

ОТЗЫВ

официального оппонента Сызранцева Владимира Николаевича, доктора технических наук, профессора на диссертацию Полушкина Олега Олеговича на тему «ТЕОРИЯ И МЕТОДЫ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА К БАЛАНСИРОВКЕ РОТАЦИОННЫХ АГРЕГАТОВ МАШИН» по специальности 05.02.02 «Машиноведение, системы приводов и детали машин», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук.

Диссертационная работа О.О. Полушкина состоит из введения, шести глав, заключения и приложений, содержащих акты внедрения. Работа написана на русском языке. Общий объем работы составляет 341 стр. машинописного текста, включает 44 рисунка, 3 таблицы и библиографический список из 211 наименований отечественных и зарубежных авторов.

В результате ознакомления с диссертационной работой, авторефератом и опубликованными в печати по теме исследований статьями соискателя, мною установлено следующее.

Актуальность темы

Широкое использование в машинах ротационных агрегатов обусловлено их основным достоинством – непрерывностью реализуемых ими технологических процессов. Интенсификация этих процессов, обеспечиваемая ростом частот вращения таких агрегатов, привело к необходимости их балансировки, к созданию соответствующей отрасли науки (в виде отдельного раздела динамики машин), призванной обосновывать решения практических задач, - как методологии балансировки, так и создания технологий и технических средств её реализации.

На ранней стадии развития техники эксплуатационные частоты вращения ротационных агрегатов были далеки от первых критических частот. Такие тихоходные агрегаты были определены как «жёсткие» и получила развитие теория и практика балансировки «жёстких» роторов. Интенсификация функционирования ротационных агрегатов привела к сближению их эксплуатационной и первой критической частот вращения. Использование при этом теории «жёстких» роторов стало неэффективным, что и послужило толчком развития теории «гибких» роторов (следует отметить в этом заслуги таких учёных как Гусаров А.А., Диментберг Ф.М.). Однако практическое использование теории «гибких» роторов было ограничено рассмотрением отдельных частных случаев на идеализированных моделях балансируемых агрегатов. В таком виде теория балансировки не жёстких (гибких) роторов существует и по настоящее время, имея весьма ограниченное практическое использование. Часто реально гибкие роторы в

вопросах балансировки представляются как жёсткие, что в эксплуатации может привести к катастрофическим последствиям.

В силу отмеченного выше, существующий подход к балансировке роторов имеет множество недостатков, справедливо отмеченных автором в диссертации и автореферате, отчего этот подход назван им «несистемным». Ликвидация выявленных недостатков путем реализации предложенного автором «системного» подхода к балансировке ротационных агрегатов машин, является, несомненно, проблемой актуальной. Разработанный подход построен на основе совместного рассмотрения механики и балансировки как жёстких, так и нежёстких роторов машин различного назначения. Создание этой основы поднимает науку о балансировке роторов на качественно новый уровень, гарантирующий эффективное и корректное решение различных вопросов балансировки ротационных агрегатов при их проектировании, изготовлении, эксплуатации и ремонте, а также при создании нового поколения технологий и технических средств балансировки.

Использование вскрытых соискателем закономерностей механики и балансировки роторов при решении выше отмеченных вопросов является ценным и актуальным для практики создания и обеспечения конкурентоспособности продукции различных отраслей отечественного машиностроения.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Теоретические и экспериментальные результаты Полушкина О.О. получены с использованием общепринятых и широко апробированных положений и методов машиноведения, теории машин и механизмов, математики и информатики. Допущения, сделанные автором при создании моделей, являются корректными и, в своей основе, общепринятыми; их адекватность подтверждена либо теоретическими, либо экспериментальными исследованиями. Заимствованные материалы (и, в частности, материалы своей кандидатской диссертации) автор приводит с необходимыми ссылками.

Обоснованность новых научных положений механики и балансировки роторов, изложенных в диссертации, подтверждена их использованием при создании нового поколения высокоточных и высокоэффективных технических средств балансировки, оцененных потребителями как в РФ, так и за рубежом.

Достоверность и новизна исследований, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

В диссертационной работе получили развитие как фундаментальные основы теории балансировки, так и их приложения к решению комплекса

практических задач балансировки при проектировании, изготовлении, эксплуатации и ремонте ротационных агрегатов машин любого назначения и конструкции.

Новизну теоретических исследований представляют разработки автора по моделированию неуравновешенности и динамики колебательных процессов, ею обусловленных, при вращении ротора на балансировочном станке и на машине. Результатами этих исследований явились:

- оригинальная обобщенная математическая модель неуравновешенности ротора, дополнительно учитывающая дисбалансы от объективно существующего упругого прогиба оси ротора, зависящего от скорости его вращения;

- новая интерпретация модели колебаний опор ротора от его неуравновешенности, использующая векторные коэффициенты влияния на характеристики этих колебаний от дисбалансов в плоскостях приведения n -опорного ротора;

- обобщенные алгоритмы решения комплекса практических задач балансировки при проектировании и изготовлении ротационного агрегата, реализующие системный подход к решению проблемы его балансировки.

Новизну в прикладных реализациях, основанных на использовании автором результатов своих исследований, представляет разработка методик решения комплекса проектных и технологических задач балансировки роторов, выделенных в отмеченных выше обобщенных алгоритмах.

В решении проектных задач балансировки автор получил следующие результаты.

Впервые и с новых позиций соискатель подошел к обеспечению инерционной симметрии проекта создаваемого ротационного агрегата, а также к решению таких задач его проектирования, как обоснование необходимости балансировки, обоснование метода (статический, динамический) балансировки ротора и/или его сборочных единиц, обоснование класса создаваемого агрегата по критерию гибкости его оси. Соискатель впервые ввёл обоснованные количественные критерии разграничения введенных им классов «жёстких», «квазижёстких», «квазигибких» и «гибких» роторов и установил особенности методов и технологий, а также конструктивные нормативы балансировки роторов каждого из этих классов. Особый интерес и новизну представляет решение им задачи отстройки критической частоты вращения; с ее помощью осуществляется управление качеством и эффективностью балансировки проектируемого агрегата.

Как и при проектировании, системный подход к балансировке роторов при их изготовлении предусматривает решение всех задач обобщенного алгоритма, представленного в главе 1 диссертации (рис. 1.3) и в автореферате

(рис. 3). В диссертации дана характеристика основных блоков задач обобщенного алгоритма и операций по реализации предложенного алгоритма.

Для агрегатов, имеющих такие особенности конструкций как изменяемость геометрии при функционировании, наличие шарнирных и сменных элементов, разработаны оригинальные методы и технологии, не имеющие аналогов в существующей теории и практике балансировки. Новизну представляют оригинальные разработки соискателя, посвященные повышению эффективности корректировки дисбалансов и формализации расчетов по её выполнению.

Важную практическую ценность имеют разработки соискателя, направленные на создание высокоэффективных балансировочных станков нового поколения. Использование в этих станках предложенного О.О.Полушкиным частотно-регулируемого асинхронного привода обеспечивает стабильность частоты вращения балансируемого изделия с её вариацией в широком диапазоне. Разработанные новые методики оценки характеристик колебаний опор балансировочного станка, идентификации дисбалансов, их корректировки обеспечивают практическую реализацию технологии балансировки любого ротационного агрегата любой машины при серийном и единичном её производстве.

Следует отметить новизну использования установленных в диссертации закономерностей механики и балансировки роторов при создании балансировочного комплекта нового поколения. Этот комплекс обеспечивает возможность балансировки ротационных агрегатов на месте их установки в машине. В отличие от существующих конструкций подобных комплексов, процесс балансировки на которых осуществляется по существу эвристическим методом, на основе комплекса, разработанного соискателем, процесс балансировки выполняется по определенному алгоритму, обеспечивающему снижение трудозатрат на реализацию процесса.

Адекватность и достоверность построенных обобщенных математических моделей неуравновешенности и колебаний опор ротора подтверждены их экспериментальной проверкой, а также использованием моделей в создании, апробации и широком внедрении в методики решения всего комплекса задач практики балансировки, в создание нового поколения высокоэффективного балансировочного оборудования.

Значимость для науки и практики полученных результатов

Выполненные О.О.Полушкиным исследования представляют собой развитие существующей теории и практики балансировки ротационных агрегатов машин. От существующего прецедентного подхода, разработанный соискателем системный подход представляет собой теоретическую основу

решения взаимосвязанных задач балансировки различных классов ротационных агрегатов машин при их проектировании, изготовлении и эксплуатации.

Полученные в диссертации результаты позволили создать научную платформу решения всех задач построенного соискателем алгоритма проектирования уравновешенных конструкций различных ротационных агрегатов. Формализация решения этих задач на компьютере при проектировании ротационных агрегатов является средством создания соответствующей САПР, а для задач технологической подготовки производства по балансировке ротационных агрегатов, - основой разработки САПР ТПП.

Разработанное методическое обеспечение процесса проектирования, изготовления и эксплуатации ротационных агрегатов машин позволило создать конкурентоспособное в РФ и за рубежом балансировочное оборудование нового поколения и организовать его производство.

Отмеченное выше характеризует как научную, так и практическую значимость диссертации О.О.Полушкина.

Конкретные рекомендации по использованию результатов диссертации

Полученные в рамках диссертационной работы Полушкина О.О. результаты представляют собой развитие современной науки о балансировке роторов и ее практического приложения. Они позволяют научно-обоснованно решать практические задачи балансировки ротационных агрегатов машин самого различного назначения, повышает качество и эффективность функционирования, их конкурентоспособность. Кроме того, они обеспечивают возможность совершенствования технических средств балансировки (станков и балансировочных комплектов).

Автором проведена большая работа по использованию достигнутых результатов в отрасли сельхозмашиностроения, в балансировке карданных передач, в ряде других отраслей машиностроения. Эти результаты могут успешно использоваться при балансировке таких специфических изделий как коленчатые валы, гребные судовые винты и др.

Представленные в диссертационной работе теоретические основы балансировки и их практическое приложение позволяют создавать методические пособия для высших образовательных учреждений и программы послевузовского профессионального образования.

Публикации и доклады по теме исследования

Основные положения диссертации опубликованы в 53 работах, включая 2 монографии, 12 статей в журналах, рекомендованных ВАК, 14 статей в журналах, включенных в международные системы цитирования, получено 3 патента. Публикации охватывают все разделы исследования,

содержащиеся в диссертации. Результаты работы докладывались на многочисленных научно-технических конференциях различного уровня (2002-2018 гг).

Замечания по диссертационной работе

1. Используя понятия «системный подход», «системные закономерности механики и балансировки роторов», автор не приводит их чёткого определения.

2. Оговоренные пунктом а) на стр. 66 диссертации параметры объекта исследований ограничивают область использования полученных результатов.

3. В приведенных автором источниках отсутствует теоретическое обоснование векторной природы коэффициентов влияния. Из текста диссертации остается неясным возможности данного описания коэффициентов влияния и необходимости его использования.

4. Условие обоснования метода балансировки изделия (статической или динамической) получено из соотношения для ротационных агрегатов сельхозмашин. Соискатель рекомендует его использовать (в первом приближении) для агрегатов любых машин. Эта рекомендация требует обоснования, не представленного в диссертации.

5. Представленная на рис. 5.11 структурная схема системы измерения характеристик колебания опор балансировочного станка нового поколения рекомендована автором для станков до резонансного типа. Из текста диссертации остается неясным, - на сколько изменится схема измерения при создании и модернизации станков за резонансного типа.

6. Внедрение результатов в проектирование и производство ротационных агрегатов машин в тексте диссертации описано очень кратко, что затрудняет оценку практического вклада автора в созданные конструкции. Решение вопросов балансировки при ремонте машин практически не рассмотрено.

7. Слишком пространное изложение выводов 6, 7.

При оценке работы в целом высказанные замечания определяющими не являются.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным положением о порядке присуждения ученых степеней

Диссертация Полушкина Олега Олеговича является научно-квалификационной работой, в которой на базе выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, представляющие собой научную платформу системного подхода к решению проблемы балансировки ротационных агрегатов различных технических средств в виде адекватных

математических моделей неуравновешенности и генерируемых на основе этих моделей колебаний опор агрегата на балансировочном станке и/или на машине, а также в виде обобщенных алгоритмов, использующих эти модели для решения наиболее важных практических вопросов балансировки не только при проектировании и в производстве машин, но и при создании высокоэффективного балансировочного оборудования нового поколения, получившего признания как в РФ, так и за рубежом. Совокупность полученных автором результатов можно квалифицировать как научное достижение в области машиноведения, систем приводов и деталей машин, что соответствует требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор Полушкин Олег Олегович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.02.02 – Машиноведение, системы приводов и детали машин.

Официальный оппонент

Сызранцев Владимир Николаевич

доктор технических наук (по специальностям

05.02.18 – Теория машин и механизмов,

05.02.02 – Машиноведение, системы приводов и детали машин),

профессор, Заслуженный деятель науки РФ,

зав. кафедрой «Машины и оборудование нефтяной и газовой промышленности»

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования

«Тюменский индустриальный университет»

625000, Тюменская область, город Тюмень, улица Володарского, дом 38

Телефон: +7 (3452) 283013, 8-912-9265902

Электронный адрес: syzrantsevvn@tyuiu.ru



14 сентября 2021 г.

Согласен на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку

В.Н. Сызранцев



Сызранцев Владимир Николаевич
зав. кафедрой
«Машины и оборудование нефтяной и газовой промышленности»
ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»

