

Отзыв

официального оппонента на докторскую диссертацию Полушкина Олега Олеговича «Теория и методы системного подхода к балансировке ротационных агрегатов машин», представленную на защиту по специальности «Машиноведение, системы приводов и детали машин»

1. Актуальность темы

Тенденции современного машиностроения, сводящиеся к интенсификации функционирования и снижению материалоемкости агрегатов машин, делают актуальной проблему их надёжности. В значительной мере это касается ротационных агрегатов (роторов) машин, т.к. эти тенденции приводят к сближению эксплуатационных и критических скоростей их вращения, что ведёт к потере изгибной жёсткости оси агрегата, возникновению вследствие этого значительных дисбалансов, зависящих от скорости вращения. Все это приводит при работе такого агрегата в машине к значительным динамическим нагрузкам его опор и их вибрациям.

Проведенный соискателем обстоятельный анализ современного состояния теории и практики балансировки роторов как в РФ, так и за рубежом выявил отсутствие системности в решении этих вопросов при проектировании, изготовлении, эксплуатации и ремонте машин. Выражается это в том, что даже в одной отрасли машиностроения различные предприятия могут по разному подходить к решению задач балансировки однотипных, сходных по конструкции ротационных агрегатов машин. Во многих случаях это приводит к неэффективной реализации балансировки, не приводящей к снижению виброактивности ротационного агрегата в эксплуатации машины, а, зачастую, увеличивающую её. Причина такого подхода, как отмечено соискателем, - в недостатках существующей теоретической основы балансировки роторов, в отсутствии адекватных моделей неуравновешенности и динамики ротора на балансировочном станке и на машине, в отсутствии методов и средств выявления с высокой точностью амплитуд и фаз информативных гармоник колебаний опор ротора, обусловленных его неуравновешенностью.

Существующий подход к балансировке роторов сводится, как правило, к поиску её аналогов в прошлом, когда разрабатывалась и внедрялась в практику машиностроения теория балансировки жестких роторов с дисбалансами от различных собственных форм исходного искривления оси ротора, не зависящими от скорости его вращения. Использование этой теории

в настоящее время применительно к роторам с существенной изгибной податливостью оси приводит к негативным результатам. Поэтому разработка теоретических положений механики и балансировки роторов с податливой осью вращения и уточнение на этой основе моделей неуравновешенности таких роторов и их колебаний на податливых опорах является актуальным в обеспечении качества проектных и технологических решений вопросов балансировки создаваемых конструкций ротационных агрегатов, в разработке нового поколения более эффективных средств балансировки.

Работа соискателя и посвящена созданию отмеченных теоретических положений и (что особо важно) их приложению и внедрению а практику балансировки роторов машин любого назначения, в совершенствование технологий и средств балансировки. Все это и трактуется как системный подход к балансировке ротационных агрегатов машин, делая работу актуальной.

2. Личное участие соискателя в получении результатов

Полученные лично соискателем результаты теоретических исследований:

- новая математическая модель и моделирование неуравновешенности обобщенного ротора, имеющего конечную жёсткость исходно изогнутой оси, с дисбалансами, зависящими от частоты вращения ротора, и построенная на этой основе классификация роторов по критерию «гибкость оси»;

- метод математической фильтрации колебательных процессов опор ротора с использованием рекуррентного МНК и построенные на этой основе модель и моделирование колебаний обобщённого ротора от его неуравновешенности с учётом векторной интерпретации коэффициентов влияния;

- методики низкочастотной балансировки нежёстких роторов, многоопорных роторов, роторов с малыми и конечными изменениями геометрии, балансировки роторов на машине.

С использованием полученных теоретических результатов соискатель лично разработал и апробировал новые высокоэффективные компьютерные технологии балансировки и оригинальные конструкции технических средств балансировки (станки и переносной балансировочный комплект) нового поколения.

В 2012 году он лично организовал малое инновационное предприятие ООО «Энсет» при ДГТУ» для:

- серийного изготовления балансировочного оборудования нового поколения;

- изготовления, ремонта и балансировки высокооборотных карданных передач.

На базе ООО «Энсет» при ДГТУ», под научным руководством О.О. Полушкина выполнил и защитил в 2017 г. кандидатскую диссертацию (по балансировке карданных передач) гражданин республики Бенин Фофана И.М.

3. Обоснованность научных положений, полученных соискателем

Научные положения, выдвинутые соискателем, обоснованы корректными теоретическими исследованиями с использованием классических методов механики и математики. Они получили экспериментальную проверку и практическое внедрение. Эти положения неоднократно докладывались, обсуждались и получали положительную оценку специалистов на международных конференциях. Окончательным подтверждением обоснованности и достоверности этих положений является высокая эффективность основанных на них технологий и технических средств балансировки, их большая востребованность и конкурентоспособность как в РФ, так и за рубежом.

4. Научная новизна результатов

Разработка теоретических основ системного подхода к решению всего комплекса задач балансировки роторов машин любого назначения при их проектировании, изготовлении, эксплуатации и ремонте основывается в диссертации Полушкина О.О. на раскрытии им новых закономерностей механики и балансировки ротационных агрегатов машин, позволивших ему построить оригинальную модель неуравновешенности такого агрегата с дисбалансами, зависящими от частоты вращения, и аналитически раскрыть модель колебаний от неуравновешенности такого агрегата на податливых опорах с учетом векторной (а не скалярной, как это принято ныне) природы коэффициентов влияния дисбалансов на колебания опор ротора на базе разработки оригинального реализуемого на компьютере метода идентификации амплитуд и фаз колебаний опор ротора (на балансировочном станке и на машине) от его неуравновешенности.

5. Значение научных результатов для теории и практики

Новые научные результаты, полученные соискателем, создав фундамент системного подхода к решению всех вопросов балансировки ротационных агрегатов машин любого назначения и принципа действия на всех стадиях их создания и функционирования, являются существенным вкладом в теорию балансировки, поднимая эту теорию на более высокий уровень обобщения.

Существенным является вклад научных результатов соискателя в совершенствовании существующих и создании новых высокоэффективных и конкурентоспособных технологий и технических средств балансировки нового поколения, а также в их широком внедрении как в РФ, так и за рубежом посредством организации серийного их производства на созданном

соискателем малом инновационном предприятии «Энсет» при ДГТУ», функционирующим с 2012 г. по настоящее время.

Полученные научные результаты позволяют автоматизировать решение задач балансировки при проектировании и технологической подготовке производства ротационных агрегатов машин посредством создания соответствующих САПР по построенным в диссертации алгоритмам.

6. Реализация результатов работы в промышленности

Результаты исследования по диссертации реализованы в промышленности по следующим направлениям:

- измельчитель зерноуборочного комбайна «Acros-530» обоснован как квазижесткий ротор с соответствующими конструктивными и технологическими нормативами его балансировки. Эти нормативы существенно отличаются от ранее принятых «по аналогии» нормативов балансировки этого агрегата как «жесткого» ротора. Новые нормативы внедрены в ООО «КЗ «Ростсельмаш» внесением изменений в конструкторскую и технологическую документацию и в производство;

- модернизация десяти балансировочных станков на предприятиях машиностроения (в том числе в ООО «КЗ «Ростсельмаш», ООО «ПК «НЭВЗ» - для балансировки ротационных агрегатов зерноуборочных комбайнов и роторов тяговых двигателей электровозов соответственно);

- изготовление по заказам предприятий (как российских, так и зарубежных) около 200 единиц балансировочного оборудования (станков и портативных комплектов) нового поколения, в том числе и таких предприятий РФ как ПАО «Роствертол», ПАО «Камаз», АО «Кронштадтский морской завод», ПАО «Силовые машины», ООО «Бизон-Трейд», а также предприятий ближнего зарубежья (Украина, Белоруссия, Казахстан, Литва, Латвия, Грузия) и дальнего зарубежья (Испания, Германия, Перу, США, Занзибар);

- использование созданного оригинального портативного балансировочного комплекта для балансировки на месте более 3000 карданных передач автомобилей и ротационных агрегатов множества других машин и сооружений после их ремонта.

Все эти работы выполнялись и продолжают выполняться организованным соискателем ООО «Энсет» при ДГТУ», которое с 2012 г. по настоящее время выполнило работы по отмеченным направлениям общим объемом более 230 млн. руб.

7. Изложение материалов диссертации в публикациях соискателя

Результаты проведенного соискателем диссертационного исследования отражены в 53 публикациях:

- монография «Балансировка нежестких роторов» личного авторства, составленная по результатам исследований соискателя по его кандидатской диссертации. Характерно, что некоторые результаты этих исследований

использованы, обобщены и развиты исследованиями по защищаемой докторской диссертации;

- монография «Балансировка карданных передач», выпущенная в соавторстве с научным консультантом;

- 14 статей, индексированных в базах Scopus и WoS;

- 12 статей в рецензируемых журналах перечня ВАК, из которых 7 имеют личное авторство соискателя;

- 3 патента на полезную модель и изобретения;

- 9 публикаций в сборниках и трудах Всероссийской и Международных конференций (в личном авторстве, в соавторстве с научным консультантом и аспирантом);

- 13 публикаций в других изданиях (лично и в соавторстве).

Отмеченные публикации полностью отражают основные результаты защищаемого диссертационного исследования, что следует из представленных оттисков этих публикаций.

8. Рекомендации и замечания

По результатам знакомства с диссертацией и авторефератом О.О. Полушкина, следует отметить:

1) принятое соискателем название диссертации не отражает экспериментальную и практическую направленность работы;

2) осталось неясным почему функция, описывающая исходное искривление ротора, представляется в виде синусоиды (в диссертации стр. 61). Хотя автор справедливо отмечает, что искривление связано с погрешностями изготовления и в общем случае может носить произвольный характер;

3) недостаточно обоснован подход к определению допустимого дисбаланса ротационного агрегата (в диссертации стр. 135), через максимально допустимое значение критерия $(e\omega)_{\max}$. Не ясно как его задать;

4) Хотя диссертационное исследование охватывает широкий ряд практических вопросов, не освещён вопрос временного развития процессов разбалансировки и надежности предложенных технологий балансировки;

5) на мой взгляд, автор несколько умалчивает роль других активных (уравновешивание механизмов) и пассивных (виброизоляция, демпфирование, динамическое поглощение) способов борьбы с вибрациями машин, считая балансировку самым эффективным способом;

6) в автореферате встречаются не расшифрованные обозначения, подрисовочная надпись к рис. 1 весьма не конкретна.

7) излишне в автореферате приводить в списке своих трудов по теме диссертации позиции 24, 31, 40;

8) не принято в автореферате отдельным пунктом формулировать перспективы дальнейшей разработки темы, так как оценивается, то что уже сделано.

9. Заключение

Диссертация кандидата технических наук, доцента Полушкина О.О. на тему «Теория и методы системного подхода к балансировке ротационных агрегатов машин», представленная на соискание ученой степени доктора технических наук, является завершённым научным трудом, посвященным решению актуальной проблемы современного машиностроения – проблемы обоснованного решения всего комплекса вопросов балансировки ротационных агрегатов машин самого различного назначения и принципа действия при их проектировании, изготовлении, эксплуатации и ремонте. Решение этой проблемы соискатель основывает на использовании современного системного подхода к анализу и синтезу объектов и процессов.

Практически все научные результаты исследования получены автором лично. Им лично организована и практическая реализация широкого внедрения этих результатов.

Все положения диссертации корректно обоснованы соискателем теоретически и экспериментально, а также широким обсуждением полученных результатов в профессиональном научном сообществе.

Весомо значение полученных автором результатов в постановке на качественно новый уровень существующей теории и практики балансировки роторов, в создании нового поколения компьютерных технологий и цифровых технических средств балансировки нового поколения.

Отечественное и зарубежное машиностроение в должной мере оценило результаты проведенных О.О. Полушкиным исследований и их реализацию в организованном им ООО «Энсет» при ДГТУ» посредством создания и эффективного использования оригинальных балансировочных средств и технологий. Существенен (более 230 млн. руб.) объём средств, освоенных внедрением разработок соискателя в промышленность.

Как теоретически, так и практически результаты исследований О.О. Полушкина, представленные в его диссертации, полностью отражены в его публикациях.

Анализ направлений исследований по специальности 05.02.02 – Машиноведение, системы приводов и детали машин, показывает, что проведенные О.О. Полушкиным исследования отвечают требованиям, представляемым к докторским диссертациям по многим из этих направлений исследований. Наиболее полно эти исследования отвечают такому направлению как «Повышение точности и достоверности расчётов объектов машиностроения, разработка нормативной базы проектирования, испытания и изготовления объектов машиностроения».

На основании изложенного можно утверждать, что диссертация Полушкина Олега Олеговича на тему: «Теория и методы системного подхода к балансировке ротационных агрегатов машин», представленная к соисканию

ученой степени доктора технических наук по специальности 05.02.02 –
Машиноведение, системы приводов и детали машин, – отвечает требованиям
Положения о присуждении учёных степеней, утвержденного постановлением
Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., а её автор – Полушкин Олег
Олегович – достоин присуждения ему ученой степени доктора технических
наук по отмеченной специальности.

Официальный оппонент
Заведующий кафедрой РКЗ
«Основы конструирования машин»
ФГБОУ ВО «Московский государственный
технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана),
д-р техн. наук, профессор

В Е Р Н О



М.Н. Захаров

8 сентября 2021 г.

ЗАМ. НАЧАЛЬНИКА УПРАВЛЕНИЯ КАДРОВ

МГТУ ИМ. Н.Э. БАУМАНА

А.Г. МАТВЕЕВ

Захаров Михаил Николаевич, заведующий кафедрой РКЗ «Основы
конструирования машин» ФГБОУ ВО «Московский государственный
технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный
исследовательский университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана), доктор
технических наук (01.02.06 – Динамика, прочность машин, приборов и
аппаратуры), учёное звание доцента по кафедре сопротивления материалов и
строительной механики (1994), учёное звание профессора по кафедре
промышленной логистики (2006).

Адрес: 105005, город Москва, улица Бауманская 2-я, дом 5, строение 1.

Телефон: +7(499) 263-63-37

Электронная почта: zmn@bmstu.ru