

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной
и инновационной работе УГПУ,
доктор технических наук, профессор



Р. А. Исмаков

2014 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» 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».

1. Описание материалов, представленных в ведущую организацию

Рассматриваемая диссертационная работы выполнена на кафедре «Машины и аппараты производственных процессов» ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет». Диссертация изложена на 187 страницах, насчитывает 66 иллюстраций. Список литературы состоит из 140 наименований. Структурно работа включает в себя введение, четыре главы, заключение, глоссарий, семь приложений.

Во введении приводится обоснование актуальности выбранной темы исследования, сформулирована цель и определены задачи, решаемые в ее контексте, обозначен объект и предмет исследования, изложена научная новизна и практическое значение результатов диссертационной работы.

В первой главе приведены результаты системного анализа процесса технического обслуживания и ремонта поршневого компрессорного агрегата (ПКА), результаты анализа научно-технической литературы по теме исследования и краткая характеристика современных комплексов программ (КП) для компьютеризации интегрированной логистической поддержки (ИЛП) технического обслуживания и ремонта ПКА.

Во второй главе работы приводятся результаты разработки общей фреймовой модели динамического оборудования, ее составной части в виде фреймовой модели декларативного представления знаний о поршневых компрессорах.

В третьей главе приводятся результаты разработки моделей и алгоритмов, направленных на решение актуальных задач интегрированной логистической поддержки этапа эксплуатации поршневых компрессорных агрегатов.

В четвертой главе приводятся результаты разработки архитектуры, программного и информационного обеспечения, а также результаты практического применения комплекса программ «ЭЛПАДО», реализующей предложенные модели и алгоритмы.

Структура, объем работы и ее оформление соответствуют установленным требованиям, предъявляемым к диссертациям, представленным на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Материал, приведенный в диссертационной работе, изложен грамотным научным языком и сопровождается большим количеством иллюстраций. Соблюдена логическая последовательность изложения: приведен обзор современных исследований по теме работы и указаны существующие недостатки, произведена инженерно-технологическая постановка задач исследования, выбраны методики решения задач, приведены результаты, сделаны выводы.

Изложение материала автореферата, изданного типографским способом, отражает актуальность, цель и задачи работы, научную новизну, практическую и научную значимость, основное содержание диссертации и выводы.

2. Актуальность работы

Тема диссертационной работы Ромашкина М.А. посвящена решению актуальной научно-практической задачи – разработке моделей, алгоритмов и комплекса программ интегрированной логистической поддержки поршневых компрессорных агрегатов нефтехимических предприятий, конечной целью которой является повышение эффективности и безопасности производственного процесса.

Применительно к поршневым компрессорным агрегатам, которые состоят из поршневого компрессора, буферных ёмкостей, дроссельных диафрагм, запорно-регулирующей арматуры и системы трубопроводной обвязки, интегрированная логистическая поддержка включает следующие задачи:

- формирование и сопровождение паспортной, ремонтной и технической документации;
- проверку характеристик технологического оборудования и технических устройств на соответствие требованиям нормативной документации;
- оформление актов технического обследования;
- прогнозирование остаточного ресурса;
- анализ результатов технической диагностики.

В результате проведённого в рамках диссертационного исследования анализа научно-технической литературы в области ИЛП динамических технических систем; обзора функциональных возможностей современных комплексов

программ, применяемых в качестве средств компьютеризации ИЛП, а также условий эксплуатации ПКА, диссертантом были сделаны следующие выводы:

1. Не выявлено моделей и алгоритмов, направленных на решение актуальных задач ИЛП поршневых компрессорных агрегатов, таких как:

- определение объёма буферных ёмкостей для гашения энергии пульсаций давления сжимаемой среды;
- определение диаметров отверстий дроссельных диафрагм, рассеивающих энергию потока рабочей среды;
- поиск измеренных частот колебаний конструктивных элементов поршневых компрессоров, совпадающих с частотой пульсаций рабочей среды;
- прогнозирование на основе результатов вибродиагностики даты достижения элементами ПКА недопустимого нормативно-технической документацией уровня вибрации.

2. Сложившаяся в настоящее время практика решения вышеназванных задач интегрированной логистической поддержки с использованием различных, зачастую не связанных между собой, комплексов программ приводит к следующим недостаткам и сложностям:

- увеличение трудоемкости выполняемых работ;
- появление и накопление ошибок при вводе данных и, как следствие, получение некорректной, противоречивой и избыточной информации;
- дублирование операций обработки данных.

3. Существующие комплексы программ не имеют первоначальной специализации в направлении эксплуатации поршневых компрессорных агрегатов и не позволяют в полной мере обеспечить решение всех актуальных задач интегрированной логистической поддержки данного вида сложного технологического оборудования.

Сделанные выводы свидетельствуют о низком существующем уровне ИЛП поршневых компрессорных агрегатов, что способствует снижению эффективности и безопасности эксплуатации не только ПКА, но и всего нефтехимического предприятия.

Из вышесказанного следует, что решаемая в диссертации научная проблема, посвящённая разработке моделей, алгоритмов и комплексов программ интегрированной логистической поддержки поршневых компрессорных агрегатов имеет актуальное значение и направлена на повышение эффективности и безопасности производства на нефтехимических предприятиях.

3. Научная новизна результатов диссертационной работы и соответствие паспорту специальности

1. Разработана фреймовая модель поршневого компрессора, которая отличается отображением технологических, паспортных и конструктивных характеристик, результатов технического диагностирования и проведённых ремонтов, что позволяет

автоматизировать интегрированную логистическую поддержку действующих поршневых компрессорных агрегатов нефтехимических предприятий.

2. Разработана обобщённая модель ИПП эксплуатируемых поршневых компрессорных агрегатов, включающая в себя алгоритмы расчёта частотно-технологических характеристик ступеней поршневого компрессора и оптимальных конструктивных характеристик устройств гашения энергии пульсаций давления рабочей среды. Данные расчёты обеспечивают повышение надёжности и безопасности работы поршневых компрессорных агрегатов. Модель характеризуется тем, что учитывает требования нормативно-технической документации, системные взаимосвязи между процедурами вычисления промежуточных и конечных переменных, что позволяет с помощью единого программного комплекса автоматизировать расчёт частот пульсаций давления рабочей среды в ступенях поршневых компрессоров, а также автоматизировать расчёт значений объёма буферной ёмкости и оптимального внутреннего диаметра дроссельных диафрагм в соответствии с требованиями нормативно-технической документации.

3. Разработана модель системы цилиндропоршневых групп поршневых компрессоров, учитывающая число оборотов коленчатого вала, количество цилиндров в ступени, количество рабочих ходов поршней, значения углов между осями цилиндров ступени, значения углов между осями кривошипов цилиндров, что позволяет автоматизировать расчёт моментов подач рабочей среды в ступень поршневых компрессоров для любого исполнения и типа цилиндров.

4. Разработан алгоритм расчёта оптимального размера буферной ёмкости, который отличается от аналогичных алгоритмов использованием семейства аппроксимационных моделей специальных номограмм, описывающих взаимосвязь между 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 всасывания или нагнетания ко времени одного оборота коленчатого вала, объёмом цилиндра и степенью неравномерности давления. Это позволяет автоматизировать и повысить точность определения вместимости буфера, и привести в соответствие с нормативно-технической документацией величину допустимой степени неравномерности давления в трубопроводных системах поршневого компрессорного агрегата.

5. Разработан итерационный алгоритм расчёта дроссельных диафрагм, который учитывает значения температуры, давления, молекулярной массы, скорости звука, расхода и показателя адиабаты рабочей среды, универсальной газовой постоянной и процента допустимых гидравлических потерь. Это позволяет автоматизировать расчёт оптимального диаметра отверстия рассеивающей энергию потока диафрагмы.

6. Разработан итерационный алгоритм расчёта резонансных частот колебаний трубопроводных систем поршневых компрессорных агрегатов, который отличается использованием измеренных экспериментально параметров вибрации и расчётных частотных характеристик поршневых компрессорных агрегатов, что позволяет выявлять частоты пульсаций давления рабочей среды, вызывающие повышенную вибрацию для последующего принятия технических решений по их устранению.

7. Разработан алгоритм определения характеристик надежности поршневых компрессорных агрегатов, который отличается от ранее применяемых возможностью учёта результатов дискретного вибромониторинга, а также возможностью использования комплекта стандартных аппроксимационных зависимостей. Это позволяет автоматизировать решение задачи прогнозирования даты достижения элементами поршневых компрессорных агрегатов уровня вибрации, недопустимых требованиями нормативно-технической документации.

8. Разработаны архитектура, программно-информационное обеспечение, вычислительно-сетевая структура и режимы функционирования комплекса программ «ОПЛАДО», 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.

В целом, разработанные математическо-информационные модели и алгоритмы являются вкладом в развитие математического моделирования компрессорных машин объемного принципа действия.

Тематика диссертационной работы, ее цель и задачи, научная новизна, результаты и применяемые методы **подтверждают соответствие диссертации специальностям**, по которым она представлена к защите: 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» в части:

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

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

– п.8 «Разработка систем компьютерного и имитационного моделирования» и 05.17.08 – «Процессы и аппараты химических технологий» в части:

– п.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»;

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

4. Практическая ценность результатов работы

Практическую ценность результатов диссертационного исследования иллюстрирует следующее:

– Общая фреймовая модель динамического оборудования и её составная часть в виде фреймовой модели поршневого компрессора практически использованы в процессе разработки комплекса программ «ЭПДАДО», реализованного на языке С++ средствами объектно-ориентированного программирования (составная часть комплекса программ «СИБУР-Трубопровод»).

– Получены и реализованы практически структуры нормативной части базы данных по конструктивным элементам динамического оборудования: элемент «Электродвигатель» в составе около 12000 записей; элемент «Подшипник качения» в составе около 2000 записей.

– Результаты диссертационного исследования внедрены в предприятиях ЗАО «СИБУР-Химпром» и ООО «УралПромБезопасность», что подтверждается соответствующими актами.

Разработанные модели и алгоритмы могут найти практическое применение для решения задач ИПП поршневых компрессорных агрегатов не только на предприятиях нефтехимического, но также нефтеперерабатывающего и химического комплексов; в работе экспертных организаций для решения задач, связанных с обработкой экспериментально-измерительных результатов вибродиагностики, определением причин повышенного уровня вибрации трубопроводов обвязки и элементов ПКА, прогнозированием технического состояния ПКА.

Полученные результаты работы могут быть также предложены для использования в учебном процессе в вузах химико-технологического профиля.

5. Публикации и апробация работы

Основные положения диссертации отражены в 21 работе, включая 5 публикаций в журналах, рекомендованных ВАК («Бурение&Нефть» (2012. №3; 2013. №11), «Химическое и нефтегазовое машиностроение» (2013. №10), «Научно-технический вестник Поволжья» (2012. № 6), «Прикладная информатика» (2014. №2), получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Программный модуль для электронной паспортизации динамического оборудования». Публикации достаточно полно отражают содержание диссертации.

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих конференциях: II международной интернет-конференции молодых ученых, аспирантов, студентов «Инновационные технологии: теория, инструменты, практика (INNOTECH 2011)» (г.Пермь, 2011), Международной научно-практической конференции «Теоретические и прикладные проблемы науки и образования в 21

веке» (г.Тамбов, 2012), Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы в научной работе и образовательной деятельности» (г.Тамбов, 2013), XV региональной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Химия. Экология. Биотехнология-2013» (г.Пермь, 2013), I региональной отраслевой научно-практической конференции «Перспективы развития техники и технологий в целлюлозно-бумажной промышленности» (г.Соликамск, 2013), 10-й всероссийской научно-практической конференции «Информация, инновации, инвестиции-2012» (г.Пермь, 2012), I Региональной научно-технической конференции студентов и молодых ученых «Проблемы химии, химической технологии и биотехнологии-2013» (г.Пермь, 2013), II всероссийской отраслевой научно-практической конференции «Перспективы развития техники и технологий в целлюлозно-бумажной промышленности» (г.Пермь, 2014), Международной научно-практической конференции «Наука и образование в XXI веке» (г.Москва, 2014).

6. Обоснованность положений и выводов диссертационной работы

Полученные результаты не находятся в противоречии с результатами работ отечественных и зарубежных ученых по тематике информационной логистической поддержки. Обоснованность полученных в диссертационной работе положений и выводов подтверждается корректным применением апробированных научных положений и методов исследования в виде:

- системного анализа;
- функционального и математического моделирования;
- теории искусственного интеллекта;
- методов статистического анализа;
- принципов модульного и объектно-ориентированного программирования

при разработке комплекса программ.

Достоверность полученных результатов и выводов, адекватность разработанных математических моделей и работоспособность созданных алгоритмов, подтверждается результатами проведенных вычислительных экспериментов, использованием достоверных исходных данных по результатам вибродиагностики поршневых компрессоров на предприятиях Пермского края.

7. Замечания по работе

1. Глава 2 посвящена разработке фреймовых моделей динамического оборудования и поршневого компрессора. Автором указываются характеристики, которым должны удовлетворять разрабатываемые модели, предъявляемые к ним требования по содержанию той или иной информации, а также приводится краткая характеристика фреймов как структурно-лингвистических моделей. При этом практическая значимость разработанных моделей не оспаривается. Однако, автором не приводится какого-либо обоснования выбора именно фреймов как средства представления знаний о соответствующем виде оборудования.

2. Раздел 3.1 посвящен логико-информационной модели интегрированной логистической поддержки эксплуатации поршневых компрессорных агрегатов. Автором указывается цели создания и методология, на основе которой производилась разработка модели. При этом следует отметить некоторый недостаток описательного материала при рассмотрении блоков данной логико-информационной модели. Также в изложении диссертации не проводится декомпозиция блока А1 «Формировать и сопровождать ИТД».

3. В настоящее время на многих промышленных предприятиях Российской Федерации происходит процесс перехода на техническое обслуживание и ремонт технологического оборудования по фактическому техническому состоянию. Это обусловлено, в частности, повышением требований к его работоспособности, экологической безопасности, внедрением нового диагностического оборудования, широким применением комплексов автоматизации, переходом на новые формы финансовой и хозяйственной деятельности организаций. При этом с целью повышения надежности и экономичности работы оборудования часто выбор со стороны соответствующих служб предприятий падает на стратегию технического обслуживания и ремонта на основе оценки его фактического технического состояния с сохранением основных положений системы планово-предупредительного ремонта и ремонта по отказу. При этом в диссертации не достаточно глубоко рассматривается вопрос использования предлагаемого комплекса программ в данных условиях.

4. Раздел 3.2 посвящен разработке алгоритма 7 расчета диаметра отверстия диафрагмы. Оптимальный диаметр отверстия, который обеспечивает эффективное гашение энергии пульсации, может быть получен по формуле (3.2.1), которая имеется в приведенном автором источнике (СА 03-003-07 Расчеты на прочность и вибрацию стальных технологических трубопроводов). В алгоритм 7 автором включен дополнительный этап расчета, заключающийся в проверке соответствия процента гидравлического сопротивления диафрагмы от среднего давления в трубопроводе максимальному заданному значению. Однако из текста раздела не ясна причина добавления данного этапа расчета в структуру алгоритма 7.

5. В разделе 3.1.1 при описании алгоритма 2 определения частот пульсаций рабочей среды не указана причина, по которой необходимо вычислять значения частот пульсации среды, как между соседними временами выхлопов, так и частоты, характерные для отдельных моментов выхлопов.

8. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней»

По мнению ведущей организации, диссертация Ромашкина Макара Андреевича на тему «Математическо-информационные модели и комплексы программ интегрированной логистической поддержки поршневых компрессорных агрегатов нефтехимических предприятий» соответствует требованиям п.9 «Положения о

порядке присуждения ученых степеней» (Постановления Правительства Российской Федерации N 842 от 24 сентября 2013 г.), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а также содержанию паспортов специальностей 05.13.18 (п.4, п.5, п.8) и 05.17.08 (п.3, п.8).

Рецензируемая диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи разработки моделей и алгоритмов, реализованных в комплексе программ интегрированной логистической поддержки поршневых компрессорных агрегатов, имеющее существенное значение для развития отечественного нефтехимического комплекса. Полученное решение включает совокупность разработанных математико-информационных моделей и алгоритмов обработки паспортно-технических характеристик ПКА, определения достаточной вместимости буферной емкости, оптимального диаметра отверстия рассеивающей энергию потока диафрагмы, выявления резонансных частот пульсаций, определения момента достижения критических величин вибраций, которые имеют существенное значение для повышения эффективности и безопасности эксплуатации предприятий нефтехимического комплекса в части совершенствования методических подходов обработки эксплуатационных данных и технической информации при осуществлении интегрированной логистической поддержки ПКА.

Указанное выше позволяет заключить, что Романкин Макар Андреевич 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».

Отзыв ведущей организации подготовлен кандидатом технических наук, доктором физико-математических наук, профессором Мухаметзяновым И.З. доложен им и утвержден на заседании кафедры «Математика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет», протокол № 4 от «28» ноября 2014 года.

Председатель заседания,
заведующий кафедрой «Математика»,
к.э.п., доцент

Н.Ю. Фаткуллин

Д-р ф.-м. наук, профессор

И.З. Мухаметзянов

Секретарь

С.Ш. Валиуллина

Личные подписи заверяю:

Начальник отдела по работе с персоналом

О.А. Далаян

Эмиль Ибрагимович
Ибрагимов

«08» 12 2014 г.