



МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБОРОНЫ РОССИИ)
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
4 ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

г. Королев, мкр. Юбилейный,
ул. Тихонравова, д. 29, Московская обл., 141091

« ___ » _____ 20__ г. № _____

На № _____

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель начальника 4 ЦНИИ
Минобороны России по научной работе
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник



2021 г.

В.В.Шкарбань

ОТЗЫВ

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

Диссертационная работа Ненашева П.Н. посвящена обоснованию технических решений, позволяющих снизить динамическую нагруженность привода водометных движителей амфибийных машин и тем самым обеспечить требуемый ресурс, предъявляемый в ТТХ на изделие.

В конструкциях амфибийных машин вращение водометных движителей осуществляется через механический привод, содержащий пространственно расположенные карданные передачи. К конструкции привода водометных движителей (ПВД) предъявляются высокие требования по уровню надежности, что связано с тем, что отказ одного элемента привода исключает возможность движения машины. Опыт эксплуатации амфибийных машин и результаты экспериментального исследования свидетельствуют об ограничении долговечности элементов ПВД. До 85% нарушений функционирования происходят вследствие возбуждения колебательных процессов.

При этом известные методики проектного расчета, изложенные в открытых отечественных и зарубежных источниках, предусматривают обеспечение прочности и долговечности при действии нагрузок, которые определяются коэффициентом динамичности без учета частотных характеристик процесса нагружения, определяемых высоко-моментными колебательными процессами, что приводит к ограничению ресурса элементов ПВД. В связи с этим, исследования, направленные на снижение динамической нагруженности ПВД амфибийных машин, является **актуальными**.

Целью работы является снижение динамической нагруженности привода водометных движителей амфибийных машин на основе исключения резонансных режимов в механической системе.

Научная новизна диссертации заключается в том, что в ходе проведения исследований:

- разработаны новые математические и имитационные модели формирования динамического нагружения привода водометных движителей при вынужденных колебаниях, в том числе параметрических;

- на основе предложенных моделей научно обоснованы технические решения по снижению динамического нагружения привода водометных движителей, усовершенствована методика проектного расчета системы «двигатель – трансмиссия – водометный движитель – машина», учитывающая кинематические и силовые периодически изменяемые свойства пространственно расположенных карданных передач, возбуждающих колебания, а также нелинейные характеристики соединений опор углового редуктора привода водометных движителей;

- получены новые экспериментальные данные динамического нагружения привода водометных движителей, позволившие выявить ранее не исследованные эффекты возбуждения параметрических резонансов и режимов «биения» динамического момента при установившемся движении и при вынужденных колебаниях.

Практическая значимость работы заключается в разработке технических решений 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. Кроме того, разработаны конструкторско-технологические решения, обеспечивающие повышение жесткости опоры крепления углового редуктора и исключающие ослабление болтовых соединений при вибрациях и циклических нагрузках, превышающих расчетные.

Достоверность научных результатов и положений диссертации обеспечивается корректностью постановки задачи исследования и используемых фундаментальных уравнений механики, теории механических колебаний и методов нелинейной теории колебаний, а также хорошей сходимостью результатов теоретических исследований с результатами экспериментов.

В ходе проведения исследований автором проведен анализ существующего методического обеспечения по оценке подвижности амфибийных машин, конструкций и нагруженности их водоходных движителей. Установлено, что применительно к динамическому нагружению ПВД необходимо проведение дополнительных исследований, направленных на оценку устойчивости динамической системы и вероятности возникновения резонансных колебаний.

В обеспечение этих мероприятий автором разработаны расчетная схема, математическая и имитационная модели формирования динамического

нагрузки привода водометных движителей при вынужденных колебаниях. Выполнено теоретическое исследование динамической нагруженности системы «двигатель – трансмиссия – водометный движитель – машина» на установившихся и переходных процессах. Установлено, что высокомоментные переменные динамические нагрузки имеют резонансный характер и формируются вследствие возбуждения в системе высокочастотных параметрических колебаний и низкочастотных «биений».

Выполненными экспериментальными исследованиями подтверждена адекватность математических и имитационных моделей, получены новые экспериментальные данные динамического нагружения привода водометных движителей, позволившие выявить ранее не исследованные эффекты возбуждения параметрических резонансов и режимов «биения» динамического момента при установившемся движении и при вынужденных колебаниях. При этом отмечено, что не учитываемые динамические нагрузки имеют характер высокомоментных и высокочастотных колебаний, превышают расчетные значения в 2...2,5 раза.

На основе обобщения результатов теоретических и экспериментальных исследований усовершенствована методика проектного расчета привода водометных движителей и обоснованы конструкторско-технологические решения, обеспечивающие требуемый ресурс привода водометных движителей. В частности, установлено, что наиболее эффективным способом исключения параметрических резонансов является снижение глубины модуляции путем уменьшения асинхронности вращения вилок карданных валов привода, на основании чего разработаны техническое решение по уменьшению угла γ карданной передачи с 19,41 до 12,84 градусов, а также вариант применения асинхронного шарнира. Данное техническое решение позволило снизить глубину модуляции в 3 раза, переменную составляющую крутящего момента в 2 раза, а ресурс привода водометного движителя увеличить в 3 раза по сравнению с определенным в ТТХ на изделие и в 75 раз по сравнению с опытным образцом.

Кроме того, установлено, что эффективным способом исключения самопроизвольного ослабления болтовых соединений крепления опор углового редуктора является повышение приведенного коэффициента трения и увеличение жесткости опор углового редуктора ПВД.

Разработанное методическое обеспечение, результаты экспериментальных исследований, практические рекомендации по снижению динамической нагруженности привода водометных движителей амфибийных машин внедрены в АО «СКБМ», ПАО «КУРГАНМАШЗАВОД» и ООО «НИИ «Мехмаш», а также используются в учебном процессе подготовки специалистов и аспирантов в Курганском государственном университете. Реализация результатов исследования позволила пройти государственные испытания изделиями БМД-4М и БТР-МДМ с положительным результатом, а так же обеспечить требуемый ресурс привода водометных движителей серийно выпускаемых амфибийных машин.

Основные положения работы отражены в 6 научных статьях, среди них 3 статьи в иностранных изданиях, индексируемых в SCOPUS и Web of Science.

В качестве замечаний следует отметить следующее:

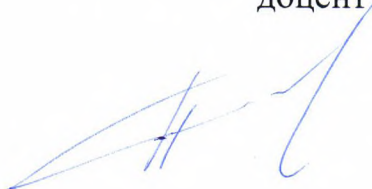
1. В автореферате не приведены основные ограничения и допущения, принятые при разработке методического обеспечения.

2. Из материалов автореферата не ясны границы применения разработанного методического обеспечения, например, возможно ли использовать разработанное методическое обеспечение для других типов движителей амфибийных машин и их приводов.

Однако отмеченные недостатки не снижают качество диссертационной работы.

Вывод: диссертация Ненашева П.Н. представляет собой законченную квалификационную работу, в которой решена актуальная научная задача разработки методического обеспечения для обоснования технических решений, позволяющих снизить динамическую нагруженность привода водометных движителей амфибийных машин, имеющая важное значение для народного хозяйства в части обеспечения требуемой долговечности водометных движителей амфибийных машин. По своей новизне, научной и практической значимости полученных результатов, а также степени их реализации диссертация отвечает критериям, установленным в п.п. 9...14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года №842, и предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 «Колесные и гусеничные машины».

Начальник управления
кандидат технических наук,
доцент



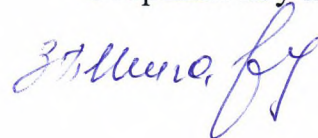
О.П.Пышный

Старший научный сотрудник
доктор технических наук,
старший научный сотрудник



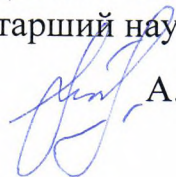
Ю.В.Майсак

Старший научный сотрудник



З.П.Шигарева

Секретарь Ученого совета 4 ЦНИИ Минобороны России
кандидат технических наук, старший научный сотрудник



А.Г.Боярский