ЛЕКЦИЯ – 1

ВВЕДЕНИЕ В ОБЩУЮ ТЕОРИЮ УПРАВЛЕНИЯ

Учебный вопрос №1

О теории управления. Управляющие системы

А) Теория управления (в расширительном толковании - общая теория управления) есть область прикладной математики, которая релевантна управлению процессами, происходящими в природе и обществе. Хотя теория управления имеет глубокие связи с классическими областями математики, типа исчисления конечных разностей и теории дифференциальных уравнений, она не стала самостоятельной областью вплоть до конца 1950-ых и начала 1960-ых. После второй мировой войны проблемы, возникающие в экономике и при разработке систем, были признаны как разновидности проблем теории дифференциальных уравнений и исчисления разностей, в то время, как соответствующих теорий не существовало. Сначала ограничивались разработкой специальных модификаций классических методов, чтобы решать отдельные конкретные проблемы. Тогда же было осознано, что, по-видимому, разнообразные проблемы все имеют одну и ту же математическую природу, и появилась теория управления.

Системы, или процессы, к которым теория управления применяется, имеют следующую структуру. Пусть состояние системы в каждый момент времени t может быть описано n переменными, которые обозначим как $x_1(t), x_2(t),..., x_n(t)$. В каждый момент времени t значения этих переменных зависят как от величин $x_1(t), x_2(t),..., x_n(t)$ непосредственно, так и от величины k так называемых переменных управления $u_1(t),..., u_k(t)$, согласно некоторому известному закону. Значения переменных управления выбираются так, чтобы достичь некоторой цели. Природа реальных систем обычно налагает ограничения на допустимые величины переменных управления.

Системы подобного типа называются системами управления. Основные проблемы, связанные с системами управления - *управляемость, наблюдаемость, устойчивость и оптимизация управления.*

Проблема управляемости заключается в следующем. Предположим, что система первоначально находится в состоянии $a_1, a_2,...,a_n$. Управление) $u_1(t), ,..., u_k$

(t), должно быть выбрано так, чтобы система достигла предписанного состояния $b_1,..., b_n$ за конечное время *T*.

Проблема наблюдаемости состоит в том, чтобы получить информацию относительно состояния системы на некоторый момент времени *t*, в то время, как она не может измерять состояние непосредственно, но только некоторую функцию состояния.

Проблема устойчивости состоит в том, чтобы выбирать переменные управления $u_1 (t),..., u_k (t)$ в каждый момент времени *t* так, чтобы состояние $x_1 (t),..., x_n (t)$ системы приближалось все ближе и ближе к предписанному состоянию по мере увеличения времени действия системы все больше и больше.

Наиболее важная проблема теории управления - оптимизация управления. Проблема состоит в том, чтобы выбрать переменные управления так, чтобы система достигла желательного состояния и делала это таким путем, который является оптимальным в следующем смысле. Должна быть назначена численная мера качества функционирования системы, и переменные управления $u_1 (t),..., u_k (t)$ должны быть выбраны так, чтобы было достигнуто желательное состояние, при этом величина критерия качества была бы как можно меньше. Иллюстрацией может служить пример некоего процесса, в результате которого при некоторых заданных ресурсах система должна быть переведена из исходного состояния в конечное за минимальное время.

Описанная проблема управления называется детерминированной, в отличие от стохастических проблем управления, в которых состояние системы находится под влиянием случайных воздействий. Система, однако, должна управляться, подобно детерминированным системам.

Обратим внимание на высокую общность описания проблемы управления с позиций общей теории, позволяющую рассматривать в качестве объектов и субъектов управления практически любые объекты реального мира.

Б) Рассмотрим крупномасштабную информационно-управляющую систему организационного типа. Ее назначение - управление многообразием процессов, протекающих в подчиненной структуре. Несмотря на их пестроту и разнообразие, как показывает анализ, процедура управления ими вполне типична. Управление представляет собой процесс целенаправленного циклического воздействия на поведение управляемых объектов. Для осуществления функций управления необходимы сбор информации о состоянии управляемых объектов, ее анализ, принятие соответствующих решений об управляющих воздействиях и передача их на

исполнение, затем - то же самое по следующему циклу. Для обеспечения качественного управления его цикл должен реализовываться в таком темпе, чтобы можно было бы принимать своевременные решения. В частности, при оперативном управлении цикл управления должен обеспечить процесс в реальном масштабе времени.

Система управления характеризуется таким понятием как качество (эффективность) управления, определяемое так называемой целевой функцией. Целевая функция устанавливает степень соответствия поведения управляемой системы поставленной перед ней цели. Качество управления в организационной системе определяют следующие факторы:

- полнота, точность и достоверность исходной информации (о состоянии управляемых объектов и от внешней среды);
- качество управляющих алгоритмов (порядок и правила принятия решений по управлению);
- быстродействие системы управления (время реализации цикла управления);
- ошибки при передаче\приеме информации, ошибки в работе органов управления, а также другие возмущающие факторы (помехи, возмущения и пр.);
- надежность применяемых средств и систем.

В системах организационного типа информацию об управляемых объектах никогда нельзя считать ни абсолютно полной, ни абсолютно точной, ни абсолютно достоверной и часто отсутствие того или иного вида качественной информации очень существенно. Однако в развитой информационной системе всегда имеется определенная избыточность входной информации, что позволяет организовать ее совместную обработку, которая в итоге повышает и ее полноту, и точность, и достоверность.

Качество управления зависит также от применяемых алгоритмов управления. Здесь важно, чтобы принимаемые решения наилучшим образом в создавшейся ситуации соответствовали бы достижению поставленной цели. Вид управляющего алгоритма должен быть адекватен качеству исходной информации и должен приводить в комплексе к наилучшему возможному результату.

Наконец, выработанные и сформированные управляющие воздействия должны быть с требуемым качеством доведены до исполнителей и соответственно выполнены ими.

Таким образом, есть основания ожидать, что если все этапы цикла управления будут реализованы в некотором заданном смысле наилучшим (т.е. оптимальным) образом, то и весь цикл управления целиком будет в том же смысле наилучшим.

Этот подход сродни известному в теории динамического программирования так называемому *принципу оптимальности .*

С учетом сказанного формальная постановка задачи оптимизации системы управления и концепция ее построения выглядит следующим образом.

Будем считать, что состояние совокупности управляемых объектов (управляемой системы) может быть описано некоторым сочетанием чисел $(x^{11},\ldots x^{ij},\ldots x^{nm})$, которые называются *фазовыми координатами* системы, где:

i - номер управляемого процесса; $1 \le i \le n$

j - номер момента времени. $1 \le j \le m$

Функционирование системы заключается с формальной точки зрения в том, что ее состояние с течением времени изменяется, т.е. $x^1, x^2, \ldots x^m$ - переменные величины (функции времени). Это движение происходит не самопроизвольно, им можно управлять. Для этого служат управляющие воздействия $u^1, u^2, \ldots u^r$, где *r* - число таких воздействий**.** Мы можем по своему желанию изменять параметры во времени. Поэтому функции $x^1(t), x^2(t), \ldots x^m(t)$ являются результатом, как собственного движения системы, так и результатом управления.

Величины $x^{11},\ldots x^{ij},\ldots x^{nm}$ удобно рассматривать как координаты некоторого вектора (или точки) ***X*** .Эту точку называют *фазовым состоянием* системы. Каждое фазовое состояние является точкой *nm*-мерного пространства, так называемого *фазового пространства*.

Задание начального фазового состояния ***X*** *(0)* = ($x^1(0)$, . . , $x^n(0)$) в момент времени *t=0* и управления ***U*** *(t)* определяют дальнейшее движение объекта в фазовом пространстве. Пара векторных функций *{**X** (t) , **U** (t)}* характеризуют изменение во времени состояния ***X*** *(t)* управляемой системы под действием управляющих воздействий ***U*** *(t).*

В общем виде задача определения оптимального управления выглядит так: для системы ***S*** *(x),* находящейся под управлением ***U*** , найти такое управление, которое обеспечит экстремальное значение целевому функционалу F , т.е.

$$F = \max_{u \supset U} F(x,u)$$

При принятой формальной трактовке процесса управления в системе организационного типа содержание задачи управления аналогично типовой задаче в теории оптимального управления и сводится к следующему : в начальный момент времени $t=0$ система находится в фазовом состоянии $X(0)$, требуется выбрать такое управление $U(t)$, которое переведет систему в заданное конечное состояние $X(t)$. При этом может потребоваться, чтобы переход системы из начального состояния в конечное осуществлялся бы при определенных ограничениях (например, в рамках заданной “ трубки “ фазовых траекторий). Такой переходный процесс, будучи наилучшим в некотором заданном смысле (например, за минимальное время) и выполняющим установленные условия и ограничения, называется оптимальным процессом, а соответствующее управление - оптимальным управлением.

Понятие оптимального управления (и реализующей его оптимальной системы управления) открывает широкие возможности как для сравнения различных альтернатив построения системы, так и в смысле методологии синтеза наилучшей по качеству системы.

В случае корректно проведенного синтеза оптимальной системы исследователь получает:

- возможность определения потенциально достижимых (теоретически предельных) характеристик системы, выше которых стремиться бессмысленно;
- уверенность в том, что в поле его зрения не остался вариант построения системы еще лучший, чем избранный, и поэтому нет нужды тратить усилия на дальнейшие поиски;
- возможность, сравнивая характеристики вариантов построения системы с оптимальным, определить степень их близости к оптимуму.

Учебный вопрос №2

Место и роль управления в системах ведомственного назначения

В современных условиях состояние управления в системах ведомственного назначения (СВН) справедливо расценивается как один из важнейших показателей уровня их организационного и технического совершенства.

Сегодня вопросы управления находят свое отражение практически во всех областях знаний. Но сложность и многообразие законов, усложнение проблем,

связанных с управлением в целом, и многие другие факторы обусловили необходимость выделения теории управления в относительно самостоятельную область науки.

С общесистемных позиций *Управление* представляет собой процесс осуществления информационных воздействия на управляемые объекты для формирования их целенаправленного поведения. В этом определении необходимо обратить особое внимание на то, что при управлении имеют место лишь *информационные* воздействия, т.е. главное для осуществления собственно самого процесса управления – это наличие или отсутствие информации, а также ее ценность.

В подтверждение вышесказанного следует отметить, что Управление возможно не в любых системах, а лишь в системах тех из них, которым, независимо от их природы и назначения, присущ ряд следующих характерных особенностей.

1. *В сохранении системы как целого* р*ешающая роль принадлежит информационным связям*. Без обмена информацией между составляющими элементами такие системы не могут функционировать. При этом ослабление или потеря информационных связей между элементами системы чревато неизбежно приводит к разрушением всех других связей и, как следствие, к распадом (разрушению) самой системы.

2. *Системы способны переходить в различные состояния в соответствии с управляющими (информационными) воздействиями*. Причем эти переходы не могут быть осуществлены мгновенно, а требуют какого-то времени.

3. *Существует несколько допустимых (или континуум) линий поведения системы, из которых орган управления выбирает наиболее предпочтительную по тем или иным критериям*. Если же возможности выбора лучшей линии поведения нет, то управление теряет смысл, т.е. фактически отсутствует.

4. Для таких систем характерны определенные структуры, отражающие *контуры управления* (пути, по которым циркулирует информация в системе).

5. *Процесс функционирования этих систем является целенаправленным*. Если цель не определена (или неизвестна), то, естественно, управление становится бессмысленным.

6. Системы являются открытыми для внешнего воздействия, т.е. влияние окружающей среды на них (будь то противник или физико-географические условия) может иметь самые различные природу и последствия.

Системы, для которых характерны указанные особенности, называют *системами с управления*. Одним из основных элементов систем с управлением являются именно системы управления, предназначенные для непосредственной реализации собственно процесса управления.

В класс систем с управления входят многочисленные естественные и искусственные системы, которые, наряду с указанными выше общими особенностями, имеют немало и специфических черт.

Все вышесказанное, безусловно, относится и к *системам ведомственного назначения, которым присуща особая специфика*.

1. *СВН по своей сути предназначены для функционирования в конфликтных ситуациях*, ибо последнее представляет собой достаточно сложный двусторонний процесс, в котором все (или часть) элементов СВН подвергаются различным видам воздействия, что может приводить к нарушению функционирования как составляющих систему элементов, так и системы в целом.

2. В то же время СВН должны функционировать при различных (причем быстро сменяющих друг друга) *состояниях внешней среды*.

3. Информация, на основе которой вырабатываются управляющие воздействия (принимается решение на применение того или иного элемента СВН), всегда отличается значительной *неполнотой, недостоверностью и противоречивостью*.

4. СВН, как следует из всего вышесказанного, свойственен *сложный характер поведения и высокий динамизм*.

Сущность управления СВН заключается в целенаправленной деятельности органов управления по поддержанию их в готовности и способности выполнять поставленные задачи.

Основная цель управления состоит в том, чтобы обеспечить наилучшее оптимальное использование сил и средств при решении поставленных задач. Под *оптимальным использованием возможностей* понимается, в частности, достижение наибольшего результата при минимизации ресурса.

Необходимо отметить, что среди решаемых задач особое место занимает *принятие решения*, которое является центральным моментом, ядром управления. Согласно теории управления *Принятие решения* в системах управления, т.е. в организационных СВН, является прерогативой человека. Ведь именно от того, насколько принятое решение будет своевременным, насколько оно будет соответствовать сложившейся в данный момент обстановке, как в нем будут учтены возможные изменения, зависит успех управления в целом.

Чтобы комплексно решать все задачи управления с требуемыми значениями показателей устойчивости, непрерывности, оперативности и скрытности, необходимо создать стройную систему управления, на научной основе организовать работу больших управленческих коллективов, а также важно применять современные методы и средства управленческой работы, основанные на широком использовании новых информационных и технологий и методов управления.

На основе познания законов разрабатывается методология исследования процессов и систем управления, формируются принципы управления, которые в виде рекомендаций отражают отдельные аспекты и требования этих законов.

При управлении в СВН действуют как общие законы, так и специфические законы управления.

Общие законы выражают наиболее существенные связи и отношения между явлениями общественной жизни (изучаются они, прежде всего философией):

зависимость от политических целей правительства;

зависимость от соотношения экономических, научных и других потенциалов.

Специфические законы свойства управления выражают наиболее существенные связи и отношения различных сторон управления между собой и с внешней средой:

зависимость организационных форм и методов управления от структуры объекта управления, материально-технической базы и условий управления;

единство организационно-методологических основ на всех уровнях управления;

сохранение пропорциональности и оптимального соотношения всех элементов системы управления;

совместимость систем и средств управления;

единство и соподчиненность критериев эффективности, используемых при управлении;

соответствие потребного и располагаемого времени при решении задач управления;

зависимость эффективности решения задач управления от объема используемой информации и т.д.

На основе познания указанных законов специфических особенностей управления вырабатываются *принципы управления в СВН* – наиболее общие, основополагающие правила и рекомендации, которые должны учитываться и выполняться в практической деятельности органов управления на всех уровнях иерархии.

Принципы, вытекая из объективных законов, сознательно формируются и формулируются людьми в интересах практики и творчески, с учетом конкретных условий управления, применяются ими. Принципы являются связующим звеном между фундаментальной основой теории управления (законами) и практической управленческой деятельностью.

В настоящее время *при управлении в СВН руководствуются следующими основополагающими принципами*:

1) единство государственного руководства;

2) единоначалие;

3) централизация управления с предоставлением подчиненным инициативы в определении способов выполнения поставленных им задач;

4) твердость и настойчивость в проведении принятых решений и планов в жизнь;

5) оперативное и гибкое реагирование на изменение обстановки;

6) личная ответственность должностных лиц за принимаемые решения, применение подчиненных войск и результаты выполнения поставленных задач.

Принципы управления носят эволюционный характер, должны применяться творчески, в зависимости от конкретно складывающейся обстановки. Именно комплексное применение этих принципов обеспечивает *научность управления*. Научность управления, в свою очередь, базируется на прочных знаниях и правильном применении объективных законов, высокой компетентности руководителей, глубоком понимании ими складывающейся обстановки, умении подготавливать и принимать оптимальные решения, прогнозировать развитие обстановки, применять эффективные методы и средства управления. Современные средства управления (средства связи и автоматизации) должны, безусловно, строиться с использованием новых информационных технологий.

Однако неправильно было бы полагать, что теория управления в СВН лишь механически объединяет различные отрасли других наук. Связь теории управления с другими науками является диалектической. Теория управления в СВН, творчески используя достижения других наук в своей специфической области, сама ставит им новые задачи, связанные с решением возникающих в управлении проблем.

Главное при этом – вскрыть и разумно использовать механизмы проявления объективных законов (закономерностей) в различных областях управления, разрабатывать и применять современные, научно обоснованные принципы управления.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод: О*бъектом* теории управления в СВН являются процессы и системы управления, а *предметом* – законы (закономерности) реализации процессов управления, построения и совершенствования систем управления специального назначения.

Как и любой научной теории, теории управления в СВН присущи познавательная и прогнозирующая функции.

Познавательная функция проявляется в раскрытии сущности процессов управления (прежде всего, процессов подготовки и принятия решений), закономерностей и принципов, которым они подчиняются, объяснении основных свойств и взаимосвязей всех составных частей своего предмета, обосновании структуры системы управления в целом и входящих в нее элементов.

Прогнозирующая функция теории управления в СВН состоит в определении тенденций дальнейшего развития процессов и систем управления, организационных форм и методов управленческой деятельности. Теория управления должна вооружить специалистов и органы управления не только эффективными методами практических действий, но и методами совершенствования различных сторон управления на основе использования новых информационных технологий.

В управленческой деятельности должностных лиц органов управления проявляется сложное сочетание социальных, организационных, технических и других аспектов. Их изучение и исследование требуют применения разнообразных методов: наблюдения, сравнения, анализа, синтеза, аналогий, логических обоснований,

физического и математического моделирования с использованием современных средств автоматизации.

Особое значение в совершенствовании управления СВН имеет *системный подход*, который позволяет осуществлять анализ всех существенных сторон и аспектов управления в их взаимосвязи и взаимозависимости, а также рассмотрение их в единой системе.

Как известно, показателем научной разработки разработанности любой теории является наличие своего *терминологического аппарата* – понятий, категорий, принципов, законов, методов, особое значение при этом имеют понятия, ибо от их правильной и единообразной трактовки зависит, будут ли собеседники говорить на одном языке или им для общения понадобится переводчик. В данном учебном пособии приведен достаточно полный перечень основных терминов и определений, используемых при изложении материала. Но так как в настоящее время понятийный аппарат теории управления в СВН еще до конца не сложился, то авторы считают своим долгом напомнить, что «о терминах не спорят, о них договариваются».

Из всего вышесказанного следует, что СВН, безусловно, относятся к классу сложных систем. И если научиться эффективно управлять такими системами, то перенести (трансформировать) полученные знания на любые другие системы будет нетрудно.

Учебный вопрос №3

Общая характеристика процессов управления

ДЕ-3.1. Сущность управления

Понятие *управление* используется давно, и значение его воспринимается достаточно интуитивно. Однако ему придают различный смысл и применяют в ситуациях различной степени сложности. Вместе с тем, Где бы ни протекали процессы управления – при управлении СВН, в управляющих устройствах автоматических систем, в нервной системе человека, в экономических и других структурах общества, они подчиняются единым законам. Эти наиболее общие законы управления системами различной природы изучает наука об управлении – *кибернетика*.

С позиций кибернетики *управление* определяют как функцию системы управления, обеспечивающую организацию целенаправленной деятельности управляемой системы.

Смысл и цель управления в СВН состоит в таких изменениях организационной структуры объектов управления, их состояния, способов действий, которые обеспечивают сохранение и повышение работоспособности в кратчайший срок, с наименьшими потерями и материальными затратами.

Таким образом, *управление в СВН состоит* в том, чтобы оптимизировать данные процессы, направить усилия на выполнение соответствующих задач, скоординировать их действия, придать им целеустремленность, планомерность и организованность.

ДЕ-3.2. Структура процессов управления

Кибернетический подход предполагает, что любая система с управлением, независимо от ее физической природы, имеет *структуру*, включающую управляющий объект, объект (объекты) управления и каналы связи между ними (рис.3.1).

Управляющий объект (УО) предназначен для выработки информационных воздействий на объект управления путем обработки и отображения собранной информации. В Роль УО могут выступать объекты, способные - воспринимать, хранить, перерабатывать и выдавать информацию.

Объект управления (ОУ) обеспечивает выдачу информации о своем состоянии и состоянии внешней среды, восприятие информационных воздействий от УО и их реализацию.

Каналы связи служат для обмена информацией между УО и ОУ. При этом по *каналу прямой связи* информация передается от УО к ОУ, а по *каналу обратной связи* – в противоположном направлении.

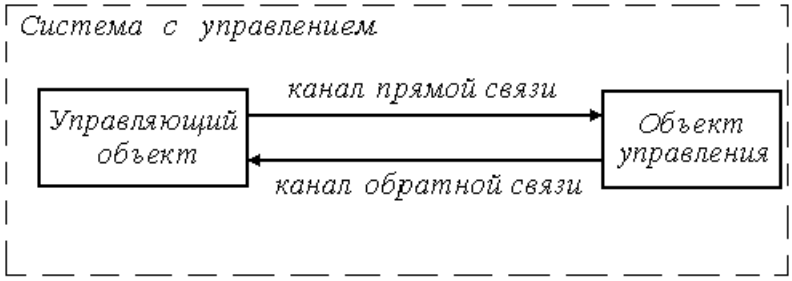

Рис.3.1. Структура системы с управления

Совокупность, включающую УО и каналы связи, будем называть *системой управления*. Сами объекты управления в систему управления не входят, а процесс реализации ими управляющих воздействий в процесс управления не включается.

Процесс управления в такой системе осуществляется следующим образом. УО по каналу обратной связи получает информацию о состоянии ОУ и внешней среды (информация состояния). На основе целей управления и информации состояния в УО вырабатывается управляющее воздействие (командная информация), определяющее новое состояние ОУ, в которое он должен перейти при приближении системы к цели. Совокупность правил, по которым информация состояния преобразуется в командную информацию, называется *алгоритмом управления*. Командная информация передается по *каналу прямой связи*. Восприняв эту информацию, ОУ выполняет предписанные ему действия. Так как система функционирует в некоторой среде,

являющейся источником активных и пассивных помех, а в работе элементов системы возможны ошибки, то новое состояние ОУ не всегда будет совпадать с желаемым. Поэтому наряду с выполнением предписанных действий ОУ передает УО информацию о своем состоянии практически постоянно.

Совокупность мероприятий операций по выдаче управляющих воздействий и по их исполнению управлению, выполняемых при изменении среды, принято называть *циклом управления*. Циклы различаются по продолжительности и содержанию. Цикл может быть прерван. Выполняя цикл за циклом, система должна постепенно приближаться к *цели своего функционирования*.

Путь, по которому циркулирует информация между УО и ОУ, называется *контуром управления*. Различают *одноконтурные* (с одним ОУ) и *многоконтурные* системы управления, а также системы управления с *замкнутым* (при наличии каналов обратной связи) и *разомкнутым* контуром управления.

Рассмотренная схема функционирования является *идеализированной*. Идеализация заключается в том, что разделение процесса управления на последовательность более простых процессов не всегда правильно. Так, сбор данных об обстановке продолжается и в период выработки решения, а до того как будет принято решение, довольно часто отдаются предварительные распоряжения.

Во всякой развитой системе управления УО и ОУ сами представляют собой сложные системы и в то же время нередко выступают как элементы других, еще более сложных систем. УО связан обычно с несколькими ОУ, между которыми существует разделение функций. В свою очередь, сам он выступает как ОУ для вышестоящего УО данной системы. Кроме того, так как вооруженная борьба представляет собой процесс, в котором противоборствуют по крайней мере две стороны, возникает система управления, характеризующаяся двумя подсистемами управления, стремящимися распространить управляющие воздействия друг на друга.

ДЕ-3.3. Свойства управления

Любой процесс управления в той или иной степени должен обладать рядом существенных свойств. Часть этих свойств "передается" процессу (подпроцессу) от его составляющих – процедур, операций, действий (свойств информации и операторов ее преобразования), другая часть (возможно, с пересечением первой) формирует новые интегративные свойства, присущие процессу как объекту в системном рассмотрении. Состав *интегративных свойств*, присущих процессам управления, достаточно стабилен, и уникальность того или иного процесса проявляется, как правило, в составе и значениях показателей, отражающих проявление этих свойств.

Рассмотрим *основные свойства, присущие процессам управления*.

1. *Адекватность*. Адекватность управления заключается в способности этого процесса преобразовывать информацию состояния в командную, на основе которой

ОУ переходит в состояние, соответствующее сложившейся ситуации. Очевидно, что при корректности всех преобразований информации состояния в командную, но недостоверной информации и (или) неправильных целях, управление не будет адекватным. Таким образом, свойство адекватности в существенной степени зависит от достоверности и полноты информации, корректности операций преобразования информации и их последовательности, а также правильности целей и траекторий их достижения.

2. *Оптимальность*. Под оптимальностью понимается способность управления осуществлять "продвижение" в направлении достижение цели по траектории лучшей относительно других в смысле принятого критерия. Иными словами, так как если исходить из того, что все допустимые траектории приводят к цели, и каждая из них характеризуется определенным расходом ресурсов (потери личного состава и техники, затраты материальных средств и т.п.), то в смысле "лучшего" потребления этих ресурсов существует наиболее предпочтительная траектория. Если В процессе управления система должна "двигаться" в пространстве ситуаций состояний именно по этой траектории, чтобы то говорят, что управление было оптимальным.

3. *Оперативность*. Оперативность управления представляет собой способность данного процесса управления обрабатывать преобразовывать информацию в соответствии с установленными временными ограничениями. Иными словами, Оперативность есть свойство управления обрабатывать информацию в соответствии с темпе изменения текущей ситуации. В зависимости от вида операции, которая доминирует в том или ином процессе управления, различают оперативность смыслового преобразования (например, выработки решения), оперативность преобразования информации в пространстве (например, оперативность передачи данных) и др.

4. *Устойчивость.* Устойчивость управления определяется способностью УО выполнять свои функции в сложной, резко меняющейся обстановке, в условиях наличия непреднамеренных помех и массированного воздействия ВВФ. Устойчивость определяется живучестью, помехоустойчивостью, помехозащищенностью и надежностью, под которыми понимается способность вести управление в условиях воздействия всех ВВФ и сохраняя в установленных пределах значения всех показателей управления соответственно.

5. Непрерывность. Под непрерывностью управления понимается возможность УО постоянно влиять на ОУ, т.е. своевременно доводить до подчиненных командную информацию и получать от них информацию о складывающейся обстановке, независимо от того, в каких условиях они находятся.

6. Скрытность. Свойство процесса управления сохранять в тайне факт, время и место преобразования информации, а также ее содержание и принадлежность управляющим объектам.

ДЕ-3.4. Способы управления

В зависимости от способа использования информации о состоянии объектов управления и внешней среды различают следующие *способы управления*: 1) программное управление, 2) управление по возмущениям, 3) управление по состоянию.

1. Сущность *программного управления* состоит в функционировании системы по заранее составленной и введенной в систему извне программе (рис.3.2,а).

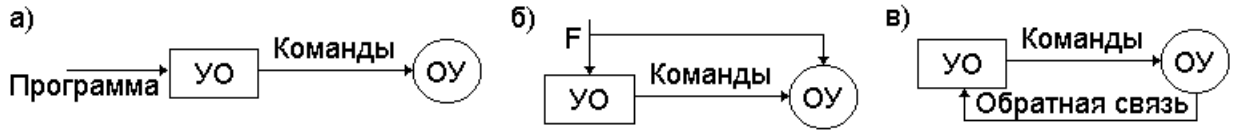

Рис.3.2. Способы управления

Программа представляет собой последовательность управляющих воздействий (команд) принимаемых ОУ однократно и определяющих его действия на весь период достижения цели. Программа разрабатывается УО на этапе планирования действия на основе априорной информации о состоянии ОУ и среды в период действий. Команды объекту управления выдаются в определенные моменты времени без учета истинного состояния на данный момент времени. В системах управления такого типа достаточно иметь лишь каналы прямой связи (т.е. контуры управления разомкнуты).

Основные преимущества программного способа управления связаны с высокими характеристиками оперативности. Объясняется это тем, что из цикла управления исключаются наиболее трудоемкие и продолжительные составляющие процесса управления, в частности связанные со сбором и обобщением информации о текущем состоянии ОУ и внешней среды, а также выработкой решения (управляющего воздействия).

Однако необходимо отметить, что этот способ управления предполагает отсутствие влияния на проводимую операцию случайных факторов и априорной неопределенности, что в конечном счете либо значительно ограничивает область его применения, либо может существенно снижать ожидаемый эффект от проводимой операции. При значительных и непредсказуемых изменениях состояний внешней среды программный способ управления, как правило, оказывается неэффективным. Для повышения эффективности управления в разомкнутых системах используется способ, основанный на компенсации действия возмущений со стороны внешней среды на элементы системы.

2. При *управлении по возмущениям* управляющим объектом производятся измерения величины и характера возмущений F со стороны внешней среды и на их основе формируются управляющие воздействия (рис.2.2,б). Таким образом, при этом способе управления изменения внешней среды в ходе действия учитываются

соответствующим образом при формировании управляющих воздействий, а само управление строится как функция возмущений.

Этот способ управления находит преимущественное применение в тех случаях, когда внешние случайные факторы одинаковы как для ОУ, так и для УО и могут быть измерены в ходе действия.

3. Если воздействия на систему со стороны внешней среды отличаются большим разнообразием и диапазоном изменения, их измерение затруднительно или невозможно, то применяют *управление по состоянию объекта управления* (рис.2.2,в). Такое управление реализуется в системах с обратной связью. *Обратная связь* – это механизм учета различий между существующим и требуемым состоянием ОУ. Благодаря обратной связи становится возможным получать информацию о текущем состоянии ОУ и тем самым определять отклонение от намеченной линии поведения. Исходя из величин этих отклонений и вырабатывается управляющее воздействие.

ДЕ-3.5. Условия оптимального управления

Характер задач и условий управления в СВН определяет *проблему оптимизации* управления. Принятие наиболее целесообразного и обоснованного решения в этих условиях – задача весьма сложная. Это обусловлено рядом обстоятельств:

а) неполнотой и недостоверностью исходных данных;

б) сложностью и ограниченными возможностями математического описания действий, так как многие данные трудно поддаются точному количественному измерению;

в) ограниченными возможностями проверки степени оптимальности и эффективности решения до начала действий в связи с принципиальной неполнотой любых моделей, посредством которых исследуются предстоящие действия.

Качество управления зависит от обоснованности и оперативности управляющих воздействий (решений). Эти свойства находятся в диалектически противоречивой связи: для лучшего обоснования решений УО потребуется затратить больше времени, что снизит оперативность его работы, и, наоборот, повышение оперативности может уменьшить время, отводимое на процесс обоснования решений, что неизбежно скажется на их обоснованности. Путь разрешения этого противоречия – формулировка и решение соответствующих оптимизационных задач. Поэтому выделим *два условия оптимального управления*.

1. Управляющие воздействия в большинстве способов управления вырабатываются на основе информации о состоянии ОУ и внешней среды. Чем большей информацией располагает УО, тем более обоснованным может быть решение. Однако на получение информации расходуются определенные ресурсы (материальные ресурсы, энергия, время и т.п.). Существует допустимый предел в их затратах, за которым незнание каких-либо сведений об обстановке становится

целесообразнее знания. Поэтому одним из условий эффективного управления является оптимальная информированность УО.

Пусть I – объем обработанной УО информации, а T – время сбора и обработки информации состояния и выработки управляющих воздействий.

В случае фиксированного T при полном отсутствии информации (I=0) *потери от необоснованности решений* $W_П(I)$ будут наибольшими, а *затраты на получение информации* $W_З(I)$ – наименьшими. С увеличением информированности УО потери $W_П(I)$ будут снижаться, а затраты $W_З(I)$ – возрастать (рис.3.3,а).

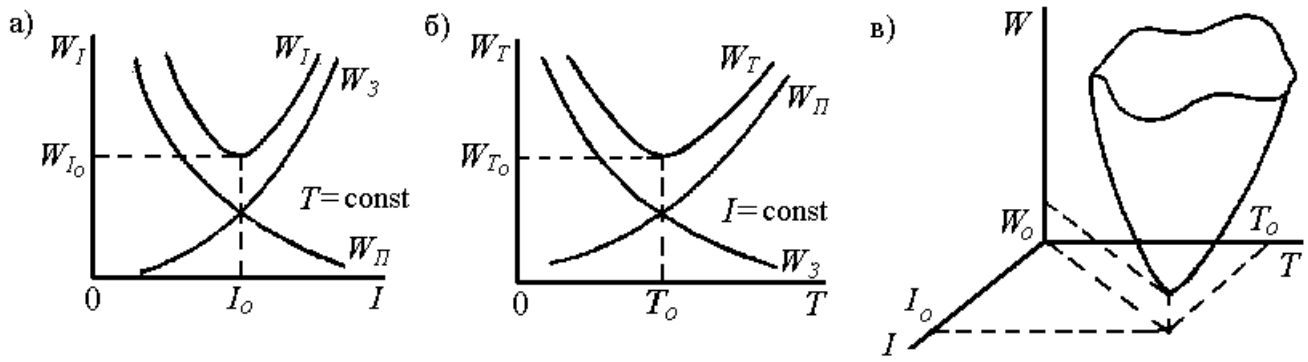

Рис.3.3. Условия оптимального управления

Минимум суммы этих двух составляющих и определяет *первое условие оптимальности управления*:

$$W_{Io} = \min_{I} (W_П(I) + W_З(I)) \text{ при } T\text{=const.}$$

2. Наряду с информированностью УО важное значение имеет оперативность управления, т.е. оперативность сбора и обработки информации состояния и выработки управляющих воздействий. Поэтому *вторым условием оптимальности управления* является минимизация временных потерь на реализацию цикла управления.

Графическая интерпретация этого условия при фиксированном I представлена на рис.3.3,б. Кривая $W_П(T)$ отражает зависимость потерь в эффективности управления от времени реализации управляющих воздействий, а кривая $W_З(T)$ – зависимость затрат на сбор и обработку информации состояния. Второе условие оптимальности управления может быть записано в виде

$$W_{To} = \min_{T} (W_П(T) + W_З(T)) \text{ при } I\text{=const.}$$

При управлении должны учитываться оба *условия оптимального управления*, т.е.

$$W_O = \min_{I,\,T} (W_{Io} + W_{To}) .$$

Геометрическое представление этого комплексного условия приведено на рис.3.3,в. Как видно, между обоснованностью и оперативностью управления существует противоречие. Его разрешение обычно обеспечивается компромиссом между оперативностью и обоснованностью, что является одной из наиболее сложных задач, подлежащих решению при построении систем управления специального назначения.

ДЕ-3.6. Основные процессы и функции управления

С позиций кибернетики *Основными процессами управления* являются:

1) сбор информации о состоянии элементов системы и среды;

2) обработка и сравнительная оценка существующего и требуемого состояний системы (ее элементов) и среды, выработка командной информации (информационных воздействий), приближающих систему к новому (требуемому) состоянию;

3) доведение информационных воздействий до объектов управления.

4) исполнение управляющих воздействий.

Данные процессы при реализации управления могут быть разделены на более мелкие подпроцессы, задачи, процедуры, операции, действия.

Основным элементом процесса управления является *задача управления* – технологический модуль (единица) преобразования информации, служащий для достижения за заданное время конкретного результата, связанного с получением значений отдельной группы показателей или документов. Проводя декомпозицию задач управления, можно выделить группы процедур, операций, действий, являющиеся общими при реализации преобразований информации в рамках решения задач. Такие группы объединяются в функции управления.

Функция управления представляет собой устойчивую совокупность задач (операций, действий) по реализации процесса управления (его части) для достижения частных целей управления, основанную на разделении управленческого труда в органах управления.

Можно выделить следующие *основные управленческие функции*:

1) планирование;

2) оперативное управление (регулирование);

3) контроль;

4) учет.

Возможно расширение данного перечня основных функций за счет включения в них прогнозирования и анализа, но если принять, что *прогнозирование* есть долгосрочное планирование, а *анализ* непосредственно входит в качестве составляющей в планирование, оперативное управление и контроль, то можно ограничиться лишь четырьмя основными функциями. Дадим определения данным функциям.

Планирование – процесс (управленческая функция) уточнения (декомпозиции) целей системы и детальной программы их достижения, оформленной в виде совокупности документов, служащих основанием для обеспечения последующего эффективного функционирования данной системы до достижения поставленных целей. Содержанием планирования является распределение ресурсов системы и определение порядка их использования при достижении поставленной цели.

Планирование существует и проявляется на любом уровне управления, при этом конкретное содержание данной функции меняется, исходя из решаемых задач по достижению цели функционирования системы. Затраты времени, трудоемкость и степень ответственности планирования возрастают при переходе с более низкого уровня иерархии к более высокому, а детальная конкретизация каждой задачи планирования, наоборот, уменьшается.

Оперативное управление – процесс (управленческая функция) коррекции траекторий поведения системы при реализации программы достижения поставленной цели (в течение определенного этапа функционирования системы).

Если рассматривать циклы управления, то они различаются по времени выполнения и продолжительности. Первый цикл является самым длительным и трудоемким. Он соответствует планированию, последующие циклы соответствуют оперативному управлению, хотя возможны в дальнейшем и циклы перепланирования, восстановления и т.п., так или иначе касающиеся изменения планирующих документов.

Указанные две важнейшие функции управления не могут быть реализованы без учета и контроля.

Учет – процесс (управленческая функция) измерения и регистрации характеристик системы и среды при функционировании данной системы. Если предыдущие функции цикличны, то процесс учета постоянно присутствует при реализации любого цикла управления и ведется непрерывно.

Контроль – процесс (управленческая функция), заключающийся в проверке информации об элементах системы и среды с последующей оценкой рассогласованности текущего и требуемого состояния системы.

Эта проверка проводится в трех *аспектах*:

1) *синтаксическом* (основанном на проверке элементарных составляющих информации);

2) *семантическом* (базирующемся на проверке смыслового значения информации, ее логичности, корректности и непротиворечивости);

3) *прагматическом* (основанном на проверке ценности информации, ее соответствия целевому предназначению).

Аналогично учету контроль проводится непрерывно, в качестве исходной информации для реализации данного процесса выступает информация о текущем состоянии системы и среды, а также информация о требуемых значениях показателей

системы и среды в определенное время, т.е. информация из планирующих документов.

ДЕ-3.7. Задачи управления в системах специального назначения

Задачи управления весьма многочисленны и разнообразны и могут быть классифицированы по различным *признакам*. Наиболее существенными признаками (с точки зрения удобства изучения и формализации задач) являются:

принадлежность к звену управления;

принадлежность к функциональным подсистемам управления;

периодичность решения;

степень определенности исходной информации;

принадлежность к форме мышления;

характер преобразования информации;

вид постановки и используемый математический аппарат.

1. В зависимости от *звена управления* выделяют уровни иерархии решаемых задач. При этом каждая задача более низкого уровня иерархии должна быть согласована (по целям, времени, ресурсам и т.п.) с соответствующими задачами более высокого уровня. Естественно, некоторые задачи могут решаться на нескольких уровнях иерархии управления.

2. Исходя из *принадлежности к функциональным подсистемам управления* задачи разделяют на задачи эксплуатационного, технического, инженерного и других видов обеспечения.

3. По *периодичности решения* задачи управления делят на долгосрочные, квартальные, ежемесячные, ежесуточные и со случайной периодичностью.

4. По *степени определенности исходной информации* различают детерминированные, вероятностные и неопределенные задачи управления. Первый класс задач характеризуется определенностью значений исходных данных. Отличительной особенностью неопределенных задач по сравнению с вероятностными является отсутствие сведений о законах распределения случайных величин, входящих в состав исходных данных.

5. С точки зрения *принадлежности к форме мышления* выделяют задачи анализа и синтеза. *Задачи анализа* состоят в определении значений показателей эффективности функционирования системы при заданных структуре, характеристиках элементов и условиях функционирования. Сущность *задач синтеза* сводится к определению структуры и алгоритма функционирования (или) характеристик (параметров) системы при заданных ограничениях на ресурсы и требованиях (целях) к ее функционированию.

6. Любая задача управления предполагает *преобразование информации*. При этом характер этого преобразования может быть различным:

а) по форме представления данных;

б) по содержанию;

в) по расположению в пространстве или во времени;

г) комбинированный.

Если в задаче преобладает содержательная обработка, то задачу называют *расчетной*, если другие виды преобразований – *информационной*. Характерными особенностями *расчетных задач* являются относительно небольшие объемы входных и выходных данных и относительно сложный алгоритм решения. *Информационные задачи* – это, как правило, задачи с большими объемами входных и выходных данных, но объем выполняемых операций на единицу входной информации в них относительно невелик, причем преобладают в основном логические операции. В классе информационных задач выделяются учетные задачи, задачи обобщения, систематизации, передачи информации, документирования, хранения и т.п.

7. Последний классификационный признак относится только к расчетным задачам. *Вид постановки и используемый математический аппарат* позволяют выделить следующие классы расчетных задач: согласования действий, состязательные, маршрутизации, замены оборудования, распределения ресурсов, массового обслуживания, поиска, управления запасами, упорядочения и др.

Задачи согласования действий (составления расписаний) связываются с операциями, представляемыми некоторыми совокупностями отдельных работ, выполняемыми в определенной последовательности. Требуется определить либо порядок выполнения работ, либо продолжительность выполнения работ и календарные сроки их начала и окончания, оптимизирующие результат всей операции. Задачи данного класса могут решаться на основе методов дискретного (целочисленного) программирования. Однако из-за большой размерности и сложности алгоритмов они в ряде случаев этими методами практически не разрешимы. В связи с этим для решения таких задач на практике широко применяются различные приемы эвристического программирования и методы сетевого планирования.

Состязательные задачи связаны с операциями, которые имеют состязательную (конфликтную) природу. Конфликт возникает в том случае, когда две (и более) стороны стремятся к достижению своих (чаще всего противоположных) целей. Суть задачи заключается в определении оптимального способа действий сторон в операции. Состязательные задачи, как правило, решаются методами теории игр, а также методами динамики средних.

Содержанием *задач маршрутизации* является отыскание оптимальных путей в сетях различной природы (сетях связи, транспортных сетях и т.п.). Для решения задач этого класса, как правило, используются комбинаторные методы и методы динамического и дискретного программирования.

Задачи замены оборудования возникают в процессе технического обслуживания и ремонта технических средств. Чем больше используется оборудование, тем выше затраты на его обслуживание. В связи с этим возникают следующие задачи:

а) о целесообразных сроках начала разработки новых технических средств, замены оборудования, продажи и покупки нового оборудования, групповой замены отдельных узлов и агрегатов;

б) об определении оптимального количества запасных частей;

в) о составлении плана замены технических средств и т.п.

Для решения задач данного класса в основном используются методы математического анализа.

Для *задач распределения ресурсов* типична следующая постановка. Имеется ограниченное количество ресурсов на выполнение операции. Эти ресурсы могут быть различным образом распределены по элементам системы и использованы ими в ходе операции. Необходимо так распределить эти ресурсы, чтобы была достигнута максимальная эффективность от их использования. Задачи могут иметь и обратную постановку. При решении этих задач находят широкое применение различные методы математического программирования.

Задачи массового обслуживания связаны с операциями, в которых, с одной стороны, имеет место массовый спрос на выполнение каких-либо работ (на обслуживание заявок), а с другой – постоянное удовлетворение этого спроса. Общей особенностью этих задач является их случайный характер. В основе алгоритмов Решения данных задач лежат, как правило, обеспечиваются методами теории массового обслуживания.

Задачи поиска связаны в основном с определением положения некоторого объекта в пространстве. В общем виде задачи поиска могут быть сформулированы следующим образом. Имеются ограниченные ресурсы, которые необходимо распределить таким образом, чтобы максимизировать вероятность обнаружения искомого объекта. Задача поиска может быть и частью другой, более общей задачи, когда требуется определить вероятность обнаружения искомого объекта как функцию затрат на поиск при определенной структуре и (или) средствах. Для решения задач поиска применимы методы математического анализа, статистических испытаний и др.

Существо *задач управления запасами* состоит в достижении компромисса между противоречивыми требованиями сокращения расходов на хранение ресурсов и надежного обеспечения спроса на них. Целевая функция в этих задачах сводится к минимизации общих затрат. Управляемыми параметрами являются объем и частота или сроки поставок ресурсов. Неуправляемыми параметрами – затраты на содержание запасов, потери от неудовлетворения спроса, затраты на поставки и объемы спроса. Для решения этих задач применяются методы классического анализа, теории вероятностей, теории массового обслуживания, эвристические методы и др.

Задачи упорядочения связаны с выбором определенного порядка действий, оптимального в смысле нахождения экстремума некоторого критерия (времени обслуживания некоторого объекта, времени планирования операции и т.п.) с учетом соответствующих ограничений.

В различных прикладных областях исследований могут выделяться и другие классы задач управления. Между задачами различных классов существует определенная взаимосвязь как по постановке, так и по используемому математическому аппарату. К данным классам может быть отнесено подавляющее большинство задач управления, имеющих различную природу. В литературе может встретиться иная классификация задач, в которой произведено либо дробление некоторых названных классов, либо их объединение.