

Б.М. Новожилов

**Системы управления и контроля
технологического оборудования
наземных комплексов**

Учебное пособие



Москва

ИЗДАТЕЛЬСТВО
МГТУ им. Н.Э. Баумана
2 0 2 5

УДК 681.5
ББК 32.965
Н74

Издание доступно в электронном виде по адресу
<https://press.bmstu.ru/catalog/item/8619/>

Факультет «Специальное машиностроение»
Кафедра «Стартовые ракетные комплексы»

*Рекомендовано Научно-методическим советом
МГТУ им. Н.Э. Баумана в качестве учебного пособия*

Рецензент

канд. техн. наук *М.Т. Лычкин*

Новожилов, Б. М.

Н74 Системы управления и контроля технологического оборудования наземных комплексов : учебное пособие / Б. М. Новожилов. — Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2025. — 129, [1] с. : ил.

ISBN 978-5-7038-6676-4

Изложены принципы построения и функционирования автоматических систем применительно к технологическим процессам в наземном оборудовании ракетно-космических комплексов. Рассмотрены структуры систем управления и контроля технологического оборудования комплексов, приведены основные сведения по автоматизированным системам управления технологическими процессами. Рассмотрены также локальные системы управления, включающие в себя системы автоматического регулирования и системы логического управления. Приведены базовые сведения по метрологическим основам измерения технологических параметров.

Рассмотрены вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации систем управления и контроля комплексов. Дано описание систем противоаварийной защиты промышленного оборудования, а также технических средств электро-, пожаро- и взрывобезопасности.

Для студентов старших курсов МГТУ им. Н.Э. Баумана, обучающихся по специальности «Эксплуатация стартовых и технических комплексов и систем жизнеобеспечения», изучающих дисциплину «Эксплуатация систем управления и контроля стартовых комплексов».

УДК 681.5
ББК 32.965



Уважаемые читатели! Пожелания, предложения, а также сообщения о замеченных опечатках и неточностях Издательство просит направлять по электронной почте: press@bmstu.ru

ISBN 978-5-7038-6676-4

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2025
© Оформление. Издательство
МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2025

Предисловие

Учебное пособие составлено в соответствии с программой дисциплины «Эксплуатация систем управления и контроля стартовых комплексов» и предназначено для студентов старших курсов, обучающихся по специальности «Эксплуатация стартовых и технических комплексов и систем жизнеобеспечения».

Цель учебного пособия — расширение базы знаний в области построения и эксплуатации систем управления и контроля технологического оборудования ракетно-космических комплексов. С его помощью будущие специалисты по эксплуатации механических агрегатов и технологических систем стартовых и технических комплексов получают достаточно полное представление о структуре и функциях автоматизированных систем управления технологическими процессами подготовки и пуска ракет космического назначения. Они узнают о современных технологиях, используемых в системах автоматики, и об особенностях безопасной эксплуатации систем управления и контроля технологического оборудования.

Изложение в учебном пособии имеет инженерную направленность с акцентом на физической стороне процессов управления и применяемых технических средств, теоретические сведения приводятся только для разъяснения рассматриваемых расчетных моделей и зависимостей.

Издание состоит из пяти глав, в которых изложен большой объем сведений, относящихся к автоматическому управлению технологическими процессами в оборудовании наземных комплексов. Первая глава посвящена истории развития систем управления и контроля ракетно-космических комплексов и описанию их структуры и функций на примерах отечественных и зарубежных комплексов. Вторая глава содержит основные сведения по построению и функционированию автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУ ТП). Здесь дается краткое описание основных видов их обеспечения, особое внимание уделено современным сетевым технологиям передачи информации в технических системах, приведены сведения по методам построения и функционирования локальных вычислительных сетей, рассмотрен пример построения таких сетей в наземном комплексе многоразовой транспортной космической системы «Энергия—Буран». В третьей главе раскрыто содержание основных понятий, относящихся к техническим средствам получения и передачи информации в технических системах, дан краткий обзор датчиков технологических параметров и исполнительных устройств механических агрегатов и технологических систем

ракетно-космических комплексов, приведен пример построения системы технологических измерений стартового комплекса ракеты космического назначения «Протон». Четвертая глава посвящена изучению локальных систем управления. Здесь рассмотрены основы систем автоматического регулирования, аналоговые и позиционные системы автоматического регулирования, а также изложены основные сведения по устройству и функционированию систем логического управления на различной элементной базе. Ознакомлению с техническими средствами предотвращения аварийных ситуаций в работе систем автоматики на промышленных объектах посвящена пятая глава. Здесь описаны системы аварийного отключения агрегатов и машин, раскрыты причины возникновения аварийных ситуаций при эксплуатации систем автоматики во взрыво- и пожароопасных условиях, приведено описание технических средств обеспечения электро-, взрыво- и пожаробезопасности при эксплуатации автоматических систем технологического оборудования.

Наличие контрольных вопросов в конце каждого раздела учебного пособия способствует более глубокому усвоению материала при самостоятельной работе студентов.

При подготовке издания автор использовал собственный опыт участия в различных проектах автоматизации промышленных объектов, а также опыт разработки и преподавания дисциплины «Управление техническими системами комплексов».

Список сокращений

АРМ	—	автоматизированное рабочее место
АСПП	—	автоматизированная система подготовки и пуска
АСУ	—	автоматизированная система управления
АСУ ТП	—	автоматизированная система управления технологическими процессами
ГСП	—	Государственная система промышленных приборов и средств автоматизации
ДПУ	—	дистанционный пост управления
ДУУ	—	дискретное управляющее устройство
ИМ	—	исполнительный механизм
ИП	—	измерительный преобразователь
ИУ	—	исполнительное устройство
КЛА	—	космический летательный аппарат
КРТ	—	компоненты ракетного топлива
КС	—	коммуникационная сеть
ЛВС	—	локальная вычислительная сеть
ЛСУ	—	локальные системы управления
МПУ	—	местный пост управления
МТКС	—	многоразовая транспортная космическая система
ПК	—	промышленный компьютер
ПЛК	—	программируемый логический контроллер
ППП	—	первичный параметрический преобразователь
ПСК	—	периферийная станция кольца
РКК	—	ракетно-космический комплекс
РКН	—	ракета космического назначения
РКТ	—	ракетно-космическая техника
РН	—	ракета-носитель
РО	—	регулирующий орган
САВ	—	система аварийного выключения
САР	—	система автоматического регулирования
СИ	—	средство измерения
СК	—	стартовый комплекс
СКУ	—	система контроля уровня
СЛУ	—	система логического управления;
ТК	—	технический комплекс
ТКС	—	температурный коэффициент сопротивления

ТОУ	—	технологический объект управления
ТО РКК	—	технологическое оборудование ракетно-космического комплекса
ТС	—	технологическая система
УА	—	управляющий автомат
УВМ	—	управляющая вычислительная машина
УЗО	—	устройство защитного отключения
УСО	—	устройство связи с объектом
ЦВУ	—	цифровое вычислительное устройство
ЦПП	—	центральный пульт подготовки
ЦПУ	—	центральное процессорное устройство
ЭМР	—	электромагнитное реле
ЭУ	—	электроустановка
НМИ	—	Human-Machine Interface — человеко-машинный интерфейс, панель управления оператора

1. ПОСТРОЕНИЕ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Один из важнейших элементов ракетно-космического комплекса (РКК) — космодром. Его главными объектами являются стартовый комплекс (СК) и технический комплекс (ТК). Здесь сосредоточено технологическое оборудование ракетно-космического комплекса (ТО РКК), включающее в себя различные механизмы, механические агрегаты и автоматизированные технологические системы, предназначенные для транспортировки, перегрузки, сборки, испытаний, установки на пусковую систему, заправки компонентами топлива и сжатыми газами, термостатирования, подготовки к пуску и пуску ракет-носителей (РН) и космических летательных аппаратов (КЛА).

Многообразие и сложность ТО РКК вызвали необходимость разработки комплексов автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) с применением информационных и цифровых технологий. В этой связи особое значение приобретают:

- совершенствование методов и средств измерения параметров технологических процессов с преобразованием сигналов датчиков и командных устройств в цифровой сигнал;
- решение задач передачи больших объемов информации по локальным вычислительным сетям;
- оперативное представление оператору текущей информации о состоянии технологического процесса.

Сложность конструкции и устройства РН и КЛА, а также значительная трудоемкость процессов их наземной эксплуатации обуславливают необходимость разработки систем управления и контроля специального технологического оборудования и технических систем, входящих в состав наземного комплекса космодрома.

1.1. Назначение автоматических систем технологического оборудования стартовых и технических комплексов

Все технологические операции, связанные с подготовкой и пусками ракет космического назначения (РКН), выполняют на СК и ТК космодрома.

Технический комплекс предназначен для приема, хранения, сборки и окончательного укомплектования РН и космических объектов, проведения автономных и комплексных испытаний, заправки КЛА и разгонных блоков

Оглавление

Предисловие	3
Список сокращений	5
1. Построение и функционирование систем управления и контроля технологического оборудования	7
1.1. Назначение автоматических систем технологического оборудования стартовых и технических комплексов	7
1.2. Структуры систем управления и контроля технологического оборудования стартовых комплексов	10
1.3. Комплекс систем управления СК МТКС «Энергия—Буран»	13
2. Принципы построения и функционирования АСУ ТП	19
2.1. Состав и построение АСУ ТП	19
2.2. Виды обеспечения АСУ ТП	25
2.3. Применение сетевых технологий в АСУ ТП	29
2.3.1. Основные понятия и определения	29
2.3.2. Построение коммуникационных сетей в АСУ ТП	33
3. Технические средства автоматизации технологического оборудования наземных комплексов	39
3.1. Сигнал как носитель информации в технических системах	39
3.2. Средства измерения параметров технологических процессов в системах управления и контроля	41
3.3. Датчики систем управления и контроля технологического оборудования стартовых и технических комплексов	46
3.3.1. Датчики механических величин	46
3.3.2. Датчики теплотехнических величин	51
3.4. Исполнительные устройства и устройства сигнализации	68
3.5. Устройства связи с объектом	72
3.6. Системы контроля параметров технологических процессов и технического состояния технологического оборудования СК РКН «Протон»	77
4. Локальные системы управления	80
4.1. Системы автоматического регулирования	81
4.1.1. Системы автоматического регулирования с аналоговым регулятором	86
4.1.2. Системы автоматического регулирования с позиционным регулятором	91

4.2. Системы логического управления	98
4.2.1. Построение систем логического управления	99
4.2.2. Управляющие автоматы с неизменяемой логикой управления.....	101
4.2.3. Управляющие автоматы с программируемой логикой.....	105
4.2.4. Определение функций управляющего автомата.....	108
5. Обеспечение безопасности при эксплуатации промышленных систем автоматики.....	114
5.1. Системы противоаварийной автоматической защиты	114
5.2. Обеспечение взрыво- и пожаробезопасности при эксплуатации электрического оборудования систем автоматики	117
5.3. Меры электробезопасности при работе обслуживающего персонала	123
Литература.....	127