

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
АО «ВНИИТрансмаш», к.т.н.

А.П. Свиридов



ОТЗЫВ

ведущей организации

на диссертационную работу Ненашева Павла Николаевича на тему: «Снижение динамической нагруженности привода водометных движителей амфибийных машин на основе исключения резонансных режимов в механической системе», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 – «Колесные и гусеничные машины».

Актуальность темы работы.

Диссертация Ненашева П.Н. посвящена исследованию динамической нагруженности водометных движителей амфибийных машин.

В обоснование выбранной темы автор указывает на необходимость обеспечения высоких требования по надежности и долговечности к приводу водометных движителей (ПВД) амфибийных машин. Используемые методы расчета при проектировании деталей привода и оценке показателей их прочности не в полной мере учитывают динамическую нагруженность узлов в работе, что приводит к их быстрому износу, поломкам и, в конечном итоге, отказу движителя, как отмечает автор, факт недопустимый во время эксплуатации быстроходных гусеничных амфибийных машин (БГАМ) специального назначения. **Поэтому тему диссертации безусловно считать актуальной.**

В соответствии с этим, целью работы Ненашев П.Н. ставит «снижение динамической нагруженности привода водометных движителей БГАМ на основе исключения резонансных режимов в механической системе» (стр. 7)

Для достижения этой цели автором решены следующие **основные задачи:**

- проведено теоретическое исследование системы «двигатель – трансмиссия – водометный движитель – машина» на основе разработанных математических и имитационных моделей, учитывающих необходимые конструктивные параметры ПВД, влияющие на его динамическую нагруженность;

- выполнено экспериментальное исследование динамической нагруженности системы при ходовых испытаниях БГАМ. Подтверждена адекватность разработанных математических и имитационных моделей реальным условиям эксплуатации водометных движителей;

- обобщены результаты теоретического и экспериментального исследований и обоснованы технические решения, обеспечивающие снижение динамической нагруженности ПВД;

- разработана усовершенствованная методика расчета ПВД, учитывающая с учетом резонансные режимы его работы.

Научная новизна работы заключается:

- в разработке новых математических и имитационных моделей формирования динамического нагружения ПВД при вынужденных колебаниях, в том числе и параметрических;

- в разработке технических решений, позволяющих снизить динамическое нагружение ПВД за счет выбора характеристик его элементов;

- в получении новых экспериментальных данных динамического нагружения ПВД, позволившие выявить ранее неисследованные явления параметрических резонансов и режимов «биения» динамического момента при установившемся движении и вынужденных колебаниях.

Практическая значимость исследования.

В диссертации обоснованы технические решения по снижению динамической нагруженности привода водометных движителей за счет введения в конструкцию гасителей колебаний, шарниров равных угловых скоростей карданных передач, а также контроля взаимного расположения составных частей карданных передач в процессе монтажа.

Разработаны и реализованы конструкторские и технологические решения по повышению жесткости опоры крепления углового редуктора и исключению ослабления болтовых соединений при вибрациях и циклических нагрузках, что позволило в 3 раза повысить ресурс ПВД по сравнению с заданным в ТТХ на изделие и пройти государственные испытания изделий БМД-4М и БТР-МДМ с положительным результатом.

Результаты работы внедрены в АО «СКБМ», ПАО «КУРГАНМАШЗАВОД» (Акты внедрения № 19 от 27.02.2020г. и № 2 от 28.02.2020г), а также используются в учебном процессе подготовки специалистов по направлению 23.05.02 и аспирантов по специальности 05.05.03 в Курганском государственном университете.

По результатам выполненных исследований опубликовано 6 научных статей в изданиях, рекомендованных ВАК и в иностранных изданиях, индексируемых в SCOPUS и Web of Science.

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав с выводами по главам, основных результатов работы и выводов, списка использованной литературы и 4-х приложений: актов о внедрении результатов работы, экспериментальных зависимостей с фрагментами осциллограмм рабочих процессов и методики градуировки датчиков, обеспечивающей требуемую доверительную вероятность определения измеряемых величин при проведении ходовых испытаний.

Общий объем диссертации составляет 144 листа машинописного текста, включая таблицы и рисунки. Список использованных источников включает 66 наименований. Диссертационная работа также включает 4 приложения на 12 листах.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, дана краткая характеристика проблемы, поставлены цель и задачи исследования, сформулирована научная новизна и положения, выносимые на защиту.

В первой главе проводится анализ литературных источников по исследованию подвижности быстроходных гусеничных амфибийных машин, рассмотрены конструкции водородных движителей, методы их расчета, выполнен предварительный анализ нагруженности ПВД на основе динамической модели и уравнения, описывающего возникновение параметрических резонансных колебаний (стр. 51), сделан вывод о необходимости разработки методики расчета динамической нагруженности ПВД с учетом особенностей конструктивного исполнения.

Вторая глава посвящена теоретическому исследованию динамической нагруженности привода водометных движителей.

Разработаны имитационная модель и пакеты компьютерных программ, с помощью которых выполнены исследования динамической нагруженности ПВД и установлены закономерности формирования резонансных режимов (стр. 66).

На основании результатов имитационного моделирования сделан вывод о том, что одной из главных причин ограничения долговечности и высокой динамической нагруженности элементов ПВД являются параметрические колебания, резонансы и биения, вызванные сложением периодических составляющих моментов, имеющих близкие частоты. Установлено, что динамический момент на валах привода водометных движителей может существенно превышать расчетные значения, в результате чего снижается запас прочности передней опоры, а также происходит самопроизвольное ослабление резьбовых соединений.

В третьей главе представлены результаты экспериментальных исследований динамической нагруженности ПВД на примере опытного образца изделия «Ракушка-М» массой 14000 кг.

В процессе эксперимента определялись следующие параметры:

- крутящий момент на карданных валах ПВД;
- частота вращения двигателя;
- виброускорение по трем осям на корпусе углового редуктора.

Анализ экспериментальных данных подтвердил, что колебательный процесс носит характер «биений» и что действительная амплитуда динамического момента и частота могут существенно превышать расчетные значения.

Отмечается, что наибольшая величина виброускорений наблюдается на корпусе углового редуктора в поперечном направлении.

В четвертой главе выполнено обобщение результатов теоретических и экспериментальных исследований, проводится оценка корректности имитационной математической модели ПВД, обосновывается необходимость учета динамической составляющей момента в методике расчета ПВД и приводятся технические решения, обеспечивающие снижение динамической нагруженности и повышение долговечности элементов ПВД.

Отмечается, что эффективным путем исключения параметрических колебаний является уменьшение глубины модуляции введением в конструкцию шарниров равных угловых скоростей, у которых неравномерность вращения на порядок меньше, чем у асинхронных шарниров. Для предотвращения разрушения углового редуктора обоснована необходимость повышения жесткости опоры и разработка технологии фиксации болтовых соединений, предотвращающих самопроизвольное ослабление болтовых соединений в условиях вибронгруженности.

В основных результатах и выводах работы автор акцентирует внимание на том, что результаты выполненных теоретических и экспериментальных исследований позволяют обосновать конструкторские и технологические решения, обеспечивающие требуемый ресурс привода водометных движителей.

При этом наиболее эффективным способом исключения параметрических резонансов является снижение глубины модуляции путем

уменьшения асинхронности вращения вилок карданных валов привода либо за счет уменьшения угла γ карданной передачи с 19,41 до 12,84 градуса, либо за счет применения шарниров равных угловых скоростей.

Эффективным способом исключения самопроизвольного ослабления болтовых соединений вследствие вибрации является повышение коэффициента трения в болтовом соединении до $f_{mp} = 0.361$ и повышение жесткости опор углового редуктора ПВД.

Список использованной литературы показывает, что автор тщательно проработал имеющуюся по рассматриваемому вопросу научно-техническую литературу и хорошо представляет достигнутый на сегодняшний день уровень разработок.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Материалы диссертации свидетельствуют о высоком техническом уровне и хорошей теоретической подготовке соискателя, глубоком знании предмета и владении современными методами расчетов и исследований.

Вместе с тем, по содержанию и оформлению диссертации можно **сделать ряд замечаний.**

Из приведенной на рис. 4.18 диаграммы Айнса-Стретта (2 – линия с ШРУС) следует, что применение шарниров равных угловых скоростей в приводе водометных движений практически исключает возможность возникновения параметрических колебаний в системе - линия 2 полностью расположена в границах устойчивости. Однако в работе не приводятся оценки технических возможностей практического использования ШРУСов в исследуемой системе ПВД.

В работе также имеются незначительные опечатки (стр. 9, 10, 51, 53) и неудачные стилистические построения (стр. 7).

Однако отмеченные недостатки не портят впечатления от работы и не снижают качества выполненных исследований.

Все вышеуказанное позволяет сделать вывод о том, что представленная к защите диссертация на тему: «Снижение динамической нагруженности

привода водометных движителей амфибийных машин на основе исключения резонансных режимов в механической системе» является завершенным научным исследованием, соответствующим требованиям п.п. 9 – 14 «Положения о присвоении ученых степеней», утвержденного Положением правительства РФ от 24.09.2013г. № 842, поскольку содержит новые научные подходы, позволяющие решить вопросы снижения динамической нагруженности приводов водометных движителей амфибийных машин и обеспечить требуемую работоспособность и долговечность.

Автор диссертационной работы Ненашев П.Н. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 – «Колесные и гусеничные машины».

Отзыв рассмотрен на секции № 2 НТС АО «ВНИИТрансмаш» от 18.05.2021г. протокол № 2/35.

Первый заместитель генерального директора,
к.т.н., доцент

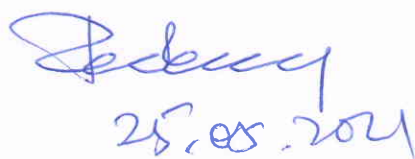
Дмитрий Владимирович Куртц
198323, СПб, ул. Заречная, д. 2
(812) 244-42-15
E-mail: D.Kurtc@vniitransmash.ru



25.05.2021

Начальник лаборатории,
д.т.н., с.н.с.

Сергей Владимирович Рождественский
198323, СПб, ул. Заречная, д. 2
(812) 244-42-15
E-mail: S.Rojdestvenskij@vniitransmash.ru



25.05.2021