектированию новой системы разработки, планирования бурения, ремонта скважин и т.д. [34].

В различных литературных источниках приводится множество преимуществ внедрения концепции «Интегрированных операций» в производственных процесс, а также примеров её успешного применения [49, 53-55, 59]. В качестве основных у большинства авторов называются следующие преимущества:

- возможность получения более полной информации о строении объекта разработки, его взаимосвязи с другими объектами и особенностях, которые при последующей разработке могут оказать значительное влияние на технико-экономические показатели месторождения;

- возможность осуществления более точного планирования разработки и эксплуатации за счет учета взаимосвязанности систем пласт – скважина – система сбора и подготовки – сбыт;
- уменьшение капитальных и операционных затрат за счет своевременного принятия наиболее эффективных решений на основе данных, получаемых в режиме реального времени;
- возможность осуществления более точного моделирования эффекта от геолого-технологических мероприятий, использованию методов увеличения нефтеотдачи, введения новых скважин и т.д.;
- возможность разработки инновационных технологий для решения задач конкретного месторождения и моделирования эффекта от их применения;
- возможность дистанционной разработки удаленных месторождений.

Наличие большого количества преимуществ и бурное развитие компьютерных и информационных технологий обусловило широкое распространение интегрированных операций для оптимизации разработки месторождений. Месторождения, разработка которых организована, в соответствии с концепцией интегрированных операций называются интеллектуальными/цифровыми. Так в период с 2010-х гг. до 2015 года в России количество таких активов выросло с малого значения до 27, причем некоторые из них относятся к категории «безлюдных» (Рисунок 1.2).

Карта цифровых месторождений РФ

ПАО «ГАЗПРОМ» (включая месторождения *Salyut Petroleum Development N.V.* – совместного предприятия Shell и ПАО «Газпром нефть»)
1, 2 – Пильгун-Астохское, Луанское (Сахалин II);
3 – Кириновское (безлюдное, Сахалин III);
4 – Приразломное (Печорское море);
5 – Западно-Салымское; 6 – Восточно-Салымское;
7 – Ваделыпское

ПАО «Зарубежнефть»
8 – Харьгагинское

ПАО «ЛУКОЙЛ»
9 – Кравцовское (Балтийское море);
10, 11 – Юрия Корчагина, Филановского (Каспийское море);
12, 13 – им. Архангельского и им. Сухарева (север Пермского края)

ОАО «НОВАТЭК»
14 – Юрхаровское (Тазовская губа);
15 – Северо-Ханчейское ГКМ (безлюдное)

АО «РИТЭК»
16 – Котовское

ПАО «РСНЭФТЬ»
17, 18 – Чайво, Одолту (Сахалин I);
19 – Ванкорское; 20 – Приобское;
21, 22 – Увалская группа месторождений: Уренское и Каменное; 23 – Самотловское; 24 – Ваньеганское;
25 – Верхнеконское; 26 – Юрубчено-Тохомское

ПАО «ТАТНЕФТЬ»
27 – Ромашинское



Рисунок 1.2 – Карта цифровых месторождений РФ [35]

В настоящее время в качестве направлений развития интеллектуальных месторождений можно выделить разработку технологий искусственного интеллекта, Big Data, нейросети, машинное обучение, поиск новых «умных параметров» для использования в интегрированных моделях [56] и т.д.

1.2 Современный подход к интегрированному моделированию

В современном понимании интегрированная модель (ИМ) – комплексная модель, состоящая из нескольких моделей-компонент, объединенных через программу-интегратор и характеризующих процессы, происходящие на уровнях пласт – скважина – поверхностное обустройство (система сбора и подготовки продукции) – экономика. При этом количество моделей-компонент зависит от ряда параметров – сложности геологического строения месторождения, количества объектов разработки, принятых на объектах системах разработки (совместная или отдельная эксплуатация пластов, количество скважин, количество объектов, объединенных общими системами сбора и подготовки) и так далее [36, 43, 58].

В качестве примера можно привести созданную компанией «ЛУКОЙЛ» ИМ газовой части Пякяхинского месторождения. В состав модели входит 11

полномасштабных гидродинамических моделей пласта, множество детализированных моделей скважин и несколько моделей поверхностного обустройства [39, 41, 44].

Модель пласта позволяет оценить геологическое строение объекта, распределение свойств пород и флюидов в пространстве, оценить запасы и спроектировать наиболее эффективную систему разработки. В случае, когда объект уже разрабатывается в течение некоторого времени, модель пласта позволяет осуществлять текущий мониторинг разработки и выявлять методы оптимизации производственных процессов для достижения более высоких экономических показателей. Таким образом, одной из наиболее важных задач модели пласта является прогнозирование поведения пласта при использовании той или иной системы разработки, с целью подбора наиболее оптимальной системы для определенных условий и при внесении изменений в текущий режим эксплуатации [24-26, 32].

Существует два вида моделей пласта, применяемых для построения интегрированных моделей – полномасштабная гидродинамическая и модель материального баланса. Каждый тип моделей обладает как преимуществами, так и недостатками, и применяется в определенных ситуациях.

Гидродинамическая модель (ГДМ) – в сущности, является набором дифференциальных уравнений, решение которых осуществляется путем применения численных методов конечно-разностного представления производных. В качестве преимуществ применения полномасштабной ГДМ для построения ИМ можно выделить более точное описание геологического строения объекта и увеличение качества прогнозирования поведения пласта в долгосрочной перспективе (при этом точность прогноза повышается с увеличением времени эксплуатации объекта по причине уменьшения количества неопределенностей). В качестве недостатков использования полномасштабной ГДМ как компонента ИМ можно назвать высокую трудоемкость процесса (так как к ГДМ в рамках ИМ предъявляются более высокие требования к качеству адаптации модели), увеличение времени

расчета и финансовых затрат. Таким образом, полномасштабная ГДМ обычно используется для сложно построенных объектов, для стратегического планирования разработки и в условиях, когда экономический эффект от ее применения превышает затраты на построение [30-31].

Модель материального баланса – это базовый объемный баланс, учитывающий изменение пластового давления в динамике с учетом установленных отборов флюидов. Данная модель является упрощенной моделью пласта, в связи с чем обладает рядом преимуществ – уменьшение времени расчетов, снижение трудоемкости и ресурсозатратности процесса построения. В качестве недостатков модели материального баланса можно назвать снижение точности прогнозирования в долгосрочном периоде и невозможность использования для описания объектов, имеющих сложное геологическое строение [23,30-31].

Таким образом описание модели пласта методом материального баланса при построении ИМ используется для оперативных расчетов в условиях относительно продолжительного периода разработки и накопления достаточного объема исторических данных.

Также следует отметить, что важным компонентом модели пласта является PVT-модель, позволяющая прогнозировать поведение флюида при изменении термобарических условий. При этом качество подобранной PVT-модели влияет на точность как модели пласта, так и других моделей-компонент – скважины и поверхностного обустройства. В зависимости от свойств флюида, пластовых и поверхностных условий, а также целей и задач моделирования выбирается либо модель «черной нефти» («Black oil»), либо композиционная модель.

Моделирование пласта обычно проводится в таком программном обеспечении, как: «MBAL» («Petroleum Experts»), «ECLIPSE» («Schlumberger»), «ТНавигатор» («Rock Flow Dynamics» – «RFD»), «IRAP RMS» («EMERSON» / «ROXAR»).

Модель скважин позволяет воспроизвести или спрогнозировать с необходимой точностью поток флюидов в скважине на основе данных о геометрии скважины, ее конструкции, спущенного в нее оборудования и термобарических условий, в которых она работает, с учетом всех влияющих факторов и ограничений.

Проведение расчетов на модели скважин в условиях интегрированного моделирования позволяет оценить оптимальность подобранной проектной конструкции скважины и выбора режима ее работы и скорректировать их при необходимости [40]. Моделирование скважины обычно проводится в таком программном обеспечении, как: «PIPESIM» («Schlumberger»), «PROSPER» («Petroleum Experts»), «ТНавигатор».

Модель систем сбора и подготовки обеспечивает учет изменений в потоке флюидов, обусловленных изменением термобарических условий при движении продукции по сетям промысловых трубопроводов до установок подготовки и при прохождении флюида через них. Также, включение данных моделей-компонент в состав интегрированной модели позволяет учесть ограничения, накладываемые, систем сбора и подготовки на добычу и режим работы скважин [40].

Моделирование поверхностного обустройства обычно проводится в таком программном обеспечении, как: «PIPESIM», «GAP» («Petroleum Experts»), «ТНавигатор».

Экономическая модель – по сути, представляет собой совокупность формул для расчета финансово-экономических показателей проекта (например, чистой приведенной стоимости, срока окупаемости и т.д.) с применением, как специальных программ, так и с помощью использования встроенных в «Microsoft Excel» функций и, при необходимости, создания пользовательских функций и программ (макросы на VBA). Примером специального программного обеспечения является «Merak Peer» («Schlumberger»).

Отдельные модели-компоненты объединяются специальной программой интегратором, основными задачами которой является обмен данными между компонентами ИМ и проведение расчетов с учетом их взаимовлияния и накладываемых ограничений.

В качестве программы-интегратора обычно используется «IAM» («Schlumberger») и RESOLVE («Petroleum Experts»). Также следует отметить, что программное обеспечение может совмещать инструменты по построению моделей-компонент и их интеграции в условиях единого программного комплекса. Примером такого комплекса является «тНавигатор», состоящий из нескольких взаимосвязанных модулей.

Таким образом, интегрированная модель – мощный инструмент по управлению разработкой месторождений углеводородов, однако решение о ее применении должно быть основано на анализе целей и задач моделирования, требующихся и имеющихся ресурсов, а также ожидаемых результатов.

1.3 Опыт применения интегрированного моделирования российскими компаниями

В 2017 г. компания «ЛУКОЙЛ» успешно завершила работы по созданию и опытно-промышленной эксплуатации интегрированной модели Находкинского газового месторождения [40]. В состав модели вошли ГДМ объекта ПК₁, 60 моделей добывающих скважин и модель системы сбора газа. В рамках пробной эксплуатации было необходимо решить следующие задачи – выявление проблемных с точки зрения выпадения газогидратов участков трубопровода и разработка алгоритма расчета оптимального количества подаваемого ингибитора (метанола), а также подбор наиболее эффективного режима эксплуатации скважин с учетом существующих ограничений.

В результате опытной эксплуатации ИМ Находкинского месторождения был разработан алгоритм суть которого заключается в следующем. Сначала моделируется ситуация, когда ингибитор не подается в систему сбора.

Результатом на данном этапе является выявление проблемных участков. Далее проводится увеличение количества метанола, подаваемого на ранее выявленные участки гидратообразования. Затем производится повторный расчет ИМ с учетом произведенных изменений. Расчеты итерационно повторяются пока режим работы участка не станет безопасным. Значение расхода ингибитора, обеспечивающее безопасный режим фиксируется. Результатом применения составленного алгоритма стало сокращение расхода метанола на 15%.

Использование тестируемой ИМ Находкинского месторождения позволило провести оптимизационные расчёты с учётом существующих ограничений по входному давлению на установке комплексной подготовки газа (УКПГ) и депрессии, а также с учётом взаимовлияния скважин. В результате расчетов были подобраны оптимальные режимы работы 41 скважины, что позволило повысить давление на входе в УКПГ на 11% и сохранить значение депрессии в допустимых пределах.

В 2021 году компании ООО «Газпромнефть-Оренбург» совместно с «Information Technology Professional Solutions» («ITPS») выполнили проект «Создание интегрированной модели Восточного участка Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения ООО «Газпромнефть-Оренбург».

В рамках выполнения проекта была создана ИМ позволяющая обеспечить прогноз уровней добычи на средне- и долгосрочном уровнях и проводить оптимизационные расчеты параметров разработки месторождения. Выполнение расчетов обеспечило снижение расхода газлифтного газа на 14% и приростом добычи нефти. Также построенная модель позволит контролировать процессы сбора и подготовки нефти для достижения максимальной эффективности при разработке месторождения.

Экономический эффект от запуска в промышленную эксплуатацию был оценен в 3,3 млрд руб. до 2030 года за счет дополнительной добычи нефти свыше 800 тыс. тонн нефти и 1,3 млрд м³ газа.

2 СОСТАВЛЕНИЕ АЛГОРИТМА ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ МОДЕЛИ

2.1 Характеристика исходных данных необходимых для построения интегрированной модели

Для построения любой модели необходим базовый набор исходных данных. Чем сложнее модель, тем больше объем необходимой для построения информации. ИМ характеризуется высокой сложностью ввиду того, что данный тип модели по сути является объединением нескольких моделей-компонент – моделей пласта, скважин, систем сбора и подготовки, а также экономической модели, для построения каждой из которых необходим определенный набор исходных данных. При этом количество таких компонент в зависимости от моделируемого объекта разработки значительно различается. Например, в рамках одного объекта может находиться несколько сотен скважин и для построения ИМ такого актива необходимо построить соответствующее количество моделей скважин, что в свою очередь значительно увеличивает совокупный требуемый объем исходной информации.

Весь набор исходных данных можно разделить на несколько категорий и групп. Упрощенная классификация представлена на Рисунке 2.1.

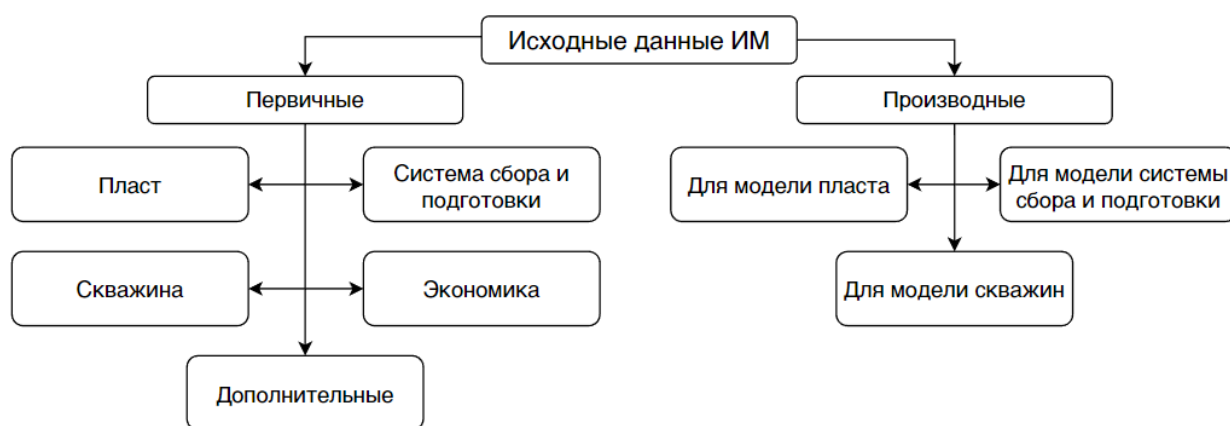


Рисунок 2.1 – Классификация исходных данных
(Составила Иванова В.В., 2023)

К категории первичных относятся данные, которые заносятся непосредственно в программы для создания моделей-компонент либо используются для создания производных параметров. Данная категория представлена несколькими группами. Рассмотрим их несколько подробнее.

К группе «пласт» относятся результаты всех исследований, позволяющих получить, по возможности, максимально полную информацию о строении пласта, его петрофизических и фильтрационных свойствах, а также свойствах пластовых флюидов (Рисунок 2.2).



Рисунок 2.2 – Исходные данные группы «пласт»
(Составила Иванова В.В., 2023)

К группе «скважина» относится вся информация, накопленная в течение жизненного цикла скважины – от строительства до ликвидации (Рисунок 2.3).

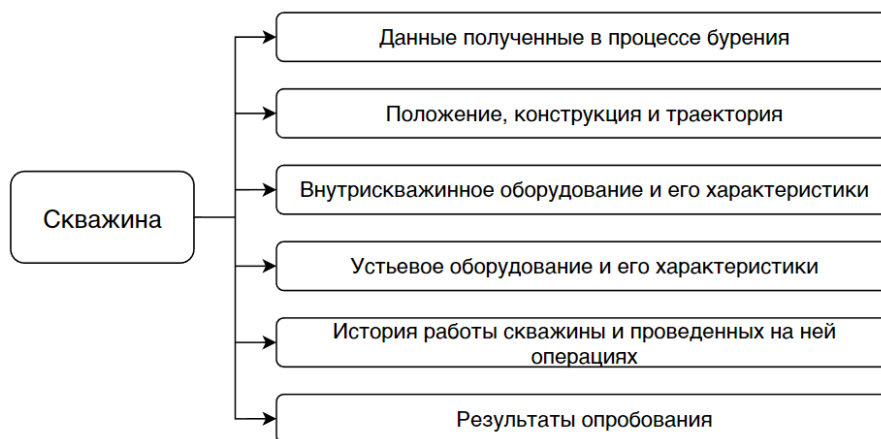


Рисунок 2.3 – Исходные данные группы «скважина»
(Составила Иванова В.В., 2023)

К группе «система сбора и подготовки» относятся все сведения о том, как организован сбор продукции – какую конфигурацию имеет сеть сбора, конструкция промысловых трубопроводов и о применяющихся для подготовки продукции установках (Рисунок 2.4).

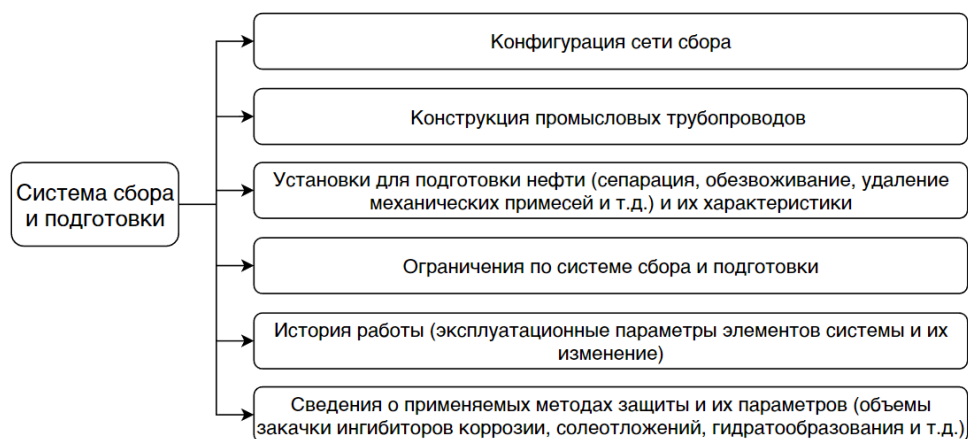


Рисунок 2.4 – Исходные данные группы «система сбора и подготовки»
(Составила Иванова В.В., 2023)

В группу «экономика» входят параметры, необходимые для определения финансовых показателей проекта и выбора наиболее выгодной стратегии разработки месторождения с учетом оптимальности организации производственных процессов (Рисунок 2.5).

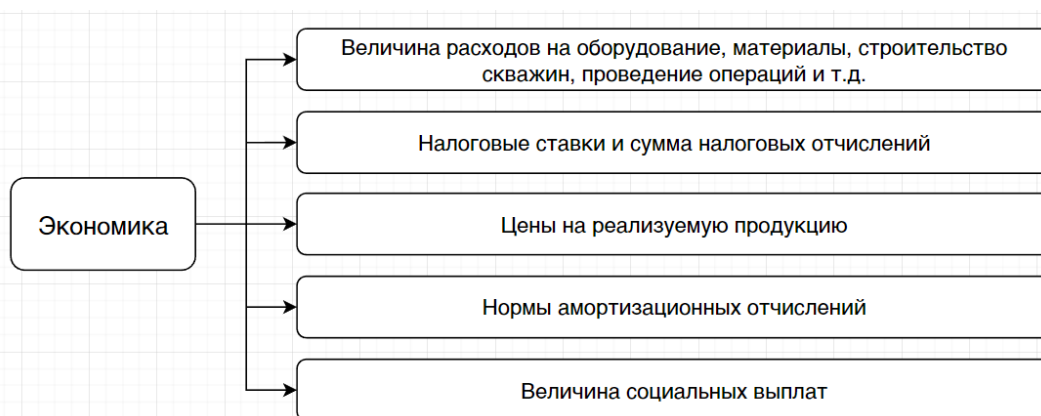


Рисунок 2.5 – Исходные данные группы «экономика»
(Составила Иванова В.В., 2023)

К последней группе – «дополнительные» можно отнести то, что не было отнесено к четырем основным группам. Так при недостаточном объеме исходных данных (например, при проектировании разработки нового актива) могут быть использованы параметры по месторождениям-аналогам [38]. Также, в качестве дополнительных источников информации (особенно на стадии разведки) используют данные региональной геологии: структурные карты, тектонические карты, региональные стратиграфические схемы, схемы структурно-фациального районирования и т.д.

Вторая категория в приведенной выше классификации объединяет такие исходные данные, которые получаются путем анализа или использования в специальных программах первичных данных. К такой категории, например, относятся кривые относительных фазовых проницаемостей (ОФП), получаемые в результате анализа результатов специальных исследований ядра, петрофизические зависимости, получаемые после интерпретации увязанных с ядром кривых ГИС, PVT-модели, созданные на основе лабораторных исследований проб пластовых флюидов и многое другое.

Таким образом, для построения моделей-компонент, входящих в состав ИМ, необходим значительный объем разнообразной информации. При этом к качеству исходных данных для ИМ предъявляются повышенные требования ввиду того, что в расчетах учитывается взаимосвязь компонентов, вследствие чего негативное влияние ошибок и погрешностей в одной модели-компоненте на качество расчетов с использованием ИМ, значительно усиливается. Именно поэтому подготовке данных к дальнейшему использованию следует уделять особое внимание.

Также следует отметить, что для достижения наибольшей эффективности работы с исходной информацией по активам необходимо иметь единую упорядоченную базу данных (БД) с определенной внутренней структурой. Пример самой простой структуры представлен на Рисунке 2.6.

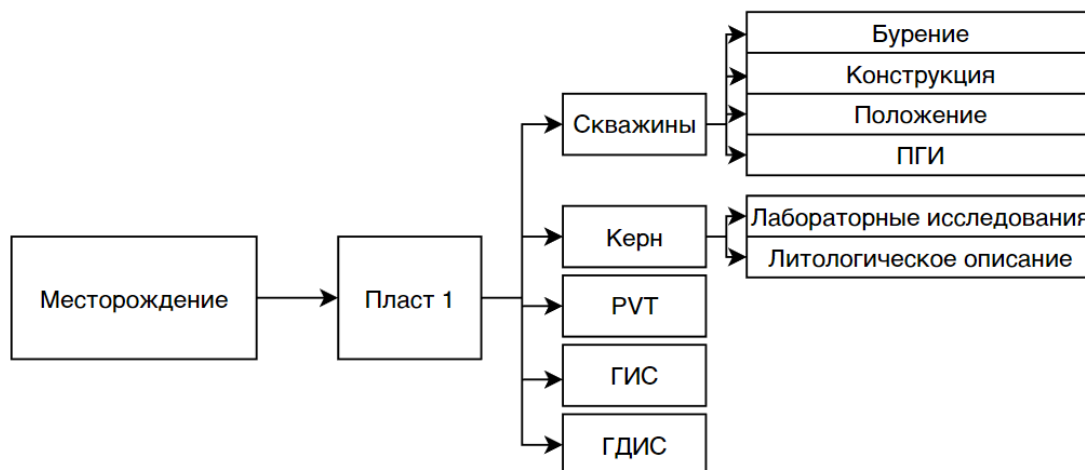


Рисунок 2.6 – Пример структуры данных в БД
(Составила Иванова В.В., 2023)

На практике создание унифицированной БД по всем активам компании затрудняется, ввиду множества ограничивающих факторов. Во-первых, для создания такой БД необходимо гораздо более сложная структура, чем представленная на рисунке выше. Во-вторых, множество месторождений разрабатываются уже десятки лет, что обуславливает большое количество информации на бумажных носителях, оцифровка которых требует времени, а иногда не представляется возможной. В-третьих, большой объем разнородной информации по активам затрудняет создать унифицированную систему, отслеживать устаревшие, некорректные или противоречащие друг другу данные. В-четвертых, в случае если месторождение имеет небольшой срок разработки или находится на стадии разведки, то необходимая информация может отсутствовать (в таком случае осуществляется поиск месторождений-аналогов и используются региональные геологические данные).

Именно поэтому при подготовке к созданию ИМ часто приходится искать информацию в разных источниках, затем объединять в одном месте, анализировать на качество и согласованность, а также, по возможности, устранять неопределенности.

2.2 Комплексирование геолого-технологических данных на примере построения модели пласта

В качестве примера комплексного использования информации рассмотрим процесс построения модели пласта для дальнейшего использования ее в интегрированном моделировании. Под моделью пласта в данном случае подразумевается полномасштабная ГДМ. Создание ГДМ выполняется на основе ГМ, PVT-модели, кривых ОФП и данных по скважинам (существующим и планируемым). Для подготовки каждого компонента необходимо проанализировать определенный набор исходных данных.

Для построения кривых ОФП необходимы данные лабораторных исследований керна – значения абсолютных и фазовых проницаемостей, начальные, остаточные и критические насыщенности флюидами в различных системах (вода-нефть, нефть-газ, вода-газ в зависимости от присутствия тех или иных флюидов в пласте) и соответствующие им значения относительных фазовых проницаемостей, а также замеры капиллярного давления, при котором происходит вытеснение флюидов из образца в условиях экспериментов.

PVT-модель создается на основе результатов анализа отобранных проб пластовых флюидов. Для построения модели используются значения плотности, вязкости, объемного коэффициента, коэффициента сжимаемости и сверхсжимаемости (для газа) флюидов при определенных величинах давления. С учетом экспериментальных данных подбираются наиболее подходящие уравнения зависимости физических свойств флюидов от температуры, давления и глубины. В случае необходимости применения композиционной модели обязательно наличие информации о компонентном составе флюидов.

Построение ГМ осуществляется в несколько этапов:

- создание концептуальной модели;
- структурное моделирование;

- создание трехмерной сетки и перенос на нее скважинных данных;
- литолого-фациальное моделирование;
- петрофизическое моделирование;
- подсчет запасов углеводородов [29].

На каждом этапе используется определенная совокупность исходных данных, при этом результаты предыдущего этапа используются как производные исходные данные для последующего. Поэтому в рамках построения концептуальной модели ведется наиболее активное комплексное изучение значительного объема априорной информации.

Приведем понятие, сформулированное К.Е. Закревским. Концептуальная модель – это формализованное на основе имеющегося фактического материала представление о геологическом строении моделируемых объектов: представления о стратиграфии, тектонике, седиментации отложений, их морфологии и закономерностях пространственного изменения пород с учётом постседиментационного преобразования [29].

В составе концептуальной модели обычно выделяют несколько блоков – седиментационная и тектоническая модели, а также корреляционные построения. Схема комплексирования данных при построении концептуальной модели представлены на Рисунке 2.7.

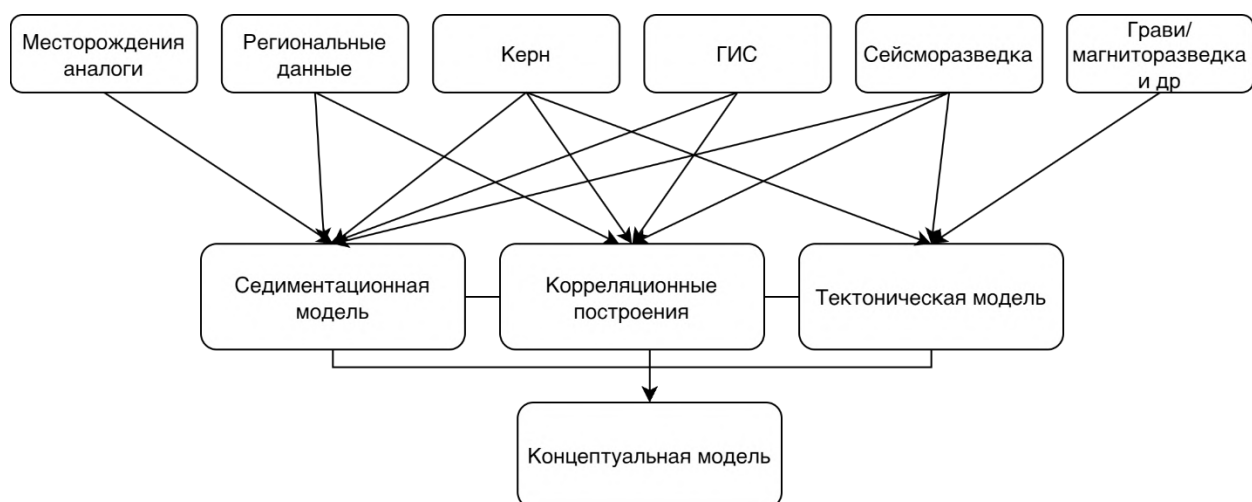


Рисунок 2.7 – Комплексирование данных при построении концептуальной модели (Составила Иванова В.В., 2023)

На основе приведенной схемы можно сделать вывод, что основными источниками данных в процессе создания концептуальной модели являются керн (описание и лабораторные исследования), ГИС и сейсморазведка (как региональная, так и детальная). Совместный анализ этих данных позволяет расчленивать разрез, определить закономерности распространения фаций, геологических тел и их размеров, выявить тренды распространения петрофизических свойств и многое другое. Полученные в результате концептуального моделирования принципы и закономерности создают основу для всех последующих этапов создания трехмерной ГМ.

После построения ГМ и сопоставления параметров модели с фактическими данными результаты ее построения используются в качестве исходных данных для гидродинамического моделирования.

В гидродинамический симулятор загружаются полученные из ГМ 3Д-сетка, скважины и кубы свойств (пористость, проницаемость, насыщенности флюидами и т.д.). Также загружаются рассчитанные ранее кривые ОФП и созданная PVT-модель. Дополнительными исходными данными в процессе построения ГДМ являются данные о конструкции и истории работы скважины (режимы и технологические параметры работы, проведенные операции и т.д.).

После загрузки всех необходимых данных выполняется сборка модели и адаптация ее на фактические данные. Адаптированную модель используют далее для объединения с другими моделями-компонентами в интегрированную модель и проведения дальнейших расчетов.

Построение модели пласта – процесс сложный, длительный и итеративный в связи с тем, что в процессе разработки месторождения появляются новые данные, что в свою очередь требует повторного анализа всех накопленных геолого-технологических данных и внесения при необходимости изменений в строение модели.

2.3 Составление алгоритма построения интегрированной модели

Процесс построения ИМ достаточно сложный и требует серьезных энергозатрат. При этом результат моделирования может оказаться неудовлетворительным по различным причинам – затраченные ресурсы превышают полученный эффект, некачественная подготовка данных, ошибки, допущенные при создании моделей-компонент или во время сборки ИМ и т.д.

Для того, чтобы снизить вероятность снижения эффективности построения и использования ИМ следует придерживаться определенного алгоритма действий. Предположим, что первичные исходные данные проанализированы и готовы к использованию. С учетом этого составим алгоритм для построения ИМ на примере конфигурации «пласт – скважины – система сбора – экономика».

В целом весь процесс построения ИМ можно разделить на три этапа: подготовительный, основной и заключительный. Рассмотрим их более подробно в процессе составления алгоритма.

В течение подготовительного этапа осуществляется анализ активов компании с целью выбора кандидатов для моделирования и выбора наиболее приоритетного из них.

Единого подхода к выбору актива не существует, поэтому обобщенный алгоритм действий на данном этапе можно представить в виде блок-схемы, представленной на Рисунке 2.8.

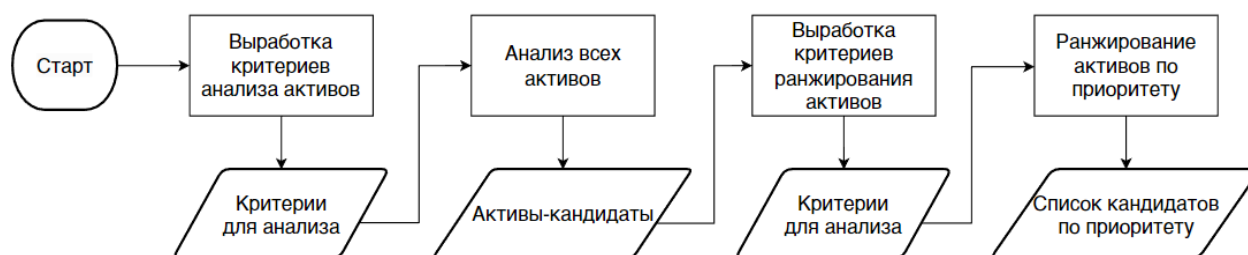


Рисунок 2.8 – Фрагмент алгоритма построения ИМ. Подготовительный этап (Составила Иванова В.В., 2023)

Сначала определяются критерии анализа активов. Затем по данным критериям осуществляется анализ всех активов. В процессе анализа для каждого актива также определяются цели, задачи и ожидаемый результат от построения ИМ. С учетом результатов анализа оценивается целесообразность использования ИМ и осуществляется выбор её конфигурации. Затем подбираются критерии ранжирования и проводится определение приоритетности актива. Результатом указанных действий является список активов-кандидатов для построения ИМ в порядке убывания их приоритета.

В качестве примера можно привести, алгоритм предложенный коллективом авторов [37]. Анализ активов проводится по трем критериям – значимость для компании, сложность коллектора и интенсивность разработки, а также сложность и загрузка поверхностного обустройства (инфраструктуры). Каждый критерий оценивается по ряду показателей. Принцип начисления баллов меняется в зависимости от оцениваемого показателя. Численная оценка категории определяется как среднее взвешенное всех показателей (веса подбираются в индивидуальном порядке экспертом самостоятельно). Далее выполняется группировка по нескольким критериям и оформляется в виде графика. На основе полученного графика делается вывод о необходимости применения ИМ и ее конфигурации.

В рамках основного этапа выполняется построение и, при необходимости, актуализация моделей-компонент в соответствии с выбранной на предыдущем этапе конфигурации и задачами построения. Также, на данном этапе настраиваются взаимосвязи компонентов ИМ для дальнейшей сборки на заключительном этапе.

В течение основного этапа работа над моделями компонентами начинается одновременно и ведется параллельно до момента настройки взаимосвязей. При этом начальные действия для всех компонентов – однотипные. Во-первых, определяется необходимость построения той или иной модели-компонента, так как для одной ИМ может быть достаточно

обновить и дополнить существующую, а для другой необходимо провести моделирование с самого начала.

Если модель-компонента уже существует, либо ее построили, выполняется проверка актуальности и адаптации на исторические данные (дебиты, давления, результаты ГДИС и т.д.). Если требуется корректировка модели, то после ее выполнения проводят повторную проверку на актуальность.

После того, как модель-компонента была настроена независимо от остальных компонентов ИМ выполняют постепенное объединение путем настройки взаимосвязей между ними. Для этого результаты, получаемые в одной модели-компоненте (например, пласт), подаются как исходные данные в другую (например, модели скважин) для совместного учета. В результате этого меняются результаты расчета второй модели-компонента, что в свою очередь требует повторной проверки на актуальность и адаптированность. Если проверка не пройдена, то производится корректировка до момента прохождения проверки. В результате на выходе получается настроенная связка между компонентами ИМ и определенный набор данных и моделей.

С учетом вышесказанного была составлена схема алгоритма основного этапа построения ИМ (конфигурация «пласт – скважины – система сбора – экономика»). Фрагменты схемы, соответствующие разным моделям компонентам, представлены на Рисунках 2.9-2.12. Рассмотрим некоторые особенности по каждой из моделей-компонент.

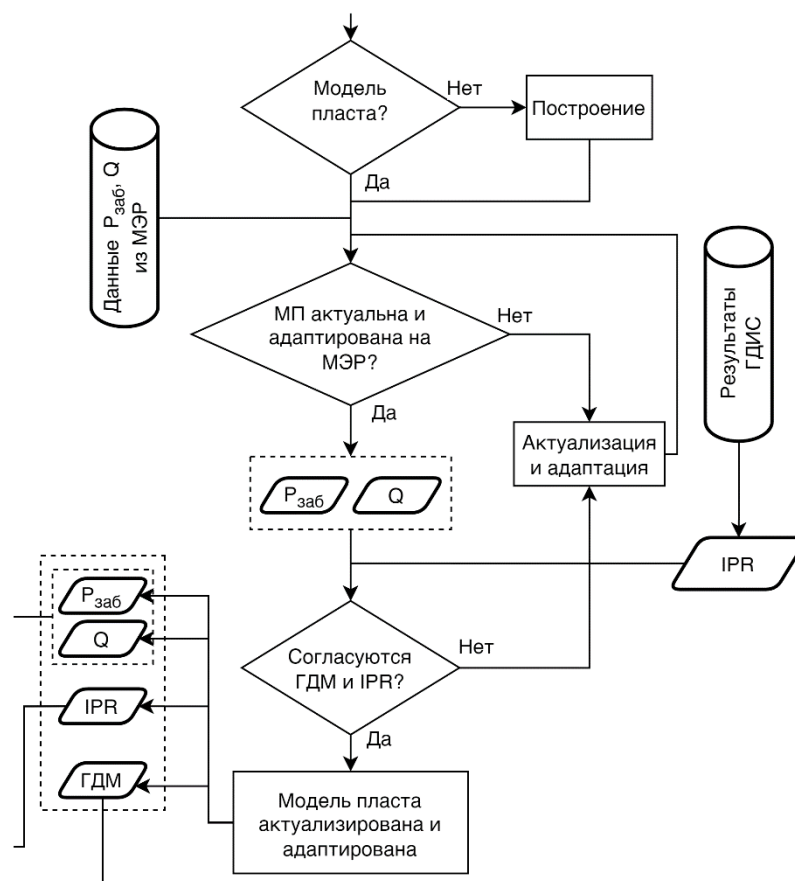


Рисунок 2.9 – Фрагмент алгоритма построения ИМ.
 Основной этап, модель пласта (Составила Иванова В.В., 2023)

Проверка актуальности и адаптированности модели пласта выполняется по имеющимся данным дебита и забойного давления из информации о месячном эксплуатационном режиме (МЭР). По результатам первой адаптации и актуализации на выходе из модели получают некоторые значения дебита и забойного давления. Далее необходимо сопоставить IPR кривые, полученные из результатов ГДИС и кривые, построенные гидродинамическим симулятором (например, в модуле «Дизайнер моделей» программного комплекса «ТНавигатор»). Если кривые не согласуются значит надо внести корректировки и провести повторные проверки согласно схеме (Рисунок 2.9). После успешной адаптации на выходе из данного участка алгоритма мы имеем адаптированную ГДМ и соответствующие значения дебита и забойного давления, а также набор кривых IPR. На этом независимая настройка модели пласта заканчивается, а итоговые данные передаются дальше по схеме (Рисунок 2.9).

На схеме, представленной на Рисунке 2.10 серым цветом отмечены элементы, не относящиеся к части алгоритма, посвященной построению модели скважин.

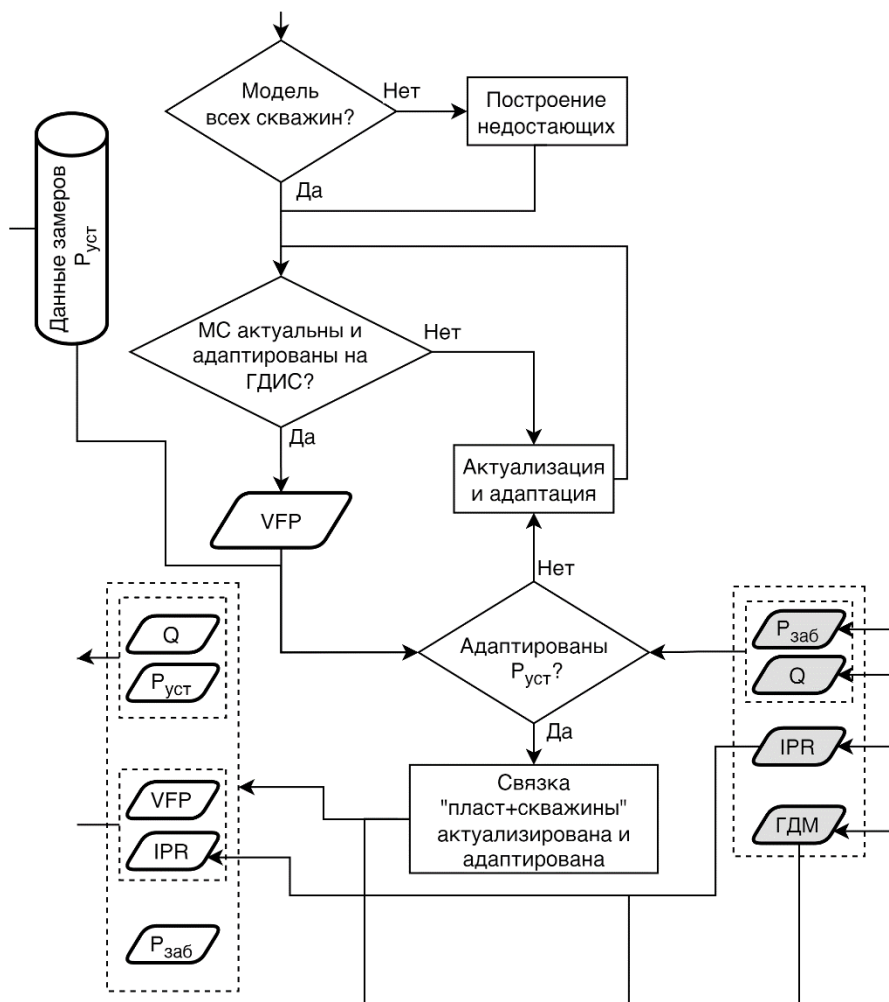


Рисунок 2.10 – Фрагмент алгоритма построения ИМ. Основной этап, модель скважин (Составила Иванова В.В., 2023)

Аналогично модели пласта, построенная или уже существующая модель проверяется на актуальность и адаптированность, однако исходными данными для сравнения являются замеры устьевых давлений. После выполнения первой адаптации и актуализации независимая модель скважины считается законченной и результатом является набор кривых VFP. Далее с использованием данных полученных после выполнения блока модели пласта – забойных давлений и дебитов настраивается взаимосвязь двух моделей. Для этого проверяется согласованность рассчитанных в модели после

подключения модели пласта значений устьевого давления с историческими. Результатом данного блока алгоритма являются настроенная взаимосвязь «пласт – скважины», адаптированные значения устьевого давления, наборы IPR и VFP кривых, а также значения дебитов и забойных давлений. Полученные данные передаются дальше по схеме (Рисунок 2.10).

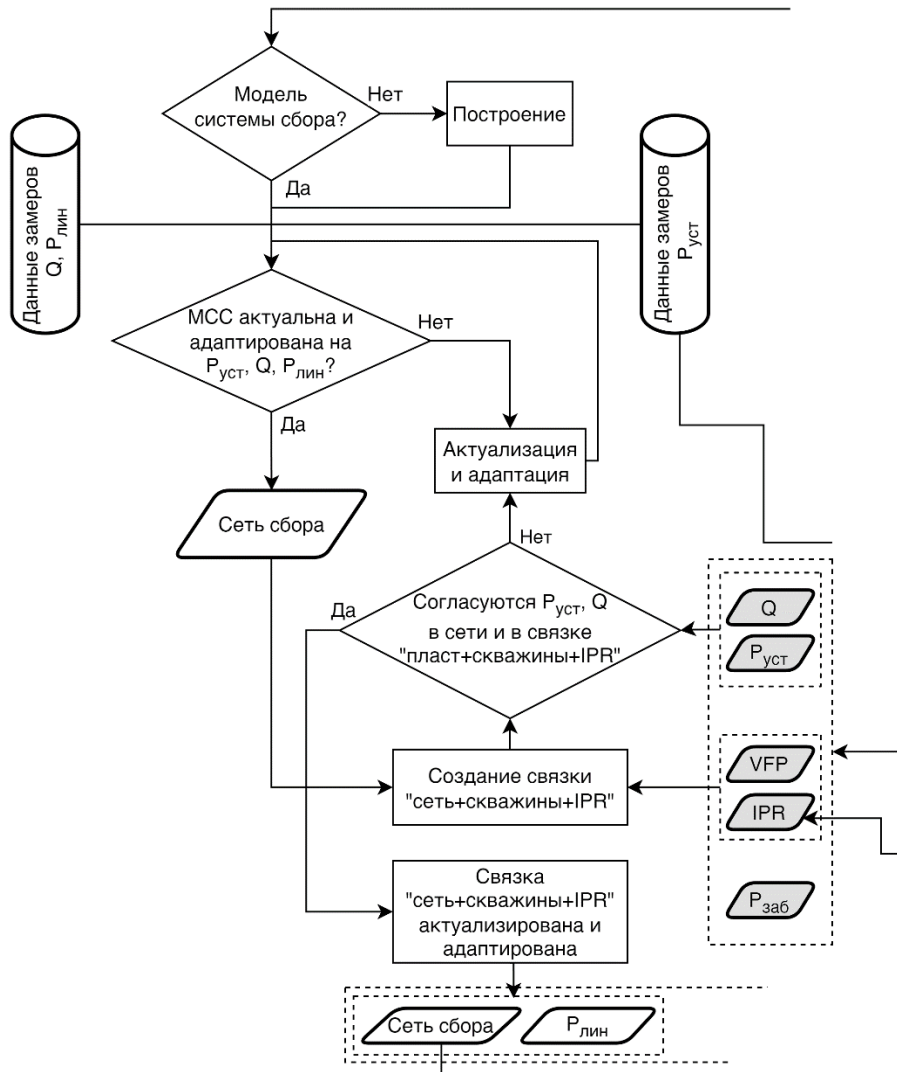


Рисунок 2.11 – Фрагмент алгоритма построения ИМ. Основной этап, модель системы сбора (Составила Иванова В.В., 2023)

Последовательность действий в блоке алгоритма, посвященном модели система сбора имеет аналогичное начало (Рисунок 2.11) – проверку адаптации и актуальности построенной или существующей модели. Отличие заключается в том, что проверка выполняется на соответствие замерам

линейного давления, дебитов и устьевое давления. Далее после успешного прохождения проверки к модели сети сбора подключаются полученные ранее данные (согласно схеме, представленной на Рисунке 2.10) и создается связь «сеть+скважины+IPR». К полученной связи подключаются еще значения дебитов и устьевых давлений и определяется согласованность рассчитанных значений с учетом связи и исторических. При необходимости вносятся корректировки и проводится повторная проверка (Рисунок 2.11). Результатом выполнения данного блока алгоритма является настроенная система сбора и значения линейного давления.

Экономическая модель – наиболее простая из моделей-компонент, так как не требует специальной адаптации на исторические данные. Для выполнения блока экономической модели достаточно создать или обновить существующую модель согласно схеме (Рисунке 2.12).

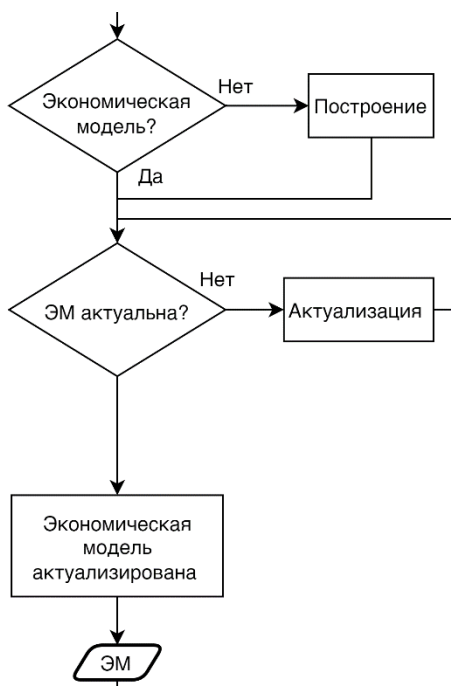


Рисунок 2.12 – Фрагмент алгоритма построения ИМ.
Основной этап, экономическая модель (Составила Иванова В.В., 2023)

Таким образом, по окончании основного этапа построения ИМ имеется определенный набор данных и настроенных взаимосвязей, которые

используются для сбора и отладки ИМ, что в свою очередь дает возможность использовать построенную модель для прогнозных расчетов.

Заключительный этап включает процессы сбора модели, выявление и устранение ошибок, расчета прогноза, анализа результатов прогнозных расчетов и всю опытно промышленную эксплуатацию. Алгоритм процессов заключительного этапа представлен на Рисунке 2.13.

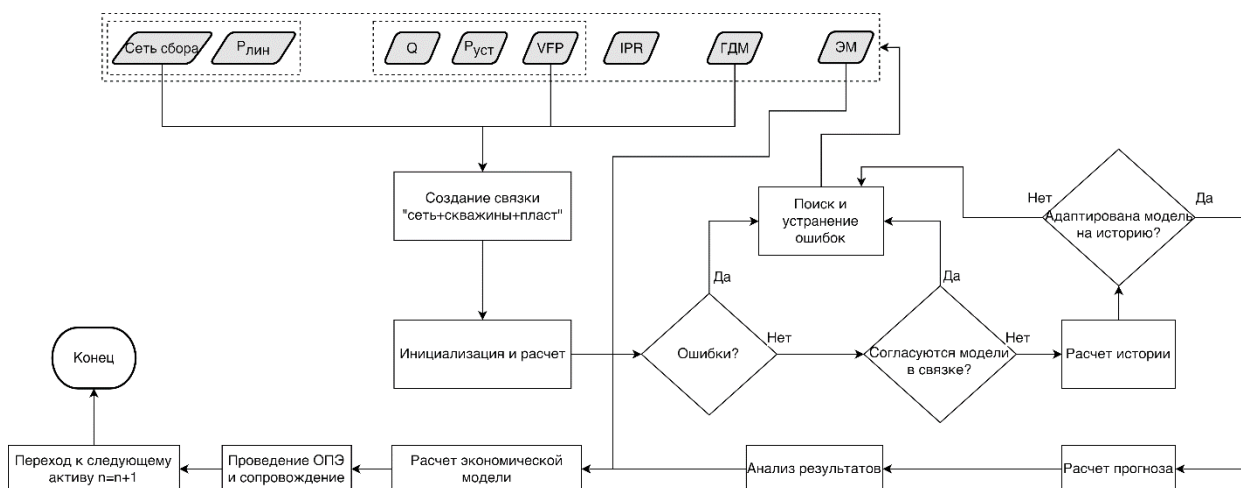


Рисунок 2.13 – Фрагмент алгоритма построения ИМ. Заключительный этап (Составила Иванова В.В., 2023)

3 ОПРОБОВАНИЕ АЛГОРИТМА ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ МОДЕЛИ НА ОСНОВЕ ПРЕДОСТАВЛЕННЫХ ГЕОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПО ОБЪЕКТУ X

В настоящем разделе приведен процесс определения возможности построения ИМ объекта X на основе предоставленных данных с использованием разработанного ранее алгоритма построения ИМ. По результатам анализа данных во время построения моделей-компонент выявляется достаточность исходной информации или необходимость получения дополнительных сведений для успешного построения ИМ.

В качестве исходных данных по объекту X были предоставлены:

- сведения о месторождении в рамках которого был выделен объект X (краткое описание и сводный стратиграфический разрез);
- результаты интерпретации ГДИС в виде отчета в текстовом формате;
- результаты рутинных и специальных исследований керна;
- результаты анализа проб флюидов;
- готовая ГМ: трехмерная сетка и кубы свойств в текстовом формате;
- инклинометрия скважин;
- отчеты о проведении промыслово-геофизических исследований (ПГИ) скважин;
- история работы скважин.

В предыдущей главе был составлен алгоритм построения ИМ (конфигурация «пласт – скважины – система сбора»). На основе данного алгоритма с использованием представленных исходных данных определим возможность построения ИМ объекта X.

Алгоритм начинается с выполнения подготовительного этапа, в рамках которого осуществляется выбор наиболее приоритетного для построения ИМ актива. Ввиду того, что объект моделирования – единственный, данный этап пропущен.

Следующий этап – основной, в течение которого создаются основные модели – компоненты для последующего объединения в ИМ. В соответствии с разработанным алгоритмом на данном этапе необходимо создать модели пласта, скважин и системы сбора с учетом их взаимовлияния.

Основной этап начинается с работы над моделью пласта. Первым делом необходимо выяснить существует ли уже действующая модель пласта. Под моделью пласта в условиях рассматриваемого алгоритма является полномасштабная ГДМ. Таким образом, модель-компонента «пласт» отсутствует, и поэтому ее необходимо создать.

Для создания модели пласта необходима PVT-модель, кривые ОФП, ГМ и данные скважин. ГМ представлена в качестве исходных данных в готовом для загрузки в программный комплекс «ТНавигатор» виде – сетка, куб литологии, пористости, проницаемости (в направлениях $x; y; z$), начальной и критической водонасыщенности.

Кривые ОФП создавались на основе результатов специальных лабораторных исследований керна, представленных в виде электронных таблиц с использованием «Microsoft Excel». В таблицах представлены результаты исследований, проведенных в системах вода-нефть и нефть-газ на нескольких образцах керна, отобранных из разведочных скважин. Для каждого образца определялись концевые точки (критические и остаточные насыщенности флюидом и соответствующие им относительные фазовые проницаемости) и строились графики.

Далее экспериментальные точки наносились на общий график. Затем были найдены средние значения концевых точек, на основе которых подбирались параметры Corey, таким образом, чтобы полученные кривые соответствовали лабораторным данным. Результаты построения кривых ОФП на основе специальных исследований керна из разведочных скважин объекта X, представлены на Рисунках 3.1-3.2.

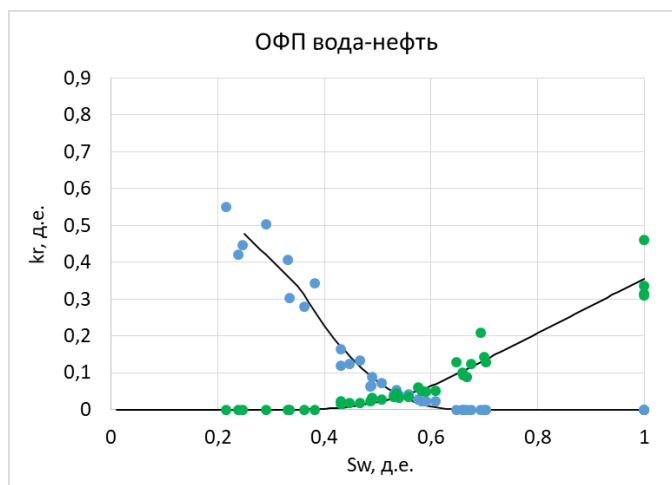


Рисунок 3.1 – ОФП в системе «вода-нефть» (Составила Иванова В.В., 2023)

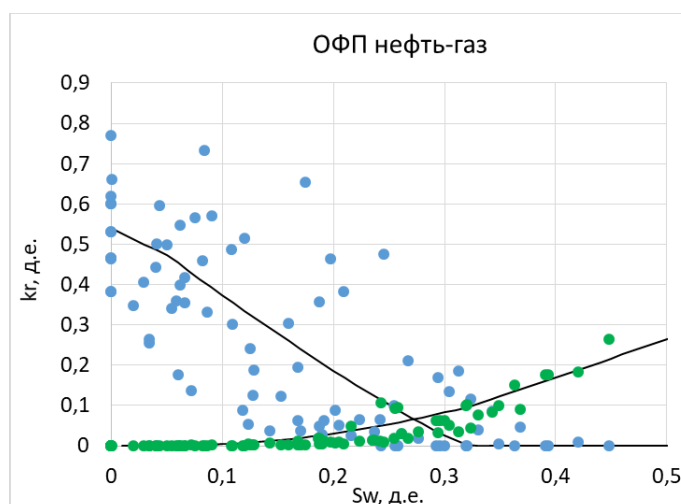


Рисунок 3.2 – ОФП в системе «нефть-газ» (Составила Иванова В.В., 2023)

Создание PVT-модели выполнялось в модуле «PVT Дизайнер» программного комплекса «tНавигатор» на основе результатов анализа проб флюидов, представленных в виде набора таблиц и графиков, полученных в результате различных исследований (стандартная сепарация, дифференциальное разгазирование, исследование при постоянном составе – Constant Composition Expansion (CCE) и т.д.).

Результаты измерений вносились в программу через соответствующую вкладку PVT Дизайнера. Далее с помощью вкладки «Черная нефть» настраивалась PVT-модель путем подбора уравнений корреляций, обеспечивающих наибольшее соответствие расчетных данных лабораторным. Сопоставление лабораторных и модельных данных с целью оценки качества

построения модели представлены в таблице 3.1, а полученные зависимости – на Рисунках 3.3-3.8.

Таблица 3.1 – Контроль качества построения PVT-модели

Параметр	Опыты	Модель
Объемный коэффициент нефти в пластовых условиях при $R_{нас}$, ст.м3/ст.м3	1,23	1,24
Вязкость нефти в пластовых условиях при $R_{нас}$, сП	1,08	1,09
Газосодержание, м3/м3	93,1	92,7
Объемный коэффициент газа в пластовых условиях при $R_{нас}$, ст.м3/ст.м3	0,005	0,006
Вязкость газа в пластовых условиях при $R_{пл}$, сП	0,019	0,017

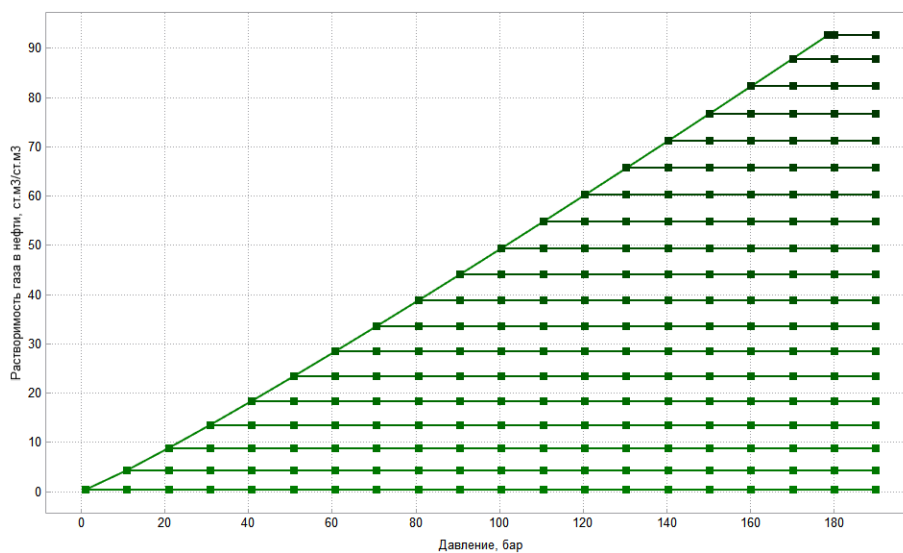


Рисунок 3.3 – Зависимость растворимости газа в нефти от давления

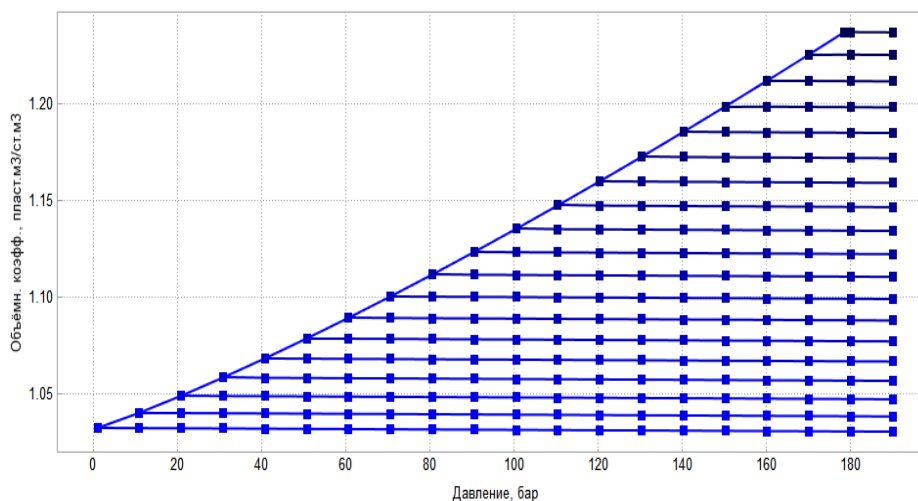


Рисунок 3.4 – Зависимость объёмного коэффициента нефти от давления

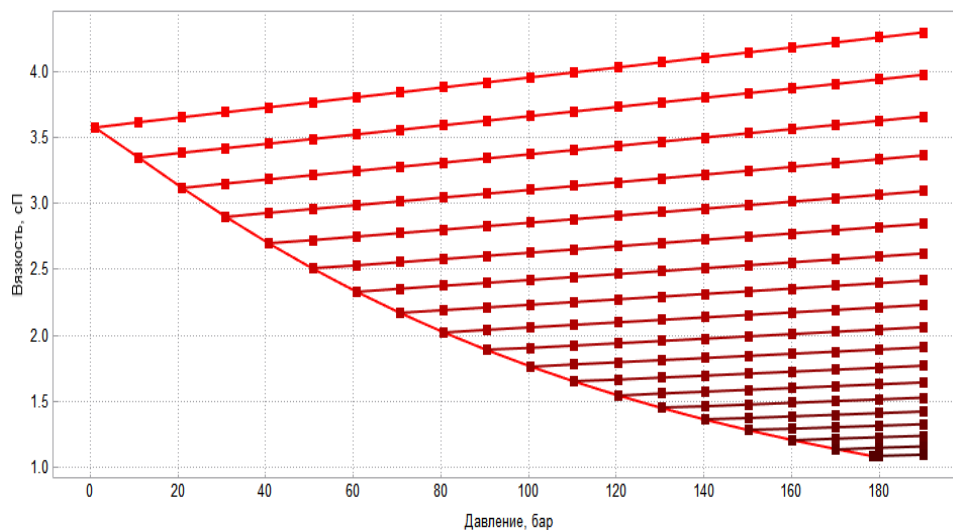


Рисунок 3.5 – Зависимость вязкости пластовой нефти от давления

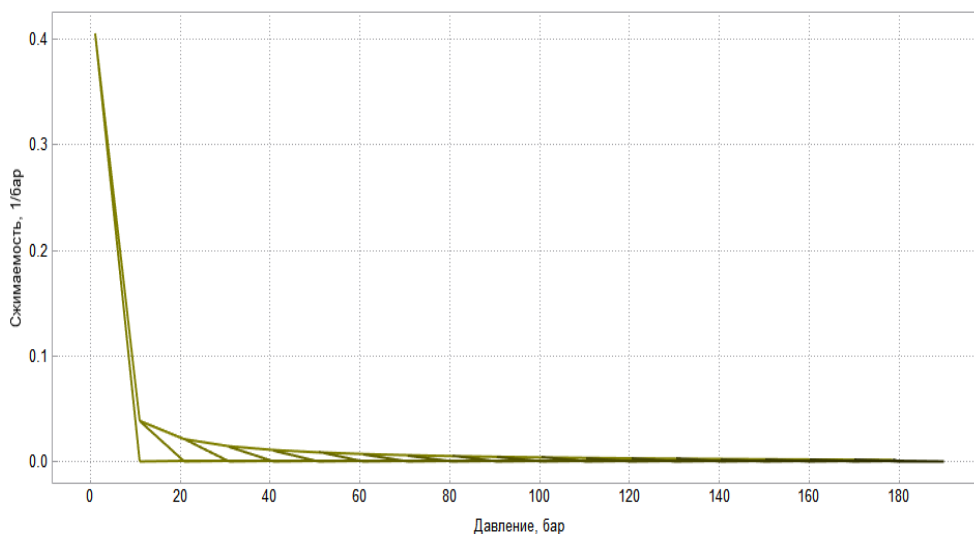


Рисунок 3.6 – Зависимость сжимаемости пластовой нефти от давления

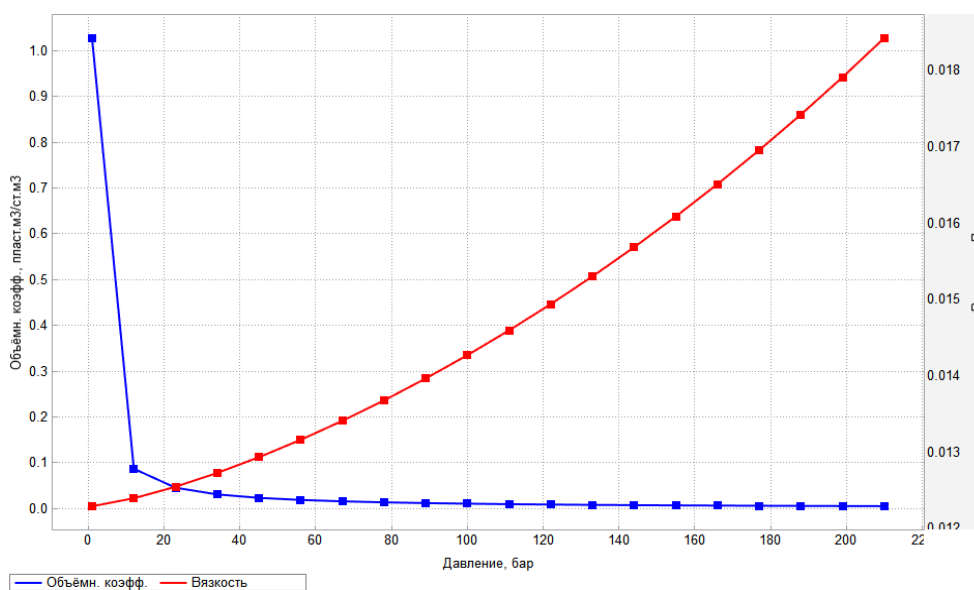


Рисунок 3.7 – Зависимость объёмного коэффициента и вязкости газа от давления

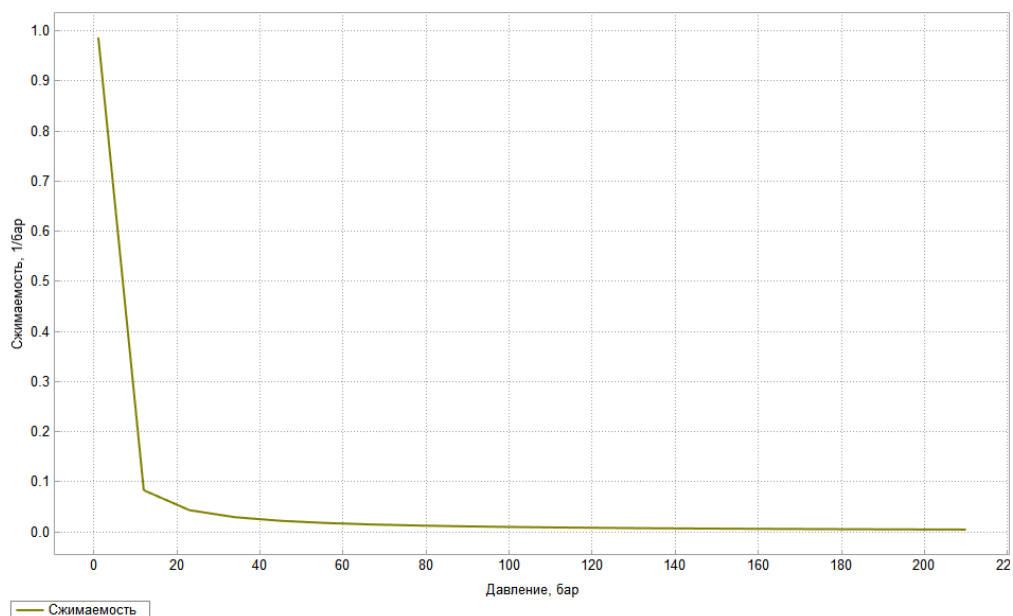


Рисунок 3.8 – Зависимость сжимаемости газа от давления

Следующий шаг – создание модели-компоненты пласта. Для этого в модуль «Дизайнер Моделей» программного комплекса «ТНавигатор» были загружены созданные ранее ГМ, кривые ОФП и PVT-модель. Также были загружены в проект траектории, интервалы и даты проведения перфорации и история работы скважин. После загрузки всех необходимых данных ГДМ была собрана путем выбора ключевых слов. На этом шаге создание модели пласта завершается и продолжается выполнение алгоритма.

Следующим действием алгоритма является проверка актуальности и адаптированности модели. Для этого модель запускается на расчет и при необходимости корректируется для достижения расчетных параметров историческим.

Так как ГДМ была создана самостоятельно, то проверять актуальность и адаптированность не требуется, ввиду того, что любую впервые построенную модель по умолчанию необходимо адаптировать. В рамках настоящей работы адаптация осуществлялась путем корректировки кривых ОФП. Наилучший результат приведен на Рисунках 3.9-3.13.

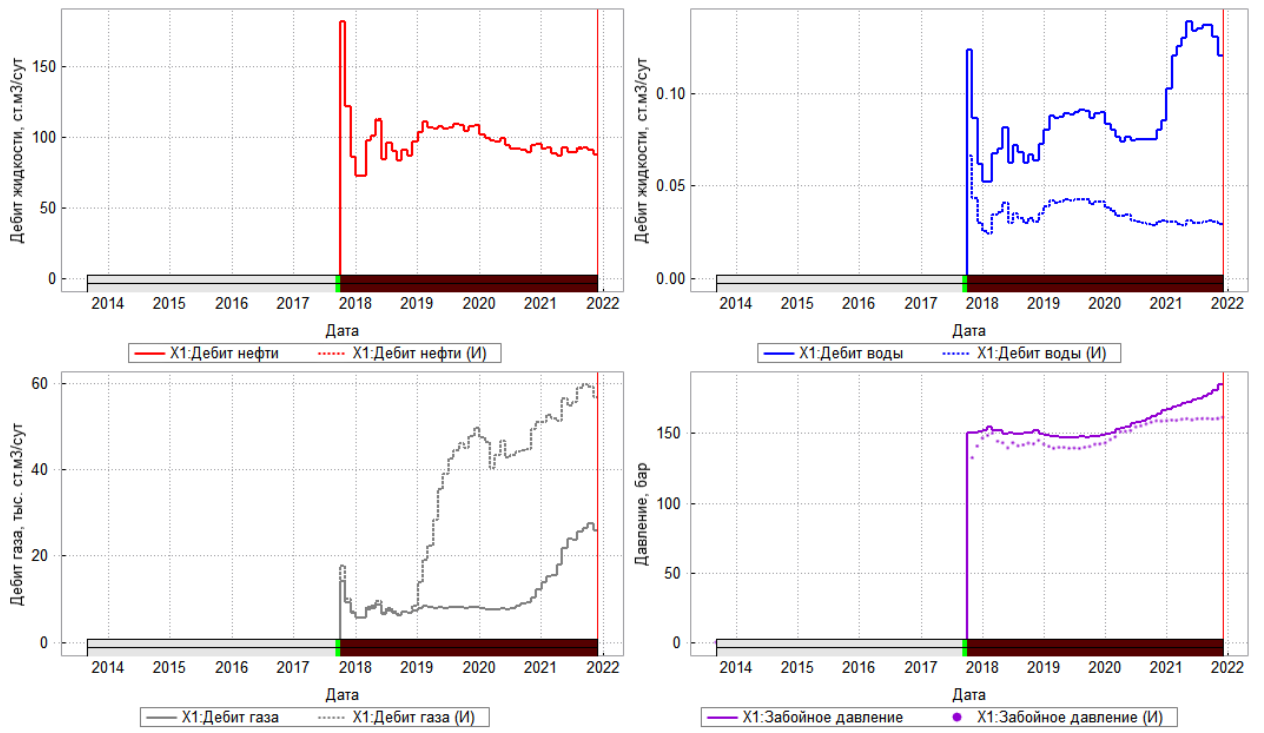


Рисунок 3.9 – Графики адаптации по скважине X1

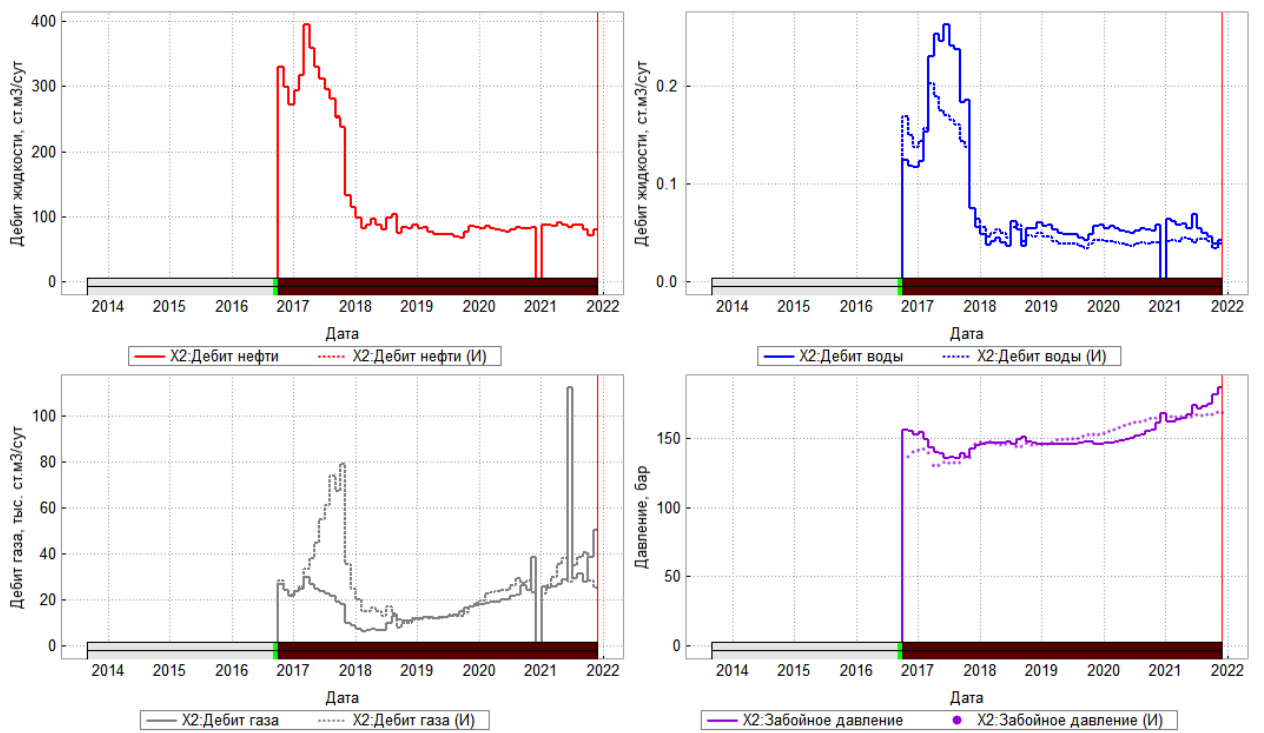


Рисунок 3.10 – Графики адаптации по скважине X2

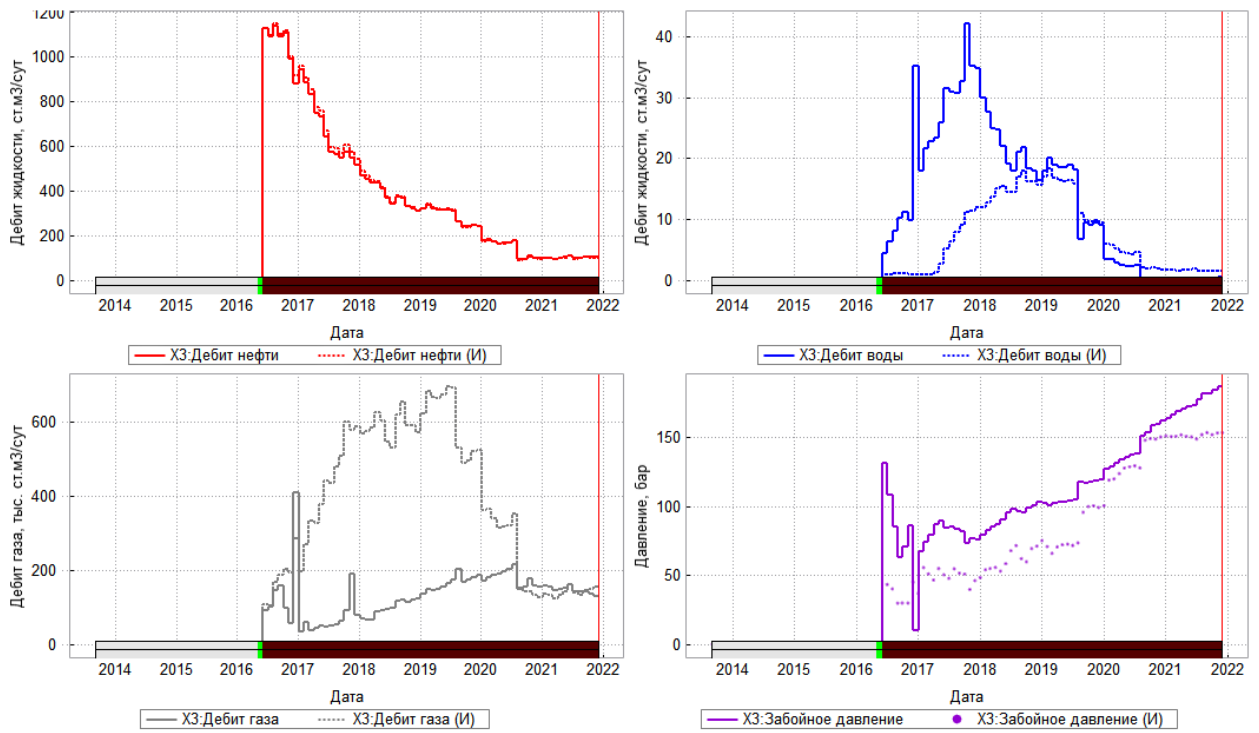


Рисунок 3.11 – Графики адаптации по скважине X3

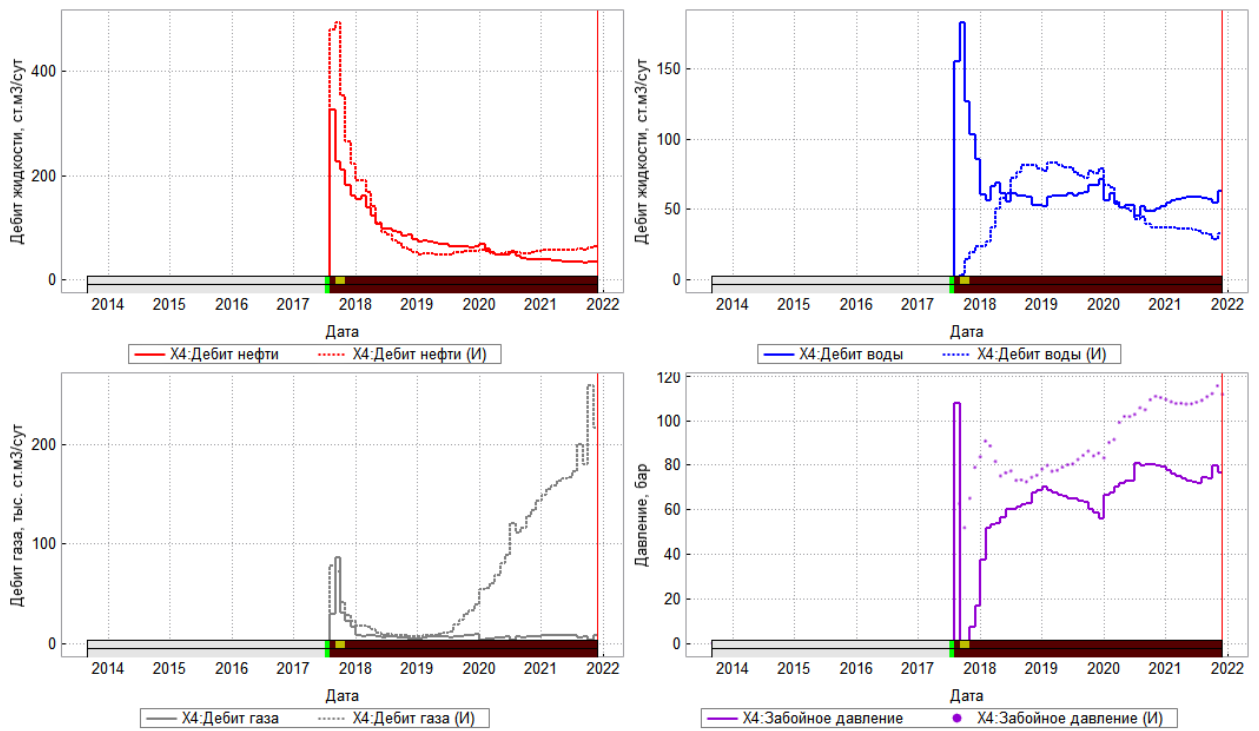


Рисунок 3.12 – Графики адаптации по скважине X4

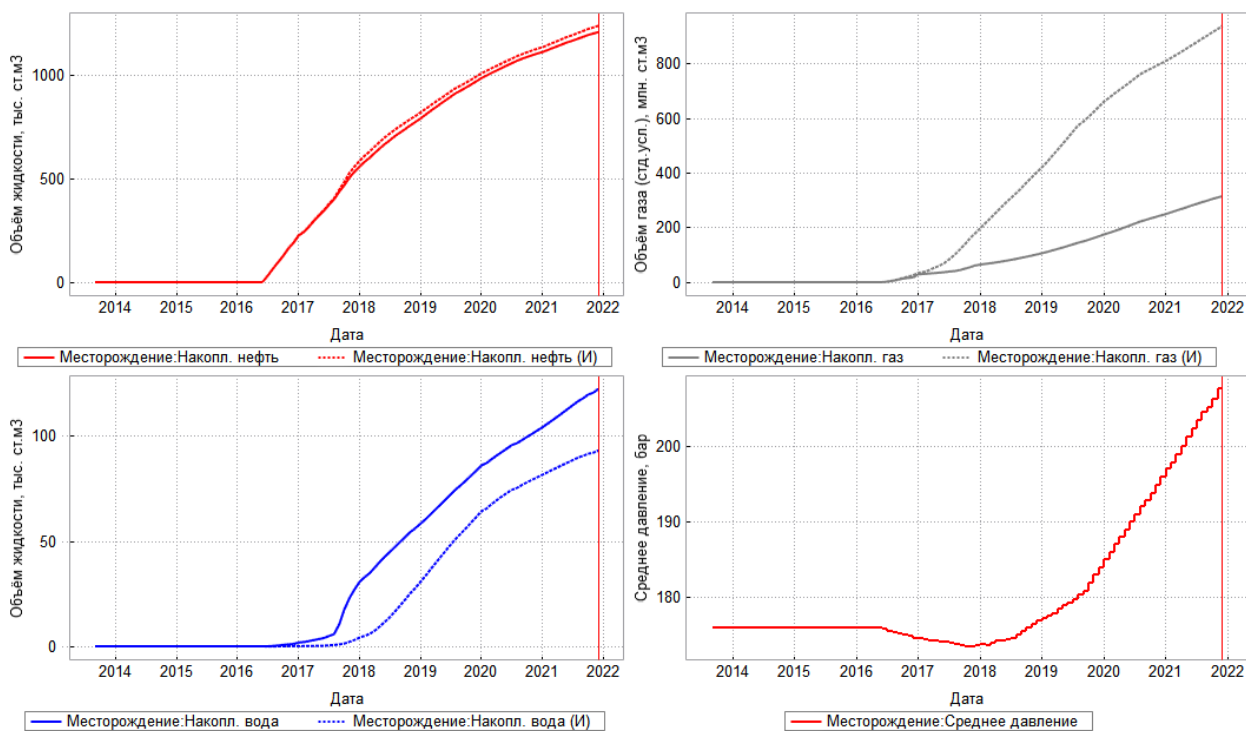


Рисунок 3.13 – Графики адаптации (накопленная добыча и среднее давление) по объекту X

Анализ представленных графиков позволил сделать следующие выводы. Во-первых, по всем скважинам удалось успешно адаптировать дебиты по всем скважинам и накопленную добычу нефти по объекту.

Во-вторых, дебит воды и забойные давления на удовлетворительном уровне адаптированы только по скважинам X1 и X2 (при учете, что дебитом воды в скважине X1 можно пренебречь ввиду его незначительно малых величин).

В-третьих, основной проблемой во время адаптации является значительно меньшего количества добываемого газа по сравнению с историческими значениями.

В-четвертых, график среднего давления монотонно возрастает, что говорит об избыточности создаваемого нагнетательными скважинами давления.

Также следует отметить, что во время создания ГДМ возникли подозрения о некорректности исходной ГМ ввиду наличия резких, негеологических изменений поверхности пласта (Рисунок 3.14).

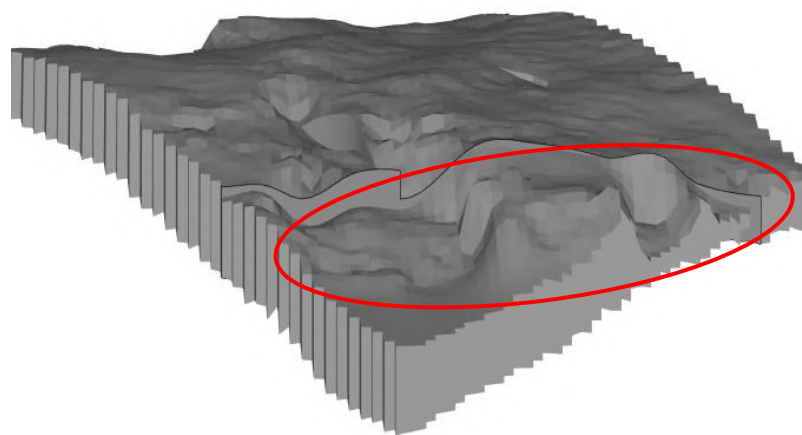


Рисунок 3.14 – Трехмерная сетка готовой ГМ

Таким образом, построенную модель-компоненту «пласт» использовать для создания ИМ не представляется возможным в виду необходимости ее корректировки и достижения более высокого качества адаптации. Для этого необходимо:

- провести повторную интерпретацию сейсмических данных для уточнения структурной модели объекта, так как отмеченные ошибки построения могут оказывать серьезное влияние на адаптацию модели (при этом скважина Х4, характеризующаяся наименьшим уровнем адаптированности расположена именно в этой зоне пласта);
- проверить правильность построения кривых ОФП и при необходимости внести корректировки;
- запросить доступ к ГМ с возможностью её редактирования;
- запросить результаты интерпретации ГИС с целью проверки ее качества и при необходимости внесения изменений в модель;
- запросить дополнительные данные о работе скважин с целью определения источника избыточного газа и необходимости учета его при адаптации (например, если скважина работала какое-то время на несколько объектов, а дебит газа указан общий, то адаптация модели одного из них с достижением максимального

- соответствия расчетных данных историческим – некорректно и приведет к снижению прогнозной способности модели в целом);
- уточнить количество скважин и при необходимости запросить недостающие по ним данные (т.к. избыточное давление, создаваемое нагнетательными скважинами может быть обусловлено наличием на реальном объекте большего количества добывающих скважин);
 - после получения запрошенных данных, провести повторный анализ всей информации по объекту и построить новую модель пласта.

На этом блок алгоритма, посвященный построению модели пласта, завершается ввиду отсутствия возможности продолжить его выполнение. Параллельно блоку построения модели-компоненты «пласт» выполняются действия блоков, посвященных построению моделей скважин и системы сбора.

При подготовке к созданию моделей скважин в соответствии с алгоритмом было выявлено следующее:

- ПГИ, из которых можно извлечь информацию о конструкции скважин для создания модели в модуле «Дизайнер Скважин» в программный комплекс «тНавигатор», предоставлены только для двух скважин из шести (X1-X2);
- согласно анализу, исходных данных, одна из скважин оборудована электроцентробежным насосом, однако информация о модели и технических характеристиках насоса отсутствует, что делает невозможным создание модели скважины;
- для построения моделей скважин необходимы замеры устьевых давлений, однако в составе исходных данных они отсутствуют;

С учетом выявленных факторов можно сделать вывод, что собрать полноценные модели всех скважин невозможно по причине недостаточной полноты сведений об их конструкции и истории работы.

Создание модели системы сбора невозможно ввиду полного отсутствия информации, необходимой для ее построения.

Таким образом, в процессе работы над данной главой был выполнен анализ предоставленных для построения ИМ исходных данных и проведена апробация разработанного алгоритма ее построения. В результате можно сделать следующие выводы.

Во-первых, созданный алгоритм подходит для использования при построении ИМ в качестве некоего ориентира, позволяющего облегчить процесс построения модели и отслеживания прогресса.

Во-вторых, составленный алгоритм может быть использован для дальнейшей разработки теоретической и методической базы, используемой для обучения навыкам ИМ.

В-третьих, в процессе применения алгоритма и анализа исходных данных было обосновано, что построить ИМ, используя информацию, которая была предоставлена для выполнения данной работы – невозможно в связи с потенциальным наличием ошибок и недостаточным объемом. Для устранения указанных факторов, не позволяющих создать качественную ИМ необходимо запросить дополнительные данные и провести повторный анализ.

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

4.1 Оценка коммерческого и инновационного потенциала научно-технического исследования (НТИ)

Научно-техническое исследование, рассматриваемое в настоящей работе посвящено теме интегрированного моделирования и, в частности, вопросам работы с исходными геолого-технологическими данными и методики построения ИМ. В настоящее время интегрированное моделирование является мощным инструментом, применяемым в процессе разработки месторождений углеводородов в течение всего жизненного цикла.

Построение ИМ обладает целым рядом преимуществ, что обеспечивает активное развитие и внедрение в производственные процессы интегрированного моделирования. Одним из таких преимуществ является возможность учета в ИМ взаимовлияния различных элементов системы, что обеспечивает прогнозную способность модели актива. Увеличение точности прогнозов позволяет своевременно принимать наиболее оптимальные решения при некотором снижении вероятности допущения ошибок, что в свою очередь обуславливает уменьшение затрат за счет отказа от проведения дорогостоящих, но малоэффективных в условиях конкретного месторождения мероприятий.

Конечно, использование ИМ имеет и недостатки. Например, сложность построения и расчетов, требовательность к техническим характеристикам оборудования, а также повышенная чувствительность к исходным данным. Поэтому часто в случае месторождений с простым геологическим строением или в случае небольшой его значимости для компании используют традиционные виды моделирования.

Сфера интегрированного моделирования в настоящее время активно развивается с целью нивелирования ограничивающих применение ИМ

факторов путем разработки и совершенствования специального программного обеспечения (в т.ч. и отечественного), создания образовательных курсов и программ профессиональной переподготовки для обучения специалистов, а также формирование научно-теоретической базы.

При этом, несмотря на актуальность темы, интенсивность развития техники и технологий, а также наличия большого количества научных публикаций, посвященных использованию ИМ в процессе разработке месторождений, можно заметить, что в области интегрированного моделирования отсутствует единая научно-методическая база с открытым доступом. В связи с этим на начальном этапе освоения навыков интегрированного моделирования у молодых специалистов могут возникать различного рода сложности.

В рамках настоящей работы был проведен анализ научных источников, на основе которого были разобраны некоторые принципы комплексирования геолого-технологических данных для создания ИМ и разработан упрощенный алгоритм ее построения. Полученные в ходе выполнения результаты могут быть использованы в качестве основы для разработки общей методической базы и использованы как для оптимизации существующих процессов, так и для обучения специалистов.

4.2 Разработка устава научно-технического проекта

Для наиболее эффективной организации процесса работы над научно-техническим проектом был разработан устав проекта. Устав состоит из следующих разделов:

- формулирование целей и задач проекта;
- определение сроков и назначение ключевых этапов выполнения;
- формирование рабочей группы проекта;
- форма представления результатов.

Цель проекта заключается в том, чтобы изучить процесс комплексирования геолого-технологических данных при построении ИМ.

Для успешного выполнения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- провести анализ литературных источников;
- рассмотреть виды исходных данных для построения ИМ и принципы их комплексирования;
- разработать алгоритм построения ИМ;
- апробировать разработанный алгоритм с учетом рассмотренных принципов комплексирования исходных геолого-технологических данных;
- по результатам апробации сделать вывод о возможности использования алгоритма и представленных исходных данных для построения ИМ;
- подготовить отчетную документацию по выполнению проекта.

На основе приведенного перечня задач процесс выполнения проекта был разделен на несколько этапов, каждому из которых назначены определенные сроки выполнения (Таблица 4.1). Общее время, отведенное на выполнение проекта – с 08.05.23 по 17.06.23 (с учетом определения цели и задач, а также подготовки и утверждения плана работ).

Таблица 4.1 – Этапы и сроки выполнения проекта

Стадия	Этап	Срок выполнения
Подготовительная	Постановка проблем и задач	08.05.23-09.05.23
	Составление и утверждение плана работ	10.05.23-11.05.23
	Анализ научной литературы по теме проекта	12.05.23-16.05.23
Основная	Изучение видов исходных данных для построения ИМ и принципов их комплексирования	17.05.23-21.05.23
	Составление алгоритма построения ИМ	21.05.23-24.05.23
	Анализ представленных исходных геолого-технологических данных и апробация алгоритма	25.05.23-14.06.23
Заключительная	Анализ результатов и оформление отчетной документации	15.06.23-17.06.23

Рабочая группа, составленная для выполнения проекта представлена в табличном виде (Таблица 4.2). Трудозатраты рассчитаны как произведение продолжительности рабочего дня (8 часов) и количества рабочих дней в период работы над проектом.

Таблица 4.2 – Рабочая группа проекта и функции ее участников

Участник	Функция	Трудозатраты, час
Научный руководитель	Определение целей и задач, контроль за соблюдением сроков исполнения, консультирование и проверка результатов	344
Эксперт	Консультирование по вопросам части на иностранном языке	10
Эксперт	Консультирование по вопросам социальной ответственности	10
Эксперт	Консультирование по вопросам финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения	10
Магистрант (исполнитель)	Определение целей и задач, контроль за соблюдением сроков исполнения, выполнение проекта, подготовка отчетной документации	344

Результат выполнения проекта оформляется в виде выпускной квалификационной работы магистранты и представляется на защиту в виде презентации, оформленной в соответствии с нормами образовательного учреждения.

4.3 Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок

Процесс управления НТИ осуществляется исполнителем в лице магистранта в сотрудничестве с научным руководителем и с учетом основной занятости экспертов. Схема управления НТИ представлена на Рисунке 4.1. По мере необходимости с схему управления могут вноситься дополнения и изменения. График проведения соответствует срокам, назначенным для выполнения каждого этапа.

Источник финансирования НТИ – Центр подготовки и переподготовки специалистов нефтегазового дела, Томский политехнический университет.

Организация дополнительных закупок не требуется.

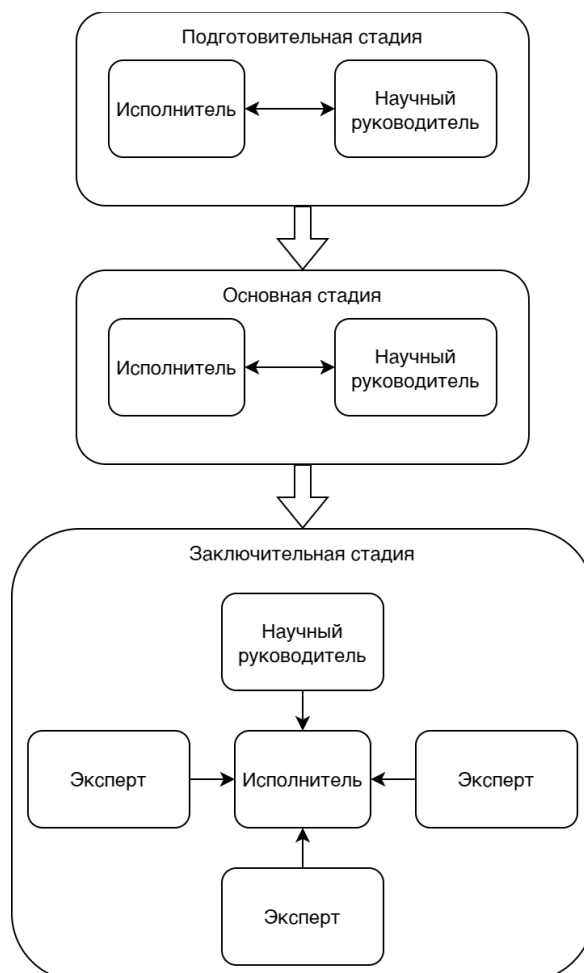


Рисунок 4.1 – Схема управления НТИ (Составила Иванова В.В., 2023)

4.4 Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности

В данном разделе проведем расчет бюджета проекта. В бюджет включаются: основная заработная плата исполнителя (примем согласно ставке ассистента), научного руководителя (согласно ставке доцента) и каждого из экспертов (примем аналогично научному руководителю), непосредственно участвующих в выполнении работ по проекту.

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. Расчет основной заработной платы производится по формуле 4.1. Результаты расчета представлены в виде Таблицы 4.3.

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{одн}} \times T_p \times (1 + K_{\text{пр}} + K_{\text{д}}) \times K_p, \quad (4.1)$$

где:

$Z_{\text{одн}}$ – заработная плата, приходящаяся на один час, руб.

$K_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент (0,3);

$K_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок (0,2-0,5);

K_p – районный коэффициент (для г. Томска 1,3);

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. час.

Заметим, что в расчет не принимались коэффициенты доплат и премии.

Таблица 4.3– Расчет заработной платы участников проекта

Участник	Трудозатраты, час	Заработная плата, приходящаяся на один час, руб.	Всего заработная плата по тарифу, руб.
Научный руководитель	344	123	42312
Эксперт	10	123	3440
Эксперт	10	123	3440
Эксперт	10	123	3440
Магистрант (исполнитель)	344	64	22016
Итого			74648

Таким образом получаем, что затраты на заработную плату по проекту будут равны 74648 рублей. Дополнительная заработная плата составляет 15% от основной заработной платы, что является равным 11197,2 руб. Далее необходимо учесть отчисления на социальные нужды.

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды. Величина отчислений рассчитывается по формуле 4.2

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (4.2)$$

где:

$k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Общие тарифы страховых взносов в 2023 году в ИФНС следующие:

- 22% – на пенсионное страхование;
- 2,9% – страхование по временной нетрудоспособности;
- 5,1% – медицинское страхование.

Результаты расчета представлены в Таблице 4.4.

Таблица 4.4– Страховые взносы на участников проекта

Участник	Страховые взносы, руб.
Научный руководитель	12693.6
Эксперт	1032
Эксперт	1032
Эксперт	1032
Магистрант (исполнитель)	6604.8
Итого	22393.6

Накладные расходы составляют 100% от основной заработной платы.

Расчет накладных расходов ведется по формуле 4.3.

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (4.3)$$

где:

$k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов.

Получаем, что в расходах нужно 74648 накладных затрат. Таким образом сумма понесенных затрат для реализации проекта после округления составляет 97042 руб.

С учетом того, что результат выполнения проекта носит методический характер, непосредственно рассчитать его экономическую эффективность не представляется возможным.

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Деятельность большинства современных организаций невозможно представить без внедрения в корпоративное управление принципов социальной ответственности. Социальная ответственность понятие весьма широкое, однако в рамках данной концепции можно выделить несколько основных направлений – образование и культура, здоровье и спорт, экология и благотворительные программы. Каждое из направлений реализуется путем проведения различных мероприятий и внедрения в производственный процесс специальных корпоративных норм и правил. При этом все действия по внедрению концепции в производственную деятельность организации можно разделить на две большие группы – локальные (на благо сотрудников и их семей) и социальные (на благо общества в целом).

В рамках настоящей работы объектом исследования является процесс комплексирования геолого-технологических данных при построении интегрированной модели, сферой применения которого является разработка месторождений углеводородов. Все работы, связанные с интегрированным моделированием, осуществляются в офисе, поэтому в качестве примера концепция социальной ответственности будет рассмотрена на примере рабочей зоны в офисном помещении, где выполнялась работа по написанию выпускной квалификационной работы.

Офисное помещение имеет размеры 5 м х 7 м и высоту потолков 3 м. Рабочее место состоит из офисного стола и персонального компьютера. В рассматриваемом помещении расположено восемь рабочих мест.

Трудовые процессы в области интегрированного моделирования связаны с обработкой больших объемов информации с применением компьютера и характеризуются высокими умственными и зрительными нагрузками, а также длительным нахождением в положении сидя.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Основы правового регулирования трудовой деятельности закреплены на законодательном уровне Конституцией РФ, Трудовым кодексом РФ и другими отраслевыми нормативно-правовыми актами муниципального и федерального значения.

Офисная работа является преимущественно умственным трудом, выполняется в безопасных условиях и обычно характеризуется нормированным графиком работы без необходимости совершения поездки в другой регион (работа вахтовым методом). В связи с этим трудовая деятельность офисных работников организуется в соответствии с общими требованиями, указанными в соответствующих разделах Трудового кодекса РФ (рабочее время, время отдыха, отпуск, оплата и нормирование труда, трудовая дисциплина и т.д.)

Работник, чья трудовая деятельность связана с интегрированным моделированием, большую часть рабочего времени проводит в сидячем положении перед компьютером. Поэтому для данного типа офисных работников особую важность имеет эргономичность и безопасность оборудования рабочей зоны (стол, кресло, компьютер и т.д.), а также условия, созданные в помещении, где она находится (офиса, кабинета и т.д.).

Условия в производственных помещениях, в том числе и офисных регулируются санитарно-эпидемиологические правилами и нормативами, закрепленными в СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах». Более подробно требования СанПиН 2.2.4.3359-16 были рассмотрены в разделе 5.2 Производственная безопасность.

Организация рабочего места офисного сотрудника регулируется такими документами, как:

- ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования;
- ГОСТ 21889-76. Система «человек-машина». Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования;
- ГОСТ 22269-76 Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места;
- ГОСТ Р ИСО 9241-1-2007. Эргономические требования к проведению офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (VDTs):
- СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда»
- СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы;
- СанПиН 2.2.2.133203 «Гигиенические требования к организации работы на копировально-множительной технике».

На основе приведенных выше документов, можно сделать следующие выводы.

Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов (сиденье, органы управления, средства отображения информации и т.д.) должны соответствовать антропометрическим (с учетом различий в антропометрических показателях мужчин и женщин), физиологическим и психологическим особенностям работников, а также характеру работы. Также следует отметить, что организация рабочего места должна обеспечивать оптимальное положение работника (правильная осанка и физиологичное положение верхних и нижних конечностей), что достигается за счет установки рабочей поверхности с регулируемой высотой, либо использованием регулируемого офисного кресла (в соответствии с ГОСТ 21889-76) и подставки под ноги с возможностью изменения угла наклона.

Производственное оборудование и рабочие столы для работы в положении сидя должны иметь пространство для размещения ног высотой не менее 600 мм, глубиной – не менее 450 мм на уровне колен и 600 мм на уровне стоп, шириной не менее 500 мм. Норматив площади помещения в расчете на 1 рабочее место (п. 249 СП 2.2.3670-20) для пользователей персональных компьютеров (ПК) / ноутбуков с жидкокристаллическим или плазменным экраном должен составлять не менее 4,5 кв.м, а для экранов на базе электронно-лучевой трубки – 6 кв. м.

Органы управления и средства отображения размещают в зависимости от частоты использования – чем больше используется оборудование, тем более оно доступно.

5.2 Производственная безопасность

Любой вид трудовой деятельности осуществляется в условиях наличия различного рода опасных и вредных производственных факторов. Деятельность, связанная с обработкой геолого-технологической информации для составления алгоритма построения интегрированной модели месторождения и дальнейшего ее использования при разработке актива, характеризуется как интеллектуальная и осуществляется в условиях офисного помещения с выделенным рабочим местом, оборудованным ПК. В связи с этим согласно классификации, ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ можно выделить следующие опасные и вредные факторы, сопровождающие процесс выполнения выпускной квалификационной работы (Таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте, оборудованном персональным компьютером

Факторы	Нормативные документы
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего	ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ Р 2.2.2006–05 СанПиН 2.2.4.548–96

Продолжение таблицы 5.1

Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ.
Опасные и вредные производственные факторы, связанные со световой средой	СП 52.13330.2016
Опасные и вредные производственные факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия на организм человека	Р 2.2.2006–05 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03

5.2.1. Отклонения от оптимальных показателей микроклимата

Работоспособность человека зависит от множества факторов – состояния здоровья, мотивации к трудовой деятельности, условий работы и так далее. Задача работодателя заключается в том, чтобы создать на рабочем месте сотрудника оптимальные и безопасные условия работы или обеспечить специальными средствами защиты.

Работы по разработке и дальнейшей эксплуатации алгоритма построения интегрированной модели ведутся в офисном помещении, поэтому для обеспечения оптимальных условий работы сотрудникам работодателю достаточно создать и поддерживать в процессе работы микроклимата, соответствующего всем санитарным и гигиеническим нормам.

Согласно нормативным документам (ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ, СанПиН 2.2.4.548–96) микроклимат производственных помещений и рабочих зон характеризуется такими параметрами, как: температура воздуха, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха, интенсивность теплового излучения.

Показатели микроклимата регламентируются в соответствии с категориями работ. Офисная работа относится к категории Ia – работы с интенсивностью энерготрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением. Оптимальные показатели микроклимата для данной категории представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	22-24	21-25	60-40	0,1
Теплый	23-25	22-26	60-40	0,1

В случае если оптимальные показатели микроклимата не могут быть достигнуты по тем или иным причинам следует ориентироваться на допустимые значения, представленные в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с (не более)
Диапазон температуры воздуха ниже оптимальных величин				
Холодный	20,0-21,9	19,0-26,0	15-75	0,1
Теплый	21,0-22,9	20,0-29,0	15-75	0,1
Диапазон температуры воздуха выше оптимальных величин				
Холодный	24,1-25,0	19,0-26,0	15-75	0,1
Теплый	25,1-28,0	20,0-29,0	15-75	0,2

Также следует отметить, что при температурах воздуха 25 °С и выше максимальные величины относительной влажности воздуха не должны выходить за пределы:

- 70% – при температуре воздуха 25 °С;
- 65% – при температуре воздуха 26 °С;
- 60% – при температуре воздуха 27 °С;
- 55% – при температуре воздуха 28 °С.

В производственных помещениях, в которых допустимые нормативные величины показателей микроклимата невозможно установить из-за технологических требований к производственному процессу или экономически обоснованной нецелесообразности, должна быть обеспечена защита работающих от возможного перегрева и охлаждения: системы местного кондиционирования воздуха, воздушное душирование, помещения для отдыха и обогрева, спецодежда и другие средства индивидуальной защиты, регламентация времени работы и отдыха и т.п.

Совместно с перечисленными показателями микроклимата часто рассматривается такой показатель, как качество воздуха в помещении – содержание углекислого газа CO_2 .

Качество воздуха в помещениях жилых и общественных зданий обеспечивается согласно действующим нормативно – техническим документам необходимым уровнем вентиляции (величиной воздухообмена в помещениях), обеспечивающим допустимые значения содержания углекислого газа в помещении. Рассмотрим один из методов расчета требуемого воздухообмена на примере помещения, в котором осуществлялась подготовка выпускной квалификационной работы.

Исходные данные к расчету: содержание углекислоты в атмосфере населенного пункта (г. Томск с населением более 500 тыс.) – 1000 мг/м^3 , предельно допустимая концентрация (ПДК) CO_2 в воздухе рабочей зоны – 9000 мг/м^3 , количество углекислоты, выделяемой человеком при умственной работе – 35 г/ч , максимальное количество людей в помещении – 8 человек, размеры помещения – 5 м на 7 м, высота потолков 3 м.

Для расчета требуемого воздухообмена необходимо знать объем вредного вещества (в данном случае углекислый газ), выделяемый всеми работниками в помещении. Для этого используем формулу 5.1.

$$G = N \times g_{\text{CO}_2} \quad (5.1)$$

где N – количество человек в помещении, g_{CO_2} – объем углекислоты, выделяемый одним человеком, г/ч.

Тогда:

$$G = 8 \times 35 = 280 \text{ г/ч}$$

Следующий шаг – расчет потребного воздухообмена по формуле 5.2.

$$L = 1000 \times G \div (x_B - x_H) \quad (5.2)$$

где L – потребный воздухообмен, м³/ч; G – количество вредных веществ, выделяющихся в воздух помещения, г/ч; x_B – предельно допустимая концентрация вредности в воздухе рабочей зоны помещения, мг/м³ (согласно ГОСТ 12.1.005-88); x_H – максимально возможная концентрация той же вредности в воздухе населенных мест, мг/м³ (по СанПиН 1.2.3685-21).

Тогда:

$$L = 1000 \times 280 \div (9000 - 1000) = 35 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Для обеспечения необходимых показателей микроклимата и качества воздуха используют системы отопления, вентиляции и кондиционирования. К установке и эксплуатации данных систем также предъявляется ряд требований, закрепленных специальными документами, например – СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование.

5.2.2. Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током

С точки зрения опасности поражения электрическим током офисное помещение для работы с ПК относится к категории неопасных. Персонал, работающий в области интегрированного моделирования относится к I группе по электробезопасности – неэлектротехнический персонал (не относящийся к электротехническому и электротехнологическому персоналу).

Не смотря на относительную безопасность офисного помещения и выполняемых в нем работ, существует вероятность поражения сотрудника электрическим током. Поэтому для неэлектротехнического персонала также проводится обучение базовым знаниям и умениям в области электробезопасности. Сотрудники данной группы должны понимать воздействие электрического тока и производимых им электрических и электромагнитных полей на организм человека, знать и соблюдать основные требования безопасности при эксплуатации низковольтного оборудования (например, персональные компьютеры, оргтехника, бытовые приборы, установленные в офисном помещении и т. д.), знать порядок действий при возникновении аварийной ситуации (например, короткое замыкание), и владеть навыками оказания первой помощи при поражении электрическим током.

Рассмотрим некоторые общие требования по обеспечению электробезопасности. Применяемые в электроустановках электрооборудование, электротехнические изделия и материалы должны соответствовать требованиям государственных стандартов или технических условий, утвержденных в установленном порядке. Конструкция, исполнение, способ установки, класс и характеристики изоляции применяемых машин, аппаратов, приборов и прочего электрооборудования, а также кабелей и проводов должны соответствовать параметрам сети или электроустановки, режимам работы, условиям окружающей среды и требованиям, приведенным в нормативных документах.

Проводящие части, находящиеся под опасным рабочим, наведенным, остаточным напряжением, не должны быть доступными, а доступные проводящие части не должны находиться под опасным напряжением при нормальных условиях (при отсутствии повреждения), а также в случае единичного повреждения. Безопасность обслуживающего персонала и посторонних лиц должна обеспечиваться выполнением мер защиты, предусмотренных правилами устройства электроустановок (ПУЭ).

Важным фактором по предотвращению поражения сотрудников электрическим током является соблюдение персоналом офисного помещения основных требований техники безопасности:

- перед началом работы с ПК необходимо проверить правильность подключения оборудования в электросеть, убедиться в наличии защитного заземления и подключения экранного проводника к корпусу процессора, проверить целостность изоляции проводов;
- в процессе эксплуатации запрещается прикасаться к задней панели системного блока (процессора) компьютера при включенном питании;
- в процессе эксплуатации запрещается переключать разъемы интерфейсных кабелей периферийных устройств при включенном питании;
- в процессе эксплуатации запрещается допускать попадание влаги на поверхность системного блока (процессора), монитора, рабочую поверхность клавиатуры, дисководов, принтеров и других устройств;
- при обнаружении любых неисправностей, появлении запаха гари следует немедленно отключить питание и сообщить об аварийной ситуации руководителю и дежурному электрику;
- запрещается производить самостоятельное вскрытие и ремонт оборудования;
- запрещается выполнять работу с компьютером, оргтехникой и другими приборами во всех случаях обнаружения обрыва проводов питания, неисправности заземления и других повреждений;
- при обнаружении человека, попавшего под напряжение, следует немедленно освободить его от действия тока путем отключения электропитания и до прибытия врача оказать потерпевшему первую медицинскую помощь.

Соблюдение всех существующих требований к эксплуатации электрических установок, проектированию электросетей и общей техники безопасности позволит обеспечить безопасные условия работы персонала и минимизировать риск получения производственных травм в результате поражения электрическим током.

5.2.3. Опасные и вредные производственные факторы, связанные со световой средой

Оптимальное освещение рабочей зоны обеспечивает высокую работоспособность сотрудников и позволяет уменьшить напряженность работы глаз. При этом используются естественное, искусственное и смешанный типы освещения. Организация каждого из видов освещения регламентируется специальными документами. Например, СП 52.13330.2016 и ГОСТ Р 55710-2013.

Средняя освещенность на рабочих местах с постоянным пребыванием людей должна быть не менее 200 лк. Равномерность освещенности должна быть не менее 0,40 для зоны непосредственного окружения; 0,10-для зоны периферии. При равномерности освещенности 0,10 освещенность поверхностей должна быть не менее 50 лк на стенах, 30 лк-на потолке.

Для рабочих мест, оборудованных персональными компьютерами или мониторами, допустимые значения габаритной яркости осветительных приборов (ОП), отражающихся в экранах мониторов, в зависимости от яркости экранов/мониторов приведены в Таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Допустимые значения габаритной яркости осветительных приборов в зависимости от яркости экранов/мониторов

Класс представления информации	Габаритная яркость ОП, кд/м	Яркость экранов/мониторов, кд/м
А – темные знаки на светлом фоне	До 1500 включительно «3000»	До 200 включительно Св. 200
В – светлые знаки на темном фоне	«1000» «1500»	До 200 включительно Св. 200

Примечание – Значения габаритной яркости ОП определяют под углом не менее 65° от вертикали для рабочих мест, в которых находятся дисплейные экраны с углом наклона 150°. Для рабочих мест, для которых необходимы более чувствительные экраны или экраны с регулируемым наклоном, значения габаритной яркости ОП определяют под углом не более 55°.

Основные параметры освещения должны соответствовать нормам СП 52.13330.2016 для офисных помещений, представленных в таблицах 5.5-5.6.

Таблица 5.5 – Требования к основным параметрам естественного и совмещенного освещения

Помещения, рабочие места	Плоскость (Г – горизонтальная, В – вертикальная) нормирования освещенности и КЕО, высота плоскости над полом, м	Разряд и подразряд зрительной работы	Естественное освещение		Совмещенное освещение	
			КЕО e_n , %		КЕО e_n , %	
			при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении
Кабинеты и рабочие комнаты, офисы, представительства	Г-0,8	А-2	3,0	1,0	1,8	0,6
Помещения для копирования	Г-0,8	Б-2	-	-	-	-
Компьютерные залы	В-1,2 – на экране дисплея		-	-	-	-
	Г-0,8 – на рабочих столах	А-2	3,5	1,2	2,1	0,7
Конференц-залы, залы заседаний, комнаты переговоров	Г-0,8	Г	-	-	-	-
Рекреации, кулуары, фойе	Г-0,0 – на полу	Е	-	-	-	-

Таблица 5.6 – Требования к основным параметрам искусственного освещения

Помещения, рабочие места	Искусственное освещение						
	Средняя освещенность рабочих поверхностей, лк		Равномерность распределения освещенности U_0 , не менее	Объединенный показатель дискомфорта R_{UG} , не более	Коэффициент пульсации освещенности, K_p , % не более	Цилиндрическая освещенность $E_{ц}$, лк	Индекс цветопередачи источников света R_a
	при комбинированном освещении	при общем освещении					
Кабинеты и рабочие комнаты, офисы, представительства	600/400	500	0,6	19	10	-	80
Помещения для копирования	-	300	0,4	19	15	-	80
Компьютерные залы	-	Не более 200	-	-	-	-	-
	750/300	500	0,6	19	5 <4>	-	80
Конференц-залы, залы заседаний, комнаты переговоров	-	400	0,6	22	20	100	80
Рекреации, кулуары, фойе	-	200	-	-	-	50	80

5.2.4. Опасные и вредные производственные факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия на организм человека

Опасные и вредные производственные факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия на организм человека, подразделяют на: физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса и нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса. Работы в области интегрированного моделирования –

интеллектуальный тип деятельности, поэтому виды физических перегрузок и способы их предотвращения в данном разделе не рассматривались.

Нервно-психические перегрузки подразделяют на:

- умственное перенапряжение, в том числе вызванное информационной нагрузкой;
- перенапряжение анализаторов, в том числе вызванное информационной нагрузкой;
- монотонность труда, вызывающая монотонию;
- эмоциональные перегрузки.
- Указанные выше типы перегрузок характеризуются рядом показателей:
- длительность сосредоточенного наблюдения;
- активное наблюдение за ходом производственного процесса;
- число производственных объектов одновременного наблюдения;
- плотность сигналов (световых, звуковых) и сообщений в единицу времени;
- нагрузка на слуховой анализатор;

Интегрированное моделирование сопровождается постоянным использованием персонального компьютера во время выполнения различного рода задач, поэтому особое внимание было уделено рассмотрению особенностям оценки напряженности труда пользователей компьютеров в соответствии с СанПиНом 2.2.2/2.4.1340-03.

Организация работы с ПК осуществляется в зависимости от вида и категории трудовой деятельности. Виды трудовой деятельности разделяются на 3 группы: группа А – работа по считыванию информации с экрана видеодисплейных терминалов (ВДТ) с предварительным запросом; Б – работа по вводу информации; В – творческая работа в режиме диалога с ПК.

Для видов трудовой деятельности устанавливается 3 категории тяжести и напряженности работы с ПК, которые определяются: для группы А – по суммарному числу считываемых знаков за рабочую смену, но не более 60 000

знаков за смену; для группы Б – по суммарному числу считываемых или вводимых знаков за рабочую смену, но не более 40 000 знаков за смену; для группы В – по суммарному времени непосредственной работы с ПК за рабочую смену, но не более 6 ч за смену.

В зависимости от категории трудовой деятельности и уровня нагрузки за рабочую смену при работе с ПК устанавливается суммарное время регламентированных перерывов (Таблица 5.7).

Таблица 5.7 – Суммарное время регламентированных перерывов

Категория работы с ПК	Уровень нагрузки за рабочую смену при видах работ с ПК			Суммарное время регламентированных перерывов, мин.	
	группа А, количество знаков	группа Б, количество знаков	группа В, ч	при 8-часовой смене	при 12-часовой смене
I	до 20 000	до 15 000	до 2	50	80
II	до 40 000	до 30 000	до 4	70	110
III	до 60 000	до 40 000	до 6	90	140

Если сотрудник в процессе работы находится в постоянном взаимодействии с ПК, что сопровождается напряжением внимания и сосредоточенности, при исключении возможности периодического переключения на другие виды трудовой деятельности, то в таком случае рекомендуется делать регулярные перерывы на 10-15 мин через каждые 45-60 мин работы.

Во время регламентированных перерывов с целью снижения нервноэмоционального напряжения, утомления зрительного анализатора, устранения влияния гиподинамии и гипокинезии (длительное нахождение в статичной позе сидя на стуле), следует выполнять комплексы упражнений различной направленности – физкультурная пауза, упражнения для снятия напряжения с глаз и т.д.

Также следует отметить, что работникам, активно использующим ПК и выполняющим задачи, сопровождающимися высоким уровнем

напряженности, во время регламентированных перерывов и в конце рабочего дня рекомендуется психологическая разгрузка в специально оборудованных помещениях (комната психологической разгрузки).

5.2.5. Экологическая безопасность

Офисная работа не оказывает прямого негативного воздействия на экологию, однако в зависимости от организации работы и применяемого оборудования и материалов, работа в офисных помещениях может оказывать косвенное влияние на окружающую среду. Именно поэтому появилась концепция «зеленый офис».

В рамках данной концепции существует множество направлений для оптимизации рабочего процесса. В качестве основных можно назвать ресурсосбережение и управление отходами.

Основными ресурсами, потребляемыми офисными помещениями, является электроэнергия (освещение, работа приборов и оборудования, отопление и т.д.) и вода. Для сокращения потребления воды могут быть установлены автоматические регуляторы расхода воды на сантехнику, специальные насадки на краны, а также счетчики. Расход электроэнергии снижается путем использования энергоэффективного оборудования (лампы, компьютеры, кондиционеры и принтеры класса А+ и А++).

Управление отходами осуществляется путем организации их отдельного сбора в соответствии с категорией. Перерабатываемые отходы – макулатура, некоторые виды пластика передаются специальным организациям, занимающимся вторичным сырьем. Отдельно организуется сбор и отправка на утилизацию батареек, аккумуляторов, ламп и других отходов, образующихся в процессе эксплуатации офисной техники.

Также следует отметить, что для эффективного внедрения в производственную деятельность принципов концепции «зеленый офис» необходимо проводить обучение персонала по вопросам ресурсосбережения и

управления отходами с целью формирования корпоративной этики, направленной на минимизацию косвенного влияния на окружающую среду.

5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В процессе работы в офисном помещении могут возникнуть следующие виды чрезвычайных ситуаций (ЧС) – пожар, авария на тепловых сетях (системах горячего водоснабжения) в холодное время года, вспышка инфекционного заболевания. Наиболее вероятной является пожар.

Причины возникновения пожаров весьма многообразны, однако большинство из них так или иначе обусловлены нарушениями техники пожарной безопасности. Например, использование неисправных электрических приборов и курение в неположенных местах.

Основными мерами предотвращения возникновения пожаров является соблюдение техники безопасности сотрудниками офиса. Для этого силами работодателя регулярно проводятся инструктажи, обучение, тестирования и тренировочные эвакуации.

В случае возникновения пожара необходимо действовать в соответствии с основными правилами:

- если пожар произошел непосредственно в вашем кабинете, немедленно сообщите о возгорании в пожарную охрану по телефону 01 или по сотовому – 101, 112, закройте окна и форточки;
- если ликвидировать очаг горения самостоятельно невозможно, срочно покиньте помещение и закройте за собой дверь, не запирая ее на замок;
- оповестите о происшествии коллег в соседних кабинетах и примите все возможные меры по их эвакуации;
- при необходимости и наличии такой возможности отключите электроэнергию и вентиляцию;

- покиньте опасную зону и действуйте по указанию администрации или пожарной охраны;
- если возгорание случилось в соседнем с вами помещении, все равно в первую очередь звоните в пожарную охрану;
- если есть возможность, выходите в коридор и направляйтесь к выходу на улицу. Постарайтесь не забыть закрыть у себя окна и прикрыть за собой дверь в кабинет. Пользуйтесь ближайшим выходом – основным или запасным;
- по ходу эвакуации старайтесь оповестить остальных людей и принять возможные меры по их эвакуации;
- если лестничные клетки сильно задымлены и покидать помещение опасно, оставайтесь в своем кабинете. Уплотните дверь, заткнув щели подручной тканью или предметами одежды. Чуть приоткройте окно для проветривания. Закрытая и хорошо уплотненная дверь надолго защитит от опасной температуры и дыма;
- постарайтесь сообщить администрации о своем местонахождении, а с прибытием пожарных подразделений подойдите к окну и подайте знак об оказании вам помощи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках проделанной работы проведен анализ научной и научно-практической литературы, посвященной вопросу современных подходов к интегрированному моделированию.

Также был рассмотрен процесс комплексирования геолого-технологических данных при построении интегрированной модели с точки зрения используемых геолого-технологических данных и принципов их совместного использования при построении интегрированной модели.

Основной итог работы – разработанный алгоритм построения интегрированной модели, аналоги которого в научной литературе, находящейся в общем доступе, не представлены.

Таким образом, результаты выполненной работы могут стать основой для формирования единой научно-методической базой в области интегрированного моделирования с целью оптимизации процессов построения ИМ или обучения необходимым навыкам молодых специалистов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Нормативная

1. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
2. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
3. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
4. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
5. ГОСТ 21889-76. Система «человек-машина». Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования.
6. ГОСТ 22269-76. Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.
7. ГОСТ Р 22.0.01-2016 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.
8. ГОСТ Р 50923-96. Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения.
9. ГОСТ Р 53692-2009 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов».
10. ГОСТ Р ИСО 9241-1-2007. Эргономические требования к проведению офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (VDTs). Часть 1. Общее введение.
11. ГОСТ Р ИСО 9241-5-2009. Эргономические требования к проведению офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (VDT). Часть 5. Требования к расположению рабочей станции и осанке оператора.
12. ГОСТ Р ИСО 9241-7-2007. Эргономические требования при выполнении офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (ВДТ). Часть 7. Требования к дисплеям при наличии отражений.

- 13.Р 2.2.2006–05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.
- 14.СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания
- 15.СанПиН 2.2.2.1332-03 Гигиенические требования к организации работы на копировально-множительной технике
- 16.СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
- 17.СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
- 18.СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*
- 19.СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003.
- 20.Трудовой кодекс «Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 19.12.2022, с изм. от 11.04.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2023)
- 21.Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 – ФЗ, Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.
- 22.Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» (с изменениями и дополнениями).

Опубликованная

- 23.Абидов Д. Г., Камартдинов М. Р. Метод материального баланса как первичный инструмент оценки показателей разработки участка месторождения при заводнении //Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2013. – Т. 322. – №. 1. – С. 91-96.

24. Агупов М. А. и др. Опыт построения и применения интегрированных моделей // Актуальные проблемы нефтегазовой отрасли. – 2020. – С. 163-169.
25. Агупов, М. А., Рычков, А. Ф., Мурсыкина К. И. Подготовка исходных данных для интегрированного моделирования / М. А. Агупов, А. Ф. Рычков, К. И. Мурсыкина // Сборник докладов XV научно-практической конференции математического моделирования и компьютерных технологии в процессах разработки месторождений нефти и газа. – 2022. – С.4.
26. Апасов Р. Т. и др. Интегрированное моделирование-инструмент повышения качества проектных решений для разработки нефтяных оторочек многопластовых нефтегазоконденсатных месторождений // Нефтяное хозяйство. – 2018. – №. 12. – С. 46-49.
27. Власов А. И., Андреев К. В., Кырнаев Д. В. Совершенствование разработки и эксплуатации месторождений путем применения элементов «Интеллектуального месторождения» // Нефтяное хозяйство. – 2014. – №. 3. – С. 68-69.
28. Власов, А. И. Обзор технологии: от цифрового к интеллектуальному месторождению / А. И. Власов, А. Ф. Можиль // ПРОнефть. Профессионально о нефти. – 2018. – № 3(9). – С. 68-74. – DOI 10.24887/2587-7399-2018-3-68-74. – EDN XZFCST.
29. Закревский К. Е. Геологическое 3D моделирование. М.: ООО «ИПЦ Маска», 2009. – 376 с.
30. Зипир В. Г. и др. Создание и эксплуатация интегрированной модели, учитывающей особенности газоконденсатной залежи // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2022. – Т. 333. – №. 10. – С. 159-168.
31. Зипир В. Г., Чернова О. С. Повышение эффективности проектирования разработки нового газоконденсатного актива методами интегрированного

- моделирования //Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2020. – Т. 331. – №. 1. – С. 54-63.
- 32.Интегрированная модель для комплексного управления разработкой и обустройством месторождений / Р. Р. Исмагилов, Ю. В. Максимов, О. С. Ушмаев, А. Ф. Можчиль, Н. З. Гильмутдинов // Нефтяное хозяйство. -2014. - № 12. - С. 71-73.
- 33.Интегрированный подход к планированию показателей нефтегазодобывающего предприятия в АО «Зарубежнефть» / С. И. Кудряшов, И. С. Афанасьева, А. В. Дашевский, А. А. Кожемякин // Нефтяное хозяйство. - 2015. - № 12. - С. 144-148.
- 34.Илюшин, П. Ю. Комплексное моделирование и интегрированные операции в нефтяной промышленности : учебное пособие / П. Ю. Илюшин, А. В. Усенков, В. А. Плотников. – Пермь : ПНИПУ, 2015. – 149 с. – ISBN 978-5-398-01496-9. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/160411> (дата обращения: 18.08.2023).
- 35.Калигин А. Цифровая добыча //Стандарт. Деловой журнал об ИТ, связи и вещании в России и мире. – 2016. – Т. 7. – №. 162-163. – С. 28.
- 36.Колмаков А. В. и др. Мониторинг разработки месторождений с использованием интегрированного гидродинамического моделирования //Нефтяное хозяйство. – 2012. – №. 7. – С. 100-102.
- 37.Методика определения конфигурации интегрированных моделей на базе комплексного анализа параметров актива / В. В. Ким, И. О. Ходаков, С. М. Бикбулатов [и др.] // Сборник докладов XV научно-практической конференции математического моделирования и компьютерных технологии в процессах разработки месторождений нефти и газа. – 2023. – С.17-18.
38. Мигманов Р. Р., Зиязев Р. Р., Галиуллин М. М. Автоматизированный алгоритм подбора объекта-аналога на основе теории нечетких множеств //Экспозиция Нефть Газ. – 2022. – №. 7. – С. 15-19.

39. О подходах к долгосрочному планированию разработки газоконденсатной части Пякяхинского месторождения с использованием интегрированной модели / В. Г. Зипир, М. Г. Зипир, М. А. Зыков [и др.] // Нефтепромысловое дело. – 2020. – № 5(617). – С. 5-10. – DOI 10.30713/0207-2351-2020-5(617)-5-10. – EDN SNTTMN.
40. О результатах построения и опытно-промышленной эксплуатации интегрированной модели Находкинского месторождения / А. Е. Бортников, К. Е. Кордик, М. Г. Мавлетдинов [и др.] // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2018. – № 9. – С. 95-99. – DOI 10.30713/2413-5011-2018-9-95-99. – EDN XYUIQH.
41. Об использовании интегрированной модели при подготовке проектного документа на разработку газовой части Пякяхинского нефтегазоконденсатного месторождения / С. Л. Кузнецов, К. Е. Кордик, О. Ю. Забродин [и др.] // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2021. – № 12(360). – С. 114-120. – DOI 10.33285/2413-5011-2021-12(360)-114-120. – EDN RUVXQL.
42. Практическая реализация концепции интегрированного проектирования для шельфового актива АО «Зарубежнефть» / И. С. Афанасьева, Г. Д. Федорченко, А. А. Кожемякин, В. А. Смыслов // Нефтяное хозяйство. – 2016. – № 8. – С. 94-97.
43. Применение интегрированного моделирования в нефтегазовой отрасли / Е. В. Филиппов, Г. Н. Чумаков, И. Н. Пономарева, Д. А. Мартюшев // Недропользование. – 2020. – Т.20, №4. – С.386-400. DOI: 10.15593/2712-8008/2020.4.7
44. Применение интегрированной модели в процессе разработки газоконденсатной части Пякяхинского месторождения ТПП «Ямалнефтегаз» ООО «Лукойл-Западная Сибирь» / А. Е. Бортников, К. Е. Кордик, М. Г. Мавлетдинов [и др.] // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2019. – № 3. – С. 84-88. – DOI 10.30713/2413-5011-2019-3-84-88. – EDN CQUALI.

45. AbdulKarim A. et al. Overview of Saudi Aramco's intelligent field program //SPE Intelligent Energy International Conference and Exhibition. – SPE, 2010. – SPE-129706-MS.
46. Beliakova N. et al. Hydrocarbon Field Planning Tool for medium to long term production forecasting from oil and gas fields using integrated subsurface-surface models //SPE Europec featured at EAGE Conference and Exhibition. – SPE, 2000. – SPE-65160-MS.
47. Breaux E. J. et al. Application of a reservoir simulator interfaced with a surface facility network: a case history //Society of Petroleum Engineers Journal. – 1985. – T. 25. – №. 04. – P. 397-404.
48. Coats B. K. et al. A generalized wellbore and surface facility model, fully coupled to a reservoir simulator //SPE Reservoir Simulation Conference. – SPE, 2003. – SPE-79704-MS.
49. de Campos Lima C. B. et al. Integrated operations: value and approach in the oil industry //Brazilian Journal of Operations & Production Management. – 2015. – T. 12. – №. 1.
50. Deutman R., van Rijen M. A case study of integrated gas field system modelling in the North Sea environment //SPE Offshore Europe. – OnePetro, 1997.
51. Faissat B., Duzan M. C. Fluid modelling consistency in reservoir and process simulations //SPE Europec featured at EAGE Conference and Exhibition. – SPE, 1996. – SPE-36932-MS.
52. Haugen E. D., Holmes J. A., Selvig A.: «Simulation of Independent Reservoirs Coupled by Global Production and Injection Constraints», SPE 29106, SPE Symposium on Reservoir Simulation, San Antonio, TX, USA, 12-15 Feb. 1995
53. Hepguler G., Barua S., Bard W. Integration of a field surface and production network with a reservoir simulator //SPE Computer Applications. – 1997. – T. 9. – №. 03. – P. 88-92.
54. Hooi H. R. et al. The Integrated Team Approach to the Optimization of a Mature Gas Field //SPE Unconventional Resources Conference / Gas Technology Symposium. – SPE, 1993. – SPE-26144-MS.

55. Liao T. T., Stein M. H. Evaluating operation strategies via integrated asset modeling // SPE Unconventional Resources Conference / Gas Technology Symposium. – SPE, 2002. – SPE-75525-MS.
56. Okhlobystina A., Krasilnikova O., Egorova E. The smart parameters» for «smart field // AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing, 2022. – T. 2632. – №. 1.
57. Rotondi M. et al. The Benefits of Integrated Asset Modelling: Lessons Learned from Field Cases, 113831-MS SPE Conference Paper. – 2008.
58. Toby S. Making the Best of Integrated Asset Modelling // SPE Russian Oil and Gas Exploration & Production Technical Conference and Exhibition. – OnePetro, 2014.
59. Temizel C. et al. A comprehensive review of smart/intelligent oilfield technologies and applications in the oil and gas industry // SPE Middle East Oil and Gas Show and Conference. – SPE, 2019. – D042S087R001.
60. Zapata V. J. et al. Advances in tightly coupled reservoir/wellbore/surface-network simulation // SPE Reservoir Evaluation & Engineering. – 2001. – T. 4. – №. 02. – P. 114-120.

Приложение А
(справочное)

Integrated asset modelling: history and modern approach

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ТМ11	Иванова Валентина Владимировна		26.05.23г.

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОНД	Чернова О.С.	д.г.-м.н.		26.05.23

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ	Болсуновская Л.М.	к.ф.н.		26.05.23

1 INTEGRATED ASSET MODELLING: HISTORY AND MODERN APPROACH

1.1 General information on the «Integrated Operations concept»

The concept of hydrocarbon field development optimization by organizing efficient work of multidisciplinary teams has been in existence for about 30 years, but insufficient development of information and computer technologies did not allow to fully integrate the work of specialists from different segments of oil and gas industry [54].

Active development of information and computer technologies began in the 1980s, which resulted in the creation of specialized software for making models of objects and processes of field development. At the same time, there was a gradual improvement of technologies, from the simplest types of modelling (mathematical and 2D modelling) to advanced 3D modelling packages [46, 48].

For example, «Amoco» introduced a two-dimensional reservoir and surface facilities simulator in the 1960s [45, 57]. Somewhat later, «Schlumberger» introduced software products such as the dynamic multiphase flow simulator «OLGA» (1979) and the steady-state multiphase flow simulator «PIPESIM» (1984). In 1987, «Geomatic» (later merged with «ROXAR» and then acquired by «Emerson Electric») released the first version of the «IRAP RMS» software.

In 1998, «Technoguide» introduced the first commercial version of the «Petrel» platform («Schlumberger» has been developing and maintaining it since 2002). Around the same time, «Chevron» was also making extensive use of its own developments, «CHEARS» (three-dimensional reservoir simulator) and «PIPESOFT-2» (multiphase well-surface system simulator), and attempting to use them together [60].

Thus, by the end of 2000, an entire suite of software products for reservoir simulation, surface facilities simulation, calculation of economic models of the asset, etc. was already in place. [27-28].

Simultaneously with the development of information and computer technology, new areas of research into optimising field development and operation have emerged and developed. One of these areas was related to the concept of 'integrated operations'. The task of this direction at the initial stage was to study the prospects of combining several models for their joint analysis in order to improve the accuracy of field forecasts and effectiveness of making development plans.

For example, the team of authors Breaux, E. J., Monroe, S. A., Blank, L. S., Yarberry, D. W., & Al- Umran, S. A. (1985) reviewed a methodology for designing a field development and operation plan for a given flow rate based on a reservoir model, taking into account existing surface facilities constraints [47].

As the theoretical basis for using integrated operations to optimise production processes has been developed and expanded, companies have gradually incorporated integrated operations into their activities [50-52].

An example of the first attempts to use integrated operations to optimise production processes is «Superior Oil»'s establishment of specialized information centres in 1989 to collect and process drilling data in real time and send them on to head office. The first full-scale implementation of integrated operations was the merger of three major companies – «Baker Huges», «Norsk Hydro» (ceased to exist after the merger with «Statoil» into «StatoilHydro» Corporation) and «British Petroleum (BP)» on the Norwegian shelf [34].

The parallel development of companies in the field of integrated operations has led to the formation by now of the majority of large oil and gas holdings' own approaches to the application of integrated operations and their corresponding goals, objectives, set of methods and applied software packages. In this case, in the context of each individual company, the concept of «Integrated Operations» has its own name (Table 1.1) and definition.

Table 1.1 – The names of the concept «Integrated Operations» in different companies

The company	Name of concept
«Shell»	«Smart Fields
«Chevron»	«I-Fields»
«British Petroleum (BP)»	«Field of the future»
«StatoilHydro»	«Integrated Operations (IO)»
«Gazprom Neft»	«The digital field»
«LUKOIL»	«The smart field»

An analysis of the scientific literature on the application of Integrated Operations and their counterparts by foreign and Russian companies suggests that, despite differences in wording, the basis of the methodology remains the same. Below is an attempt to summarise all the numerous approaches and reduce them to a basic set of components that make up the Integrated Operations concept.

We should start with a definition. Currently, there is no single definition of Integrated Operations (Digital Field / Smart field / Smart Field, etc.). However, this definition can be considered simultaneously from several positions [28]:

- a set of interconnected technologies and business processes;
- software to describe and predict the behavior of a field (modelling of field development and operation processes and hydrocarbon production and transportation processes);
- an operational field management tool based on real-time data;
- a tool to optimise hydrocarbon production and transportation processes in order to reduce financial costs.

The structure of the framework can be summarised as a set of three major blocks – integrated asset models, integrated planning and constraint models (Figure 1.1). Each of these blocks can be represented as a set of interrelated components, each of which can also be subdivided. However, within a single field, which is being developed using integrated operations, several integrated asset models are usually created. Thus, the actual structure of integrated field operations is much more complex than the simplified version shown in Figure 1.1.

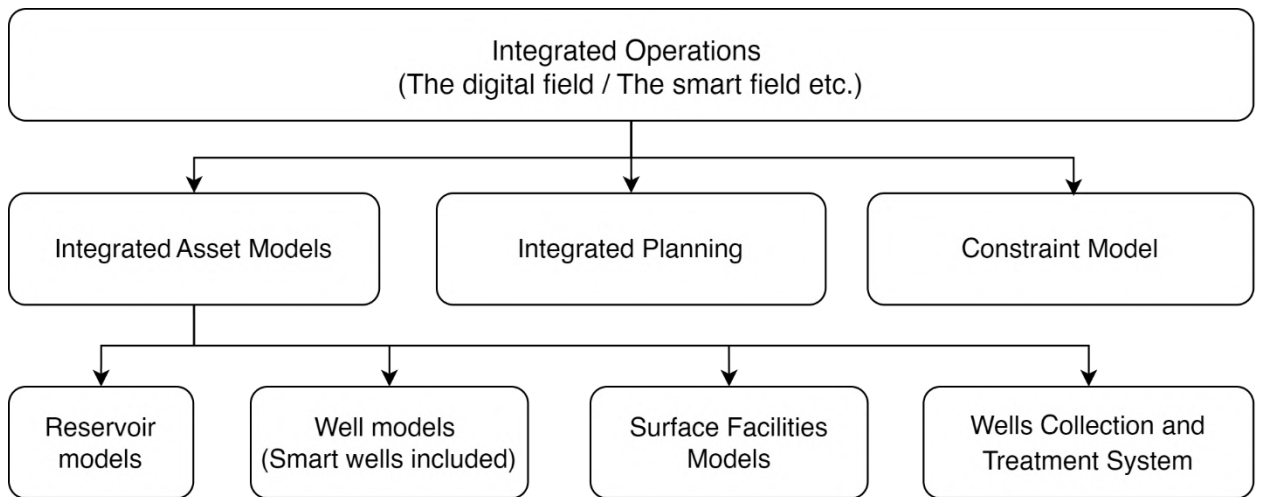


Figure 1.1 – Structure of the Integrated Operations concept
(Constructed by Ivanova V. V., 2023)

The «Integrated Planning» and «Constraint Model» blocks are important elements of the Integrated Operations concept and are briefly described below. Integrated Asset Modelling is the focus of this paper and is discussed in more detail in Section 1.2.

Integrated planning emerged from the extension of the principles of integrated operations into the field of planning [33-34, 42]. The essence of integrated planning is as follows:

- combining a set of plans (production, logistics, drilling, maintenance, etc.) in order to increase planning efficiency by rationalising and maximising the allocation of logistical and human resources on the basis of real-time information;
- ensuring greater predictability of events by taking into account the different kinds of dependencies between planning elements;
- ensuring organizational flexibility, by allowing timely assessment of the occurrence of problems and their resolution;
- ensuring planning reliability by reducing the likelihood of a mismatch between product supply and demand.

Let's look at the application of the constraint model using the example of Gazprom Neft. Three asset management cycles are distinguished in the production process.

Small cycle – daily/weekly observation of constraint points (wells, gathering and treatment points, etc.) by controlling operating parameters (e.g. well flow rate).

Medium cycle, conducted once a week/month/quarter – management of losses by limiting points (reservoir, wells, gathering and treatment systems, etc.) by means of planning and conducting various technological operations (geological and technical measures, optimisation of reservoir pressure maintenance systems, etc.)

Long cycle, once every quarter/year/three years – management of undiscovered field potential by means of new development system design, drilling planning, well workover operations, etc. [34].

Various literature sources cite many advantages of introducing the «Integrated Operations» concept into the production process, as well as examples of its successful application [49, 53-55, 59]. Most authors name the following benefits as the main ones:

- the possibility of obtaining better understanding of development site structure, its interrelationship with other sites and features that may have a significant impact on the technical and economic performance of the field during subsequent development;
- the ability to carry out more accurate development and operational planning by taking into account the interconnectedness of the reservoir – well – wells collection and treatment – sales systems;
- reducing capital and operating costs by making the most effective decisions in a timely manner, based on real-time data;
- the possibility of more accurate modelling of the effect of geological and technical activities, the use of enhanced oil recovery methods, the introduction of new wells, etc;
- the ability to develop innovative technologies to meet the challenges of a particular field and to simulate the effects of their application;

- the ability to develop remote fields in distant manner.

A large number of advantages and rapid advances in computer and information technology have led to the widespread usage of integrated operations to optimize field development. Fields that are being developed according to the integrated operations concept are called intelligent/digital/smart. Thus, between the 2010s and 2015 in Russia, the number of such assets grew from a low number to 27, with some of them falling into the «unmanned» category (Figure 1.2).



Figure 1.2 – Map of Digital Fields in Russia [35]

At present, the development of artificial intelligence technologies, Big Data, neural networks, machine learning, search for new «smart parameters» for use in integrated models (A. Okhlobystina, O. Krasilnikova, E. Egorova, 2022), etc., can be highlighted as areas of smart field development.

1.2 A modern approach to integrated asset modelling

In modern understanding, integrated asset model (IAM) is a complex model consisting of several models-components united by the program-integrator and characterizing processes taking place at levels of well – surface facilities (production gathering and treatment system) – economy. The number of model-components depends on a range of parameters, such as – complexity of geological structure of

the field, number of development objects, development systems adopted at the objects (joint or separate operation of reservoirs, number of wells, number of objects united by common gathering and treatment systems), etc. [36, 43, 58].

As an example, the IAM of the gas portion of the Pyakyakhinskoye field was created by «LUKOIL». The model includes 11 full-scale reservoir hydrodynamic models, many detailed well models and several surface facilities models [39, 41, 44].

A reservoir model makes it possible to evaluate the geological structure of a target, the distribution of rock and fluid properties in space, estimate reserves and design the most efficient development system. When a facility has already been in production for some time, a reservoir model allows ongoing monitoring of development and identifying methods to optimize production processes to achieve better economic performance. Thus, one of the most important tasks of a reservoir model is to predict reservoir behavior when using a particular development system, in order to select the most optimal system for particular conditions and when making changes to the current operating regime.

There are two types of reservoir models used to build integrated models – the full-scale hydrodynamic model and the material balance model. Each type of model has both advantages and disadvantages, and is used in specific situations [24-26, 32].

The hydrodynamic model (HDM) is essentially a set of differential equations, which are solved by applying numerical methods of finite-difference representation of derivatives.

The advantages of using full-scale GDM to build the IAM include a more accurate description of the geological structure of the object and increased quality of reservoir behavior prediction in the long term (the prediction accuracy increases with increasing time of the object operation due to decreasing the number of uncertainties).

The disadvantages of using full-scale HDM, as a component of the IAM, are high labor intensity of the process (since the HDM within the IAM has higher

requirements to the quality of model adaptation), increased calculation time and financial costs.

Thus, the full-scale HDM is usually applied for complexly constructed reservoirs, for strategic development planning, and in circumstances where the economic effect of its application exceeds the cost of construction (Zipir, Chernova, 2020).

The material balance model is a basic volumetric balance that accounts for reservoir pressure changes over time, taking into account established fluid rates [30-31]. This model is a simplified reservoir model and therefore has a number of advantages – reduced calculation time, reduced labor and resource intensity of the construction process. The disadvantages of the material balance model are decreased accuracy of forecasting in the long term and impossibility to use it to describe objects with complex geological structure [23, 30-31].

Thus, the description of reservoir model by material balance method in the construction of IAM is used for operational calculations in conditions of relatively long period of development and accumulation of sufficient amount of historical data.

It should also be noted that an important component of the reservoir model is the PVT model, which allows predicting fluid behavior as thermal and pressure conditions change. At the same time, the quality of the selected PVT model affects the accuracy of both the reservoir model and other component models-the well and surface facilities. Depending on fluid properties, reservoir and surface conditions, as well as modeling goals and objectives, either a «black oil» model or a composite model is chosen.

Reservoir modelling is usually done with software such as «MBAL» («Petroleum Experts»), «ECLIPSE» («Schlumberger»), «Navigator» («Rock Flow Dynamics» – «RFD»), «IRAP RMS» («EMERSON» / «ROXAR»).

A well model allows fluid flow in a well to be reproduced or predicted with the necessary accuracy based on the geometry of the well, its design, the equipment put into it and the thermobaric conditions under which it operates, taking into account all influencing factors and constraints. Conducting calculations on a well

model under integrated asset modelling conditions allows the optimality of the selected well design and operating mode to be assessed and corrected if necessary (Bortnikov, Kordik, Mavletdinov et al., 2018) [40]. Well modelling is usually carried out in software such as «PIPESIM» («Schlumberger»), «PROSPER» («Petroleum Experts»), «tNavigator».

Wells collection and treatment system model provides possibility to account for changes in fluid flow due to changes in thermal and pressure conditions as the product moves through the field pipeline network to and through the treatment facilities. Also, the inclusion of these component models in an integrated model allows the constraints imposed by gathering and treatment systems on production and well operation modes to be taken into account [40].

Modelling of surface facilities is usually carried out in software such as «PIPESIM», «GAP» («Petroleum Experts»), «tNavigator»

Economic model – essentially a set of formulas to calculate the financial and economic indicators of a project (e.g. Net Present Value, Payback Period, etc.) using both special software and by using «Microsoft Excel» built-in functions and, if necessary, creating custom functions and programmes (VBA macros). An example of special software is «Merak Peep» («Schlumberger»).

The individual component models are combined by a dedicated integrator program, whose main tasks are to exchange data between the IAM components and perform calculations, taking into account their interactions and constraints. «IAM» («Schlumberger») and «RESOLVE» («Petroleum Experts») are commonly used as integrator software.

It should also be noted that software can combine model-component tools and integrate them within a single software package. An example of such a suit is «tNavigator», which consists of several interconnected modules. Thus, integrated model is a powerful tool for hydrocarbon field development management, but the decision on its application should be based on the analysis of modeling goals and objectives, required and available resources, as well as expected results.

1.3 The experience of Russian companies in applying integrated modelling

In 2017, «LUKOIL» successfully completed the creation and pilot operation of an integrated asset model of the Nakhodkinskoye gas field [40]. The model included a HDM of the PK₁ reservoir, 60 models of production wells and a model of the gas gathering system. The pilot operation included the following tasks – identification of problematic pipeline sections in terms of gas hydrate deposition and development of an algorithm for calculating the optimum amount of inhibitor (methanol) to be supplied, as well as selection of the most efficient well operation mode, taking into account the existing limitations.

As a result of the pilot operation of the Nakhodkinskoye gas field IAM, an algorithm has been developed as follows. First, the situation is simulated when the inhibitor is not supplied to the collection system. The result at this stage is identification of problem areas. Next, the amount of methanol fed to the previously identified areas of hydrate formation is increased. The IAM calculation is then recalculated with the changes made. The calculations are iteratively repeated until the site operation becomes safe. The inhibitor flow rate that provides a safe mode is noted. The algorithm resulted in a 15% reduction in methanol consumption.

Using the Nakhodkinskoye gas field IAM allowed optimisation calculations to be made, taking into account the existing inlet pressure and underbalance constraints at the gas treatment unit (GTU), as well as the interference of the wells.

As a result of the calculations, optimal operating modes were selected for 41 wells, which made it possible to increase inlet pressure to the GTU by 11% and maintain the underbalance value within the permissible limits.

In 2021, «Gazpromneft-Orenburg», together with «Information Technology Professional Solutions» («ITPS»), completed the project «Creation of an integrated model of the Eastern section of the Orenburg oil and gas condensate field of «Gazpromneft-Orenburg»».

As part of the project, an IAM was created to provide forecasts of production rates at medium- and long-term levels and to carry out optimization calculations of field development parameters. The calculations resulted in a 14% reduction in gaslift gas consumption and an increase in oil production. The model built will also make it possible to control the oil gathering and treatment processes to achieve maximum efficiency in the development of the field.

The economic effect from the launch of commercial production has been estimated at 3.3 billion roubles through 2030, due to additional production of over 800,000 tonnes of oil and 1.3 billion cubic metres of gas.