

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Ромашкина Макара Андреевича,
выполненную на тему: «Математическо-информационные модели и комплексы программ интегрированной логистической поддержки поршневых компрессорных агрегатов нефтехимических предприятий», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»; 05.17.08 – «Процессы и аппараты химических технологий»

Актуальность темы исследования. Диссертационная работа Ромашкина М.А. посвящена разработке современных методов и информационно-технологических инструментов интегрированной логистической поддержки (ИЛП) поршневых компрессорных агрегатов (ПКА) на этапе эксплуатации.

ПКА состоит из поршневого компрессора, трубопроводных систем, промежуточного оборудования (буферные ёмкости, сепараторы, запорно-регулирующая арматура, промежуточные теплообменники, дроссельные диафрагмы) и является сложной и энергоёмкой технической системой, функционирование которой существенно влияет на эффективность и промышленную безопасность предприятий нефтехимического комплекса. Эксплуатационная надёжность ПКА обеспечивается системой технического обслуживания и ремонта (ТОиР). При этом качество организации и экономическая эффективность ТОиР в значительной мере зависят от качества интегрированной логистической поддержки. Интегрированная логистическая поддержка ПКА содержит много задач, среди которых можно отметить: проверку характеристик аппаратного оформления на соответствие требованиям нормативно-технической документации; планирование работ ТОиР; формирование ремонтной и эксплуатационной документации; оформление

актов технического обследования; прогнозирование остаточного ресурса; анализ результатов технической диагностики.

На сегодня можно назвать две причины, не позволяющие проводить ИЛП поршневых компрессорных агрегатов с высоким качеством: использование для ведения ИЛП разрозненных (не интегрированных) комплексов программ; отсутствие моделей и алгоритмов, формализующих решение некоторых важных задач ИЛП.

В частности по второй причине следует уточнить, что отсутствуют модели и алгоритмы, необходимые для расчёта устройств гашения возбуждаемых компрессором пульсаций давления рабочей среды – буферных ёмкостей и сглаживающих дроссельных диафрагм, а также алгоритмы расчёта остаточного ресурса ПКА по результатам вибродиагностики. Автоматизация расчёта устройств гашения пульсаций давления рабочей среды является очень важной научно-технической задачей, т.к. данные пульсации являются источником повышенной вибрации – основного разрушающего фактора трубопроводных систем.

Анализ предметной области показывает, что указанные выше причины способствуют появлению следующих конкретных недостатков ведения интегрированной логистической поддержки:

- многократное дублирование операций поиска, ввода и обработки данных;
- большое количество выполняемых вручную рутинных процедур;
- низкая скорость выполнения расчётов;
- низкая скорость формирования текущей ремонтной и технической документации;
- большая избыточность данных;
- возникновение многочисленных ошибок ввода;
- наличие информационных противоречий.

Следствием указанных недостатков является низкое качество организации и проведения ТОиР, что приводит к снижению эффективности эксплуатации и промышленной безопасности нефтехимических предприятий в целом.

Исходя из сказанного, следует заключить, что выполненная Ромашкиным М.А. работа по теме «Математическо-информационные модели и комплексы программ интегрированной логистической поддержки поршневых компрессорных агрегатов нефтехимических предприятий» является актуальной научно-технической задачей, которая имеет конечную цель – повышение экономической эффективности и промышленной безопасности предприятий нефтехимической отрасли.

Общая характеристика диссертационной работы. Рассматриваемая работа структурно состоит из введения, четырех глав, заключения, глоссария, приложений в количестве семи единиц и изложена на 187 страницах. Список использованной при написании работы литературы состоит из 140 наименований. Материал, представленный в рукописи диссертационной работы, изложен достаточно ясно и доступно, имеется необходимое количество иллюстраций.

Изложение материала автореферата соответствует основному содержанию диссертации.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулирована цель работы и определены решаемые для ее достижения задачи, показан объект и предмет исследования, изложена научная новизна, практическое значение результатов исследования.

В первой главе приведены результаты анализа научно-технической литературы в области интегрированной логистической поддержки (ИЛП) динамических технических систем. Также в первой главе приводится краткая характеристика и возможности современных комплексов программ, используемых для компьютеризации интегрированной логистической поддержки различных технических систем.

Вторая глава диссертации посвящена разработке фреймовых моделей представления декларативных знаний о динамическом оборудовании в целом и о поршневом компрессоре – как одном из видов динамического оборудования.

Это необходимо для формализации разработанных в третьей главе алгоритмов решения поставленных в исследовании задач.

В третьей главе приводятся результаты разработки моделей и алгоритмов, необходимых для решения актуальных задач интегрированной логистической поддержки на этапе эксплуатации поршневого компрессорного агрегата.

В четвертой главе диссертации изложены результаты разработки архитектуры и программно-информационного обеспечения, а также практического применения комплекса программ «ЭЛПАДО», при создании которого были использованы разработанные в диссертации модели и алгоритмы.

В целом, диссертация по оформлению и содержанию соответствует установленным требованиям.

В работе получены следующие основные результаты, имеющие характер **научной новизны**:

- Разработана фреймовая модель декларативного представления знаний о поршневом компрессоре. Отличием модели является взаимосвязанное структурированное отражение паспортных, технологических, конструктивных характеристик компрессора и его элементов, результатов микрометрических измерений геометрических характеристик элементов и проведённых ремонтных работ.

- Разработана обобщённая модель интегрированной логистической поддержки эксплуатируемого поршневого компрессорного агрегата. Отличием модели является использование алгоритмов расчёта частотно-технологических характеристик ступеней поршневого компрессора и оптимальных конструктивных характеристик устройств гашения энергии пульсаций давления сжимаемой среды. Модель учитывает требования нормативно-технической документации, системные взаимосвязи между процедурами вычисления промежуточных и выходных переменных интегрированной логистической поддержки. Это позволяет с помощью единого программного комплекса автоматизировать расчёт частот пульсаций давления рабочей среды в ступенях

поршневого компрессора, а также обеспечить выполнение требований нормативно-технической документации к величине объёма буферной ёмкости и величине диаметра отверстия дроссельных диафрагм.

- Разработана логическо-вычислительная модель системы цилиндро-поршневых групп (ЦПГ) поршневого компрессора. Модель отличается учётом числа оборотов коленчатого вала, количества цилиндров в ступени, количества рабочих ходов поршней, геометрических параметров взаимного расположения цилиндров ступени и соответствующих им кривошипов. Это позволяет автоматизировать процесс определения моментов времени подач рабочей среды в ступень для любого конструктивного типа поршневого компрессора и любого принципа действия его цилиндров.

- Разработан информационно-вычислительный алгоритм расчёта оптимального размера буферной ёмкости. Отличие алгоритма состоит в использовании семейства аппроксимационных моделей ряда номограмм, которые описывают зависимость между искомым объёмом буферной ёмкости, показателем адиабаты, числом одновременно совершаемых подач рабочей среды в ступень поршневого компрессорного агрегата, числом подач рабочей среды за один оборот коленчатого вала, отношением времени всаса (нагнетания) ко времени одного оборота коленчатого вала, объёмом цилиндра, степенью неравномерности давления. Это позволяет повысить точность и автоматизировать трудоёмкий процесс расчёта объёма буферной ёмкости, который обеспечивает значение показателя неравномерности давления в трубопроводных системах компрессорного агрегата, соответствующее величине, указанной в нормативной документации.

- Разработан итерационный алгоритм расчёта сглаживающих дроссельных диафрагм. Отличием алгоритма является учет значений температуры, давления, молекулярной массы, скорости звука, расхода и показателя адиабаты рабочей среды, универсальной газовой постоянной и процента допустимых гидравлических потерь. Это позволяет автоматизировать процесс расчёта

диаметра отверстия рассеивающей энергию потока диафрагмы с учётом допустимых гидравлических потерь.

- Разработан итерационный алгоритм расчёта резонансных частот колебаний трубопроводных систем поршневого компрессорного агрегата. Отличие алгоритма состоит в использовании аппаратно-измеренных вибропараметров и расчётных значений частотных характеристик рабочей среды возбуждаемых цилиндрами компрессора. Это позволяет решить задачу оценки частот пульсаций давления рабочей среды, вызывающих повышенную вибрацию трубопроводных систем для последующего принятия технических решений по их устранению.

- Разработан эвристическо-вычислительный алгоритм определения характеристик надежности поршневого компрессорного агрегата. Алгоритм отличает учёт результатов анализа параметров вибрации, а также использование комплекта стандартных аппроксимационных зависимостей. Это позволяет автоматизировать прогнозирование периода времени до момента достижения уровня вибрации, недопустимого нормативно-технической документацией.

- Разработаны архитектура и программно-информационное обеспечение, комплекса программ «ЭЛПАДО». Комплекс программ реализует разработанные диссертантом математическо-информационные модели и алгоритмы.

Обоснованность и достоверность полученных в диссертационной работе научных результатов базируется на использовании апробированных научных положений и методов исследования; корректном применении методов системного и статистического анализа, функционального и математического моделирования, теории искусственного интеллекта; грамотном использовании методов объектно-ориентированного программирования при разработке комплекса программ.

Адекватность разработанных моделей и работоспособность созданных алгоритмов, подтверждается проведёнными вычислительными экспериментами

с использованием достоверных исходных данных по результатам вибродиагностики поршневых компрессоров.

Выводы и предлагаемые решения не противоречат известным результатам, полученным в работах отечественных и зарубежных ученых по тематике информационной логистической поддержки технически сложных систем. Степень обоснованности научных положений и выводов, содержащихся в рассматриваемой работе, можно признать достаточно высокой.

Полученные при проведении диссертационного исследования автором результаты опубликованы в 21 печатной работе, в том числе 5 работ в изданиях перечня ВАК:

1. Ромашкин М.А. Разработка информационной модели для компрессорного оборудования предприятий нефтегазового комплекса // Бурение&Нефть. 2012. №3. С.60-63. (соавт. Мошев Е.Р., Рябчиков Н.М., Беляев В.М.).

2. Ромашкин М.А. Разработка программного модуля для интегрированной логистической поддержки динамического оборудования предприятий нефтегазового комплекса // Бурение&Нефть. 2013. №11. С.54-56. (соавт. Мошев Е.Р., Рябчиков Н.М., Власов В.Г., Мырзин Г.С.).

3. Ромашкин М.А. Разработка концептуальной модели поршневого компрессора для автоматизации информационной поддержки динамического оборудования // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2013. №10. С.28-31. (соавт. Мошев Е.Р.).

4. Ромашкин М.А. Разработка информационной модели поршневого компрессорного оборудования // Научно-технический вестник Поволжья. 2012. № 6. С.402-408.

5. Ромашкин М.А. Модели и алгоритмы расчета устройств для гашения пульсаций газообразной среды в трубопроводных системах // Прикладная информатика. 2014. №2. С.56-76. (соавт. Мошев Е.Р.).

Также по результатам работы получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Программный модуль для электронной

паспортизации динамического оборудования». Результаты диссертационного исследования докладывались на 9 российских и международных конференциях.

Можно сделать вывод о том, что полученные научные результаты опубликованы в достаточной степени.

Основные результаты исследования соответствуют:

- специальность 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»:

- пункту 4. «Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента»;

- пункту 5. «Комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента»;

- пункту 8. «Разработка систем компьютерного имитационного моделирования»;

- специальность 05.17.08 — «Процессы и аппараты химических технологий» в части:

- пункту 3. «Способы, приемы и методология исследования гидродинамики движения жидкости, газов, перемещения сыпучих материалов, исследование тепловых процессов в технологических аппаратах и технологических схемах, исследования массообменных процессов и аппаратов»;

- пункту 8. «Принципы и методы синтеза ресурсосберегающих химико-технологических систем с оптимальными удельными расходами сырья, топливно-энергетических ресурсов и конструкционных материалов».

Практическая ценность результатов работы заключается в следующем:

1. Разработанные общая фреймовая модель динамического оборудования и фреймовая модель декларативного представления знаний о поршневом компрессоре практически использованы при создании комплекса программ

«ЭЛПАДО», реализованного на языке С++ при использовании средств объектно-ориентированного программирования.

2. Разработанные модели и алгоритмы могут быть рекомендованы к применению промышленным предприятиям нефтехимического комплекса и экспертным организациям для выполнения проверочных расчётов конструктивных характеристик буферных ёмкостей и сглаживающих диафрагм, а также для выявления причин повышенной вибрации трубопроводной обвязки ПКА при проведении диагностических работ.

3. Разработанные алгоритмы обработки экспериментально-измерительных данных вибродиагностики и прогнозирования технического состояния могут быть рекомендованы к практическому использованию при решении задач экспертизы промышленной безопасности поршневого компрессорного агрегата.

4. Разработаны и практически реализованы следующие информационные структуры: база данных технической информации по конструктивным элементам, таких как: электродвигатель (12688 записей), подшипник качения (2169 записей).

Практическая ценность полученных результатов исследования подтверждается актами об их использовании на ЗАО «СИБУР-Химпром», ООО «УралПромБезопасность».

Замечания официального оппонента по диссертационной работе

1. В главе 1 целесообразно дать разъяснение термина «Инженерно-технологическая постановка задач», поскольку он не является устоявшимся в полной мере.

2. В главе 2 описаны фреймовые модели оборудования и компрессора. Фреймовые модели разработаны и реализованы автором в программном виде. Они призваны заменить пользователю техническую документацию, повышают удобство, доступность и скорость работы с информацией. Так же можно рассматривать ФР как классификатор оборудования или базу данных, к которой можно обращаться за информацией при проведении расчетов, сократив ручной ввод данных. Без сомнения автором была проведена большая и полезная

работа, практическая значимость которой так же не подвергается сомнению. Однако из работы не ясно, в чем конкретное отличие фреймов, предложенной автором, от моделей, используемых в специализированных программных комплексах, описанных автором в первой главе.

3. В названии главы 1 упоминается «системный анализ», что подразумевает не только краткий обзор тематики исследования. Стоит отметить, что приведенный обзор дает общее понимание о задачах, которые решаются в работе. Однако хотелось бы больше конкретики. Например, при описании работ, на которые ссылается автор, в большинстве случаев не ясно какие именно модели или алгоритмы там используются, автор ограничивается ссылкой на публикацию. Но, на мой взгляд, необходимо привести подробное описание основных используемых моделей. В заключении первой главы делаются выводы об актуальности задачи ИЛП динамических технических систем, однако, как мне кажется, в работе была решена более частная задача, о чем этично было бы упомянуть.

4. Выполненный объем работы в разделах 3.1.5, 3.1.6 главы 3 включает в себя также аппроксимацию характеристик номограмм аналитическими зависимостями. Однако зачастую нет обоснования или объяснения вида выбранных аналитических функций для построения аппроксимаций. Из разделов не понятно, использовался ли предложенный вид функций для аппроксимации номограмм ранее существующих отечественных ПК. Тем не менее, следует констатировать, безусловно, была проделана большая работа, практическая значимость которой так же очевидна.

5. В главе 3 при описании исходных данных, необходимых для работы алгоритма 10, указан параметр x_{cr} - «критическое значение, при достижении которого выносится решение о том, что оборудование перешло в предельное состояние». Приводятся примеры источников, на основании которых можно определить его численную величину. Однако остается не вполне ясным вопрос о том, кто (разработчик или пользователь комплекса программ) будет определять численную величину данного параметра.

6. В главе 4 приведены фрагменты постоянной части базы данных элементов «Электродвигатель» и «Подшипник качения». При этом не приводится причина выбора именно этих элементов в качестве первых, для которых были получены экземпляры постоянной части базы данных.

Выводы оппонента о соответствии диссертации требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (постановление Правительства Российской Федерации N 842 от 24 сентября 2013 г.)

Несмотря на отдельные замечания, задачи, поставленные в рамках данного научного исследования, являются решенными. Приведенные замечания имеют рекомендательный и редакционный характер, они не снижают в целом **положительную оценку диссертационной работы.**

Диссертация Ромашкина Макара Андреевича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержатся научно обоснованные разработки, реализация которых вносит существенный вклад в развитие нефтехимического комплекса России. К таким разработкам относятся: фреймовая модель поршневого компрессора; обобщённая модель ИПП эксплуатируемого поршневого компрессорного агрегата; модели и алгоритмы определения конструктивных характеристик аппаратного оформления ПКА (системы ЦПГ, буферных емкостей и диафрагм), обеспечивающих нормативно-допустимую степень неравномерности давления в трубопроводных системах компрессорного агрегата, рассеивание энергии потока среды для допустимого уровня гидравлических потерь, а также определение моментов подач среды в ступень; алгоритмы оценки резонансных частот пульсаций давления сжимаемой среды; алгоритм определения характеристик надежности ПКА; архитектура, программно-информационное обеспечение комплекса программ «ЭЛПАДО».

Рецензируемая диссертация «Математическо-информационные модели и комплексы программ интегрированной логистической поддержки **соответствует требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней»** и требованиям раздела II данного Положения.

Считаю, что Ромашкин М.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», 05.17.08 — «Процессы и аппараты химических технологий».

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОППОНЕНТ:

первый заместитель генерального директора
по науке ООО «Научно-исследовательский
институт экономики и организации
управления в газовой промышленности»

доктор технических наук, профессор



Казак А.С.

Подпись А.С. Казака удостоверяю

Начальник отдела кадров,
трудовых отношений и социального
развития



М.А. Литвина

Почтовый адрес: 105066, г. Москва,

ул. Старая Басманная, д.20, стр.8

Тел.: +7 499 265-24-20

Факс: +7 499 267-30-76

Адрес электронной почты: econmg@gazprom.ru