

ИНЖИНИРИНГОВЫЙ ЦЕНТР МФТИ
ПО ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫМ ПОЛЕЗНЫМ ИСКОПАЕМЫМ

Сведения о ходе выполнения проекта

В ходе выполнения проекта по Соглашению о предоставлении субсидии от 03 октября 2017 г. № 14.581.21.0027 с Минобрнауки России в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» на этапе №2 в период с 01 января 2018 г. по 31 декабря 2018 г. выполнялись следующие работы:

- Выполнена разработка и программная реализация вычислительных алгоритмов расчета изотермического многофазного течения в стволе скважины произвольной конструкции с учетом условий проскальзывания (многоскоростная модель);
- Выполнена валидация и верификация разработанных алгоритмов расчета изотермического многофазного течения в стволе скважины с учетом условий проскальзывания (многоскоростная модель). Проведение отладки и тестирования программного модуля. Стыковка с расчетным модулем моделирования геометрии трещин ГРП / МГРП;
- Выполнена разработка физико-математической модели, описывающей неизотермическое многофазное течение смеси жидкости с пропантом с учетом упругости стенок скважины, несферичности частиц и различных режимов течения смеси;
- Выполнена разработка программного модуля для модели Planar 3D Biot раскрытия плоской трещины ГРП с учетом критерия разрушения и пороупругих эффектов;
- Выполнена программная реализация вычислительных алгоритмов расчета геометрии плоской трещины в слоистой среде (модель Planar 3D Biot) с учетом критерия разрушения и эффектов пороупругости;
- Выполнена разработка физико-математической модели расчета геометрии трещин при многостадийном ГРП в рамках модели Planar 3D Biot с учетом эффектов пороупругости и взаимодействия трещин;
- Выполнена разработка и программная реализация вычислительных алгоритмов расчета течения суспензии в канале трещины в рамках двухконтинуальной модели;
- Выполнена разработка и программная реализация вычислительных алгоритмов учета дополнительных эффектов при расчете течения суспензии в канале трещины в рамках двухконтинуальной модели;
- Выполнена валидация и верификация разработанных алгоритмов расчета течения суспензии в канале трещины (двухконтинуальная модель);
- Выполнена интеграция разработанных алгоритмов расчета течения суспензии (двухконтинуальная модель) с модулем расчета геометрии трещины (модель Planar 3D Biot);
- Выполнена разработка физико-математической модели, описывающей процесс формирования трещины ГРП в рамках модели Full 3D;
- Выполнена программная реализация расчетного модуля для моделирования геометрии и гидродинамики внутри трещины в рамках модели Full 3D;
- Выполнена разработка вычислительных алгоритмов и архитектуры модуля расчета процесса формирования трещины ГРП в рамках модели Full 3D;
- Выполнена разработка физико-математической модели инициации и роста трещины в прискважинной зоне в рамках модели Full 3D при различных типах цементирования и перфорирования скважины для определения нестационарных потерь давления;
- Выполнена разработка и программная реализация расчетного модуля для моделирования инициации и роста трещины в прискважинной зоне в рамках модели Full 3D при различных типах цементирования и перфорирования скважины для моделирования изменения состояния пристволенной зоны трещины в процессе ГРП;

- Выполнена разработка и программная реализация вычислительных алгоритмов моделирования кислотного ГРП с учетом взаимодействия раствора кислоты с породой;
- Выполнена валидация и верификация разработанных алгоритмов моделирования кислотного ГРП. Отладка и тестирование модуля;
- Выполнена разработка платформы программного сопряжения модулей (API) на языке программирования C++. Портирование расчетного модуля расчета геометрии одиночной трещины Pseudo3D в общую платформу;
- Выполнено портирование расчетного модуля для моделирования трещин МГРП в пласте с предзаданной сетью трещин на основе псевдотрехмерной модели трещин в общую платформу симулятора;
- Выполнена разработка физико-математической модели роста трещин ГРП с уточненным критерием движения кончика трещины;
- Выполнена разработка вычислительных алгоритмов моделирования роста трещин ГРП с уточненным критерием движения кончика трещины;
- Выполнена разработка инструментов для загрузки, обработки, хранения и визуализации исходных данных и результатов моделирования. Интеграция с базами данных;
- Выполнена разработка пользовательского интерфейса для отображения, редактирования и интерпретации данных микросейсмического мониторинга (локальная версия);
- Выполнена разработка инструментов для хранения, систематизации и анализа накопленной информации по проведенным ГРП / МГРП;
- Выполнена разработка инструментов для выгрузки данных в стороннее программное обеспечение;
- Выполнена разработка инженерного модуля для загрузки и отображения полевых данных о проведении ГРП / МГРП, в том числе в режиме реального времени;
- Выполнена разработка расчетного модуля и интерактивного пользовательского интерфейса для обработки, интерпретации данных и выполнения моделирования в реальном времени с использованием полевых данных;
- Выполнена программная реализация расчетного модуля для интерпретации данных микросейсмических событий, сопровождающих распространение трещины ГРП;
- Выполнена разработка и программная реализация алгоритмов экспресс оценки оптимального дизайна ГРП на основе полуаналитических моделей;
- Выполнена калибровка, валидация и верификация модуля для экспресс-оценки параметров оптимального дизайна ГРП / МГРП. Проведение отладки и тестирования;
- Выполнена разработка архитектуры баз данных. Определение перечня используемых для расчетов параметров по жидкостям, проппанту, кислоте, обсадным колоннам, НТК, ГНКТ, внутрискважинного оборудования;
- Выполнена программная реализация баз данных по жидкостям ГРП, проппанту, кислоте, обсадным колоннам, НТК, ГНКТ, внутрискважинного оборудования;
- Выполнена формирование баз данных реологических параметров жидкостей ГРП и кислотных составов, характеристик проппантов;
- Выполнена разработка модуля проведения многовариантных расчетов для оптимизации дизайна с целью достижения целевых параметров;
- Выполнена разработка единой системы тестирования модулей программного комплекса;
- Выполнена разработка единого пользовательского интерфейса программного комплекса (мобильная и полнофункциональная версия);
- Выполнена интеграция разработанных модулей программного комплекса. Проведение отладки и тестирования программного комплекса;
- Выполнена программная реализация алгоритмов определения оптимальных параметров трещин ГРП / МГРП, обеспечивающих достижения целевых параметров;

- Выполнена разработка учебного модуля, руководства пользователя и информационно-справочной системы;
- Выполнена разработка программной документации на модульный программный комплекс с расширенной функциональностью;
- Выполнена разработка вычислительных алгоритмов расчета геометрии плоской трещины в слоистой среде (модель ILSA Planar 3D);
- Выполнена программная реализация вычислительных алгоритмов расчета геометрии плоской трещины в слоистой среде (модель ILSA Planar 3D);
- Выполнена валидация и верификация разработанных алгоритмов расчета геометрии плоской трещины в слоистой среде (модель Planar 3D). Проведение тестирования расчетного модуля. Стыковка с модулем расчета гидромеханики в трещине;
- Выполнена разработка физико-математической модели развития множественных трещин и течения жидкости в системе трещин в рамках метода динамики частиц;
- Выполнена программная реализация расчетного модуля для моделирования процесса формирования сети трещин в рамках метода динамики частиц;
- Выполнена разработка модуля для прогнозирования уровня добычи скважины с ГРП / МГРП с учетом многофазной изотермической фильтрации с локальным измельчением расчетной сетки;
- Выполнена валидация, верификация, отладка и тестирования расчетного модуля для прогнозирования уровня добычи скважины с ГРП / МГРП;
- Выполнена разработка базовой функциональности модуля для прогнозирования стоимости скважины с ГРП / МГРП (расчет экономических показателей);
- Выполнена разработка модуля для интерпретации нагнетательных тестов при ГРП / МГРП (РСА, АСА). Портинг модуля мини ГРП в общую платформу (G-Notle, Sqrt, SRT, SDT, DFIT);
- Выполнена отладка и тестирование модуля для интерпретации нагнетательных тестов при ГРП / МГРП на основе полевых данных;
- Выполнена формирование базы данных по характеристикам обсадных колонн, НТК, ГНКТ, внутрискважинного оборудования;
- Выполнена аналитический обзор литературы по экспериментальным методам исследования локальной остановки (бриджинга) и оседания проппанта. Подготовка конструкторской документации на лабораторных стендах;
- Выполнена изготовление лабораторных стендов для проведения исследований по определению критериев локальной остановки (бриджинга) и оседания проппанта в трещине. Проведение лабораторных исследований (этап 1);
- Выполнена экспертное сопровождение работ по разработке физико-математических моделей, численных алгоритмов и их верификации;
- Выполнена выработка рекомендаций и требований к пользовательскому интерфейсу и функционалу разрабатываемых модулей;
- Выполнена подготовка промысловых данных для проведения тестирования разрабатываемых модулей;
- Выполнена разработка программы промысловых исследований. Подбор скважин-кандидатов для проведения исследований;
- Выполнена проведение промысловых исследований на пилотной скважине;
- Выполнена валидация и верификации модулей симулятора по результатам исследований.

Перечень разработанной документации на этапе:

1) Промежуточный отчет о прикладных научных исследованиях и экспериментальных разработках по теме «Разработка комплексного программного обеспечения для моделирования, оптимизации и контроля операций гидравлического разрыва пласта в условиях залежей трудноизвлекаемых запасов» по этапу № 2 «Разработка и программная реализация базовой функциональности расчетных и инженерных модулей

программного обеспечения. Расширение функциональности расчетных и инженерных модулей программного обеспечения», 2 части;

2) Программная документация в составе описания алгоритмов и текста программы по теме «Разработка программного модуля для модели Planar 3D Viot раскрытия плоской трещины ГРП с учетом критерия разрушения и пороупругих эффектов»;

3) Программная документация в составе описания алгоритмов и текста программы по теме «Программная реализация расчетного модуля для интерпретации данных микросейсмических событий, сопровождающих распространение трещины ГРП»;

4) Программная документация в составе описания алгоритмов и текста программы по теме «Программная реализация расчетного модуля для моделирования геометрии и гидродинамики внутри трещины в рамках модели Full 3D»;

5) Программная документация в составе описания алгоритмов и текста программы по теме «Прототип расчетного модуля для моделирования инициации и роста трещины в прискважинной зоне в рамках модели FULL 3D при различных типах цементирования и перфорирования скважины для моделирования изменения состояния пристволенной зоны трещины в процессе ГРП»;

6) Программная документация в составе описания алгоритмов и текста программы по теме «Модульный программный комплекс для моделирования, оптимизации и контроля операций гидравлического разрыва пласта «Кибер ГРП 1.0»;

7) Акт о соответствии функционала по теме «Портирование расчетного модуля для моделирования трещин МГРП в пласте с предзаданной сетью трещин на основе псевдотрехмерной модели трещин в общую платформу симулятора»;

8) Конструкторская документация по теме «Аналитический обзор литературы по экспериментальным методам исследования локальной остановки (бриджинга) и оседания пропанта. Подготовка конструкторской документации на лабораторные стенды»;

9) Акт изготовления оборудования «Экспериментальной установки для исследования движения жидкости ГРП и бриджинга»;

10) Протоколы исследований по теме «Изготовление лабораторных стендов для проведения лабораторных исследований по определению критериев локальной остановки (бриджинга) и оседания пропанта в трещине. Проведение лабораторных исследований (этап 1)»

11) Акт о проведении исследований по теме «Изготовление лабораторных стендов для проведения лабораторных исследований по определению критериев локальной остановки (бриджинга) и оседания пропанта в трещине. Проведение лабораторных исследований (этап 1)»;

12) Программная документация в составе описания алгоритмов и текста программы по теме «Модуль расчета геометрии плоской трещины ГРП в слоистой по сжимающим напряжениям среде по модели Planar 3D ILSA»;

13) Программная документация в составе описания алгоритмов и текста программы по теме «Прототип расчетного модуля для моделирования процесса формирования сети трещин в рамках метода динамики частиц»;

14) Программная документация в составе описания алгоритмов и текста программы по теме «Программная реализация баз данных по жидкостям ГРП, пропанту, кислоте, обсадным колоннам, НТК, ГНКТ, внутрискважинного оборудования».

Перечень работ, выполненных на втором этапе ПНИЭР соответствует плану-графику исполнения обязательств по Соглашению о предоставлении субсидии № 14.581.21.0027 от 03 октября 2017 г. Полученные результаты соответствуют техническим требованиям к выполняемому проекту и обеспечивают его успешную реализацию на следующих этапах. На втором этапе выполнения ПНИЭР получены 7 (семь) охраноспособных РИД.