



УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе
и инновациям, д.т.н.

А.Н. Дьяченко

12 марта 2016 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ФГАОУ ВО НИ ТПУ)

Диссертация «Автоматизированная система поддержки принятия решений по планированию геолого-технических мероприятий на нефтедобывающей скважине» выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» на кафедре Оптимизации систем управления (ОСУ).

В период подготовки диссертации соискатель Савельев Алексей Олегович обучался в очной аспирантуре и работал в должности ассистента в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» на кафедре оптимизации систем управления.

В 2009 году Савельев А.О. с отличием окончил Томский политехнический университет по специальности «Прикладная информатика в экономике».

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2016 г. федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники».

Научный руководитель – Силич Виктор Алексеевич, доктор технических наук, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», кафедра оптимизации систем управления, профессор.

По итогам обсуждения принято следующее *заключение*:

Проектирование систем управления разработкой нефтяных месторождений, предназначенных для информационного обеспечения процессов принятия решений, является сложной и актуальной проблемой. Сложность разработки месторождения в первую очередь обусловлена неопределённостью и неполнотой знаний о самом объекте разработки.

К числу важнейших и вместе с тем сложных задач разработки месторождения относятся задачи стабилизации добычи нефти и повышения коэффициента извлечения

нефти пласта, решение которых достигается за счёт оптимизации выбора мер геологического, технологического и технического характера – геолого-технических мероприятий (ГТМ).

Выбор ГТМ осложняется субъективностью и неопределённостью оценки отдельных критериев, интерпретации данных о текущем состоянии месторождения и выбора технологии проведения ГТМ.

Несмотря на прогресс в области создания новых моделей и информационных систем планирования ГТМ и прогнозирования их эффективности, нерешенной остаётся проблема комплексного информационного и алгоритмического обеспечения процесса планирования. Существующие подходы, методы и программные средства направлены на решение задач неполного ряда этапов жизненного цикла планирования ГТМ.

В данных условиях, с учётом многокритериальности решаемой задачи, неточности и неполноты исходных данных актуальной является разработка автоматизированной системы поддержки принятия решений по планированию геолого-технических мероприятий (АСППР планирования ГТМ), основанная на методах системного анализа.

Целью диссертационной работы является разработка моделей, алгоритмов и программного обеспечения автоматизированной системы поддержки принятия решений для повышения эффективности процесса планирования геолого-технических мероприятий на нефтедобывающей скважине.

Личное участие автора в получении результатов. Основные научные результаты получены лично автором. Постановка задач исследования и разработка методического подхода к проектированию АСППР планирования ГТМ осуществлялась совместно с В.А. Силичем. Функциональная схема АСППР планирования ГТМ разработана автором. Технология управления данными подсистемы мониторинга сетевой инфраструктуры разработана автором. Алгоритмическое и программное обеспечение АСППР планирования ГТМ разработано автором. Структура базы данных подсистемы мониторинга сетевой инфраструктуры разработана совместно с А.А. Алексеевым. Программное обеспечение для мониторинга и адаптивного управления разработкой «интеллектуального месторождения» реализовано совместно с А.А. Алексеевым, А.В. Замятым, В.П. Комагоровым, Е.М. Володиным, А.Ю. Черкашиным, А.В. Марчуковым, М.А. Ивановым. Программное обеспечение WITSML агента для станции управления бурением реализовано совместно с А.Ю. Черкашиным, А.В. Марчуковым, А.С. Гончаровым.

Диссертационное исследование соответствует области исследований специальности 05.13.06 по следующим пунктам:

п. 3 «Методология, научные основы и формализованные методы построения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) и производствами (АСУП), а также технической подготовкой производства (АСТПП) и т. д.»

п. 13 «Теоретические основы и прикладные методы анализа и повышения эффективности, надежности и живучести АСУ на этапах их разработки, внедрения и эксплуатации».

п. 15 «Теоретические основы, методы и алгоритмы интеллектуализации решения прикладных задач при построении АСУ широкого назначения (АСУТП, АСУП, АСПП и др.)»).

Научной новизной обладают следующие полученные результаты работ:

1. Разработан методический подход к проектированию АСППР планирования ГТМ, включающий:
 - принципы проектирования, позволяющие повысить эффективность разработки АСППР планирования ГТМ на нефтедобывающей скважине;
 - системную последовательность планирования ГТМ, определяющую задачи основных этапов и функции управления при планировании мероприятий;
 - разработанный на основе объектно-ориентированной методологии проектирования комплекс взаимосвязанных моделей АСППР планирования ГТМ, позволяющий сократить общее время разработки АСППР планирования ГТМ и повысить экономическую эффективность процесса планирования за счет повышения оперативности принятия решений.
2. В соответствии с разработанным методическим подходом предложена функциональная схема АСППР планирования ГТМ, отражающая системную последовательность планирования ГТМ и включающая новый элемент – подсистему мониторинга сетевой инфраструктуры, обеспечивающую целостность АСППР.
3. Предложены оригинальные алгоритмы выявления скважин с недоиспользованным потенциалом и формирования альтернатив ГТМ, автоматизирующие процессы подбора скважин-кандидатов и выбора варианта проведения ГТМ, обеспечивающие повышение экономической эффективности разработки месторождения за счёт роста оперативности принятия решений и сокращения времени простоя рабочих бригад.
4. Предложен оригинальный алгоритм прогнозирования эффекта от ГТМ, формирующий предварительную оценку показателей добычи после проведения выбранного вида мероприятия на основе множественной регрессионной модели, обеспечивающий повышение экономической эффективности разработки месторождения за счёт роста оперативности принятия решений.

Работы, опубликованные автором в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации:

1. Силич В.А., Савельев А.О., Комагоров В.П., Алексеев А.А. Построение информационной системы поддержки принятия решений при выборе вида геолого-технического мероприятия на нефтедобывающей скважине // Доклады Томского Государственного Университета систем управления и радиоэлектроники. - 2011 - №.2(24) - С. 295-299.
2. Силич В.А., Ямпольский В.З., Савельев А.О., Комагоров В.П., Алексеев А.А., Гребенщиков С.А. Применение методологии OMSD для моделирования системы

планирования геолого-технических мероприятий // Известия Томского политехнического университета. – 2012 – №5 - С.42-47.

3. Гребенщиков С. А., Силич В. А., Комагоров В. П., Фофанов О. Б., Савельев А. О. Технология разработки системы поддержки принятия решений для управления проектными работами при обустройстве месторождений нефти и газа // Известия Томского политехнического университета. - 2012 - Т. 321 - №. 5 - С. 47-51.
4. Гребенщиков С. А., Силич В. А., Комагоров В. П., Фофанов О. Б., Савельев А. О. Технология разработки информационной системы поддержки принятия решений для управления проектными работами при обустройстве месторождений // Научно-технический вестник ОАО «НК Роснефть». - 2012. - Вып. 29 - №. 4. - С. 38-42.
5. Силич В.А., Комагоров В.П., Савельев А.О. Принципы разработки системы мониторинга и адаптивного управления разработкой "интеллектуального" месторождения на основе постоянно действующей геолого-технологической модели // Известия Томского политехнического университета. - 2013. - Т. 323, № 5.- С. 94-100.
6. Комагоров В. П., Фофанов О. Б., Савельев А. О., Мехтиев Э. М., Алексеев А. А. Система адаптивного управления разработкой "интеллектуального" месторождения // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. - 2014 - №. 4(34). - С. 171-176.

Работы, опубликованные в индексируемых в международной базе цитирований Scopus изданиях:

7. Silich V.A., Savelev A.O., Cherkashin A.Yu. Algorithm of the Alternatives Generation in the Design of the Geological and Engineering Operations // Key Engineering Materials. - 2016 - №685.- p. 902-906.
8. Silich V.A., Savelev A.O. Development of the Decision-Making Algorithm on the Geological and Engineering Operations Based on the Infrastructure of the Digital Oil Field // Key Engineering Materials. - 2016 - №685.- p. 907-911.

Другие работы, опубликованные автором по теме диссертации:

9. Силич В.А., Савельев А.О. Разработка алгоритма принятия решений по выбору геолого-технического мероприятия для нефтедобывающей скважины // Проблемы информатики №2(14) 2012 – С. 31-36.
10. Савельев А.О., Алексеев А.А. Реализация алгоритма принятия решений о проведении ГРП с использованием MS SQL Analysis Services // VIII Всероссийская научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Технологии Microsoft в теории и практике программирования». Томск 2011.
11. Савельев А.О., Алексеев А.А. Алгоритмическое обеспечение процесса принятия решений о проведении гидравлического разрыва пласта // Международная научно-техническая Интернет-конференция «Информационные системы и технологии». Орел 2011.

12. Савельев А.О. Подход к проектированию хранилища данных для анализа информации о состоянии нефтедобывающих скважин при планировании геолого-технических мероприятий // IX Всероссийская научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Технологии Microsoft в теории и практике программирования». Томск 2012.
13. Кобызь Г. В., Савельев А. О. Проблемы и современные подходы мониторинга корпоративных вычислительных сетей [Электронный ресурс] // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов X Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, Томск, 13-16 Ноября 2012. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012 - С. 21-22. - Режим доступа: http://msit.tpu.ru/files/conf_2012.pdf.
14. Савельев А. О. Алгоритм автоматизированного выявления скважин с недоиспользованным потенциалом при планировании геолого-технических мероприятий [Электронный ресурс] // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 2 т., Томск, 12-14 Ноября 2014. - Томск: ТПУ, 2014 - Т. 2 - С. 148-149. - Режим доступа: http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2014/C04/V2/C04_V2.pdf.
15. Савельев А. О. Модуль контроля целостности системы поддержки принятия решений по планированию геолого-технических мероприятий [Электронный ресурс] // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 2 т., Томск, 12-14 Ноября 2014. - Томск: ТПУ, 2014 - Т. 2 - С. 150-151. - Режим доступа: http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2014/C04/V2/C04_V2.pdf.
16. Кочегуров А. И., Марчуков А. В., Савельев А. О., Черкашин А. Ю. Разработка технических и программных решений передачи данных в информационной инфраструктуре «интеллектуального» месторождения // Реализация прикладных научных исследований и экспериментальных разработок, выполненных вузами и научными организациями Сибирского федерального округа в рамках участия в реализации Федеральных целевых программ и внепрограммных мероприятий в 2014 году: тезисы докладов научно-технической конференции, Кемерово, 1-5 Декабря 2014. - Кемерово: КемТИПП, 2014 - С. 16-19.
17. Гребенщиков С.А., Комагоров В.П., Фофанов О.Б., Савельев А.О., Алексеев А.А. Система адаптивного управления разработкой «интеллектуального» месторождения на основе постоянно действующей геолого-технологической модели // Научно-технический вестник ОАО «НК Роснефть». - 2015. - Вып. 39 - №. 2. - С. 60-64.

Свидетельства об официальной регистрации программных систем, разработанных на основе результатов диссертации:

1. Программное обеспечение для мониторинга и адаптивного управления разработкой «интеллектуального месторождения» / А.О. Савельев [и др.] // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2013660761 от 18.11.2013.
2. Агент WITSMML Адениум для станций управления бурением / А.О. Савельев [и др.] // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2015660996 от 14.10.2015.

Результаты диссертационных исследований *внедрены* на предприятиях ОАО «Томскнефть» ВНК (договор №4-303/2012), ООО «РН-Информ» (договор 08/0189/Д), в рамках выполнения работ по государственному контракту, №14.515.11.0047, заключённому в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы», а также в рамках Соглашения № 14.575.21.0023, заключённому в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы», что подтверждается соответствующими актами.

В *первой* главе приведены результаты анализа предметной области – процесса планирования ГТМ. Задача эффективного планирования ГТМ может быть сформулирована как выбор мероприятий и последовательности их проведения для наиболее полного извлечения нефтяных запасов, при условии заданного уровня экономической окупаемости и отсутствия воздействия на окружающую среду.

На основе анализа нормативной и регламентной документации выделены основные группы субъектов планирования ГТМ в нефтедобывающих компаниях: геологическая служба, технологическая служба, междисциплинарная группа, отдел планирования ГТМ, производственный департамент, руководители инвестиционных проектов, рабочая группа по контролю за выполнением ГТМ, исполнитель.

Сформированы основные требования субъектов планирования ГТМ, предъявляемые к системе поддержки принятия решений при планировании мероприятий для нефтедобывающей скважины.

Для изучения и отображения факторов, влияющих на эффективность планирования ГТМ проведён причинно-следственный анализ.

На основе метода последовательного синтеза информационных технологий управления сформирована полная совокупность функции управления при планировании ГТМ.

Обоснована необходимость разработки методического подхода к проектированию СППР планирования ГТМ. В качестве составной части подхода разработана системная последовательность планирования ГТМ, определяющая этапы планирования мероприятий.

Во *второй* главе в качестве составной части методического подхода к проектированию СППР планирования ГТМ сформулированы принципы проектирования

АСППР планирования ГТМ. На основе сформированных принципов разработана функциональная схема АСППР планирования ГТМ.

Разработка системы в соответствии с разработанной схемой позволит:

- организовать планирование ГТМ в рамках действующих регламентов;
- сократить время согласования управленческих решений, за счёт объединения информационных компонент различных структурных подразделений в единое информационное пространство;
- автоматизировать процесс формирования первичных альтернатив;
- автоматизировать процессы оценки технологической и экономической эффективности планируемых ГТМ.

Разработанная схема основана на функциях управления при планировании ГТМ, что позволяет реализовать систему в рамках нефтедобывающей компании вне зависимости от существующей степени автоматизации планирования мероприятий и организационной структуры компании.

В соответствии с объектно-ориентированной методологией проектирования сложных систем (Object Model for System Design – OMSD), в качестве составной части методического подхода к проектированию АСППР планирования ГТМ, разработан комплекс взаимосвязанных моделей, представляющий собой совокупность моделей 5 видов: классов, объектов, зависимостей атрибутов, компонент системы, координации выработки решения.

В *третьей* главе приведено описание оригинальных алгоритмов выявления скважин с недоиспользованным потенциалом, формирования альтернатив ГТМ и прогнозирования эффекта от проведения ГТМ, а также вспомогательных алгоритмов оценки экономической и технологической эффективности ГТМ, образующих алгоритмический комплекс планирования ГТМ и оценки их эффективности.

Разработанные алгоритмы обеспечивают комплексную автоматизацию решения задач этапов системной последовательности планирования ГТМ.

При наличии соответствующих данных в обучающих выборках, разработанный алгоритмический комплекс позволяет также автоматизировать ряд этапов *управления рисками проекта планируемого ГТМ*.

Качественный анализ рисков (выявление неопределённостей, присущих проекту), осуществляется алгоритмом формирования альтернатив ГТМ. Алгоритм классификации относит проект ГТМ к одному из классов мероприятий, на основе чего формируется перечень рисков, характерных для данного класса.

Оценка количественного эффекта от потенциального возникновения риска осуществляется комплексно при помощи алгоритмов прогнозирования эффекта, оценки технологической эффективности и оценки экономической эффективности.

На примере событийных цепочек процессов и имитационных моделей принятия решений при планировании ГТМ, выполнена оценка временного эффекта, получаемого при использовании разработанного алгоритмического комплекса.

Характеристика основных изменений процесса планирования ГТМ на примере событийной цепочки процессов, при использовании разработанного программно-алгоритмического комплекса:

1. Разрозненные источники информации (данные о состоянии скважин, данные ГИС и т.д.) объединены в рамках единого информационного пространства и представлены набором источников данных (в рамках реализации принципов единого информационного пространства и контроля целостности).
2. В качестве ресурсов в соответствующих функциях используются алгоритмы программно-алгоритмического комплекса планирования ГТМ и оценки их эффективности.
3. Цепочка согласований плана работ с междисциплинарной группой и цехом добычи нефти и газа исключена – при использовании настраиваемых систем критериев, являющихся основами разработанных алгоритмов, необходимость дополнительных согласований отсутствует.

Диссертация «Автоматизированная система поддержки принятия решений по планированию геолого-технических мероприятий на нефтедобывающей скважине» Савельева Алексей Олеговича рекомендуется у защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям).

Заключение принято на заседании кафедры оптимизации систем управления. Присутствовало на заседании 20 чел. из 27 чел. Результаты голосования: «за» – 20 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 38 от «13» ноября 2015 г.

Председатель научного семинара,
зав. каф. ОСУ, к.т.н.


_____ М.А. Иванов

Ученый секретарь семинара,
доцент каф. ОСУ, к.т.н.


_____ О.Б. Фофанов