

ОТЗЫВ

официального оппонента - доктора технических наук, профессора Корнюшко Валерия Федоровича на диссертационную работу Ромашкина Макара Андреевича 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 решаемой научной задачи

Поршневые компрессоры характеризуются высокой сложностью конструкции и значительной энергоемкостью. От стабильности и надежности их работы во многом зависит эффективность промышленных предприятий нефтехимического комплекса. Рассматриваемая диссертационная работа посвящена использованию методов интегрированной логистической поддержки (ИЛП) как одного из современных направлений логистики ресурсосбережения в сфере организации и управления производством для этапа эксплуатации поршневых компрессорных агрегатов (ПКА). Решение задач ИЛП эксплуатируемых поршневых компрессорных агрегатов осуществляется преимущественно с помощью разрозненных комплексов программ (КП), что объективно приводит к появлению ряда существенных недостатков, отрицательно влияющих на качество технического обслуживания и ремонта ПКА:

- многократное дублирование операций работы с данными;
- высокая трудоёмкость работ, обусловленная большой долей операций, выполняемых вручную;
- возникновение и накопление ошибок ввода данных;
- противоречивость и избыточность информации;
- низкая скорость поиска исходных расчётных данных;
- низкая скорость выполнения математических расчётов и формирования текущей эксплуатационной документации.

Также следует добавить, что некоторые, очень важные для интегрированной логистической поддержки ПКА, задачи на сегодня не автоматизированы. Причиной этому является недостаточное количество разработанных моделей и алгоритмов. А именно – на сегодня отсутствуют модели и алгоритмы, позволяющие автоматизировать решение таких задач как инженерно-технологический расчёт частот пульсаций давления рабочей среды,

расчёт объёма буферных ёмкостей и диаметра отверстий дроссельных диафрагм, предназначенных для гашения энергии пульсаций давления рабочей среды. Использование КП зарубежного производства также не позволяет решить весь комплекс задач, связанных с эксплуатацией поршневых компрессорных агрегатов вследствие территориальной удалённости разработчиков от конечного пользователя и достаточно высокой стоимостью адаптации.

Наличие указанных выше недостатков и проблем способствует снижению эффективности эксплуатации и промышленной безопасности не только ПКА, но и предприятий нефтехимического комплекса в целом.

На основании вышеизложенного можно заключить, что диссертационная работа Ромашкина М.А. актуальна, т.к. посвящена разработке математическо-информационных моделей, алгоритмов и комплексов программ интегрированной логистической поддержки эксплуатируемых поршневых компрессорных агрегатов и способствует повышению экономической эффективности и промышленной безопасности нефтехимических предприятий.

Диссертационное исследование и полученные результаты соответствуют Паспортам специальностей:

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

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

5. Комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента.

8. Разработка систем компьютерного имитационного моделирования.

– 05.17.08 – «Процессы и аппараты химических технологий» пунктам:

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.

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

Научная новизна основных результатов исследования

Можно отметить следующие результаты, имеющие признаки научной новизны:

– Фреймовая модель декларативного представления знаний о поршневом компрессоре. Модель отличается комплексным отображением паспортно-технологических характеристик компрессора, параметров элементов конструкции, а также результатов произведенных технических диагностирований и ремонтных работ. Наличие

структурированной совокупности необходимых данных и параметров позволяет автоматизировать процесс ИЛП поршневых компрессорных агрегатов.

– Обобщённая модель процесса интегрированной логистической поддержки эксплуатируемого поршневого компрессорного агрегата. В состав модели включены необходимые алгоритмы расчёта частотно-технологических характеристик ступеней компрессора, характеристик устройств гашения энергии пульсаций давления рабочей среды, играющих важную роль в вопросе обеспечения надёжности и безопасности ПКА. Модель отличается учётом концепции интегрированной информационной среды, требований нормативно-технической документации, взаимосвязей процедур вычисления промежуточных и выходных переменных интегрированной логистической поддержки, что позволяет автоматизировать определение частот пульсаций давления рабочей среды в ступенях компрессора.

– Логическо-вычислительная модель системы цилиндропоршневых групп поршневого компрессора. Модель отличается учётом конструкционных характеристик элементов ступеней компрессора и позволяет автоматизировать расчёт моментов подачи сжимаемой среды в ступень для любого исполнения и типа цилиндров поршневого компрессора.

– Информационно-вычислительный алгоритм расчёта оптимального размера буферной ёмкости. Алгоритм отличается использованием комплекса аппроксимационных моделей номограмм, описывающих взаимосвязь между объёмом буферной ёмкости, показателем адиабаты, числом, одновременно совершаемых подач рабочей среды в ступень ПКА, числом подач рабочей среды за один оборот коленчатого вала, отношением времени всаса (нагнетания) ко времени одного оборота коленчатого вала, объёмом цилиндра и степени неравномерности давления, что позволяет автоматизировать и повысить точность определения вместимости буфера для обеспечения нормативно-допустимой величины степени неравномерности давления в трубопроводных системах ПКА.

– Итерационный алгоритм расчёта дроссельных диафрагм. Алгоритм отличается учетом технологических параметров функционирования поршневого компрессора, компонентного состава и свойств рабочей среды, процента допустимых гидравлических потерь, что позволяет автоматизировать расчёт оптимального диаметра отверстия диафрагмы, рассеивающей энергию потока сжимаемого газа.

– Итерационный алгоритм расчёта резонансных частот колебаний трубопроводных систем поршневого компрессорного агрегата. Алгоритм отличается использованием экспериментально-измеренных параметров вибрации и расчётных частотно-технологических характеристик поршневого компрессорного агрегата, что позволяет

выявлять ряд частот пульсаций давления сжимаемого газа, приводящих к появлению повышенного уровня вибрации трубопроводных систем.

– Эвристическо-вычислительный алгоритм определения характеристик надежности поршневого компрессорного агрегата. Алгоритм отличается учётом результатов дискретного вибромониторинга, использованием набора стандартных аппроксимационных зависимостей, что позволяет автоматизировать решение задачи прогнозирования даты достижения элементами поршневого компрессорного агрегата недопустимого нормативно-технической документацией уровня вибрации.

– Архитектура, программное и информационное обеспечения, режимы работы комплекса программ «ЭЛПАДО», программно реализующего предложенные модели и алгоритмы, применение которых позволяет существенно повысить качество, снизить стоимость и трудоёмкость интегрированной логистической поддержки технического обслуживания и ремонта поршневых компрессорных агрегатов.

Опубликование автором основных научных результатов исследования

Полученные результаты исследования опубликованы в 21 работах, в том числе 5 публикаций в журналах, рекомендованных ВАК, таких как: «Бурение&Нефть», «Химическое и нефтегазовое машиностроение», «Научно-технический вестник Поволжья», «Прикладная информатика». Имеется 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Программный модуль для электронной паспортизации динамического оборудования» (свидетельство приравнивается к публикациям в журналах перечня ВАК). Можно сделать вывод о том, что полученные в процессе проведения диссертационного исследования результаты опубликованы в достаточной степени.

Степень обоснованности и достоверности полученных результатов

По отношению к широко известным результатам работ отечественных и зарубежных ученых по тематике информационной логистической поддержки выводы и предлагаемые решения данной диссертационной работы не характеризуются противоречивостью. Об обоснованности полученных в диссертационной работе положений и выводов свидетельствует корректное применение апробированных научных положений и методов исследования; корректное применение методов системного анализа, функционального и математического моделирования, теории искусственного интеллекта; результаты оценки адекватности расчётных и экспериментальных зависимостей; применение методов объектно-ориентированного программирования в процессе разработки комплекса программ. Достоверность полученных результатов и выводов, адекватность разработанных математических моделей и работоспособность созданных алгоритмов подтверждается результатами проведённых вычислительных и физических экспериментов, использованием

достоверных исходных данных по результатам вибродиагностики поршневых компрессоров производственных предприятий нефтехимического профиля.

Научное и практическое значение результатов исследования

Предложенные фреймовые, логическо-вычислительные модели, информационно-вычислительные и итерационные алгоритмы вносят определенный вклад в развитие теории интегрированной логистической поддержки поршневых компрессорных агрегатов как составной части динамического оборудования предприятий нефтехимического комплекса. Практическое значение результатов состоит в сокращении времени проектирования устройств гашения пульсаций давления рабочей среды, высокой оперативности получения экспертной оценки технического состояния ПКА при общем повышении качества работ технического обслуживания и ремонта, эффективности и безопасности эксплуатации предприятий нефтехимического комплекса на основе использования комплекса программ интегрированной логистической поддержки поршневых компрессорных агрегатов, реализующего предложенные модели и алгоритмы.

Разработанные модели и алгоритмы могут найти практическое использование в процессе работы экспертных организаций при проведении расчётов по определению конструкционных характеристик буферных ёмкостей и сглаживающих диафрагм, удовлетворяющих требованиям нормативно-технической и методической документации, в рамках мероприятий по определению причин возникновения повышенного уровня вибрации трубопроводов обвязки поршневых компрессорных агрегатов. Разработанные алгоритмы обработки экспериментально-измерительных данных вибродиагностики и прогнозирования технического состояния ПКА могут быть практически использованы при решении задач экспертизы промышленной безопасности ПКА.

Предложенная общая фреймовая модель динамического оборудования, её составная часть в виде фреймовой модели декларативного представления знаний о поршневом компрессоре были практически использованы в процессе разработки комплекса программ «ЭЛПАДО» (является составной частью комплекса программ «СИБУР-Трубопровод»).

Дополнительно практическая ценность результатов диссертационного исследования может быть подтверждена имеющимися актами о внедрении на ЗАО «СИБУР-Химпром», ООО «УралПромБезопасность».

Диссертация состоит из введения, 4-ех глав, заключения, списка литературы и приложений.

В первой главе приведены результаты системного анализа процесса технического обслуживания и ремонта поршневого компрессорного агрегата. Установлено, что наиболее значимым фактором, влияющим на работоспособность ПКА, является уровень

вибрации элементов его конструкции. В результате анализа научно-технической литературы не выявлено математических моделей и алгоритмов, позволяющих комплексно решать актуальные задачи ИЛП технического обслуживания и ремонта ПКА. Однако были найдены методики решения этих задач. Приведена краткая характеристика современных КП для компьютеризации ИЛП технического обслуживания и ремонта ПКА. Рассмотренные комплексы программ не позволяют решать указанные выше актуальные задачи ИЛП.

Во второй главе приведены результаты разработки общей фреймовой (ФР) модели динамического оборудования (ДО) и ее составной части – ФР модели декларативного представления знаний о ПК, которые создавались в соответствии с методикой, предложенной в работах чл.-корр. РАН, проф. Мешалкина В.П. и его учеников, и необходимы для автоматизации разработанных в третьей главе алгоритмов решения поставленных в исследовании задач. Общая ФР модель ДО разрабатывалась как расширение базовой модели оборудования и трубопроводов предприятия нефтехимического комплекса, использовавшейся при разработке КП «СИБУР-Трубопровод». Модель ДО является взаимосвязанной совокупностью четырех информационных структур ФР: «Основные характеристики» (общая для всех видов ДО); «Технологические характеристики» (содержит четыре уровня иерархии («Поток», «Ступень», «Технологический режим», «Компонент среды»)); «Конструкционные характеристики» (содержит параметры конструктивных элементов ДО); «Техническое обслуживание» (содержит записи о ремонтах и результаты периодических геометрических замеров элементов конструкции ДО).

В третьей главе приводятся результаты разработки моделей и алгоритмов, необходимых для решения актуальных задач ИЛП на этапе эксплуатации ПКА. Разработана обобщенная модель ИЛП эксплуатируемого ПКА, включающая расчет частотно-технологических характеристик ступеней ПК и оптимальных конструкционных характеристик устройств гашения энергии пульсаций давления рабочей среды, которые обеспечивают повышение надежности и безопасности ПКА, что позволяет с помощью единого программного комплекса автоматизировать расчет частот пульсаций давления рабочей среды в ступенях ПК, а также соответствующих требованиям нормативно-технической документации значений объема буферной емкости и оптимального внутреннего диаметра дроссельных диафрагм. Разработана логическо-вычислительная модель системы цилиндропоршневых групп ПК, позволяющая автоматизировать расчет моментов подач рабочей среды в ступень для любого конструктивного исполнения и типа

цилиндров. Для описания обобщенной модели использовалась методология структурного анализа и проектирования SADT.

В четвертой главе приводится описание результатов разработки программно-информационного обеспечения и практического применения КП «ЭЛПАДО» интегрированной логистической поддержки ДО, входящего в состав клиент-серверного приложения «СИБУР Трубопровод», который реализует предложенные модели и алгоритмы. КП реализован на языке С++ при использовании средств объектно-ориентированного программирования Microsoft Visual Studio в среде Windows.

Замечания оппонента по диссертационной работе

1. Достаточно произвольная трактовка автором некоторых основополагающих понятий. Так, в работе довольно часто упоминаются слова «системный подход» (стр. 39) «системный анализ» (стр. 71), тогда как на деле ни системного анализа, ни системного подхода в их классическом представлении в диссертации нет. Вынося диссертацию на защиту в диссертационный совет РХТУ им. Д.И. Менделеева, диссертанту стоило бы просмотреть труды основоположников системного анализа в химической технологии академика АН СССР В.В. Кафарова и проф. И.Н. Дорохова. Далее, выбрав для построения информационных моделей классическую методологию IDEF (стр. 71-72), автор, построив контекстную диаграмму, вместо 1-ой декомпозиции сооружает некую придуманную им логико-информационную мета-модель. Зачем? Логическо-вычислительная математическая модель (стр. 74) – в чем ее особенность? И т.д.

2. Количество публикаций у аспиранта – сколько их может быть? 3 статьи по регламенту в журналах, рекомендованных ВАК. Ну, пусть еще 3-4 в других журналах. Допустим, аспирант очень активен и у него появятся еще 4-6 тезисов (по 2-3 в год) в сборниках трудов (при этом надо помнить, что аспирант весь первый год учится, а далее обязан вести весьма серьезную учебную работу на кафедре и проводить экспериментальные исследования). Итого за 3 года обучения в аспирантуре реально иметь 10-13 публикаций, но не 21, как у диссертанта, из них 10 в первый год обучения в аспирантуре! На мой взгляд, это тот случай, где количество, наверное, пошло во вред качеству!

3. Одной из изюминок работы являются кинематические исследования и моделирование работы цилиндропоршневой группы поршневого компрессора (стр. 74-93). Чувствуется, что автор глубоко вник в поставленную задачу и хорошо в ней разобрался. Чего, к сожалению, нельзя сказать о попытке применить в последующих исследованиях статистические оценки. В подразделах 3.1.5 (стр. 97-104) и 3.1.6 (стр. 104-108) для расчета отношения времени всасывания (нагнетания) ко времени одного

оборота коленчатого вала rt и для расчета оптимального размера объема буферной ёмкости используются номограммы. Для моделирования экспериментальных зависимостей, отображаемых номограммами, диссертант строит ряд моделей и далее производит оценку адекватности построенных моделей, используя коэффициент множественной регрессии R . При этом найденные автором значения коэффициента R достигают фантастических значений 0.999, 0.99999 и т.д. Если бы диссертант внимательно посмотрел на правильно приведенную им формулу вычисления коэффициента множественной регрессии (ф-ла 3.1.5.4 стр. 102), то он бы обнаружил, что такое значение коэффициента возможно лишь при нулевых отклонениях модельных данных от расчетных во всех точках сравнения $i=1, n$. Однако данные, приведенные в приложениях (стр. 155-158), показывают, что в действительности в каждой точке модельные данные отличаются от экспериментальных на 2-10 процентов. О недостаточно серьезной подготовке диссертанта в области прикладной статистики говорит и ссылка на литературу, которой он руководствовался при выборе методики оценивания (Дукарский О.М., Закурдаев А.Г. Статистический анализ и обработка данных на ЭВМ Минск-22, М. Статистика, 1975 г.).

Безусловно, сделанные замечания несколько снижают общую оценку работы, однако они не влияют на итоговую **положительную** оценку.

Заключение о соответствии диссертации «Положению о порядке присуждения ученых степеней» (постановление Правительства РФ №842 от 24.09.2013)

Оппонируемая диссертация является **законченной научно-квалификационной работой**, в которой решена задача разработки математическо-информационных моделей и алгоритмов, которые позволяют снизить вероятность появления ошибок при работе с техническими данными поршневого компрессора; определять частотно-технологические характеристики ступеней компрессора, характеристики аппаратного оформления ПКА; оценивать резонансные частоты пульсаций давления рабочей среды, характеристики надежности ПКА, и реализованных в виде комплекса программ, что можно квалифицировать как достижение в области интегрированной логистической поддержки и математического моделирования технически сложных конструкционных систем, имеющее существенное значение для повышения эффективности и безопасности промышленных предприятий нефтехимического комплекса Российской Федерации. В целом, диссертация соответствует требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

Считаю, что Ромашкин Макар Андреевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технически наук по специальностям 05.13.18 – «Математическое

моделирование, численные методы и комплексы программ»; 05.17.08 – «Процессы и аппараты химических технологий».

Официальный оппонент

доктор технических наук, профессор,
Засл. деятель науки РФ, заведующий кафедрой
информационных технологий, ФГБОУ ВПО
«Московский государственный университет
тонких химических технологий имени
М.В. Ломоносова»:

119571, г. Москва, проспект Вернадского, 86,
тел.: +7 (499) 246-46-50, e-mail: inftech@mitht.ru

В.Ф. Корнюшко

Подпись Корнюшко В.Ф. «ЗАВЕРЯЮ»



Ученый секретарь университета

Ю.А. Ефимова