

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет информационных технологий и робототехники
Кафедра «Программное обеспечение информационных систем и технологий»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Старший преподаватель

 Н.В. Воюш
(подпись) (инициалы и фамилия)

«09» 06 2026 г.

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

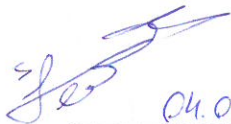
«Оптимизация параметров виброопор двигателя для обеспечения
отсутствия резонансных колебаний»

Специальность 1-40 05 01 «Информационные системы и технологии (по направлениям)»

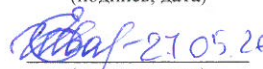
Направление специальности 1-40 05 01-01 «Информационные системы и технологии (в проектировании и производстве)»

Обучающийся

группы 10702322
(номер)

 04.05.26 О.О. Фещенко
(подпись, дата)

Руководитель

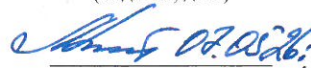
 27.05.26 Е.А. Шваякова
(подпись, дата)

Консультанты:

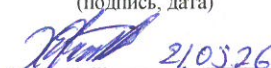
по разделу «Компьютерное
проектирование»

 27.05.26 Е.А. Шваякова
(подпись, дата)

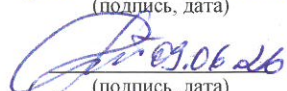
по разделу «Охрана труда»

 07.05.26 М.И. Калиниченко
(подпись, дата)

по разделу «Экономика»

 21.05.26 Е.А. Хвитько
(подпись, дата)

Ответственный за нормоконтроль

 03.06.26 Н.В. Романюк
(подпись, дата)

Объем проекта:

расчетно-пояснительная записка — 80 страниц;

графическая часть — 10 листов;

магнитные (цифровые) носители — 1 единиц.

Минск 2026

РЕФЕРАТ

ДВИГАТЕЛЬ, ВИБРООПОРА, СИСТЕМА ВИБРОИЗОЛЯЦИИ, КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, РЕЗОНАНС, ОПТИМИЗАЦИЯ, ANSYS WORKBENCH, SIEMENS NX

Объектом исследования дипломного проекта является система виброизоляции двигателя внутреннего сгорания 3LD Минского моторного завода, включающая виброопоры и испытательный стенд. Предмет исследования — динамические характеристики системы, определяющие уровень вибраций и наличие резонансных режимов.

Цель проекта — оптимизация жёсткостных характеристик виброопор двигателя для исключения резонансных колебаний в рабочем диапазоне частот вращения коленчатого вала на основе методов конечно-элементного моделирования и параметрической оптимизации.

В ходе работы:

- 1) изучены основы вибрационных процессов, методов виброизоляции спектрального анализа сигналов;
- 2) разработана трёхмерная модель системы в Siemens NX; создана конечно-элементная модель в ANSYS Workbench с учётом контактных взаимодействий и граничных условий;
- 3) выполнен модальный анализ собственных частот и форм колебаний;
- 4) проведена параметрическая оптимизация жёсткости виброопор;
- 5) выполнен гармонический анализ и сравнительная оценка вибрационного состояния системы до и после оптимизации.

Научная новизна и практическая значимость работы заключаются:

- 1) в разработке комплексной расчётной модели системы для проведения модального, гармонического и оптимизационного анализов;
- 2) в определении оптимальных характеристик виброопор, обеспечивающих отсутствие резонанса в рабочем диапазоне частот;
- 3) в подтверждении эффективности методов конечно-элементного моделирования при решении задач виброизоляции двигательных установок;
- 4) в разработке рекомендаций по выбору виброопор и конструкции испытательного стенда.

Областью возможного практического применения является виброизоляция двигателей внутреннего сгорания дорожных транспортных средств, стационарных установок.

Студент-дипломник подтверждает, что приведенный в дипломном проекте расчетно-аналитический материал объективно отражает состояние исследуемого процесса (разрабатываемого объекта), все заимствованные из литературных и других источников теоретические и методологические положения и концепции сопровождаются ссылками на их авторов.

Дипломный проект: 80 с., 32 рис., 4 табл., 23 источника.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Вибрации в технике: справочник: в 6 т. / под ред. В. Н. Челомея. — М. : Машиностроение, 1981. — Т. 6: Защита от вибрации и ударов / под ред. К. В. Фролова. — 456 с.
- 2 Фролов, К. В. Применение теории нелинейных колебаний в машиностроении / К. В. Фролов. — М. : Наука, 1988. — 384 с.
- 3 Пановко, Я. Г. Основы прикладной теории колебаний и удара / Я. Г. Пановко. — 4-е изд., перераб. — Л. : Машиностроение, 1976. — 320 с.
- 4 Бидерман, В. Л. Теория механических колебаний : учебник для вузов / В. Л. Бидерман. — М. : Высшая школа, 1980. — 408 с.
- 5 Ден Гартог, Дж. П. Механические колебания / Дж. П. Ден Гартог ; пер. с англ. — М. : Физматгиз, 1960. — 580 с.
- 6 Кочетов, О. С. Виброакустическая защита операторов машин / О. С. Кочетов, М. В. Тимофеева, С. Н. Шестернинов. — М. : Машиностроение, 2003. — 296 с.
- 7 Шляпников, В. А. Упругие виброизоляторы: расчёт, конструирование, испытания / В. А. Шляпников. — М. : Машиностроение, 1978. — 208 с.
- 8 Лепетов, В. А. Резиновые технические изделия / В. А. Лепетов, Л. Н. Юрцев. — 3-е изд., перераб. и доп. — Л. : Химия, 1987. — 400 с.
- 9 Норри, Д. Введение в метод конечных элементов / Д. Норри, Ж. де Фриз ; пер. с англ. — М. : Мир, 1981. — 304 с.
- 10 Басов, К. А. ANSYS в примерах и задачах / К. А. Басов ; под ред. Д. Г. Красковского. — М. : КомпьютерПресс, 2002. — 224 с.
- 11 ANSYS Mechanical APDL Structural Analysis Guide. Release 2023 R1. — Canonsburg : ANSYS, Inc., 2023. — 1024 p.
- 12 ANSYS Workbench User's Guide. Release 2023 R1. — Canonsburg : ANSYS, Inc., 2023. — 768 p.
- 13 ГОСТ 31191.1–2004. Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка её воздействия на человека. Часть 1. Общие требования. — М. : Стандартинформ, 2006. — 24 с.
- 14 Грабовский, Г. Г. Испытательные стенды для двигателей внутреннего сгорания: проектирование и эксплуатация / Г. Г. Грабовский. — М. : Машиностроение, 1990. — 240 с.
- 15 Санитарные нормы и правила «Гигиеническая классификация условий труда». Утверждены постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28.12.2012 № 211.
- 16 СН 2.04.03-2020. Естественное и искусственное освещение.
- 17 Гигиенический норматив «Показатели безопасности для человека световой

среды помещений». Утвержден постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 37 от 25.01.2021.

18 ТКП 339-2022. Правила устройства и защитные меры электробезопасности.

19 СН 4.02.03-2019. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.

20 Типовая инструкция по охране труда при использовании в работе офисного оборудования. Утверждена постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь № 25 от 14.04.2021.

21 ТКП 339-2022. Правила устройства и защитные меры электробезопасности.

22 ГОСТ 12.0.003. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

23 ТР ТС 010/2011. О безопасности машин и оборудования.