



И.Я. Федоренко,  
А.А. Смышляев

**Проектирование  
технических устройств  
и систем:  
принципы, методы,  
процедуры**

И.Я. Федоренко, А.А. Смышляев

# **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ И СИСТЕМ: ПРИНЦИПЫ, МЕТОДЫ, ПРОЦЕДУРЫ**

*Рекомендовано учебно-методическим объединением вузов  
Российской Федерации по агроинженерному образованию  
в качестве учебного пособия для студентов  
высших учебных заведений,  
обучающихся по направлению 110800 «Агроинженерия»*



МОСКВА

2014

УДК 658.512

ББК 30.2

Ф33

*Рецензенты:*

*Ю.Н. Блынский* — доктор технических наук, профессор, директор Инженерного института, заведующий кафедрой «Эксплуатация машинно-тракторного парка» Новосибирского государственного аграрного университета, заслуженный работник высшей школы РФ;

*Ю.А. Гуськов* — доктор технических наук, доцент, руководитель направления «Механизация процессов в агробизнесе» Инженерного института Новосибирского государственного аграрного университета, почетный работник высшего профессионального образования РФ;

*В.П. Чупин* — кандидат технических наук, доцент, декан факультета «Технический сервис в АПК» Омского государственного аграрного университета им. П.А. Столыпина;

*У.К. Сабиев* — доктор технических наук, профессор кафедры «Агроинженерия» Омского государственного аграрного университета им. П.А. Столыпина

**Федоренко И.Я., Смышляев А.А.**

Ф33 Проектирование технических устройств и систем: принципы, методы, процедуры : учебное пособие / И.Я. Федоренко, А.А. Смышляев. — М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2014. — 320 с. — (Высшее образование. Бакалавриат. Магистратура).

ISBN 978-5-91134-846-5 (ФОРУМ)

ISBN 978-5-16-009525-7 (ИНФРА-М)

В учебном пособии изложены методологические основы проектирования технических объектов. Рассмотрены вопросы системного подхода, процедуры на различных стадиях проектирования, методы принятия конструкторских решений, обработки конструкции и испытаний машин, освещены вопросы использования современных систем автоматизированного проектирования для разработки конструкторской документации.

Пособие предназначено для студентов вузов, обучающихся по направлениям 110800 «Агроинженерия», 190109 «Наземные транспортно-технологические средства» (специализация «Технические средства агропромышленного комплекса»), 190600 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», 151000 «Технологические машины и оборудование», а также будет полезно аспирантам, проектировщикам и конструкторам технических систем различного уровня.

УДК 658.512

ББК 30.2

ISBN 978-5-91134-846-5 (ФОРУМ)

ISBN 978-5-16-009525-7 (ИНФРА-М)

© Федоренко И.Я., Смышляев А.А., 2014

© Издательство «ФОРУМ», 2014

# Оглавление

---

---

<b>Предисловие</b> .....	3
<b>Введение</b> .....	6
<b>Глава 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЕКТИРОВАНИИ</b> .....	10
1.1. Проектирование как метод познания и преобразования действительности .....	10
1.2. Особенности проектирования объектов сельскохозяйственного назначения .....	14
1.3. Основные определения и терминология в области проектирования .....	17
<b>Глава 2. ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ И МЕТОДОВ ЕЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ</b> .....	21
2.1. Краткая историческая справка о развитии техники .....	21
2.2. Законы развития технических систем .....	29
2.3. Классификация технических устройств и систем по степени новизны .....	35
<b>Глава 3. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ПРОЕКТИРУЕМЫМ УСТРОЙСТВАМ И СИСТЕМАМ</b> .....	38
3.1. Критерии оценки технологических машин .....	38
3.2. Требования к системам машин .....	41
3.3. Противоречивость требований к техническим объектам .....	42
<b>Глава 4. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА</b> .....	45
4.1. Понятийный аппарат системного анализа .....	45
4.2. Признаки системы .....	50

---

4.3. Системный анализ и теория графов .....	53
4.4. Принципы системного проектирования .....	56
<b>Глава 5. ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ И ОБЩАЯ СХЕМА СИСТЕМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ\ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ .....</b>	<b>60</b>
5.1. Цель и задачи проектирования .....	60
5.2. Общая схема проектирования технических устройств и систем .....	61
5.3. Роль алгоритмических и эвристических методов в проектировании .....	64
<b>Глава 6. ПРОЦЕДУРЫ НА ЭТАПЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ В ПРОЕКТИРУЕМОМ ОБЪЕКТЕ .....</b>	<b>67</b>
6.1. Сбор информации по проблеме и прототипам проектируемого объекта .....	67
6.2. Методы инженерного прогнозирования .....	70
<b>Глава 7. ПРОЦЕДУРЫ НА ЭТАПЕ ПОИСКА ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ ПРОЕКТИРУЕМОГО ОБЪЕКТА .....</b>	<b>80</b>
7.1. Методы поиска технических решений .....	80
7.2. Необходимость и целесообразность патентования изобретений .....	90
<b>Глава 8. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК МЕТОД КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ .....</b>	<b>96</b>
8.1. Общие сведения о математических моделях .....	96
8.2. Требования к математическим моделям .....	103
8.3. Математические модели на основе фундаментальных законов природы .....	107
8.4. Модели на основе вариационных принципов .....	111
8.5. Использование аналогий при разработке математических моделей .....	116
8.6. Применение методов размерности .....	121
8.7. Формы уравнений математических моделей .....	124

---

<b>Глава 9. РЕШЕНИЕ ПРОЕКТНЫХ ЗАДАЧ НА ОСНОВЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА</b> .....	126
9.1. Обобщенный алгоритм проведения вычислительного эксперимента .....	126
9.2. Анализ проектной задачи, формирование целей эксперимента, выбор критериев оптимальности .....	129
9.3. Формирование расчетной модели технического объекта ...	139
9.4. Математическая формулировка задачи проектирования ....	142
9.5. Преобразование уравнений на основе теорий подобия .....	146
9.6. Качественное исследование математической модели .....	148
9.7. Планирование вычислительного эксперимента .....	150
9.8. Принципы выбора численных методов решения .....	152
9.9. Обработка вычислительного эксперимента .....	155
9.10. Особенности проведения имитационных вычислительных экспериментов .....	157
<b>Глава 10. ПРИНЯТИЕ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПО МАТЕМАТИЧЕСКИМ МОДЕЛЯМ</b> .....	163
10.1. Введение в проблему .....	163
10.2. Характеристика методов решения задач оптимизации при одном критерии оптимальности .....	168
10.3. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач проектирования .....	169
10.4. Принятие решений при многокритериальном проектировании как проблема распознавания образов ....	172
10.5. Выбор рационального варианта технического объекта методом Соболя—Статникова .....	177
10.6. Выбор вариантов объектов проектирования на основе нечетких моделей .....	184
<b>Глава 11. ИНЖЕНЕРНОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ И ОТРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ</b> .....	187
11.1. Место конструирования в общей схеме проектирования технического объекта .....	187
11.2. Основные принципы конструирования .....	190
11.3. Отработка конструкции .....	198

---

<b>Глава 12. ОРГАНИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ И ПОСТАНОВКИ ИЗДЕЛИЙ НА ПРОИЗВОДСТВО</b> .....	202
12.1. Порядок и правила разработки изделий .....	202
12.2. Особенности испытаний сельскохозяйственных машин ...	211
<b>Глава 13. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ (САПР)</b> .....	220
13.1. Цель и задачи автоматизации проектирования .....	220
13.2. Основные принципы создания САПР .....	223
13.3. Классификация САПР .....	225
13.4. Обеспечение САПР .....	233
13.5. Структура САПР .....	238
13.6. Направления развития САПР .....	243
<b>Глава 14. КРАТКИЙ ОБЗОР ОСНОВНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ И ИНСТРУМЕНТОВ CAE, CAM, EDA СИСТЕМ</b> .....	248
14.1. Краткое описание CAE-систем .....	248
14.2. Краткая характеристика CAM-систем .....	258
14.3. Краткий обзор основных EDA-систем .....	268
<b>Заключение</b> .....	280
<b>Литература</b> .....	281
<b>Приложение 1. Примеры проектирования технических объектов (этап-концептуальное проектирование)</b> .....	283
<b>Приложение 2. Научные и информационные ресурсы по проблемам проектирования</b> .....	305