

В диссертационный совет Д 002.059.04 при
Федеральном государственном бюджетном
учреждении науки Институте
машиноведения им. А.А. Благонравова
Российской академии наук (ИМАШ РАН)

ОТЗЫВ

Астахова Михаила Владимировича на автореферат диссертационной работы Насонова Дмитрия Александровича «Методология расчета и динамический анализ турбозубчатых агрегатов главного привода судовых гребных винтов», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 01.02.06 – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры»

В работе рассматривается виброактивность главных турбозубчатых агрегатов (ГТЗА), что связано с решением важной народно-хозяйственной задачей обеспечением требуемых вибро-шумовых характеристик кораблей. Кроме того, затрагивается тема разработки отечественного импортозамещающего программного обеспечения. Обе задачи весьма актуальны.

В соответствии с требованиями, в первой части автореферата определены цель и задачи работы, определены методы исследований, научная новизна и практическая значимость.

В содержательной части приводится краткое описание работы. Так, в первой главе описывается состояние дел и обзор литературы по проектированию зубчатых агрегатов, причем только планетарных. Вскрываются основные проблемы, связанные с обеспечением виброшумовых характеристик. Далее рассматривается следующий компонент ГТЗА – турбина. К сожалению, отсутствует обзор литературы, посвященный динамике роторов.

Рассматриваются вопросы динамики лопаток и рабочих колес, что связано с проблемами прочности и мало влияет на виброшумовые параметры ГТЗА в целом: Затрагиваются вопросы динамики валопроводов и соединительных муфт.

Вторая и третья главы посвящена методологии моделирования и динамического анализа компонентов ГТЗА. Использование моделей зубчатых зацеплений в виде набора фиктивных пружин с изменяющейся жесткостью позволяет радикально снизить требования к вычислительным ресурсам. Далее приводятся особенности моделирования элементов планетарного редуктора. Оценка адекватности построенной модели оценивается путем сравнения результатов расчетов с экспериментальными данными. Приведенные данные подтверждают достаточно высокую точность моделирования.

Особую ценность с практической точки зрения имеют рекомендации по улучшению конструкции редуктора, сформулированные в четвертой главе.

В пятой главе кратко описывается узкоспециализированный программный комплекс, разработанный с целью импортозамещения в сфере анализа собственных колебаний рабочих колес турбоагрегатов.

К недостаткам работы следует отнести следующее:

В разработанном программном комплексе отсутствует универсальный генератор конечноэлементной сетки. По всей видимости, отсутствует и графический интерфейс для построения расчетных моделей.

При анализе проблем вибрации редуктора, входящего в состав ГТЗА, рассматривается только схема планетарного редуктора, то есть не определена область применения разработанных методик.

В целом же работа оценивается положительно, объем проведенных исследований заслуживает уважения.

Представленная диссертационная работа отвечает требованиям «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, Насонов Дмитрий Александрович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических

наук по специальности 01.02.06 – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры».

Заведующий кафедрой «Прикладная механика»

Калужского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана

д.т.н., профессор М.В. Астахов



02.01.2014

Подпись Верна.

Ученый секретарь Ученого Совета
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана,

к.т.н., доцент М.И. Морозенко

Контактная информация:

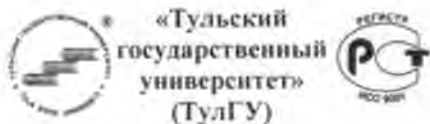
248600 Калуга Баженова 4. кафедра фн-5

Астахов Михаил Владимирович

8-4842-54-93-26; fn5-kfa@vandex.ru.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования



«Тульский
государственный
университет»
(ТулГУ)
Проспект Ленина, д. 92, г. Тула, 300012
Тел. (4872) 35-34-44, факс (4872) 33-81-81
e-mail: info@tsu.tula.ru, <http://www.tsu.tula.ru>

Ученому секретарю
диссертационного совета
Д 002.059.04, созданного на базе
Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Института машиноведения им. А.А.
Благонравова Российской академии
наук (ИМАШ РАН)
Г.Н. Грановой

01.12.2014 № 2-08-08-5764

ул. Бардина, д. 4,
119334, г. Москва

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Насонова Дмитрия Александровича «Методология расчета и динамический анализ турбозубчатых агрегатов главного привода судовых гребных винтов», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 01.02.06 – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры»

Работа посвящена моделированию и исследованию динамических процессов в главных турбозубчатых агрегатах (ГТЗА) и отдельных их компонентах. Работа ориентирована на применение в кораблестроительной отрасли, однако в настоящее время вопросам снижения вибрации зубчатых передач стали уделять гораздо больше внимания и при проектировании транспортных механизмов. Похожие проблемы имеются и у конструкторов авиационных двигателей, что подтверждает актуальность выбранной темы.

В качестве основного источника возбуждения в данной работе выбран процесс пересопряжения зубьев. Это несколько сужает область применения разработанных методик и моделей, поскольку имеется большое количество других источников возбуждения, однако с выбранной позиции автор вполне корректно разбирает ГТЗА на подсистемы и упрощает моделирование второстепенных компонентов, сосредотачивая внимание на редукторе.

Кроме вибрации редуктора автор подробно исследует колебания лопаточного аппарата турбинных колес, причем делает это с помощью специально разработанного программного обеспечения. Факт разработки российского программного обеспечения весьма отраден, но привязка его к конкретному производству существенно снижает ценность программного продукта.

К научной новизне работы можно отнести следующее.

- Комбинированный подход к моделированию планетарного редуктора.
- Математическая модель планетарного редуктора.
- результаты исследований динамики типовой конструкции ГТЗА.

Кроме того, проведенные исследования собственных колебаний рабочих колес позволили автору получить новые знания и сформулировать критерии корректности использования свойств циклической симметрии, что тоже можно отнести к научной новизне.

Оценивая личный вклад автора в получение результатов, изложенных в

работе, хотелось бы уточнить какое именно программное обеспечение или какую его часть разрабатывал сам автор, поскольку редуктор и ГТЗА, как видно из автореферата, исследовались средствами ANSYS.

Практическая ценность работы заключается в следующем.

- Результаты исследований виброактивности типовой конструкции ГТЗА позволили сформулировать конкретные рекомендации по снижению уровня вибрации и максимальных контактных напряжений в зубчатых зацеплениях.

- Разработанные методики моделирования позволяют исследовать динамические характеристики многосателлитных планетарных редукторов. Такие конструкции (с числом сателлитов более 3) в настоящее время активно разрабатываются и рассмотренные в представленной диссертации проблемы имеют место.

- Разработан узкоспециализированный конечноэлементный программный комплекс для расчета собственных колебаний рабочих колес турбоагрегатов.

В качестве недостатков работы можно отметить следующее.

- Из автореферата не ясно, учитываются ли в модели погрешности изготовления и сборки редуктора. Для планетарных механизмов это чрезвычайно важно.

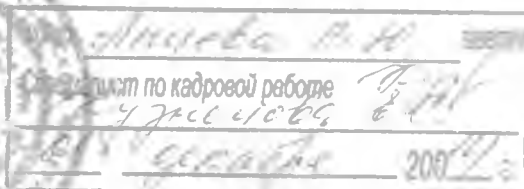
- Не ясно является ли модель параметризованной, в какой степени ее можно изменять и уточнять, расширяя ее функционал.

В целом, следует отметить, что диссертационная работа Насонова Дмитрия Александровича «Методология расчета и динамический анализ турбозубчатых агрегатов главного привода судовых гребных винтов», представленная на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 01.02.06 – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры» является научно-квалификационной работой, имеющей существенное значение для народного хозяйства. В работе решены задачи, сформулированные в соответствии с основной целью работы – снижение уровня вибрации ГТЗА.

Представленная диссертационная работа отвечает требованиям «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, Насонов Дмитрий Александрович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 01.02.06 – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры».

Зав. кафедрой «Подъемно-транспортные машины и оборудование», д.т.н., профессор

Виталий Юрьевич
Анцев



Анцев Виталий Юрьевич, гражданин РФ, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Подъемно-транспортные машины и оборудование» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Тульский государственный университет», 300012, г. Тула, пр. Ленина, 92

Электронная почта: anzev@tsu.tula.ru
Телефон: (4872)25-46-88, 89038402872

В диссертационный совет
Д 002.059.04 при Федеральном
государственном бюджетном
учреждении науки Институте
машиноведения им. А.А.
Благонравова Российской
академии наук (ИМАШ РАН)
г. Москва, 119334, ул. Бардина, д. 4.

ОТЗЫВ

Кириухина Алексея Владимировича - главного конструктора – заведующего Межведомственной научно-исследовательской лабораторией им. В.А.Федорова ЗАО «Научно-производственное внедренческое предприятие «Турбокон», 248010, Россия, г. Калуга, ул. Комсомольская Роща, д.43. на автореферат диссертационной работы Насонова Дмитрия Александровича «Методология расчета и динамический анализ турбозубчатых агрегатов главного привода судовых гребных винтов», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 01.02.06 – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры»

Учитывая особую значимость снижения виброшумовых характеристик для обеспечения боеспособности отечественных атомных подводных лодок (АПЛ), одним из основных источников шумности которых является редуктор главного турбозубчатого агрегата (ГТЗА) ее энергетической установки, актуальность рассматриваемой работы не подлежит сомнению.

Для анализа динамических характеристик в работе используется метод конечных элементов (МКЭ), причем в автореферате автор отмечает, что в результате работы им создан отечественный пакет программ, что представляется достаточно ценным с точки зрения новизны, учитывая сложность рассматриваемой проблемы. Сам метод МКЭ не нов, однако

эффективных отечественных методик моделирования подобных сложных динамических систем на сегодняшний день не имеется.

Необходимо отметить, что методики построения расчетной модели, отработанные на вариантах типовой конструкции многопоточного двухступенчатого малошумного судового редуктора конструкции ОАО «Калужский турбинный завод» были разработаны Институтом Машиноведения РАН с участием автора автореферата в рамках выполнения ЗАО НПВП «Турбокон» государственного контракта №253/06/8/К/0007-07 от 29.03.07 г. «Исследование с целью разработки предложений по акустическому проектированию основных механизмов и систем перспективных кораблей ВМФ» (НИР «Кустик-4») и были включены в «Правила акустического проектирования основных механизмов и систем перспективных кораблей ВМФ».

По тексту автореферата необходимо сделать следующие замечания.

1. Автором заявлена цель работы – снижение уровней вибрации судовых ГТЗА. В то же время ни из текста автореферата, ни из представленных в автореферате схем непонятно, какие именно точки контроля вибрации выбраны автором для решения поставленной задачи: точки виброизолирующего крепления редуктора, точки восприятия реактивного крутящего момента, точки соединения с главным валопроводом, точки схода трубопроводов с редуктора? Как показывает практика проектирования и испытаний, в зависимости от выбора этих точек могут быть получены совершенно различные результаты.

2. Автором допущены весьма существенные упрощения, связанные с моделированием роторов и дисковых муфт. Рассмотренный подход исключает из анализа целый спектр колебаний, которые имеют место на практике. Из текста автореферата также неясно, как результаты расчета роторов и дисковых муфт помогают автору решать поставленную в диссертации задачу, поскольку турбина (за исключением ее оборотной частоты, которая не рассматривается автором) не определяет уровней вибрации ГТЗА.

Сделанные замечания не снижают ценности проделанной автором работы. Считаю, что в данной работе решена важная народно-хозяйственная задача, а диссертационная работа Насонова Дмитрия Александровича «Методология расчета и динамический анализ турбозубчатых агрегатов главного привода судовых гребных винтов», представленная на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 01.02.06 – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры» является научно-квалификационной работой, имеющей существенное значение для военно-промышленной отрасли.

Представленная диссертационная работа отвечает требованиям «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, Насонов Дмитрий Александрович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 01.02.06 – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры».

Главный конструктор- заведующий Межведомственной
научно- исследовательской лабораторией
им. В.А.Федорова ЗАО НПВП «Турбокон»,
доктор технических наук


А.В.Кирюхин

01.12.2014

Контактная информация:
Кирюхин Алексей Владимирович
248010. Калуга, ул. Комсомольская роща 43
тел. (4842) 55-04-74. E-mail: turbocon@kaluga.ru



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
КАЛУЖСКОЕ ОПЫТНОЕ БЮРО МОТОРОСТРОЕНИЯ

248021, Калуга, ул. Московская, 247
Тел./Факс (4842) 59-34-12
E-mail: kobm@kaluga@mail.ru

В диссертационный совет
Д 002.059.04 при Федеральном
Государственном бюджетном
учреждении науки
Институте машиноведения
им. А.А. Благонравова
Российской академии наук
(ИМАШ РАН)

119334 г. Москва, ул. Бардина, д. 4

ОТЗЫВ

Шлейникова Николая Вячеславовича на автореферат диссертационной работы Насонова Дмитрия Александровича «Методология расчета и динамический анализ турбозубчатых агрегатов главного привода судовых гребных винтов», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 01.02.06 – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры»

Рассматриваемая в работе тематика, безусловно, актуальна. В диссертации рассматривается виброактивность турбозубчатых агрегатов применительно к судовым системам, однако полученные результаты представляют интерес и для авиастроения. Повышение мощности авиадвигателей, ужесточение требований по вибронагрузкам заставляют задуматься об использовании шевронных передач в авиадвигателях. В работе как раз и рассматриваются проблемы, связанные с использованием многосателлитных планетарных редукторов с шевронным зацеплением. Кроме того, в диссертации рассматривается вопрос разработки отечественного программного обеспечения для расчета собственных колебаний циклически симметричных систем.

Разрабатываемые в работе методики анализа турбозубчатых агрегатов ориентированы на использование любого универсального конечноэлементного комплекса. В данной работе используется комплекс «ANSYS».

Достоверность полученных результатов обеспечивается использованием тщательно оттестированных математических моделей и программного обеспечения, использованием классических положений механики и математического аппарата, а так же путем сравнения результатов расчетов с имеющимися экспериментальными данными.

Личный вклад автора заключается в анализе и систематизации различных подходов к моделированию турбозубчатых агрегатов и их компонентов, разработке моделей и методов анализа проектных решений. Автор участвовал во внедрении результатов своих работ в производстве. В частности, на нашем предприятии внедрен программный комплекс для оценки вибрационной надежности рабочих колес центробежных компрессоров авиационных двигателей.

В результате проделанной автором работы получены новые знания и новые результаты. Построена качественно новая математическая модель турбозубчатого агрегата. С ее помощью исследованы напряжения и деформации в планетарном редукторе во время динамических процессов. Даны рекомендации по проектированию малошумных редукторов.

Практическая ценность работы заключается, во-первых, в разработке инструментария для исследования динамики таких сложных систем как судовые или авиационные турбозубчатые агрегаты. Во-вторых, разработано импортозамещающее программное обеспечение для оценки виброненадежности механических систем. В-третьих, в результате проведенных динамических исследований даны ценные практические рекомендации по улучшению типовой конструкции судового турбозубчатого агрегата.

К недостаткам работы или вопросам, требующим пояснения можно отнести следующее.

- В автореферате (стр. 4) говорится о затрагиваемой в данной работе задаче оценки точности моделирования. Из автореферата не ясно, каким образом оценивается точность. Часто оценка точности результатов на порядок сложнее, чем получение этих результатов.
- из автореферата не ясно какова степень участия автора в разработке программного обеспечения. Работал ли автор один или в составе коллектива.

- какого вида нелинейности учитывались в работе.
- как учитывалось демпфирование.

В целом работа Насонова Дмитрия Александровича оценивается положительно.

Представленная на соискание ученой степени доктора технических наук диссертация на тему «Методология расчета и динамический анализ турбозубчатых агрегатов главного привода судовых гребных винтов», является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны.

Представленная диссертационная работа отвечает требованиям «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, Насонов Дмитрий Александрович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 01.02.06 – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры».

Главный конструктор
-Генеральный директор, к.т.н.



Н.В.Шлейников

03.12.2014

Контактная информация:
Шлейников Николай Вячеславович
248021, Калуга, ул Московская, 247.
тел. (4842) 59-34-12 mail: kobm-kaluga@mail.ru

В диссертационный совет Д 002.059.04
при Федеральном государственном
бюджетном учреждении науки Институте
машиноведения им. А.А. Благонравова
Российской академии наук (ИМАШ РАН)
г. Москва, 119334, ул. Бардина, д. 4.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Насонова Дмитрия Александровича «Методология расчета и динамический анализ турбозубчатых агрегатов главного привода судовых гребных винтов», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 01.02.06 – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры»

Актуальность выбранной тематики и поставленных в работе задач сомнений не вызывает. В диссертации разрабатываются новые, более совершенные методики моделирования и исследования элементов корабельных силовых и энергетических установок, что может способствовать обеспечению режима скрытного хода боевых единиц ВМФ. Задача разработки отечественного конечноэлементного программного обеспечения, затронутая в работе, тоже не лишена актуальности.

В первой главе подробно описываются проблемы виброактивности турбозубчатых агрегатов главного привода гребного винта (ГТЗА). Рассматриваются источники вибрации и пути ее снижения. Для удобства анализа динамики ГТЗА, система разбивается на компоненты (турбина, редуктор, валопроводы).

~~Во второй главе внимание уделяется проблемам моделирования и исследования самого шумного с точки зрения автора компонента – двухступенчатого планетарного редуктора. При моделировании элементов~~

кинематической схемы редуктора автор удачно комбинирует методы классической механики и метод конечных элементов.

Построенные модели и методы верифицируются по результатам экспериментальных исследований. Для столь сложных систем это очень трудоемкая задача.

В третьей главе рассматривается упрощенное моделирование остальных компонентов ГТЗА (турбины и редуктора).

В четвертой главе на базе верифицированной модели проводятся исследования динамических характеристик ГТЗА, в том числе влияние неравномерности распределения нагрузки по сателлитам и перекосов в зубчатых зацеплениях на виброактивность системы. Автором показано, что построенная по предложенной им методике модель дает более точные результаты, чем модели, использовавшиеся ранее, причем проведение некоторых видов исследований стало возможным только благодаря новой технологии исследования. Это относится к исследованию деформаций элементов сателлитных узлов с учетом контактного взаимодействия и влияния этих деформаций на динамику системы.

По результатам исследований типовой конструкции ГТЗА даны рекомендации по ее совершенствованию. Реализация указанных рекомендаций по заявлению автора позволит снизить уровень вибрации в 3–6 раз в исследованном частотном диапазоне (20–200Гц).

В пятой главе рассматривается создание отечественного конечноэлементного комплекса для исследования собственных колебаний рабочих колес турбоагрегатов. Внимание уделено конструированию конечных элементов высшего порядка и оценке точности моделирования. Особое внимание уделено оценке корректности использования свойств циклической симметрии. Из приведенных результатов видно что в этой области проведены фундаментальные исследования, заслуживающие того, чтобы ими воспользовались разработчики отечественного программного обеспечения. Причем область использования полученных результатов

значительно шире, чем рассматриваемая в работе.

По результатам работы автор вполне обоснованно определил в автореферате **практическую значимость и научную новизну** работы

В качестве **замечаний** можно отметить следующее.

- В своих исследованиях автор остановился только на виброактивности редуктора, но ведь остальные источники тоже имеют место (турбоагрегат, муфты). Как это учитывается в работе.

- из автореферата не очень понятно как оценивается корректность упрощения моделей ротора и муфт.

- в работе значительное внимание уделено моделированию корпуса редуктора, и, в то же время игнорируется моделирование корпуса турбины. Насколько это корректно?

- По заявлению автора реализация предложенных им рекомендаций позволит снизить уровень вибрации в 3–6 раз (10-15 ДБ) это очень смелое заявление. Вполне возможно, что снизится уровень вибрации только от одного источника возбуждения, исследованного автором, а остальные?

- Не очень хорошо определена область применения полученных результатов. Автор ориентируется на корабельные силовые установки, но упоминает о авиационных турбозубчатых агрегатах. А что мешает использовать предложенные технологии исследования в транспортном машиностроении?

Несмотря на имеющиеся замечания Диссертационная работа Насонова Дмитрия Александровича «Методология расчета и динамический анализ турбозубчатых агрегатов главного привода судовых гребных винтов», представленная на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 01.02.06 – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры» оценивается положительно.

~~Диссертация является научно-квалификационной работой, имеющей~~
существенное значение для народного хозяйства, отвечает требованиям «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого

постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, Насонов Дмитрий Александрович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 01.02.06 – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры».

д.ф.-м.н., профессор, член-корреспондент РАН,

зав. кафедрой информатики



Петров

Игорь Борисович

«02» сентября 2014 года.

Подпись заверяю.

Ученый секретарь

Ученого совета МФТИ,

к.ф.-м.н., доцент



Скалько

Юрий Иванович

МП

Почтовый адрес: 141700, Московская область, г. Долгопрудный. Институтский пер.,9

Телефон: 8 (495) 4086695

Адрес электронной почты: petrov@mipt.ru

Организация – место работы: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)», кафедра информатики