

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
ГЛАВА 1. ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ МАШИН В СТРОИТЕЛЬСТВЕ .....	6
1.1. Технологические процессы и машины как объект автоматизации в строительстве .....	6
1.2. Принципы управления, принципы построения систем управления .....	10
ГЛАВА 2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ И ОБОРУДОВАНИИ .....	19
2.1. Основные критерии строительных машин .....	19
2.2. Классификация строительных машин .....	20
2.3. Общая характеристика приводов и силового оборудования .....	24
2.4. Трансмиссии строительных машин .....	36
2.5. Системы управления строительными машинами .....	42
2.6. Усилители в строительных машинах и оборудовании .....	47
2.7. Детали, сборочные единицы общего назначения .....	51
ГЛАВА 3. ТРАНСПОРТНЫЕ, ТРАНСПОРТИРУЮЩИЕ И ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫЕ МАШИНЫ .....	65
3.1. Общая характеристика транспортирования строительных грузов .....	65
3.2. Грузовые автомобили, тракторы .....	65
3.3. Специализированные транспортные средства .....	70
3.4. Транспортирующие машины .....	79
3.5. Установки для пневматического транспортирования материала .....	86
3.6. Погрузочно-разгрузочные машины .....	90
ГЛАВА 4. ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ МАШИНЫ .....	95
4.1. Назначение и классификация .....	95
4.2. Простейшие грузоподъемные машины — домкраты, тали, лебедки .....	95
4.3. Строительные подъемники .....	101
4.4. Башенные краны .....	107
4.5. Самоходные стреловые краны .....	117
4.6. Краны пролетного типа .....	131
4.7. Эксплуатация грузоподъемных машин .....	135
4.8. Техническое освидетельствование кранов, основные положения техники безопасности при их эксплуатации .....	145
ГЛАВА 5. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ, ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ БЕТОНОВ И РАСТВОРОВ .....	149
5.1. Типы бетономесителей циклического и непрерывного действия .....	149
5.2. Машины для транспортирования бетонных смесей и растворов .....	157
5.3. Машины для укладки бетона и отделки его поверхности .....	176
5.4. Оборудование для уплотнения бетонной смеси .....	178
ГЛАВА 6. МАШИНЫ ДЛЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ .....	185
6.1. Виды земляных сооружений и выбор землеройных машин .....	185
6.2. Одноковшовые экскаваторы .....	192
6.3. Гидравлические экскаваторы с рабочим оборудованием обратная лопата .....	199

6.4. Экскаваторы-планировщики .....	205
6.5. Характеристики современных экскаваторов-планировщиков .....	209
6.6. Драглайны .....	212
6.7. Экскаваторы непрерывного действия .....	214
6.8. Грейдер и автогрейдер .....	216
ГЛАВА 7. МАШИНЫ ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТА .....	220
ГЛАВА 8. ДРОН-ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ. СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ И ВОЗМОЖНОСТИ .....	229
ГЛАВА 9. ОСНОВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАШИН .....	237
9.1. Понятие «техническая эксплуатация машин» .....	237
9.2. Понятие об эксплуатационной надежности строительных машин .....	238
9.3. Техническое обслуживание и ремонт машин .....	241
9.4. Планирование оптимальной периодичности диагностики .....	245
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	247
ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ .....	249
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	252

# ВВЕДЕНИЕ

Широкое применение комплексной механизации и автоматизации играет ключевую роль в современном строительстве. Оно позволяет повысить производительность труда, сократить время строительства, улучшить качество работ и уменьшить затраты на проекты. Машины и автоматизированные системы увеличивают точность выполнения задач, уменьшают риски для работников и обеспечивают эффективное использование ресурсов. Благодаря механизации и автоматизации стало возможным реализовать сложные проекты, которые ранее казались невозможными или слишком затратными. Это касается как крупномасштабных промышленных объектов, так и жилых строений. Таким образом, развитие и совершенствование технологий в области механизации и автоматизации играет важную роль в дальнейшем развитии строительной индустрии.

В связи с этим особенно повышаются требования к подготовке высококвалифицированных специалистов с глубокими знаниями в области машин и оборудования. Также в пособии рассматриваются вопросы технического обслуживания и ремонта машин, правила эксплуатации и безопасности труда при работе с ними. Систематическое изучение материала, представленного в учебном пособии, позволит студентам приобрести необходимые знания и навыки для успешной работы в области строительства и механизации.

В результате изучения дисциплины «Строительные и дорожные машины и основы автоматизации» будут подготовлены квалифицированные специалисты, имеющие глубокие знания в области машин и оборудования, применяемые в процессе строительства объектов промышленного, гражданского строительства и дорожного строительства.

Предназначено для студентов всех форм обучения по направлению 08.03.01 «Строительство».

В результате освоения дисциплины студенты должны овладеть следующими компетенциями:

*ПК-2.1 Планирования и контроля разработки проектов производства работ, включая проекты производства работ специализированными организациями и субподрядными строительными организациями,*

*ПК-2.4 Планирования и контроля проведения строительного контроля в строительных организациях и субподрядных строительных организациях,*

*ПК-1.1 Осуществлять подготовку к производству отдельных этапов строительных работ,*

*ПК-1.3 Осуществлять строительный контроль производства отдельных этапов строительных работ.*

# Глава 1

## ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ МАШИН В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

### 1.1. Технологические процессы и машины как объект автоматизации в строительстве

*Технологический процесс* (ТП) — это последовательность действий или операций, проводимых с использованием определенных ресурсов и технических средств для достижения определенных целей или результатов.

*Объект управления* (ОУ) в строительстве (технологический процесс, строительная машина, оборудование, агрегат) называют автоматизированным, если он выполняет свои основные функции самостоятельно с помощью *системы автоматического управления* (САУ) и исполнительных регулирующих устройств под контролем человека-оператора.

Система автоматического регулирования в строительстве играет важную роль в обеспечении стабильности параметров объекта управления и решении проблем отклонений от нормального режима. Когда параметры объекта строительства меняются из-за различных причин, таких как изменение погодных условий, перегрузка оборудования или изменение материалов, система автоматического регулирования позволяет мгновенно реагировать на эти изменения и восстанавливать параметры в рамках заданных значений. Нарушенный режим должен быть восстановлен и поддерживаться около заданного значения. Эту задачу выполняет *система автоматического регулирования* (САР).

Технологический процесс может быть автоматизированным или ручным, он включает в себя все этапы производства — от разработки и создания продукта до его реализации на рынке. Эффективность технологического процесса зависит от правильного выбора методов и инструментов, а также от контроля качества каждого этапа работы.

Технологические процессы и машины в строительстве являются ключевыми объектами автоматизации, поскольку автоматизация позволяет оптимизировать и ускорить выполнение различных строительных работ, улучшить качество и точность процессов, а также обеспечить безопасность и комплексный контроль за производственными операциями. Вот несколько примеров объектов автоматизации в строительстве:

1. Строительно-дорожные машины: К таким машинам относятся экскаваторы, бульдозеры, асфальтоукладчики, грейдеры и другие специализированные единицы техники. Использование автоматизированных систем управления на этих машинах позволяет повысить производительность работ, уменьшить количество ошибок оператора, а также снизить риск несчастных случаев.

2. Строительные роботы: Роботизированные технологии широко применяются в строительстве для выполнения различных задач, таких как сварка, укладка кирпича, бетонирование и другие. Роботы обладают высокой точностью и способны выполнять монотонные и опасные работы.

3. Системы управления процессами: Автоматизированные системы управления (например, Building Information Modeling, BIM) позволяют централизованно контролировать все этапы строительного процесса, планировать и оптимизировать ресурсы, управлять исполнителями и контролировать качество работ.

4. Технологические модули и блоки: Применение модульных конструкций и заводской сборки позволяет существенно сократить время на возведение зданий и сооружений, снизить стоимость и повысить качество конструкций.

5. Дроны и автономные транспортные средства: Использование дронов для контроля за производственными процессами, мониторинга строительных площадок и измерения объемов земельных работ становится все более распространенным. Автономные транспортные средства могут обеспечить автоматическую доставку материалов на строительную площадку.

Эти объекты автоматизации являются лишь некоторыми примерами современных технологий, которые активно внедряются в строительстве для повышения эффективности и улучшения результативности процессов. В будущем ожидается еще более широкое применение автоматизации в строительстве, что позволит достичь новых высот в развитии отрасли.

*Алгоритмическое управление* в строительстве представляет собой автоматизацию технологических процессов и машин с использованием средств вычислительной техники. Эта система основана на предварительно разработанных алгоритмах, которые определяют последовательность действий и решений для контроля и управления различными аспектами строительной деятельности.

Алгоритмическое управление позволяет применять современные технические средства, такие как датчики, контроллеры, программное обеспечение и другие, для автоматизации строительных процессов. Это помогает повышать эффективность работы, улучшать качество выпускаемой продукции, сокращать временные и финансовые затраты, а также повышать безопасность на объекте строительства.

Таким образом, алгоритмическое управление является важным инструментом в современном строительстве, позволяющим достичь оптимального управления технологическими процессами и оборудованием для достижения лучших результатов. Разработка систем автоматического управления является комплексным процессом, который включает в себя ряд этапов. Основные шаги в разработке таких систем включают в себя:

1. Анализ требований — начальный этап, на котором определяются цели и требования к системе автоматического управления. Это может включать определение основных параметров, задач управления, характеристики объектов управления и другие аспекты.

2. Проектирование — этот этап включает создание структурной схемы системы управления, выбор необходимого оборудования и программного обеспечения, разработку алгоритмов управления и моделирование работы системы.

3. Разработка и интеграция — на этом этапе создаются и интегрируются компоненты системы: датчики, исполнительные устройства, контроллеры, программное обеспечение. Дополнительно проводятся настройка, тестирование и отладка системы.

4. Тестирование и сопровождение — после создания системы производится тестирование на различных условиях, а также осуществляется сопровождение и поддержка в процессе эксплуатации.

5. Оптимизация и улучшение — системы автоматического управления постоянно совершенствуются и оптимизируются. Это может включать в себя анализ полученных результатов, выявление узких мест и внедрение улучшений.

*Кибернетика* — это междисциплинарная наука, которая изучает системы, способные получать, обрабатывать и передавать информацию для достижения определенных целей. Основным объектом исследования кибернетики — кибернетические системы, которые могут быть разнообразными и абстрактными, независимо от их физической природы.

Норберт Винер считается основоположником кибернетики благодаря своим работам и идеям, опубликованным в середине XX в. Он выдвинул концепцию управления как ведущей стороны материального производства, а также разработал общие принципы и законы управления. Важным вкладом *Норберта Винера* в развитие науки стала его идея о возможности создания искусственного интеллекта на основе кибернетических принципов.

*Система* — это целенаправленное множество взаимосвязанных элементов любой природы.

Разработка систем автоматического управления требует комплексного подхода, знаний в области *автоматики, электроники, программирования*, а также понимания специфики объектов управления. Важным моментом при разработке таких систем является учет требований заказчика и особенностей конкретного проекта.

Большинство строительных объектов управления и протекающие в них процессы могут быть определены с помощью обобщенных координат (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Дифференциальные управления, описывающие простые объекты управления

Вид ДУ	Тип ДУ	Метод
$f_1(x)dx + f_2(y)dy = 0$	С разделенными переменными	Интегрирование
$y' = f_1(y) + f_2(x)$	С разделяющимися переменными	$dy/f_1(y) = f_2(x)dx$
$y' = f(ax + by + c)$	Приводящиеся к разделяющимся	$z = ax + by + c$
$y' = f(I, y/x)$	Однородное	$y/x = z$
$y' + g(x)y = f(x)$	Линейное неоднородное	а) Лагранжа б) Бернулли
$y' + g(x) \cdot y = f(x) \cdot y^n$	Бернулли	а) $z = y^{1-n}$ б) $y = v(x) \cdot u(x)$
$M(x, y)dx + N(x, y)dy = 0$	В полных дифференциалах	$u = \int M(x, y)dx + C(y)$

*Обобщенные координаты* — это параметры, которые используются для описания положения и динамики системы, необязательно пространственных (как координаты в пространстве), абстрактных. В контексте управления строительными объектами и процессами можно говорить о применении обобщенных координат для описания различных параметров, таких как уровень заполнения резервуара, температура материалов, скорость движения конвейера.

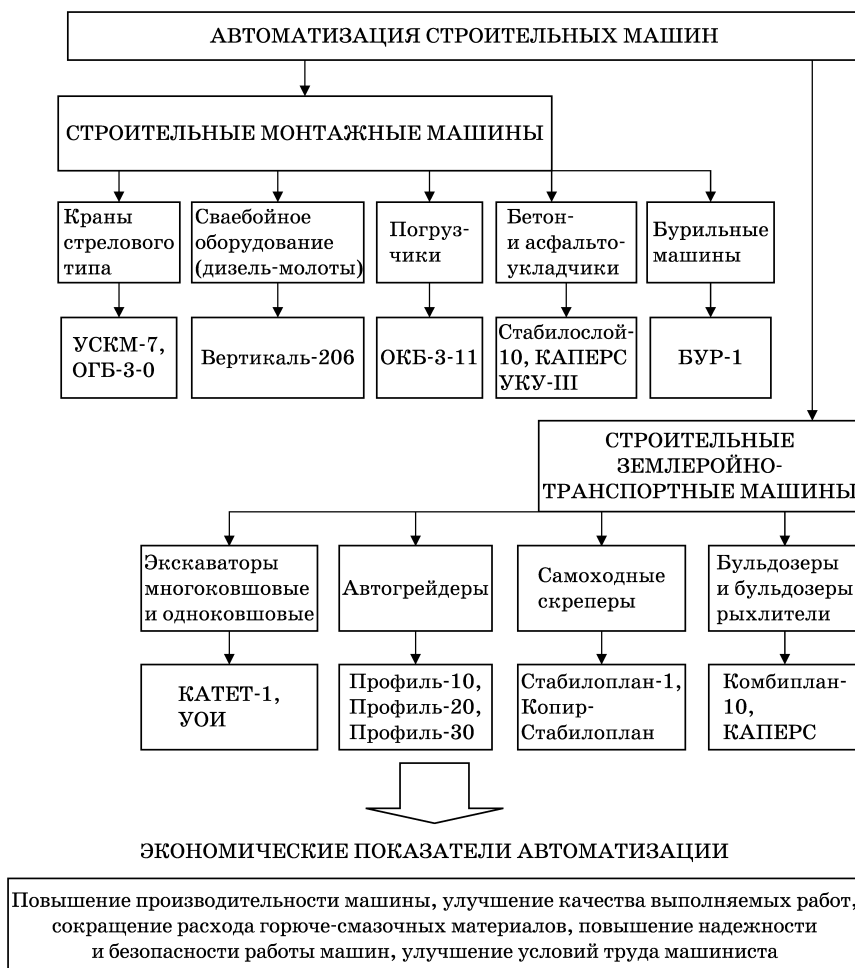
Использование обобщенных координат позволяет сократить сложности математических моделей и управляющих алгоритмов, упростить анализ и синтез систем управления. При этом обобщенные координаты могут быть как физическими величинами (например, длина, масса), так и абстрактными параметрами, специфичными для конкретного объекта управления.

Применение обобщенных координат в управлении строительными объектами позволяет эффективно организовывать процессы управления, определять целевые показатели и разрабатывать соответствующие стратегии управления для оптимизации работы объектов.

Строительно-монтажные работы (СМР) по возведению зданий и сооружений принадлежат к числу основных видов деятельности на строительной площадке. Классификация систем автоматического управления по отдельным видам строительно-монтажных работ и строительным машинам рекомендуется в виде, представленном в таблице 1.2.

Таблица 1.2

**Классификация систем автоматического управления строительными машинами**



## 1.2. Принципы управления, принципы построения систем управления

Существует чрезвычайно большое разнообразие систем, выполняющих те или иные функции по управлению самыми различными процессами во всех областях деятельности человека. Однако принципы построения систем управления, принципы управления, как и законы, носят всеобщий характер. На сегодня различают четыре принципа управления.

1. Принцип разомкнутого цикла.
2. Принцип замкнутого цикла или принцип обратной связи.
3. Комбинированный принцип.
4. Принцип адаптации.

**Принцип разомкнутого цикла** (открытого цикла) в управлении означает, что управляющее воздействие не зависит от реакции системы на это воздействие. То есть, управление производится исключительно на основе заданных внешних условий и целей, без учета текущего состояния системы. В данном случае система является открытой, так как отсутствует обратная связь между управляющим воздействием и состоянием системы. Управление по задающему воздействию в данном контексте означает, что процесс управления направлен на достижение поставленных целей в соответствии с установленными условиями, независимо от реакции системы на это управление.

Функциональная схема разомкнутой системы изображена на рисунке 1.1.

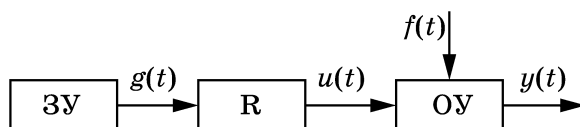


Рис. 1.1

Функциональная схема разомкнутой системы

Элементы системы: ОУ — объект управления; ЗУ — задающее устройство; R — регулятор. Координаты (переменные) системы:  $g(t)$  — задающее воздействие;  $y(t)$  — управляемая (регулируемая) величина;  $f(t)$  — возмущающее воздействие;  $u(t)$  — управляющее воздействие.

**Объект управления** — может быть техническим устройством или технологическим процессом, в котором определенные физические величины поддерживаются постоянными или же претерпевают целенаправленные изменения в соответствии с целями управления. Например, это может быть робот, производственный процесс, система отопления, система управления транспортным потоком и другие объекты, требующие контроля и корректировки их состояния для достижения желаемых результатов. **Задающее устройство** предназначено для формирования цели управления путем выработки задающего воздействия. **Регулятор** служит для формирования закона управления, в соответствии с которым выдает управляющее воздействие, прикладываемое к объекту управления для перевода последнего в требуемое состояние.

Входными величинами системы являются соответственно задающее и возмущающее воздействия. **Задающее воздействие** — это воздействие, определяемое целью управления, в соответствии с которым должна изменяться



управляемая величина. **Возмущающее воздействие** представляет собой воздействие внешней среды на объект управления и, как правило, оказывает на него негативное влияние. Оно бывает объективно существующим и случайным. Выходной координатой системы является **управляемая или регулируемая величина**. Эта величина характеризует состояние объекта управления и подлежит стабилизации или изменению заданным образом в соответствии с целью управления. Для того чтобы управляемая величина принимала требуемые значения, необходимо к объекту управления приложить воздействие  $u(t)$  — управляющее воздействие. **Управляющее воздействие** формируется регулятором и прикладывается к объекту управления для того, чтобы последний перешел в нужное состояние. Следовательно, задача управления и состоит в формировании управляющего воздействия.

В разомкнутой системе, как следует из принципа разомкнутого цикла и функциональной схемы (рис. 1.1), регулятор формирует управляющее воздействие только на основе задающего воздействия, т. е. [25].

$$u(t) = F[g(t)]. \quad (1.1)$$

Выражение (1.1) представляет собой закон управления разомкнутой системы.

**Закон управления** — представляет собой математический алгоритм или функцию, который определяет способ формирования управляющего воздействия регулятором в процессе управления объектом. Этот закон управления обычно строится на основе модели объекта управления и учитывает заданные цели и требования к системе управления.

Закон управления может быть представлен в виде линейных или нелинейных уравнений, блок-схем, диаграмм состояний и т. д. Главное его назначение — обеспечить стабильную и оптимальную работу системы управления, с учетом всех входных данных, состояния объекта управления и принятых решений.

Закон управления является одним из ключевых компонентов системы управления и играет решающую роль в достижении поставленных целей, обеспечивая нужное поведение объекта управления в ответ на внешние воздействия и внутренние условия.

В разомкнутой системе управления процесс работы системы не зависит от результата ее воздействия на управляемый объект. Это означает, что система не имеет обратной связи, которая позволила бы корректировать управляющее воздействие на основе измерения результата. В результате этого разомкнутая система может быть менее точной и эффективной, чем замкнутая система, где есть обратная связь.

Однако, разомкнутые системы могут быть удобными и эффективными в некоторых случаях, особенно если необходимо просто и надежно выполнять определенную задачу без сложной обработки информации обратной связью. Примерами разомкнутых систем могут быть автоматы, системы управления автотопилотов, автоматические ворота и т. д.

Система управления стрельбой из ружья или артиллерийского орудия является классическим примером разомкнутой системы, где угол наведения и сила удара определяются заранее заданными параметрами и не корректируются в реальном времени по результатам выстрела.

Принцип замкнутого цикла или принцип обратной связи заключается в том, что система управления получает информацию об отклонении управляемой величины от желаемого значения (задающего воздействия) и использует эту информацию для корректировки управляющего воздействия. Таким образом, система управления постоянно сравнивает текущее состояние с желаемым и принимает меры для уменьшения отклонения.

При управлении по отклонению управляемая величина оказывает влияние на управляющее воздействие через обратную связь. Это позволяет системе быстро и точно реагировать на внешние возмущения и изменения условий и поддерживать управляемую величину близкой к желаемому значению.

Системы управления с обратной связью широко используются в современной технике и автоматике, так как они способны обеспечить стабильное и точное управление даже в условиях изменяющейся среды и воздействий.

Функциональная схема замкнутой системы изображена на рисунке 1.2.

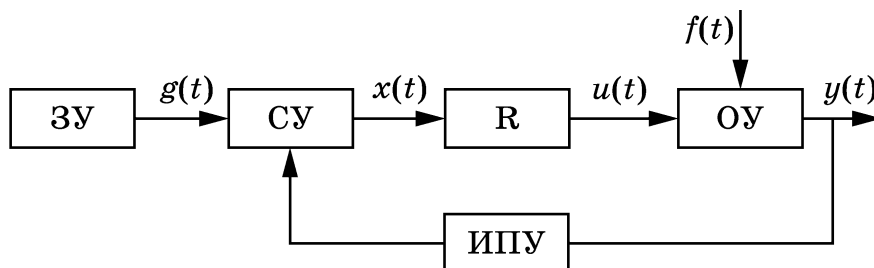


Рис. 1.2

Функциональная схема замкнутой системы:

ОУ — объект управления; ЗУ — задающее устройство; ИПУ — измерительно-преобразовательное устройство; СУ — сравнивающее устройство; R — регулятор. Координаты (переменные) системы:  $g(t)$  — задающее воздействие;  $y(t)$  — управляемая (регулируемая) величина;  $f(t)$  — возмущающее воздействие;  $x(t)$  — рассогласование (ошибка);  $u(t)$  — управляющее воздействие.

**Измерительно-преобразовательное устройство (ИПУ)** и сравнивающее устройство — это ключевые компоненты, необходимые для преобразования разомкнутой системы в замкнутую систему с обратной связью.

ИПУ измеряет текущее значение управляемой величины, преобразует его в форму, удобную для обработки, и передает эту информацию сравнивающему устройству. Сравнивающее устройство сравнивает измеренное значение управляемой величины с желательным (задающим) значением и определяет разницу между ними — сигнал рассогласования. На основе этого сигнала формируется управляющее воздействие, которое корректирует поведение системы в направлении уменьшения рассогласования и приближения к желаемому результату.

Таким образом, благодаря введению вышеуказанных устройств, система обратной связи обеспечивает стабильное и точное управление в реальном вре-

мени, что делает ее широко применимой в различных областях, где требуется точный контроль и регулирование процессов.

$$x(t) = g(t) - y(t). \quad (1.2)$$

**Рассогласование** (ошибка системы) является ключевым параметром, который определяет поведение замкнутой системы. Регулятор принимает во внимание эту ошибку и использует ее для формирования управляющего воздействия, направленного на уменьшение или устранение рассогласования.

Таким образом, закон управления в замкнутой системе определяется взаимосвязью между рассогласованием (ошибкой) и управляющим воздействием. Закон управления в замкнутой системе является функцией рассогласования, потому что именно рассогласование определяет, как система реагирует на внешние изменения и как корректирует свое поведение.

$$u(t) = F[x(t)]. \quad (1.3)$$

Управляющее воздействие прикладывается к объекту управления до тех пор, пока  $x(t) \rightarrow 0$ .

Таким образом, замкнутая система работает так, чтобы все время сводить к нулю рассогласование  $x(t)$ .

Принцип замкнутого цикла (или обратной связи) является основным принципом управления и широко применяется во многих областях, включая промышленность, автоматизацию, робототехнику и другие. Этот принцип подразумевает, что информация о результатах управления поступает обратно к системе управления, что позволяет корректировать поведение системы в реальном времени.

Основным преимуществом замкнутых систем является их высокая точность управления, так как они способны компенсировать возможные возмущения и сохранять стабильность работы в широком диапазоне условий. Однако, быстродействие замкнутых систем может быть ниже, чем у разомкнутых систем, из-за наличия времени на обработку и анализ обратной связи. Но при правильно настроенном регуляторе можно достичь оптимального баланса между точностью и быстродействием системы управления.

Примерами замкнутых систем могут служить: система стабилизации температуры в холодильнике, автопилот, система самонаведения снаряда на цель, система обучения в высшей школе.

В каждом из этих случаев обратная связь играет ключевую роль в достижении желаемого результата и поддержании системы в заданных рамках.

- Система стабилизации температуры в холодильнике использует обратную связь от датчика температуры, чтобы регулировать работу компрессора и поддерживать заданное значение температуры.

- Автопилот авиационного аппарата использует обратную связь от датчиков положения и скорости, чтобы автоматически корректировать курс и высоту в соответствии с заданным маршрутом или параметрами полета.

- Система самонаведения снаряда на цель также использует обратную связь от датчиков расстояния и угла атаки, чтобы точно навести снаряд на цель и достигнуть заданного удара.

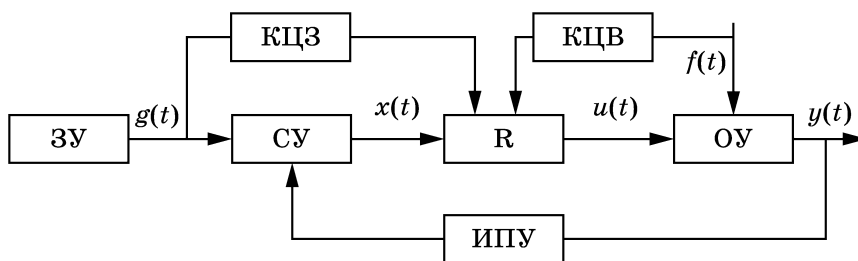
- Система обучения в высшей школе может быть расценена как замкнутая система, где преподаватель получает обратную связь от студентов через результаты тестирования или учебных заданий, чтобы корректировать свой метод обучения и обеспечить лучшее усвоение материала.

Эти примеры показывают, насколько эффективно и широко используется принцип работы замкнутых систем в различных областях, где требуется быстрая реакция и точное достижение целей.

Комбинированное управление объединяет преимущества обоих принципов — разомкнутого и замкнутого циклов. В этой системе одновременно используются управление по задающему воздействию (открытый цикл) и управление по отклонению (замкнутый цикл). Такой подход обеспечивает высокую точность управления, так как система может корректировать свое поведение в реальном времени по обратной связи, одновременно имея возможность быстро и эффективно достигать заданных целей управления.

Комбинированное управление часто применяется в сложных системах, где требуется высокая точность и быстродействие. Примерами могут служить роботизированные системы, производственные линии или авиационные системы управления. Использование комбинированного принципа позволяет достичь оптимального баланса между точностью и скоростью реакции системы, обеспечивая эффективное управление в разнообразных условиях и задачах.

Функциональная схема комбинированной системы представлена на рисунке 1.3.



**Рис. 1.3**

Функциональная схема комбинированной системы

Для реализации комбинированной системы в замкнутую систему требуется включить дополнительные функциональные элементы: КЦЗ и КЦВ.

КЦЗ — компенсирующая цепь по задающему воздействию, позволяет скомпенсировать ошибку работы системы от задающего воздействия.

КЦВ — компенсирующая цепь по возмущающему воздействию, позволяет скомпенсировать негативное влияние возмущающего воздействия на работу системы.

Компенсирющие цепи, включающие дифференцирующие устройства, играют важную роль в улучшении производительности и точности работы системы. Дифференцирующие устройства помогают предвидеть изменения входных сигналов и обеспечивать более оперативную реакцию системы на них.

За счет этого комбинированные системы, включающие компенсирующие цепи, могут быстрее и точнее реагировать на различные внешние воздействия

и изменения, что делает их более эффективными и надежными в работе. Это особенно важно в случаях, когда точность и скорость реакции имеют критическое значение, например, в автоматическом управлении, системах безопасности или медицинском оборудовании.

Таким образом, использование компенсирующих цепей с дифференцирующими устройствами позволяет системам работать с предвидением и достигать более высокой производительности, точности и надежности.

Из функциональной схемы следует, что закон управления комбинированной системы имеет вид:

$$u(t) = F[x(t), g(t), f(t)]. \quad (1.4)$$

В общем случае управляющее воздействие в комбинированной системе является функцией рассогласования задающего и возмущающего воздействий. Кроме того, можно сделать комбинированную систему только по задающему воздействию, если

$$u(t) = F[x(t), g(t)], \quad (1.5)$$

и только по возмущающему воздействию, если

$$u(t) = F[x(t), f(t)]. \quad (1.6)$$

Комбинированное управление позволяет реализовывать инвариантные к внешним воздействиям системы управления.

Адаптивное управление включает в себя постоянный мониторинг входных данных и параметров системы, а также использование специальных алгоритмов и контуров управления для реагирования на изменения и оптимизации работы системы. Дополнительные блоки и контуры анализа позволяют системе более точно оценивать текущее состояние и корректировать свои действия соответствующим образом.

В итоге, адаптивные системы обладают способностью обучаться на опыте и совершенствоваться в процессе работы, что делает их более эффективными, гибкими и надежными. Такие системы являются наиболее совершенными в плане управления и обладают высоким уровнем автономности и адаптивности.

Адаптивные системы разделяются на экстремальные, самонастраивающиеся и самоорганизующиеся.

**Экстремальные системы или системы с самонастройкой программы** — это категория систем, которые способны самостоятельно оптимизировать свое поведение с целью достижения наилучших результатов по определенному критерию. Они работают на основе принципа оптимального управления, который заключается в поиске и поддержании оптимального значения исследуемой величины.

В отличие от адаптивных систем, экстремальные системы не только адаптируются к изменяющимся условиям, но и активно ищут наиболее выгодное значение требуемой управляемой величины. Это позволяет им эффективно регулировать работу объекта управления с учетом заданного критерия оптимизации, а также быстро реагировать на изменения внешних условий.

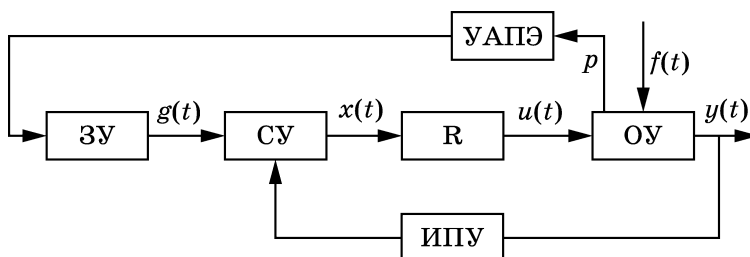
Экстремальные системы обычно используют различные методы оптимизации, такие как алгоритмы поиска экстремума, искусственные нейронные сети или алгоритмы машинного обучения, чтобы решить задачу оптимизации и найти наиболее выгодное решение. Такие системы могут быть эффективно применены в различных областях, где необходимо обеспечить оптимальную работу системы с учетом поставленных критериев.

На рисунке 1.4 приведена функциональная схема экстремальной системы.

Устройство автоматического поиска экстремума (УАПЭ) играет ключевую роль в оптимизации режима работы объекта управления. Анализ параметра объекта управления и изменение задающего воздействия происходят автоматически благодаря УАПЭ, которое ищет оптимальное значение параметра объекта управления, обеспечивающее наилучший режим работы системы.

Процесс оптимизации с помощью УАПЭ может быть итеративным, где система постоянно анализирует параметр объекта управления  $\gamma$  и корректирует задающее воздействие  $g(t)$  для достижения экстремального значения. Этот процесс продолжается до тех пор, пока параметр объекта управления не примет оптимальное, наиболее выгодное значение.

Таким образом, использование УАПЭ в экстремальной системе позволяет системе автоматически и самостоятельно находить оптимальное решение в зависимости от требуемого критерия оптимизации, что обеспечивает эффективную работу системы и достижение желаемых результатов.



**Рис. 1.4**

Функциональная схема экстремальной системы

Примеры для иллюстрации экстремальных систем:

1. Система автоматического поддержания максимальной скорости проходки скважины турбобуром при меняющихся свойствах грунта — в данном случае экстремальная система направлена на достижение максимальной скорости проходки скважины при различных условиях грунта. Устройство автоматического поиска экстремума будет контролировать параметры системы (например, скорость вращения буровой установки) и корректировать их для обеспечения оптимальной скорости проходки.

2. Автоматические системы управления производственными процессами, поддерживающие наиболее выгодный режим работы станков — здесь экстремальная система будет стремиться к повышению эффективности производства за счет оптимизации работы станков. Устройство управления будет подбирать оптимальные параметры (например, скорость движения инструмента) для достижения наилучшего результата.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)