

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук,
профессора отделения машиностроения,
инженерной школы новых производственных технологий
Томского политехнического университета
Гаврилина Алексея Николаевича на диссертационную работу
Большакова Романа Сергеевича
«Развитие методологии определения динамических взаимодействий между
элементами вибрационного технологического оборудования»,
представленную на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 2.5.2. - «Машиноведение»

На отзыв представлена диссертационная работа, состоящая из введения, пяти глав с выводами, заключения, списка литературы из 258 наименований и приложения, всего на 368 страницах.

Актуальность темы диссертации

В диссертационной работе Большакова Р.С. исследован комплекс проблем, касающихся наиболее значимых аспектов обеспечения необходимых динамических свойств высокопроизводительных и надёжных в эксплуатации технологических машин. Для решения данных вопросов использован математический аппарат теории автоматического управления и методология структурных преобразований. Вибрационные технологические машины содержат в своей структуре большое количество разнородных элементов, для учёта динамических взаимодействий которых необходимо формирование обобщённых подходов и разработка дополнительных параметров их динамического состояния. Развитие методологии определения динамических взаимодействий между элементарными звеньями вибрационных технологических машин позволит получать устойчивые режимы их работы, а также уменьшить динамические нагрузки на опорные элементы, что подтверждается представленными актами внедрения и использования полученных результатов исследований. Это значительно облегчает проведение анализа динамических свойств и проведение оценки влияния отдельных встраиваемых подсистем с позиций, например, задач вибрационной защиты и виброизоляции. В связи с этим тематика диссертационного исследования, связанная с получением новых знаний в области динамики управляемого движения и проектирования систем вибрационной защиты сложных технических объектов, характерных для современного машиноведения, несомненно является актуальной.

Поставленные и решённые в диссертационной работе задачи являются актуальными и представляют интерес как теоретической, так и с

практической стороны.

Анализ содержания диссертационной работы

Во введении приведено обоснование актуальности работы, дана её общая характеристика, представлены цель и поставленные задачи диссертационного исследования, перечислены основные методы, объекты и предмет исследования, сформулированы научная новизна и положения, выносимые на защиту, теоретическая и практическая значимость полученных результатов.

В первой главе рассмотрены основные методы исследования динамических состояний технических объектов с расчетными схемами в виде механических колебательных систем при действии вибрационных воздействий. Проведён анализ большого объёма расчетных схем с учетом возможностей изменения вибрационных состояний. Выполнена оценка особенностей применения структурных методов построения математических моделей механических колебательных систем с различным числом степеней свободы. Рассмотрены вопросы развития методологических основ в решении задач динамики транспортных и технологических машин с учетом особенностей применяемых расчётных схем и различных вариантах динамического нагружения.

Во второй главе последовательно рассмотрены вопросы определения статических и динамических реакций между элементами вибрационных технологических машин, исходными расчетных схемами которых являются механические колебательные системы. Разработан обобщённый метод определения статических и динамических реакций, позволяющий при наличии вибрационного воздействия определить динамическую реакцию, а при её равенстве нулю – статическую составляющую реакции. На основе предлагаемого метода также можно определить полную реакцию. Представлены возможности применения метода к нескольким вариантам систем с различным числом степеней свободы.

Третья глава посвящена возможностям применения динамических реакций связей в качестве параметра динамического состояния технологического оборудования. Рассмотрены различные варианты механических колебательных систем при введении в их структуру большого количества дополнительных упругих и демпфирующих элементов. Показаны особенности преобразования расчетных схем с применением как структурных подходов, так и методики прямых преобразований, в частности при оценке влияния устройств для преобразования движения. Приведены амплитудно-частотные характеристики отношения динамической реакции и внешнего вибрационного возмущения, в том числе при совместном действии силового и кинематического возмущений.

В четвертой главе представлено развитие методологических позиций структурного математического моделирования для улучшения динамических характеристик вибрационного технологического оборудования с учетом большого количества типовых элементов, входящих в структуру расчетных схем, характерных для таких машин, а также с учетом различных вариантов приложенных вибрационных воздействий. Рассмотрено влияние избыточных связей между элементами на динамические свойства технических объектов, в том числе оценивает влияние реакций связей на динамическое состояние вибрационных технологических машин. Приведены подходы к оценке возможностей управления динамическим состоянием технологического оборудования

В пятой главе рассмотрены возможности приложения методов структурного математического моделирования в задачах динамики технологического оборудования. Разработаны подходы, позволяющие оценить динамические свойства систем при введении дополнительных устройств для демпфирования и преобразования движения, а также при введении рычажных связей. Проведена оценка экспериментальных данных, полученных в ходе исследования систем вибрационной защиты подвески сидения оператора транспортных средств, динамического гасителя колебаний и испытательной вибрационной технологической машины.

Приведены основные результаты и общие выводы по диссертационной работе.

В приложении представлены акты внедрения и использования результатов научных исследований.

Материалы диссертационных исследований изложены обладают явной внутренней логикой и отличаются последовательностью изложения, используемый математический аппарат, основанный на известных методах, позволяет оценить полученные результаты исследований, текст соответствует представлениям о научном стиле, структурирован и соответствует требованиям о научно-квалификационных работах. Автореферат полностью соответствует её содержанию диссертационной работы.

Научная новизна диссертационной работы

В диссертационной работе получены следующие новые научные результаты:

разработан метод определения реакций связей между элементами вибрационных технологических машин, опирающийся на представления об аналогиях механических колебательных систем с соответствующими структурными моделями систем автоматического управления, отличающийся тем, что является обобщённым для задач определения и

статических и динамических реакций, что позволяет упростить и унифицировать процедуры анализа и динамического синтеза в задачах оценки динамического состояния технологического оборудования; развита методология преобразования структурных математических моделей вибрационных технологических машин в виде механических колебательных систем, позволяющая трансформировать структурные схемы систем автоматического управления относительно выбранного объекта защиты с передаточной функцией интегрирующего звена второго порядка для выделения отрицательной обратной связи, представляющей собой приведённую жесткость системы;

разработана математическая модель в виде передаточной функции, отличающейся тем, что представляет собой отношение динамической реакции связи как выходного сигнала к входному сигналу в виде внешнего возмущения (традиционные подходы предусматривают использование отношения смещения к внешнему воздействию), что дает возможность использования динамических реакций связей в качестве параметра динамического состояния технологического оборудования; впервые получены амплитудно-частотные характеристики динамических реакций, которые при определённых сочетаниях параметров имеют специфический вид в связи с наличием дополнительных резонансных частот; развиты методологические позиции структурной теории виброзащитных систем в построении и преобразовании структур (или блоков) из соединённых элементарных звеньев, обладающих в совокупности свойствами квазипружин, создающие возможности упрощений в формировании математических моделей и оценке динамических возможностей и режимов вибрационных технологических машин;

развита методика построения математических моделей вибрационных технологических машин с расчётными схемами в виде механических колебательных систем с сосредоточенными параметрами, представляющих собой передаточные функции межпарциальных связей, уточнённая для одновременного совместного действия нескольких внешних гармонических возмущений и введения в расчётные схемы различных дополнительных связей, что проявляется через эффект изменения динамических свойств систем, отражающихся в реализациях динамических эффектов в формах самоорганизации движений элементов (динамическое гашение колебаний, совместность движения, распределение амплитуд колебаний и др.) и может быть использовано для оценки и контроля динамических состояний технологического оборудования.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, сформулированных в работе

Достоверность полученных результатов обеспечивается применением многократно проверенных общеизвестных методов и подходов, составляющих аналитический аппарат теоретической механики, теории колебаний, теории механизмов и машин, теории автоматического управления, а также использованием вычислительного моделирования и лабораторного эксперимента для их обоснования. а также подтверждается наличием по теме диссертационной работы 84 опубликованных печатных работы, из них 23 научных статьи в журналах из перечня ВАК, 4 статьи в изданиях, входящих в международную реферативную базу данных и систем цитирования Scopus, 36 патентов на изобретения и полезные модели Российской Федерации, 5 зарегистрированных программ для ЭВМ, а также 3 монографии. Основные результаты апробированы на международных и всероссийских конференциях и обсуждены с участием специалистов в заявленной научной области.

Практическая значимость результатов диссертационной работы

Практическая значимость работы заключается в использовании метода расчета параметров динамического состояния технологического оборудования по созданию системы оценки динамических состояний рабочих органов вибрационных технологических стендов и условий настройки распределения амплитуд колебаний, который принят к использованию в проекте АО «Улан-Удэнский Лопастной Завод» по модернизации вибрационного технологического комплекса, осуществляющего наклёп поверхности лонжерона лопасти несущего винта вертолета, что позволяет производить предварительный расчет настроечных параметров работы вибростенда и повышает надежность его работы в необходимом режиме в течение заданного временного цикла.

Методика оценки динамического состояния вибрационного технологического оборудования использована при совершенствовании вибрационного технологического комплекса, предназначенного для плотного и качественного формирования железобетонных изделий с целью создания более равномерного раствора на предприятии «ЖБИ-ТрансСтрой».

Разработанная методика позволила выполнить комплекс научно-

технических разработок по защите от вибрационных нагрузок приборного блока системы управления дробильно-сортировочного комплекса в составе щековой дробилки, инерционного грохота и системы конвейеров, предназначенного для изготовления и вибротранспортировки различных фракций инертных материалов. Разработана принципиальная схема конструктивно-технического решения по защите аппаратуры и реализации вибрационных технологических процессов.

Результаты исследований используются при реализации учебного процесса в рамках образовательной программы высшего образования по направлению подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», при чтении лекций и проведении практических занятий по дисциплинам «Теория автоматического управления», «Техническая эксплуатация промышленного оборудования», «Техническая эксплуатация систем автоматизированного производства», «Техническая эксплуатация станочных систем», «Основы технологии машиностроения» в Братском государственном университете.

Таким образом, проведённые исследования позволяют развить методологию определения параметров динамического состояния механических колебательных систем на базе новых подходов, основанных на представлениях о динамических реакциях и взаимодействии парциальных систем между собой, получение амплитудно-частотных характеристик динамических реакций и изменения соотношения между парциальными системами в зависимости от частоты внешнего возмущения, что предшественниками в таком объёме и контексте не рассматривалось.

Полученные в рамках предлагаемой методологии амплитудно-частотные характеристики динамических реакций имеют нетрадиционный вид и позволяют оценивать динамические нагрузки в местах соединения элементов и снижать их за счёт управления параметрами рассматриваемых виброзащитных систем, а передаточные функции межпарциальных связей дают возможность управления динамическим состоянием вибрационных технологических машин с помощью связности между координатами движения для получения устойчивых технологических режимов.

Замечания и вопросы по работе

1. По теме диссертации получено 36 патентов на изобретения. Однако не ясно, как они использовались при проведении диссертационных исследований.

2. Количество пунктов, отражающих научную новизну, совпадает с количеством положений, выносимых на защиту, но не коррелирует с итогами диссертационной работы.

3. Часть материалов второй главы в определенной степени повторяет, то, что уже хорошо известно или проанализировано в первой (обзорной) главе. Это касается показателей эффективности виброзащиты, получения передаточных функций и нахождения стационарных решений.

4. Второй пункт выводов по второй главе объём и не вполне понятен. Приводим его полностью: «Исследованы особенности динамических свойств механических колебательных систем, рассматриваемых в качестве расчетных схем технологических вибрационных машин, возникающие при введении дополнительных связей, реализуемых рычажными механизмами и устройствами для преобразования движения; показаны возможности существенного влияния на динамические свойства при распределении амплитуд колебаний, формированиях совместных движений и динамических эффектах, отражающих особенности силовых воздействий. Исследованы особенности формирования статических и динамических реакций в механических колебательных системах на основе использования аналитического аппарата теории цепей и теории автоматического управления и применении структурных интерпретаций систем и их передаточных функций. Показано, что понятие «реакция связей» может рассматриваться как аналог понятия передаточной функции цепи отрицательной обратной связи в структурной схеме виброзащитной системы, в которой объект защиты представлен интегрирующим звеном второго порядка».

5. Пятый и шестой пункты выводов по второй главе не относятся к тексту этой главы. Возможно термин «динамические реакции» в этих пунктах следует читать как «статические реакции».

6. Заметим, что кроме статических реакций очень важно знать также и координаты положения статического равновесия системы, которые как известно могут изменяться скачкообразно, например, в результате периодического изменения структуры. Эти вопросы в диссертации не затрагиваются.

7. Теорему о «динамическом статусе обратной связи» по отношению к защищаемому объекту необходимо было бы сформулировать в более общей постановке без введения частных символьных обозначений с индексами. Также нужно отметить, что при трансформации структурных

схем отсутствуют необходимые пояснения по технологии их преобразования.

8. В формулах 2 и 3 автореферата характеристическое уравнение передаточной функции не раскрыто, что затрудняет получение информации о динамическом состоянии виброзащитной системы в части определения ее динамических реакций при типовых изображениях силового воздействия.

9. Для описания динамики нелинейной пневматической подвески используются линейные соотношения. На наш взгляд приведенные в тексте диссертации краткие обоснования, связанные с линеаризацией упругодемпфирующих характеристик требуют дополнительных разъяснений.

10. В подразделе 4.3.4 указано, что частота кинематического возмущения при испытаниях пневматической подвески не превышала 10 Гц. Однако на рисунке 15 автореферата и рисунках 5.26, 5.27 диссертации используется «расширенный диапазон частот». В связи с этим следует заметить, что круговая частота не измеряется в единицах герц.

11. При исследовании пневматической подвески с рычажным механизмом автор ограничился сопоставлением результатов экспериментов и теоретических расчетов. Вызывает сожаление, что преимущество метода структурных преобразований не отражено, например, в плане реализации структурного синтеза по устранению резонансных явлений.

12. Вызывает вопросы раздел по оценке возможностей приложения структурного математического моделирования, так как экспериментальные результаты представлены в недостаточном объеме, а также не в полной мере описано оборудование, использовавшееся при получении экспериментальных данных.

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки теоретической и практической значимости выполненных исследований.

Соответствие диссертации критериям Положения о присуждении ученых степеней

Содержание диссертации полностью соответствует поставленным цели и задачам и подробно отражает последовательность их решения. Работа написана логичным, понятным языком, основные выводы и итоги диссертационной работы изложены достаточно аргументировано. Диссертация Большакова Р.С. полностью соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (Постановление Правительства РФ от №842 24.09.2013, п. 9 «Положение о порядке присуждения ученых степеней»).

Заключение по диссертационной работе

Диссертация Большакова Романа Сергеевича «Развитие методологии определения динамических взаимодействий между элементами вибрационного технологического оборудования», является самостоятельной, законченной научно-квалификационной работой, содержащей новые результаты, имеющие конкретное практическое применение. Текст диссертации изложен грамотным языком с соблюдением научного стиля. Полученные результаты соответствуют поставленным цели и задачам исследования.

Материалы диссертационной работы в полной мере отвечают требованиям к актуальности научных исследований, научной новизне, теоретической и практической значимости, личному вкладу соискателя, апробации и отражению результатов в публикациях. В целом, диссертационная работа Большакова Р.С. вносит вклад в развитие методологических основ определения динамических взаимодействий между элементами технологических машин для снижения динамических нагрузок на опорные элементы, а также для получения устойчивых динамических режимов работы.

Диссертация соответствует паспорту специальности 2.5.2. «Машиноведение»: п. 1 «Синтез структурных и кинематических схем механизмов и обобщенных структурных схем машин, оптимизация параметров», п. 3 «Методы кинематического и динамического анализа, в том числе математического моделирования, анимационного и экспериментального исследования механизмов», п. 5 «Методы исследования и оценки технического состояния объектов машиностроения, в том числе на основе компьютерного моделирования», а также требованиям Положения о присуждении ученых степеней (Постановление Правительства РФ от №842 24.09.2013, п. 9 «Положение о порядке присуждения ученых степеней»).

Использованные в диссертационной работе результаты других авторов, полученные в том числе при проведении совместных исследований, корректно отмечены в списке использованных источников. Личный вклад автора в написание диссертационной работы не вызывает сомнений. Основные результаты работы, обладают научной новизной и получены автором лично или во взаимодействии с научным консультантом.

Считаю, что автор диссертации Большаков Роман Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.5.2. - «Машиноведение».

Даю согласие на обработку моих персональных данных.

Официальный оппонент, доктор технических наук (05.02.02), доцент, профессор отделения машиностроения Школы новых производственных

технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет (НИ ТПУ)»
Гаврилин Алексей Николаевич.

Адрес: 634023, Томск, пр. Ленина 30

Телефон: 8-906-956-08-78

e-mail:

tom-gawral@list.ru

gawral@tpu.ru

30.05.2024г.

Подпись Гаврилина Алексея Николаевича заверяю,

И.о. ученого секретаря

Ученого совета ТПУ

/ Новикова В.Д.

