

Министерство образования и науки Российской Федерации

Сибирский федеральный университет

**В. П. Павлов, Г. Н. Карасев**

## **ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ**

**СИСТЕМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ,  
МОДЕЛИРОВАНИЕ, ОПТИМИЗАЦИЯ**

Допущено УМО вузов Российской Федерации по образованию в области транспортных машин и транспортно-технологических комплексов в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки магистров «Наземные транспортные системы», 10.12.2009

Красноярск  
СФУ  
2011

УДК 625.7/8.001.63(07)  
ББК 39.311–06–5(я73)  
П12

**Р е ц е н з е н т ы:** Г. В. Кустарев, канд. техн. наук, проф. зав. кафедрой «Дорожно-строительные машины» Московского автомобильно-дорожного института (Государственного технического университета);  
кафедра «Строительные машины, эксплуатация и ремонт оборудования» Московского института коммунального хозяйства и строительства

**Павлов, В. П.**  
П12 **Дорожно-строительные машины. Системное проектирование, моделирование, оптимизация : учеб. пособие / В. П. Павлов, Г. Н. Карасев. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2011. – 240 с. ISBN 978-5-7638-2296-0**

В пособии рассмотрены теоретические положения и практические аспекты проектирования дорожных машин. Отражены различные иерархические уровни проектирования машин с применением информационных технологий. Теоретические модели рабочих процессов и обоснование параметров рабочих органов рассмотрены на примере машин для земляных работ.

Предназначено для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки магистров «Наземные транспортные системы». Также будет полезно аспирантам и инженерно-техническим работникам в области проектирования и расчета транспортных и технологических машин.

**УДК 625.7/8.001.63(07)**  
**ББК 39.311–06–5(я73)**

ISBN 978-5-7638-2296-0

© Сибирский федеральный университет, 2011

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	5
ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ КУРС.....	7
1. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В ПРОЦЕССЕ ПРОГНОЗА И ОЦЕНКИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПУТЕЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ.....	7
1.1. Пути повышения эффективности и конкурентоспособности дорожно-строительных машин	7
1.2. Методы оценки конструкций технических средств.....	13
1.3. Методические аспекты применения системных оценок.....	27
1.4. Формирование общей задачи проектирования и ее декомпозиция.....	41
1.5. Выбор технических решений на основе нечеткого отношения предпочтения.....	52
1.6. Автоматизированный инженерный анализ в проектировании машин.....	61
Вопросы и задания для самоконтроля .....	65
2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ОЦЕНКЕ ПУТЕЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ СТРОИТЕЛЬНОГО ОДНОКОВШОВОГО ЭКСКАВАТОРА.....	67
2.1. Анализ статистической информации параметров одноковшовых строительных экскаваторов.....	67
2.2. Конструирование ковша обратной лопаты строительного экскаватора.....	76
2.3. Определение параметров грейферного ковша.....	99
2.4. Расчет производительности экскаватора с оборудованием обратная лопата.....	106
2.5. Оценка адекватности математической модели производительности экскаватора по экспериментальным данным.....	113

2.6. Оценка конкурентоспособности полноповоротных одноковшовых строительных экскаваторов.....	122
2.7. Анализ устойчивости экскаватора.....	141
2.8. Моделирование структуры и расчет механизмов рабочего оборудования машин.....	150
Вопросы и задания для самоконтроля .....	156
<b>3. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ОЦЕНКЕ ПУТЕЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ ЗЕМЛЕРОЙНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН.....</b>	<b>158</b>
3.1. Определение максимального объема призмы волочения бульдозера.....	158
3.2. Расчет производительности бульдозера.....	166
3.3. Расчет производительности скрепера.....	172
3.4. Оценка устойчивости самоходного скрепера.....	176
3.5. Расчет производительности автогрейдера при планировке поверхностей.....	183
Вопросы и задания для самоконтроля .....	196
<b>ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ.....</b>	<b>198</b>
<i>Лабораторная работа</i> 1. Исследование структурно-компоновочной модели одноковшового экскаватора.....	198
<i>Лабораторная работа</i> 2. Многокритериальный выбор технических решений на основе нечеткого отношения предпочтения... ..	205
<i>Лабораторная работа</i> 3. Моделирование структуры гидромеха- низмов и расчет нагрузок в элементах рабочего оборудования машин.....	210
<i>Лабораторная работа</i> 4. Определение расчетных положений элементов рабочего оборудования одноковшового экскаватора.....	215
<i>Лабораторная работа</i> 5. Построение виртуальной модели и анализ напряженно-деформирован- ного состояния металлоконструкции экскаватора на основе метода конечных элементов.....	226
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>235</b>
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....</b>	<b>236</b>

---

---

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее учебное пособие предназначено для магистрантов 5–6-го курсов обучения. В нем изложены материалы, используемые в научной работе в области исследования и повышения эффективности дорожно-строительных машин (ДСМ). Описаны основы методологии системного проектирования применительно к дорожным машинам, которая базируется на анализе процессов взаимодействия машин со средой, разработке методологических принципов оптимальной организации системы на начальной стадии ее проектирования.

Вычислительная техника резко сократила временные и денежные расходы на получение и обработку научной информации. В результате этого современные методы исследования характеризуются более активным применением методов математического моделирования рабочих процессов машин. Поэтому в пособии особое внимание уделяется проблеме создания математических моделей и использования вычислительной техники для оценки эффективности дорожных машин и исследованию путей их улучшения.

Не все рассмотренные в пособии задачи могут быть сведены к получению единственного замкнутого решения. Авторы и не ставили перед собой такую цель. Представленный материал скорее ориентирован на поиск новых вариантов решения задач с другими целевыми установками и иными критериальными функциями, на создание более совершенных алгоритмов расчета и программного обеспечения.

Авторы исходили из того, что использование вычислительной техники должно быть основано на применении инвариантных к объекту проектирования постановок задач, расчетных схем и современных пакетов автоматизированного инженерного анализа. Методы анализа, опирающиеся на мультифизичность подхода, матричную форму записи уравнений, многокритериальность в принятии решений, иерархичность математических моделей, применение своеобразного математического аппарата в экспертных системах, являющиеся обычными элементами современных методологий исследования и проектирования, потребуют определенных усилий со стороны читателя для усвоения материала. Эти элементы методологии долж-

ны быть адекватными усложняющимся задачам и методам машинного анализа.

Пособие построено на материалах исследований, выполненных авторами при решении прикладных задач на кафедрах «Транспортные и технологические машины» (кафедра «Строительные и дорожные машины» до 2008 г.) СФУ и «Дорожно-строительные машины» Московского автомобильно-дорожного института (Государственного технического университета) – МАДИ.

Авторы признательны рецензентам учебного пособия – кандидату технических наук, профессору Г.В. Кустареву и доктору технических наук, профессору А.И. Доценко – за критические замечания.