

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ
ПО КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
«РОСКОСМОС»



Акционерное общество
«Государственный ракетный центр
имени академика В.П.Макеева»
(АО «ГРЦ Макеева»)
Российская Федерация, Челябинская область,
г. Миасс

✉ Тургоякское шоссе, 1, г. Миасс,
Челябинская область, 456300

☎ 351-3/28-63-70 📠 351-3/55-51-91; 24-12-33

Телеграфный адрес: «Рубин» 624013

E-mail: src@makeyev.ru

ОКПО 07549733, ОГРН 1087415002168

ИНН/КПП 7415061109/741501001

От 06.11.2020 № 31/614

На № _____ от _____

Экз. №1

Учёному секретарю
диссертационного совета Д 212.125.05
Федотенкову Г.В.

Московский авиационный институт
(национальный исследовательский
университет)

125993, г.Москва, А-80, ГСП-3,
Волокамское шоссе, д.4

Направляю Вам отзыв на автореферат диссертации Бондаренко Андрея Юрьевича «Совершенствование методов расчётного анализа динамических нагрузок на конструкции и способов их отработки с учётом результатов натурных испытаний», представленной к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук.

Приложение: «Отзыв...», 2 экз., 2х5л, только в адрес.

Первый заместитель генерального
конструктора по конструкторскому
обеспечению – начальник КБ-1

Сааль И.Е.



Акционерное общество
«Государственный ракетный центр
имени академика В.П.Макеева»
(АО «ГРЦ Макеева»)
Российская Федерация, Челябинская область,
г. Миасс

✉ Тургоякское шоссе, 1, г. Миасс,
Челябинская область, 456300

☎ 351-3/28-63-70 📠 351-3/55-51-91; 24-12-33

Телеграфный адрес: «Рубин» 624013

E-mail: src@makeyev.ru

ОКПО 07549733, ОГРН 1087415002168

ИНН/КПП 7415061109/741501001

От 06.11.2020 № 31/615

На № _____ от _____

Экз. №1

Отзыв на диссертационную работу Бондаренко Андрея Юрьевича «Совершенствование методов расчётного анализа динамических нагрузок на конструкции и способов их отработки с учётом результатов натурных испытаний», представленную на соискание учётной степени кандидата технических наук по специальности 01.02.06 «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры».

Диссертационная работа А.Ю. Бондаренко посвящена развитию методов анализа внешних воздействий при переходных динамических процессах, экспериментальной отработки на переходные процессы и подтверждения вибропрочности конструкций.

В работе рассматривается актуальная задача совершенствования технологии разработки конечно-элементных моделей для анализа быстроменяющихся динамических процессов, методов расчёта динамических нагрузок и способов воспроизведения этих нагрузок при наземной экспериментальной отработке.

Отдел документационного
обеспечения МАИ

В первой главе рассмотрена задача восстановления внешнего воздействия на РН по данным ТМИ на примере расчётного случая спада тяги ДУ. При этом получена устойчивая по отношению к погрешностям измерений методика, обеспечивающая сходимость восстановленного воздействия к истинному при увеличении количества записей, используемых для восстановления.

Во второй главе рассмотрено моделирование продольных колебаний конструкции с использованием разложения решений по собственным тонам колебаний с учётом гидроупругих колебаний топливных баков. Проведены сравнительные оценки точности расчёта по полной модели заполненного топливного бака и модели с его механическими аналогами.

В третьей главе рассмотрены способы наземной экспериментальной отработки изделий РКТ на нестационарные динамические воздействия посредством приложения эквивалентных вибраций и ударных воздействий.

В четвёртой главе на базе рассмотренных методик проведён анализ вибропрочности приборного отсека ступени, для которой были выявлены не учтённые при наземной экспериментальной отработке внешние воздействия. При этом проведены:

- доработка и валидация конечно-элементной модели приборного отсека по результатам испытаний,
- анализ ТМИ на множестве пусков РН, в результате которого выявлены нелинейные эффекты, возникающие при пусках РН с ПГ типа транспортных кораблей,
- валидация циклограмм выключения ДУ, в результате которой достигнуто согласование реконструированных циклограмм с данными разработчика ДУ и согласования расчётных уровней перегрузок с лётными данными,

- расчёт нагрузок на приборный отсек при вибропрочностных испытаниях и сравнение с нагрузками при лётной эксплуатации, на основании чего сделан вывод о возможности исключения дополнительных виброиспытаний приборного отсека ступени при рассмотренных уровнях динамических воздействий.

Новизна работы заключается в разработке методик и проведении расчётно-экспериментального обоснования подходов по:

- решению обратной задачи по реконструкции циклограмм набора и спада тяги ДУ по динамической реакции конструкций,

- построению конечно-элементных моделей конструкций с использованием механических аналогов, обеспечивающих эквивалентность по массово-инерционным и динамическим характеристикам,

- отработке крупногабаритных изделий РКТ на воздействия при переходных процессах,

- анализу вновь фиксируемых современными средствами ТМИ интенсивных динамических воздействий, не зафиксированных на этапе НЭО.

Достоверность полученных в работе выводов и результатов основана на строгости проведённых математических выкладок, использовании одного из признанных программных продуктов для конечноэлементного анализа, хорошем согласовании парциальных тонов колебаний приборного оборудования в доработанной конечно-элементной модели приборного отсека с полученными при испытаниях данными, хорошим согласованием расчётных уровней перегрузок с данными ТМИ.

По результатам работы разработаны «Методика построения спектра гармонической вибрации, эквивалентного воздействию на конструкцию при произвольном переходном процессе» и «Методика реконструкции циклограмм набора и спада тяги ДУ по данным о реакции реконструкции с использованием математического моделирования и данных ТМИ» и выпущены акты о их внедрении.

Оценивая работу в целом, следует отметить, что хотя рассмотренные методы построения конечно-элементных моделей конструкций с использованием механических аналогов и подходы к отработке крупногабаритных изделий РКТ не обладают принципиальной новизной, публикации на эти темы достаточно ограничены, а исследование их применения в конкретной области прикладных задач в совокупности с разработкой методик и расчётно-динамических моделей и обобщении полученных результатов расчётно-экспериментальных исследований представляет ценность для их внедрения и оптимального использования при разработке и отработке изделий РКТ. Показанная по итогам работы возможность исключения дополнительных испытаний на динамические нагрузки, выявленные современными средствами регистрации ТМИ, имеет несомненное прикладное значение.

В качестве недостатков представленной работы следует отметить:

- недостаточно широкое теоретическое рассмотрение возможных нештатных воздействий, сводящее обратную задачу определения внешних воздействий только к определению спада тяги ДУ, который, как правило, достаточно хорошо исследуется при отработке двигателя, что фактически и отражено в работе,

- в работе практически не затронут вопрос использования отечественного прикладного программного обеспечения для конечно-элементного моделирования, что является существенным в современных условиях.

Отмеченные недостатки, впрочем, не снижают исследовательской и прикладной ценности работы в рамках рассмотренных вопросов.

Результаты работы рекомендуются к использованию на предприятиях, занимающихся разработкой и сопровождением ракетно-космической техники.

Автореферат диссертации даёт достаточное представление о проведённых исследованиях.

Учитывая вышеизложенное, можно сделать заключение о том, что диссертационная работа Бондаренко Андрея Юрьевича на тему «Совершенствование методов расчётного анализа динамических нагрузок на конструкции и способов их отработки с учётом результатов натуральных испытаний», представленная на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 01.02.06 – динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры, обладает необходимым научным уровнем, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук.

Первый заместитель генерального
конструктора по конструкторскому
обеспечению – начальник КБ-1

Сааль И.Е.

Главный учёный секретарь,
кандидат технических наук



Калашников С.Т.

Начальник отдела 31

Лямкин В.И.

Начальник сектора

Мурашев В.И.

Ведущий инженер

Ильин А.М.

Инженер 1 категории

Синцов М.С.