

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»

Б.М. Новожилов

**Алгебра логики
для систем управления
технологическим оборудованием
наземных комплексов**

Учебно-методическое пособие



Москва

ИЗДАТЕЛЬСТВО
МГТУ им. Н.Э. Баумана

2026

УДК 512.563.6+681.5

ББК 32.965+22.12

Н74

Издание доступно в электронном виде по адресу
<https://press.bmstu.ru/catalog/item/8663/>

Факультет «Специальное машиностроение»

Кафедра «Стартовые ракетные комплексы»

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

Рецензент

канд. техн. наук, доцент В.М. Пучков

Новожилов, Б. М.

Н74 Алгебра логики для систем управления технологическим оборудованием наземных комплексов : учебно-методическое пособие. — Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2026. — 36, [4] с. : ил.

ISBN 978-5-7038-6788-4

Изложены краткие сведения о системах логического управления и основах алгебры логики применительно к построению управляющих автоматов. Даны указания для выполнения самостоятельной работы по дисциплине «Управление техническими системами комплексов». Рассмотрены формы представления и приемы преобразования логических функций с последующим их моделированием на симуляторе Logisim. Приведен пример выполнения работы по одному из предлагаемых вариантов.

Для студентов старших курсов МГТУ им. Н.Э. Баумана, обучающихся по специальности «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов», изучающих дисциплину «Управление техническими системами комплексов».

УДК 512.563.6+681.5

ББК 32.965+22.12



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

ISBN 978-5-7038-6788-4

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2026

© Оформление. Издательство
МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2026

Принятые сокращения

АСУ ТП	—	автоматизированные системы управления технологическими процессами
ИУ	—	исполнительное устройство
ПО	—	программное обеспечение
РКК	—	ракетно-космический комплекс
РКН	—	ракета космического назначения
РН	—	ракета-носитель
СЛУ	—	система логического управления
ТО	—	технологическое оборудование
ТОУ	—	технологический объект управления
УА	—	управляющий автомат

Формы представления булевых функций

ДНФ	—	дизъюнктивная нормальная форма
КНФ	—	конъюнктивная нормальная форма
МДНФ	—	минимальная дизъюнктивная нормальная форма
МКНФ	—	минимальная конъюнктивная нормальная форма
СДНФ	—	совершенная дизъюнктивная нормальная форма
СКНФ	—	совершенная конъюнктивная нормальная форма

Предисловие

Технологическое оборудование (ТО) ракетно-космического комплекса (РКК) включает в себя механические агрегаты и автоматизированные технологические системы, предназначенные для выполнения технологических операций с ракетой космического назначения (РКН) и ее составными частями в период ее подготовки, проведения предстартовых операций и пуска.

Указанное оборудование характеризует высокий уровень механизации и автоматизации, обеспечивающий надежную и безопасную эксплуатацию РКК. Этот фактор определяет требования к конструкторам и технологам, разрабатывающим ТО, а также к инженерно-техническому персоналу, участвующему в эксплуатации РКН.

Предлагаемое учебно-методическое пособие предназначено для студентов, изучающих дисциплину «Управление техническими системами комплексов», входящую в вариативную часть образовательной программы по направлениям подготовки специальности 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов».

Целью издания является расширение у будущих специалистов профессиональных знаний и практических навыков в области построения систем логического управления (СЛУ) технологическим оборудованием наземных комплексов. Эта цель достигается выполнением индивидуальной самостоятельной работы по применению алгебры логики в инженерной практике для решения задач разработки управляющих автоматов (УА). Это отличает данное учебно-методическое пособие от аналогичных по тематике изданий. Индивидуальная самостоятельная работа подготавливает студентов к выполнению домашних заданий, предусмотренных программой указанной дисциплины. В процессе самостоятельной работы студенты получают навыки выполнения различных преобразований логических функций и построения комбинационных логических схем, моделирование которых на симуляторе Logisim обеспечит лучшее понимание принципа работы управляющих автоматов.

В издании приведены краткие сведения по системам логического управления применительно к технологическому оборудованию РКК, даны основные понятия и определения, относящиеся к построению СЛУ, и сформулирована задача разработки УА. Последовательно изложены основы алгебры логики, начиная с определения логических переменных и логических функций и заканчивая приемами преобразований аналитических форм логических функций для реализации УА на различной технической базе. Описано применение логического симулятора Logisim для моделирования функций управляющей логики, реализованных в виде бесконтактных логических схем и представлен пример выполнения самостоятельной работы. Завершают издание контрольные вопросы и литература. В приложениях приведены задания для выполнения самостоятельной работы и ответы к ним.

Для выполнения самостоятельной работы рекомендуется использовать компьютер с операционной системой Windows или Linux и программным обеспечением, включающим в себя текстовый редактор с редактором формул и логический симулятор Logisim.

После изучения материала пособия и выполнения самостоятельной работы студенты приобретут:

- *знания*: основ построения и функционирования систем логического управления, форм представления логических переменных и функций, назначения логических элементов и правил построения логических схем;
- *умения*: применять алгебру логики при построении управляющих автоматов, выполнять логические преобразования с использованием аксиом и законов булевой алгебры;
- *навыки*: применения компьютера и необходимого программного обеспечения при выполнении домашних заданий, а также тестирования логических схем с помощью логических симуляторов.

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ ЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Абсолютное большинство технологических операций, осуществляемых на стартовом и техническом комплексах в процессе подготовки ракеты-носителя (РН) к пуску, и ее пуск обеспечиваются автоматизированными системами управления технологическими процессами (АСУ ТП). В состав АСУ ТП входят системы логического управления, представляющие собой локальные системы управления техническими устройствами, которые обладают свойством дискретности, т. е. способностью пребывать в течение определенных промежутков времени в относительно неизменном состоянии. К таким устройствам в составе технологического оборудования РКК относятся, например, электропневмоклапаны заправочных систем, электромагнитные пневмо- и гидрораспределители силовых приводов, электромагнитные реле, контакторы и магнитные пускатели машин, различные сигнальные элементы. Указанные устройства, которые могут находиться только в одном из двух возможных состояний (включенном или выключенном), называются исполнительными устройствами (ИУ) системы управления.

Управление ИУ в технологическом процессе осуществляется по принципу *включено-выключено* на основании истинности или ложности каких-либо условий, определяющих текущее состояние технологического объекта управления (ТОУ). Для выполнения этой задачи применяются дискретные управляющие устройства, которые называют управляющими автоматами.

Система логического управления, включающая в себя УА и ТОУ с установленными на нем датчиками информации и исполнительными устройствами, а также пульт управления с командными и сигнальными устройствами представляют собой замкнутую информационную систему. Для передачи информации в ней обычно используются электрические сигналы, которые могут быть представлены двумя различными значениями электрического потенциала или тока. Им соответствуют логические

переменные, которые могут принимать значения 0 или 1. Следует отметить, что эти значения совпадают с цифрами двоичной системы счисления, что дает возможность использовать указанные переменные в технических приложениях булевой алгебры также в качестве двоичных переменных.

На рис. 1 показана схема связей УА в составе системы логического управления.

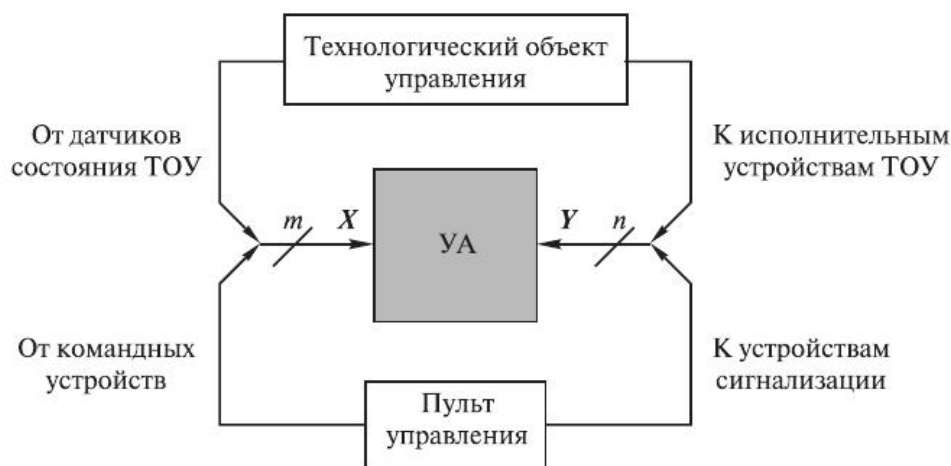


Рис. 1. Схема информационных связей в системе логического управления

Здесь вектор X представляет собой набор (слово) двоичных переменных $x_1x_2\dots x_m$, характеризующих текущее состояние ТООУ (положение его рабочих органов, значения технологических параметров — температуры, давления, расхода, уровня), и положение командных устройств (кнопок, переключателей) на пульте управления. Вектор Y — это набор двоичных переменных $y_1y_2y_3\dots y_n$, представляющих управляющие воздействия. Индексы m и n соответствуют числам входов и выходов автомата, так как каждый вход его является выходом некоторого дискретного датчика, установленного на ТООУ, или выходом командного устройства с пульта управления, а каждый выход автомата является входом некоторого исполнительного устройства релейного типа в составе ТООУ или устройства сигнализации, установленного на пульте управления.

Управляющий автомат принимает информацию о состоянии процесса и командах оператора, обрабатывает ее, производя необходимые вычисления, и формирует управляющие воздействия, которые обеспечивают необходимый ход управляемого процесса.

Содержание

Принятые сокращения	3
Формы представления булевых функций.	3
Предисловие	4
Краткие сведения о системах логического управления	6
Основы алгебры логики	9
Булевы переменные и булевы функции.	9
Аналитические формы булевых функций	13
Преобразования аналитических форм булевых функций	15
Логический симулятор Logisim	20
Пример выполнения самостоятельной работы	24
Контрольные вопросы и задания	30
Литература	31
Приложения	32