

## ОТЗЫВ

официального оппонента Массель Людмилы Васильевны на диссертационную работу Савельева Алексея Олеговича «**Автоматизированная система поддержки принятия решений по планированию геолого-технических мероприятий на нефтедобывающей скважине**», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность).

### **Актуальность научной работы**

Эффективность добычи нефти на нефтедобывающей скважине во многом определяется выбором мер геологического, технологического и технического характера – геолого-технических мероприятий (ГТМ). Выбор ГТМ осложняется субъективностью интерпретации и неопределённостью данных о текущем состоянии разработки месторождения, многокритериальным характером задачи, сложностью построения адекватных моделей принятия решений по выбору ГТМ, необходимостью создания соответствующих автоматизированных систем поддержки принятия решений (АСППР). Для решения задач планирования ГТМ разрабатываются новые алгоритмы и подходы к выбору мероприятий, проектируются системы управления разработкой месторождений, в том числе АСППР. 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 отдельных этапов жизненного цикла планирования ГТМ и характеризуются недостаточной обоснованностью технологии разработки процесса планирования и создания соответствующих АСППР по планированию ГТМ на нефтедобывающей скважине.

С учетом вышесказанного, диссертационная работа Савельева А.О., посвященная разработке новых моделей, алгоритмов и программного обеспечения АСППР для повышения эффективности процесса планирования геолого-технических мероприятий на нефтедобывающей скважине, является актуальной и представляет научный и практический интерес.

### **Анализ и оценка содержания диссертации, новизны, обоснованности и достоверности научных положений, результатов и выводов, сформулированных в диссертации.**

Диссертационная работа включает введение, три главы, заключение, список литературы из 149 наименований, в т. ч. 35 англоязычных, и 13 приложений, из которых 3 – акты о внедрении и 2 – свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Основные результаты диссертации изложены в трёх главах, в которых рассмотрено достижение цели работы – разработка новых моделей, алгоритмов и программных средств АСППР по планированию ГТМ на нефтедобывающей скважине.

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели и задачи работы, указаны научная новизна и практическая значимость полученных результатов, представлена структура диссертации.

В **первой главе** приведены результаты анализа предметной области – процесса планирования ГТМ. При его проведении автор применил системный подход к принятию решений, включающий этапы выявления проблем планирования ГТМ, формирования целей, критериев и ограничений, выработки решений (разработка альтернатив, оценка и выбор альтернатив, согласование решений), реализации решений и оценки их эффективности.

Задача эффективного планирования ГТМ 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 регламентной документации выделены основные группы субъектов планирования ГТМ в нефтедобывающих компаниях, сформированы основные требования субъектов планирования ГТМ, предъявляемые к соответствующей АСППР. На основе причинно-следственного анализа определены факторы, существенно влияющие на эффективность планирования ГТМ, обоснована необходимость разработки методического подхода к проектированию АСППР планирования ГТМ, в рамках которого необходимо: обосновать последовательность этапов проектирования АСППР; определить принципы проектирования АСППР; сформировать структуру системы для последующей программной реализации.

Во **второй главе** предложены следующие составляющие методического подхода к проектированию АСППР планирования ГТМ, составляющие *положения новизны*:

- *основные принципы* (единого информационного пространства, комплексного контроля информационно-вычислительных процессов и прозрачности процессов проектирования);
- *комплекс взаимосвязанных моделей* проектирования АСППР.

Разработка АСППР в соответствии с принципом единого информационного пространства обеспечивает единство хранения и представления данных, а также унификацию процессов обмена данными между отдельными компонентами информационной инфраструктуры нефтяного месторождения.

Принцип комплексного контроля информационно-вычислительных процессов АСППР обосновывает необходимость реализации подсистемы мониторинга сетевой инфраструктуры для обеспечения целостности системы.

Принцип прозрачности процессов проектирования предполагает использование модульного подхода при проектировании АСППР и применение объектно-ориентированной методологии проектирования для разработки комплекса моделей АСППР, необходимых для последующей программной реализации.

На основе указанных принципов разработана *функциональная схема АСППР по планированию ГТМ*, которая отражает системную последовательность планирования

ГТМ и обеспечивает интегрируемость системы или отдельных ее компонентов в действующую инфраструктуру нефтедобывающего предприятия.

Для обеспечения непрерывного контроля работоспособности АСППР планирования ГТМ и повышения эффективности эксплуатации системы сформирован и реализован новый компонент – *подсистема мониторинга сетевой инфраструктуры*.

Разработка системы в рамках предложенной схемы позволяет: организовать планирование ГТМ в рамках действующих регламентов; сократить время согласования управленческих решений за счёт объединения информационных компонентов различных структурных подразделений в единое информационное пространство; автоматизировать процесс формирования первичных альтернатив; автоматизировать процессы оценки технологической и экономической эффективности планируемых ГТМ.

Реализация АСППР планирования ГТМ в рамках разработанной функциональной схемы не предполагает отказ от имеющихся программных средств, используемых субъектами планирования ГТМ. Функционально каждая из таких программ является отдельным компонентом АСППР, соответственно, требуется разработка интерфейсов и методов обмена информацией с другими компонентами для формирования единого информационного пространства.

В соответствии с выбранной методологией OMSD и принципом прозрачности процессов проектирования сформирован *комплекс моделей АСППР по планированию ГТМ*, являющийся составной частью разработанного методического подхода и представляющий собой совокупность моделей 5 видов: 1) модель классов, описывающая множество классов АСППР планирования ГТМ и отношения между ними; 2) модель объектов, используемая при решении задач выявления закономерностей на этапах выявления скважин с недоиспользованным потенциалом и анализа эффективности проведённых ГТМ, а также при отборе скважин-кандидатов для проведения ГТМ; 3) модель зависимостей атрибутов, используемая для явного отражения сложных зависимостей атрибутов с альтернативными путями вывода; 4) модель компонентов системы, определяющая иерархию подсистем АСППР планирования ГТМ; 5) модель координации, используемая для решения задач интеграции и координации.

В *третьей главе* дано описание *оригинальных алгоритмов, также включенных в положения новизны*: алгоритмы 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 в совокупности алгоритмический комплекс АСППР планирования ГТМ.

Спроектированное и реализованное алгоритмическое и программное обеспечение АСППР планирования ГТМ позволяет автоматизировать решение задач формирования первичного списка скважин-кандидатов, формирования альтернатив ГТМ, прогнозирования эффекта от проведения и оценки эффективности мероприятия.

Для автоматизации процесса выявления скважин с недоиспользованным потенциалом разработан алгоритм, основанный на применении настраиваемой системы критериев. С учётом ограниченного числа возможных вариантов ГТМ для определённой добывающей скважины решение задачи планирования или формирования альтернатив ГТМ сводится к решению задачи классификации. В качестве средства решения предложен алгоритм, основанный на использовании метода k-взвешенных ближайших соседей.

Для планирования ГТМ разработана имитационная модель, сформированная при помощи программного обеспечения Rockwell Arena, и событийная цепочка процессов планирования ГТМ, разработанная в соответствии с методологией ARIS. Имитационная модель и событийная цепочка процессов отражают изменения процесса планирования ГТМ при использовании АСППР по планированию ГТМ, реализованной в соответствии с разработанным методическим подходом.

На примере исходных данных была выполнена апробация алгоритмов формирования альтернатив ГТМ и прогнозирования эффекта от мероприятия. Согласно результатам имитационного моделирования, разработанные алгоритмы выявления скважин с недоиспользованным потенциалом и формирования альтернатив ГТМ сокращают время принятия решения о проведении ГТМ на 38%. Предложенный алгоритм прогнозирования эффекта от проведения ГТМ, согласно полученным результатам численного моделирования, позволил уменьшить ошибку прогнозирования эффекта от проведения ГРП (гидравлического разрыва пласта) в 1,87 раза.

Результаты исследования и использования разработанных алгоритмов при решении задач этапов системной последовательности планирования ГТМ позволяют говорить об их работоспособности и адекватности.

**В заключении** работы сформулированы основные научные и практические результаты диссертации.

Достоинством диссертации является то, что автор комбинирует методологию системного анализа и методологию исследования операций. Первая используется для решения слабо структурированных проблем. В ходе системного анализа автор осуществляет формулировку проблемной ситуации; определяет цель и критерии достижения цели; выполняет построение моделей для обоснования решения и поиск допустимых вариантов решения; согласовывает решение и подготавливает его к реализации; управляет ходом реализации решения и проверяет его эффективность. Для решения хорошо структурированных, количественно выражаемых задач автор использует методологию исследования операций, которая состоит в построении адекватной математической модели и применении методов поиска оптимальной стратегии управления целенаправленными действиями: выполняет абстрагирование, формализацию и конкретизацию; проводит анализ и синтез, используя методы индукции и дедукции; выполняет композицию и декомпозицию, структурирование и реструктурирование; осуществляет макетирование; реализует алгоритмизацию; осуществляет моделирование и вычислительный эксперимент; проводит экспертное оценивание и тестирование. Таким образом, содержание диссертации изложено ло-

гично и последовательно, достоверность полученных результатов обеспечивается строгостью используемого математического аппарата, адекватностью и достоверностью модели на основе использования тестовых данных и обучающих выборок, большим количеством экспериментальных данных, подтверждающих теоретические результаты, а также внедрением разработанного комплекса алгоритмов в практику.

Тема и содержание диссертации соответствуют паспорту специальности 05.13.06. Диссертация является законченным научным трудом и выполнена автором самостоятельно, на высоком научном уровне. Диссертация содержит достаточное количество исходных данных, имеет пояснения, рисунки, графики, примеры, расчеты. Текст диссертации написан технически квалифицированно и аккуратно оформлен. По каждой главе и работе в целом сделаны обоснованные выводы. Результаты работы представлены достаточно четко и могут быть квалифицированы как новые научные знания, достоверность полученных результатов не вызывает сомнений. Исследованы характеристики созданных моделей, алгоритмов и программного обеспечения, оценена их адекватность и показана эффективность по сравнению с другими известными решениями. Работа базируется на достаточном числе исходных данных, примеров и расчетов. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации. Диссертация и автореферат соответствуют требованиям стандартов.

#### **Замечания**

По диссертации имеются следующие замечания:

1. В разделе 1.1.3 (стр. 20) представлена модель автоматизированной системы принятия решений, которая, скорее, является моделью принятия решений по планированию ГТМ.
2. Для разработанных регрессионных моделей не рассмотрены ограничения по их применению.
3. В формуле (3.1) на стр. 80 допущена ошибка в записи евклидова расстояния (в автореферате приведен правильный вариант).
4. В диссертации не описан процесс выявления наиболее существенных требований к АСППР по планированию ГТМ. В разделе 1.1.2 и приложении П.1 акцентируется внимание не на функциональных требованиях, а на требованиях к программной реализации АСППР.
5. В разделе 2.1.1 и на рис. 2.1 упоминается использование агентов, что является интересным результатом, но, к сожалению, описание реализации и использования агентов отсутствует (хотя есть свидетельство о регистрации программы – одного из агентов).
6. Не указан состав привлекаемых экспертов для работы по методу Саати (раздел 2.4).
7. В выводах в третьей главе описание практического использования результатов работы следовало расширить (п.8 раздела 3.9).

Приведенные замечания несколько снижают качество исследований, но, тем не менее, не влияют на значимость основных теоретических и практических результатов диссертационной работы.

### **Значение для теории и практики научных результатов, выводов и положений, сформулированных в диссертации**

Представленные в диссертации методический подход к проектированию АСППР, и схему проектирования комплекса взаимосвязанных моделей АСППР на основе объектно-ориентированной методологии системного анализа можно рассматривать как новый вклад в область знания, связанную с развитием современной теории проектирования автоматизированных систем поддержки принятия решений по планированию геолого-технических мероприятий на нефтедобывающей скважине. Проведенные научные исследования можно характеризовать как научно обоснованные технические разработки, обеспечивающие решение важных прикладных задач в области моделирования организационно-технологических систем и проектирования автоматизированных систем поддержки принятия решений

Научно-практическую значимость диссертации Савельева А.О. определяют:

- сформулированные методический подход к проектированию АСППР и схема проектирования комплекса взаимосвязанных моделей АСППР на основе объектно-ориентированной методологии системного анализа;
- разработанный комплекс моделей, алгоритмов и программ планирования ГТМ.

Таким образом, *теоретическая ценность* научной работы заключается в развитии теории моделирования организационно-технологических объектов и проектирования автоматизированных систем поддержки принятия решений, а *практическая значимость* представляется разработанным комплексом программ, который может быть применен в системах планирования геолого-технических мероприятий на нефтедобывающей скважине.

Диссертация содержит сведения о значительном практическом использовании полученных автором диссертации научных результатов. В приложении приведены копии двух свидетельств о государственной регистрации программ ЭВМ и акты внедрения результатов на предприятиях ОАО «Томскнефть» ВНК (договор №4-303/2012), ООО «РН-Информ» (договор 08/0189/Д). Результаты также использованы при выполнении 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», и при выполнении соглашения № 14.575.21.0023, заключённого в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы».



Диссертационная работа выполнена автором самостоятельно. Личный вклад автора отражен в диссертации и в автореферате. Диссертация обладает внутренней целостностью, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствуют о личном вкладе автора диссертации в науку.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что диссертация соответствует требованиям п. 10 Положения ВАК России о порядке присуждения ученых степеней.

### **Основные научные результаты диссертации**

По материалам диссертации опубликованы 19 работ, в том числе 6 статей в Российских рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК, 2 статьи в журналах, индексируемых в международной базе цитирований Scopus. Кроме того, получены два свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Таким образом, в части опубликования научных результатов диссертация соответствует требованиям п. 11 Положения ВАК России о порядке присуждения ученых степеней.

Основные результаты опубликованы в следующих статьях:

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, индексируемые в международной базе цитирований Scopus*

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. – Pp. 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.

Ссылки в диссертации сделаны корректно, участие каждого соавтора указано в диссертации, что соответствует требованию п. 14 Положения ВАК России о порядке присуждения ученых степеней. Анализ работы позволяет сделать заключение, что основные результаты, составляющие новизну и выносимые на защиту, получены лично А. О. Савельевым.

### Заключение

Диссертационная работа Савельева А. О. выполнена на актуальную тему, обладает научной новизной, теоретической и практической ценностью, является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена важная задача разработки новых моделей, алгоритмов и программного обеспечения АСППР по планированию ГТМ на нефтедобывающей скважине, имеющая существенное значение для развития теории и практики создания АСППР для объектов различного назначения, что соответствует требованиям п. 9 Положения ВАК России о порядке присуждения ученых степеней, а её автор, Савельев Алексей Олегович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность).

Официальный оппонент:

доктор технических наук, профессор,

главный научный сотрудник отдела энергетической безопасности,

зав. лабораторией информационных технологий в энергетике

ФГБУН «Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева»

Сибирского отделения Российской академии наук

Л.В. Массель

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН

664033, г.Иркутск, ул. Лермонтова, 130

+7(3952)424-700, 500-646

e-mail: [massel@isem.irk.ru](mailto:massel@isem.irk.ru)

с.т. +79148736049

