

# КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

## по дисциплине «Автоматизированные системы управления движением судна»

### Темы лекций:

1. Основные понятия и определения.
2. Автоматизация систем управления.
3. Судно как объект автоматического управления.
4. Математические модели динамики надводного судна.
5. Характеристики объекта управления.
6. Система управления курсом 1.
7. Система управления курсом 2.
8. Система управления траекторией.
9. Система управления скоростью судна.
10. Система управления главным двигателем.
11. Система управления маневрированием и система ДП .
12. Заключительная лекция.

**Вагущенко Л.Л., Цымбал Н.Н. Системы автоматического управления движением судна /Учебник, 3-е изд., перераб. и доп.-  
Одесса: Фенікс, 2007. – 328 с.**

Сайт кафедры: [www.nav-eks.org.ua](http://www.nav-eks.org.ua)

Дистанционно в Zoom: **3950558966**

Код доступа: **2020**

# Тема: **ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

**Введение (Дисциплина АСУД).**

- 1. Понятие системы управления.**
- 2. Основные виды управления.**
- 3. Условия осуществимости управления.**
- 4. Эффективность систем управления.**
- 5. Этапы и методы принятия решений**

# Введение (Дисциплина АСУД).

**Цель дисциплины** – ознакомление с элементами ТАУ, изучение структуры, функциональных особенностей, алгоритмов используемых на мостике автоматизированных и автоматических систем управления движением судна.

**К таким системам относятся:**

**Система управления курсом (HCS - Heading Control System).**  $V$  судна должна быть больше определенного мин. значения. Основной датчик – ГК. Разновидность HCS - система управления COG. Основной датчик – GPS. Еще один вариант - система управления скоростью поворота судна. Возможно, интегрирование этих вариантов в рамках одной системы.

**Система вождения по маршруту (TCS - Track Control System)** исключает при движении отклонение судна от запланированного маршрута. Имеет встроенные функции HCS, либо выдает команды на внешнюю HCS.

**Система управления ГД (PCS - Propulsion control system)** выполняет задаваемые с мостика оператором и/или от внешних систем автоматики команды пуска ГД, поддержания и изменения режимов его работы, остановки.

**Система управления скоростью (SCS - Speed control system)** - выполняет стабилизацию заданного значения SOG или STW, значений  $V$  на выделенных маршрутных участках, производит запланированные изменения  $V$ . Может определять и поддерживать значения SOG, обеспечивающей приход в порт назначения точно в назначенное время.

**Система динамического позиционирования (DPS - Dynamic Positioning System)** управляет положением и курсом судна на очень малых скоростях.

**Система динамической проводки по маршруту (DTS - Dynamic Tracking System)** - это TCS, функционирующая на малых скоростях движения с обеспечением запланированной ориентации корпуса судна.

**Система управления маневрированием судна (Maneuvering control system - MCS)** предназначена для полностью управляемых на малых скоростях судов, не имеющих класса DP. Используется для управления судном в режимах швартовки, маневрирования на близких к нулю скоростях и удержания позиции. MCS также называют **джойстиковыми системами управления (JCS)**.

**Система стабилизации бортовой качки (RSS - Roll Stabilization System)** уменьшает накренения судна. Может управлять и дифферентом (например, с помощью балластных танков). В RSS могут использоваться разные силовые средства, например, стабилизирующие рули (RRS - Rudder for Roll Stabilization), другого вида стабилизаторы, закрылки, пассивные/активные танки и т. д.

**Система управления перемещением корпуса (RCS - Ride Control System)** уменьшает бортовую, килевую и вертикальную качку судна. Может дополнительно управлять дифферентом, креном и/или осадкой.

**Система управления балластом (BCS - Ballast Control System)** управляет дифферентом, креном и/или осадкой.

# 1. Понятие системы управления

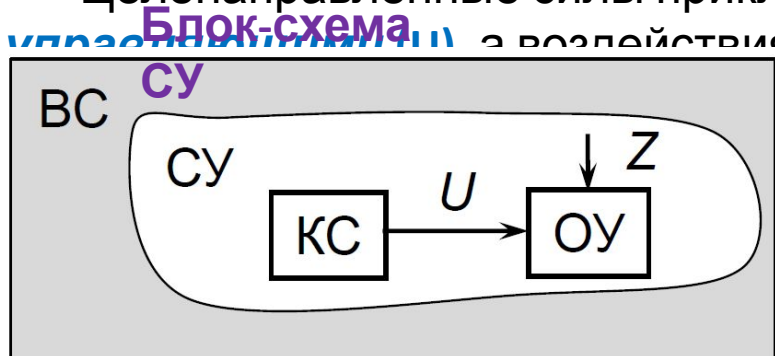
**Система** - совокупность частей, совместно выполняющих определенную задачу, и обладающую свойствами, которых нет у частей системы в отдельности.

**Управление** - обеспечение одним объектом требуемого изменения состояния другого объекта с помощью целенаправленных воздействий (команд).

**Система управления (СУ)** - система, в которой происходит управление тем или другим объектом либо процессом. **СУ** состоит из командной (управляющей) системы (**КС**) и объекта управления - **ОУ** (управляемой системы).

**Внешняя среда (ВС)** - множество элементов, оказывающих влияние на СУ или находящихся под ее воздействием в условиях рассматриваемой задачи.

Целенаправленные силы прикладываемые КС к ОУ называют



**Выходные величины СУ** - параметры, характеризующие состояние **ОУ**. Те из них, которые при управлении преднамеренно изменяются или сохраняются постоянными в соответствии с целью задачи, именуются **управляемыми величинами**.

**Объект управления.** ОУ имеют свои особенности (отличительные признаки) и характеризуются в каждый момент времени тем или иным состоянием.

**Отличительные признаки** определяют вид ОУ и обычно мало изменяются со временем. Ими могут быть состав, форма, размеры, свойства и другие особенности ОУ. Свойства ОУ определяются закономерностями его поведения.

**Состояние** – это положение ОУ в пространстве, в котором он может «перемещаться» под влиянием воздействий КС и ВС. **Переменные состояния** - минимум параметров, полностью определяющих состояние ОУ.

**Внешняя среда** может влиять на КС, управляемый объект и на связи в СУ. ВС имеют свои отличительные признаки и характеризуются в каждый момент времени тем или иным состоянием.

**Отличительные признаки** определяют вид ВС. Различают пассивную, активную и смешанную ВС. Поведение элементов **активной** ВС является целенаправленным. Свойства **пассивной** ВС по отношению к СУ могут быть ограничивающими, реактивными, возмущающими и многими другими.

**Состояние ВС** определяется параметрами протекающих в ней процессов и их воздействий на СУ

**Информация для СУ.** Управление базируется на информации, отражающей цель управления, особенности и состояние ОУ и ВС. **Датчики информации ДИ** (объекты, от которых получают данные) делятся на внутренние и внешние по отношению к СУ.

Выделяют **медленноменяющуюся, оперативную и прогностическую** информацию.

К **медленноменяющейся информации**, например, относятся отличительные признаки ОУ и ВС. Ее использование в СУ связано с хранением, с приведением на уровень современности и с поиском в ней сведений об элементах, влияющих в данный момент на управление.

**Оперативная информация** отражает состояние СУ и ВС на текущий момент времени. Она обычно получается с помощью ДИ, входящих в состав СУ. Может также поступать от внешних ДИ. Оперативная информация используется для контроля текущего состояния СУ и ВС, для выработки управляющих воздействий, для оценки результатов принимаемых решений.

**Прогностическая информация** лежит в основе принятия решений и служит для предсказания будущего поведения системы и результатов реализации планируемых действий.

**Ценность информации** при управлении определяется ее значением для правильного выбора решений и зависит от ее своевременности, достоверности, полноты, надежности, времени поиска, скорости обработки и других факторов.

**Командная система** вырабатывает воздействия для достижения цели управления. **Цель управления** - четко сформулированное задание для СУ КС нередко представляют в виде трех подсистем: *информационной, выработки решений, исполнительной.*

**Информационная подсистема** служит для хранения, получения и обработки необходимой для управления информации.

**Подсистема выработки решения** на основе результатов обработки информации определяет сигнал для достижения цели управления.

**Исполнительная подсистема** преобразует выработанный сигнал управления в воздействие на ОУ.

Цель управления может достигаться разными способами.

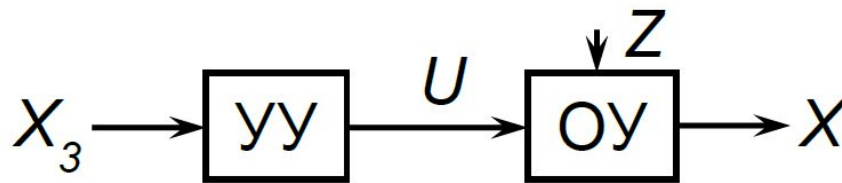
**Множество (область) возможных решений** - совокупность всех путей, приводящих к цели. **Множество допустимых решений** - совокупность решений из этой области, результаты которых удовлетворяют накладываемым на управление ограничениям. Оно является **полным**, когда содержит все допустимые решения. В противном случае оно называется **неполным** или **подмножеством допустимых решений**. Такое подмножество считается **представительным**, когда содержащиеся в нем решения включают близкие к наилучшему. Оно **непредставительно**, если содержит лишь некоторые, неизвестные по степени эффективности допустимые решения.



## 2. Основные виды управления

**Классификация управления по типу задания.** В зависимости от типа поставленной перед СУ цели выделяют задачи: *регулирования, ситуационного управления, планирования целесообразного поведения.*

**Регулирование** заключается в поддержании выходных величин ОУ равными (или пропорциональными) некоторым эталонным функциям времени - *задающим воздействиям*. СУ, выполняющие задачу регулирования и стремящиеся сохранять в допустимых пределах отклонения между задающим воздействием и действительными значениями управляемых переменных, называются *системами регулирования*. Устройство управления в этих системах часто называют *регулятором*.



**Система  
регулирования**

$X_3$  - задающее воздействие;  
 $U$  - управляющее воздействие;  
 $Z$  - возмущающее воздействие;  
 $X$  - управляемая величина

**Ситуационное управление** характеризуется известным набором ситуаций и отвечающих им решений. Признаком вида ситуации может быть то или иное состояние СУ, либо определенные условия ВС, либо первое и второе вместе. При таком управлении СУ непрерывно тестирует условия своей работы и при возникновении той или иной ситуации выдает предусмотренную для нее последовательность управляющих действий.

**Планирование целесообразного поведения** включает выработку стратегии (плана, программы) для достижения поставленных целей.

**Классификация управления по условиям ВС.** Выделяется управление в условиях

*определенности; риска, с координатором действий;  
неопределенности; активной ВС, в других условиях.*

**Классификация управления по информации, используемой для выработки управляющих воздействий.** По этому признаку различают управление:

*жесткое; по информации об ОУ;  
по информации о ВС; комбинированное.*

При **жестком управлении** решения формируются только на основе информации о задаче СУ.

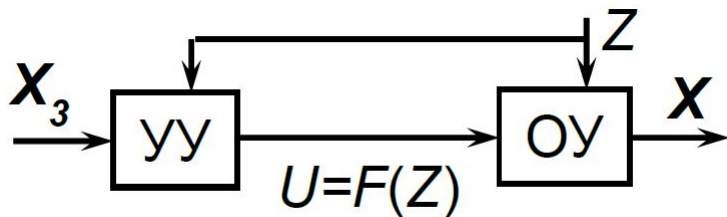
При **управлении по информации о ВС** управляющее воздействие в СУ вырабатывается в зависимости от получаемых сведений о внешней среде.

**Управление по информации об ОУ** состоит в том, что управляющее воздействие в СУ формируется в зависимости от значения вектора состояния ОУ.

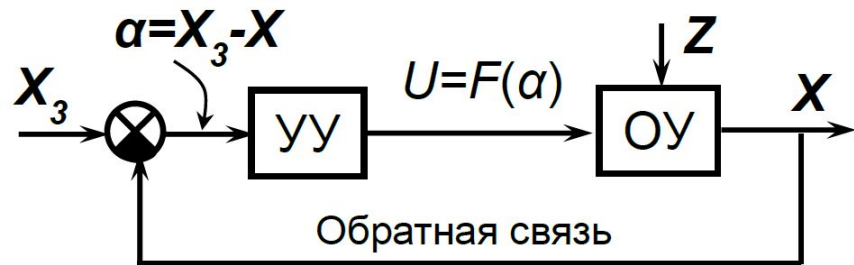
**В системах регулирования управление по информации о состоянии ВС называется управлением по возмущению, а управление по информации о состоянии ОУ - управлением по отклонению.**

**Управление по возмущению** состоит в том, что управляющее воздействие в СУ вырабатывается в зависимости от параметров возмущений, вызывающих нежелательные отклонения управляемых величин от требуемых значений.

**Управление по отклонению** состоит в том, что воздействие УУ на ОУ вырабатывается в зависимости от отклонения управляемой величины от требуемых значений.



**Разомкнутая система**  
(управление по  
возмущению)



**Замкнутая система**  
(управление по  
отклонению)

### 3. Условия осуществимости управления

**ОУ должен быть управляемым.** Для достижения цели управления необходимо, чтобы ОУ подчинялся КС и требуемым образом выполнял ее команды.

**Управляемость** - способность ОУ под влиянием целенаправленного воздействия за конечный промежуток времени переходить из начального в требуемое конечное состояние либо в заданную область пространства состояний.

Если есть упр. воздействие, которое переводит все выходные координаты ОУ от начальных к заданным значениям за конечный промежуток времени, то ОУ **вполне** или **полностью управляем**. В противном случае ОУ называется управляемым по ограниченному числу координат либо **не полностью управляемым**.

Управляемость предполагает наличие у ОУ достаточной *устойчивости* и *маневренности*. **Устойчивость** – это способность ОУ противостоять возмущениям; или это свойство ОУ возвращаться в исходное состояние после вывода ОУ из него и прекращения действия возмущения. Состояние ОУ называется устойчивым, если отклонение от него остаётся сколь угодно малым при любых малых возмущениях. **Маневренность** - способность ОУ с той или иной скоростью изменять управляемые величины при переходе из одного состояния в другое. Маневренность определяет одну из наиболее важных сторон управления - *быстродействие*

**ОУ должен быть наблюдаемым.** **Наблюдаемость ОУ** - возможность измерения переменных его состояния. Чтобы ОУ был наблюдаемым, СУ должна иметь средства наблюдения (ДИ). Объект называется **вполне или полностью наблюдаемым**, если по информации ДИ можно определить все выходные координаты СУ. В противном случае ОУ считается **не полностью наблюдаемым**.

**КС должна быть способной управлять.** **Способность системы** – это свойство, которое определяет ее возможность решить поставленную задачу. Оно означает, что у СУ должны быть достаточные для выработки решений и проведения их в жизнь интеллектуальные, информационные, технические и энергетические ресурсы. Под **интеллектуальными ресурсами** здесь понимается специалист и/или программное обеспечение, обладающие способностью вырабатывать правильные решения. К **информационным ресурсам** относится обеспечение процесса управления необходимыми данными и сведениями. **Технические ресурсы** составляют средства управления, средства связи, устройства обработки и передачи информации и другие технические средства, необходимые для своевременной выработки решений и их отработки. **Энергоресурсы** – это энергоносители, требуемые для работы СУ.

**Другие условия, влияющие на возможность управления.** В общем случае для правильного выбора управляющих сигналов следует знать **цель управления и критерии**, по которым оценивается эффективность СУ. Необходимо учитывать и **динамику ОУ**. Решение должно приниматься в такой момент, чтобы его реализация обеспечила желаемое изменение состояния ОУ к определенному сроку.

**Следует учитывать и условия ВС.** Для получения о ней данных СУ снабжается **внутренними и внешними источниками информации**. Для приема информации от последних КС должна иметь **средства связи**.

Важно также **прогноз состояния СУ и ВС на определенное время вперед**. Не зря говорят, «управлять – значит предвидеть». Практически всегда управляющее воздействие выбирают на основе прогноза будущего состояния системы, чтобы оно после воздействия соответствовало желаемому

## 4. Эффективность систем управления

**Эффективность (качество) системы** - степень соответствия функционирования СУ целям управления или предъявляемым требованиям. Категории требований к СУ могут быть различными: к величине дохода, к быстродействию, к точности, к величине и частоте упр. сигналов, к расходуемым ресурсам, к надежности, к помехозащищенности, к приспособляемости к изменяющимся условиям и др. Показатели эффективности СУ называются **критериями качества (эффективности)**.

Различают три их вида: **критерии пригодности; критерии оптимальности; критерии адаптивности.**

**Критерий пригодности** - показатель вероятности достижения цели управления или получения допустимого гарантированного результата.

**Критериям оптимальности** - показатель экстремальности результата (наивысшей точности, минимального расхода ресурсов и т.д).

**Критерии адаптивности** - показатель степени приспособляемости СУ к изменению условий функционирования.

С критерием оптимальности связана **целевая функция**, наибольшее или наименьшее значение которой с учетом имеющихся ограничений определяет наилучшее решение. Целевой функцией во многих СУ являются функционалы, отражающие успешность управления.

**Оптимальным** (по выбранному критерию) из множества допустимых решений является такое, при котором значение критерия качества экстремально.

В некоторых СУ нет возможности определить полное множество допустимых решений. Если в такой системе наилучшее воздействие на ОУ выбирается из представительного подмножества решений, то управление называется **эффективным**. Его результаты близки, а иногда и совпадают, с результатами оптимального управления.

Для многих задач управления нет возможности получить представительное подмножество допустимых решений. Удастся найти лишь некоторые пути достижения цели, обеспечивающие приемлемые значения критерия качества. Управление, которое не является ни оптимальным, ни эффективным, но использует наилучший вариант из известных допустимых решений, называется **рациональным**.



## 5. Этапы и методы принятия решений

В теории управления условно принятие решений рассматривается как периодический процесс, каждый цикл которого включает этапы:

- получение информации о состоянии СУ и ВС, прогноз и оценка удовлетворительности состояния СУ;
- формирование цели о состоянии, в которое желательно перевести систему;
- определение допустимых путей достижения системой поставленной цели;
- выбор из множества допустимых решений наилучшего;
- реализация принятого решения.

Первые три этапа называются **подготовкой решения**, а IV – его **принятием**. Полученное решение затем реализуется, после чего поэтапные действия повторяются.

**Методы выработки решений.** В СУ изначально в качестве командной системы выступал **человек**. Объекты, которыми он управляет, могут быть самыми различными: технические изделия (аппараты, механизмы, установки и т.д.), процессы (физические, химические, производственные и т.п.), другие системы. При управлении человек пользуется различными методами.

Одним из них является **использование накопленного опыта**, обращение к решениям, принимавшимся раньше в аналогичных или близких ситуациях. В судовождении для решений, принятых на этой основе, существует даже термин – «*соответствуют хорошей морской практике*».

Известен и **основанный на интуиции метод** управления. Человек, имеющий теорет. знания и опыт работы в некоторой области, приобретает внутреннее чутье, позволяющее ему выбирать правильные решения в различных ситуациях.

Выделяют и управление, базирующееся на **здравом смысле**, который позволяет человеку рационально действовать даже в непредвиденных случаях.

Человек также принимает решения путем **мысленного анализа ситуации**, прогнозируя в уме последствия возможных решений.

Наиболее строгим путем принятия решений по управлению является **научный подход**. Научные методы – это теоретически обоснованные, количественные методы принятия решений, используемые в случаях, когда процесс управления поддается формализации.

**Научные теории управления**. Научные методы управления стали развиваться сравнительно недавно. Наиболее разработанной в настоящее время является **теория автоматического регулирования**.

В развитии теории автоматического регулирования можно выделить:

**Период детерминистской теории**, характеризуемой определенными причинными связями и описываемой в основном теорией линейных СУ. Нахождение алгоритмов регулирования здесь называется **задачей детерминированного управления**.

**Период стохастических методов** анализа и синтеза СУ. Здесь процессы в СУ рассм-ся с учетом действия случайных помех и возмущений. Синтез регуляторов при таких условиях называется **задачей стохастического управления**.

**Период адаптивных и оптимальных САР**. Для улучшения характеристик СУ в алгоритмах управления учитываются изменения в условиях работы САР. Синтез таких регуляторов в этом случае называется **задачей адаптивного управления**.

Для задач выбора стратегий управления в условиях определенности были разработаны методы математического программирования, составившие основу **теорий линейного и динамического программирования**.

Особенно интенсивно развиваются теории различных СУ в последние годы. Здесь можно назвать теории: **массового обслуживания, игр, ситуационного управления, графов, искусственного интеллекта**. Тем не менее, еще для многих задач управления пока не существует научных методов определения решений.

Наибольшие трудности возникают при разработке систем организационно-административного управления. Базой для их изучения стал **системный анализ** - совокупность методов и средств исследования сложных СУ, опирающийся на учет взаимосвязей и взаимодействий между элементами системы. Пока он не является строгой научной теорией, поскольку не для всех его этапов существует формальный аппарат.