

ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ

серия основана в 1996 г.



П.Р. ВАЛЬЕХО МАЛЬДОНАДО
Н.Д. ЧАЙНОВ
А.Н. КРАСНОКУТСКИЙ

КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ НА ВЫНОСЛИВОСТЬ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

*Допущено Федеральным УМО по укрупненной группе специальностей
и направлений подготовки 23.00.00 «Техника и технологии наземного транспорта»
в качестве учебного пособия для обучающихся по направлению
подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин
и комплексов», уровень образования — бакалавриат*

znanium

электронно-библиотечная система

Москва
ИНФРА-М
2025

Оглавление

Предисловие.....	3
Глава 1. Крутильные колебания коленчатого вала	5
1.1. Общие сведения о крутильных колебаниях коленчатого вала.....	5
1.2. Определение расчетной эквивалентной крутильной системы коленчатого вала в составе энергоустановки	11
1.2.1. Определение упругих свойств вала	14
1.3. Определение крутильной жесткости коленчатого вала и привода	25
1.3.1. Экспериментальное определение крутильной жесткости коленчатого вала	25
1.3.2. Определение крутильной жесткости кривошипа с использованием его конечно-элементной модели.....	26
1.4. Определение приведенных моментов инерции масс крутильной системы	28
1.4.1. Определение момента инерции диска, эквивалентного моторной массе, включающей массы кривошипа и массы поршневой и шатунной групп	29
1.5. Определение собственных частот и форм колебаний крутильной системы	41
1.5.1. Дифференциальные уравнения собственных колебаний	41
1.5.2. Решение дифференциальных уравнений	44
1.6. Гармонический анализ крутящего момента	52
1.7. Критические режимы работы двигателя.....	59
1.8. Фазовые (векторные) диаграммы гармоник двигателя	62
1.9. Потери энергии при колебаниях	70
1.10. Вычисление амплитуды угла закручивания Ψ_j и крутящего момента на участке с жесткостью c_j коленчатого вала.....	77
1.11. Определение дополнительного напряжения от кручения в коренных шейках коленчатого вала на критических режимах.....	81
1.12. Способы уменьшения амплитуд крутильных колебаний.....	82
<i>Контрольные вопросы.....</i>	<i>86</i>
Глава 2. Пример расчета на прочность коленчатого вала с учетом крутильных колебаний.....	87
2.1. Расчет на прочность коленчатого вала	87
2.1.1. Динамический расчет поршневого двигателя.....	89
2.1.2. Расчет коренной шейки коленчатого вала.....	107
2.1.3. Расчет шатунной шейки коленчатого вала.....	123
2.1.4. Расчет сопряжений шеек и щек.....	140
<i>Контрольные вопросы.....</i>	<i>163</i>
2.2. Расчет крутильных колебаний в системе коленчатого вала дизеля МД-6	164
2.2.1. Составление расчетной схемы при анализе крутильных колебаний.....	166
2.2.1.1. Приведение длин участка кривошипа вала $L_{эк,2}$, м.....	167
2.2.1.2. Крутильная жесткость носка и половины кривошипа c_1 , Н·м.....	170
2.2.1.3. Крутильная жесткость эквивалентного участка заднего конца (половины колена, части коренной шейки и цилиндрического участка) коленчатого вала c_2 , Н·м.....	173

2.2.1.4. Крутильная жесткость эквивалентного участка хвостовика (с учетом конического и цилиндрических участков) колеччатого вала c_3 , Н·м.....	175
2.2.1.5. Определение жесткости муфты c_4 , Н·м.....	177
2.2.1.6. Крутильная жесткость (численный эксперимент) эквивалентного участка вала генератора c_5 , Н·м.....	183
2.2.1.7. Полный момент инерции маховика с коническим участком и передней частью первой коренной шейки, J_1 , кг·м ²	185
2.2.1.8. Полный момент инерции моторной массы, кг·м ²	186
2.2.1.9. Суммарный момент инерции ведомой и ведущей шестерней, связанных соответственно с валом механизма газораспределения и с задней частью второй коренной шейки и цилиндрической частью вала, приведенный к колеччатому валу, J_3 , кг·м ²	188
2.2.1.10. Момент инерции хвостовика колеччатого вала и половины момента инерции муфты (ведущей части), приведенный к колеччатому валу J_4 , кг·м ²	190
2.2.1.11. Момент инерции носка вала генератора и половины момента инерции муфты (ведомой части), приведенный к колеччатому валу, J_5 , кг·м ²	190
2.2.1.12. Момент инерции ротора генератора и его вала, приведенный к колеччатому валу, J_6 , кг·м ²	191
2.2.2. Расчет собственных колебаний.....	192
2.2.3. Частота вынужденных колебаний.....	198

Практикум..... 216

Практическое занятие № 1. Пример вычисления амплитуды гармонической составляющей вынуждающего момента с разными моторными индексами k_m с применением программы Mathcad.....	216
Практическое занятие № 2. Пример разложения в ряд Фурье изменения крутящего момента одноцилиндрового четырехтактного двигателя с применением программы Mathcad.....	221
Практическое занятие № 3. Пример разложения в ряд Фурье изменения давления газов в одноцилиндровом четырехтактном двигателе с применением программы Mathcad.....	223
Практическое занятие № 4. Пример определения фазовых диаграмм гармоник крутящего момента различных четырехтактных двигателей при разных моторных индексах k_m с применением программы Mathcad.....	229

Библиографический список..... 250