

О ЗНАЧЕНИИ И РОЛИ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ В СОВРЕМЕННОМ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОМ ПРОГРЕССЕ

С. Отакулов

Доктор физико-математических наук, профессор Самаркандский филиал Нукусского инновационного института, Самарканд, Узбекистан

А. О. Мусаев

Кандидат физико-математических наук, доцент Джизакский филиал Национального Университета Узбекистана, Джизак, Узбекистан

ARTICLE INFO.

Ключевые слова: регулирование, управление, процесс управления, операции управления, задачи принятия решений, анализ, синтез, системы управления, автоматическое управление, оптимальное управление.

Аннотация

В статье рассматриваются общие вопросы теории управления и ее роли в научно-техническом прогрессе. Выделены основные признаки и характерные черты, раскрывающие сущности понятия проблемы управления и ее роли в современном научно-практических исследованиях. Указаны основные задачи теории управления и виды систем управлений. Даны сведения об основных этапах развития теории управления. Обращено отдельное внимание новому современному этапу развития теории управления – математической теории оптимальных процессов.

<http://www.gospodarkainnowacje.pl/> © 2024 LWAB.

1. Введение. В наше время, которое по справедливости называют эпохой научно-технической революции, наука выделяет все большее внимание вопросам *организации и управления* [1,2,3]. Быстрое развитие и усложнение техники, небывалое расширение масштабов проводимых мероприятий и спектра их возможных последствий – все это приводит к необходимости анализа сложных целенаправленных процессов под углом зрения их структуры и организации.

Повсюду в окружающем нас мире (природе, технике, экономике, человеческом обществе) протекают различные процессы, характер которых зависит от множества сопутствующих им условий и факторов. Изменяя условия протекающих процессов человек может влиять на их характер, изменять их, приспособлять к своим целям. Это вмешательство в естественный ход процесса, изменение хода процесса и представляет собой *сущность управления*.

Любые разумные действия, направленные на выполнение определенных работ, не мыслимы без принятия правильного решения. Практическая реализация поставленных целей основывается, естественно, на научно-обоснованном подходе – принятом определять как *управление*.

Таким образом, можно сказать, что *управление* – это организация того или иного процесса, которая обеспечивает достижение определенных целей. Иначе говоря, можно сказать, что управление – это процесс правильного принятия решений для достижения поставленной цели.

Эффективное управление существующих к настоящему времени сложнейших технических и экономических систем немыслимо без специального научного исследования. Возрастание потока информации, уменьшение времени на переработку необходимой информации, усложнение внутренних и внешних взаимосвязей экономических систем становится нелегкой задачей принятия наилучшего, оптимального решения в процессе управления [4].

2. Общие понятия о задачах и системах управления. Целенаправленные процессы, выполняемые человеком для удовлетворения различных потребностей, представляют собой организованную совокупность действий – операций, которых можно разделить на два класса: рабочие операции и операции управления. Для правильного и высококачественного выполнения рабочих операций их необходимо направлять действиями другого рода – *операциями управления*, которые обеспечивают в нужные моменты времени начало, порядок следования и прекращение отдельных операций, обеспечивают выделение необходимых для их выполнения ресурсов, задают нужные параметры самому процессу: направление, скорость, ускорение рабочего инструмента, температуру, концентрацию в химическом процессе и т.д. Совокупность управляющих операций образует *процесс управления*.

Для любого процесса управления характерными являются следующие этапы:

- сбор и обработка информации с целью оценки сложившейся ситуации;
- принятие решения о наиболее целесообразных действиях;
- исполнение принятого решения.
- контроль исполнения решения.

Как было отмечено выше, в процессе управления принимается решение, которое предусматривает достижения определенной цели. Цель управления определяет и самой задачи управления.

Имеются такие задачи управления, для которых *процесс принятия решения* состоит только лишь из одного этапа. Подобные задачи получили название *одноэтапных* или *одношаговых задач принятия решения*.

Иногда весь процесс управления разбивается на несколько последовательных шагов, причем решение, принимаемое на каком-либо шаге, зависит от результатов выполнения решения предыдущего шага. Такие процессы называют *многоступенчатыми* процессами принятия решения. Во многих задачах разбиение сложного процесса управления на шаги с четким выделением всех этапов управления на каждом шаге оказывается весьма трудной задачей. В процессе управления часто приходится иметь дело с непрерывно меняющейся ситуацией. Управляющая сторона должна непрерывно принимать все новые и новые решения, соотносясь с изменяющейся ситуацией, и не ожидая окончательных результатов выполнения предыдущих решений. В подобных задачах мы сталкиваемся с *непрерывными динамическими* процессами управления.

Процессы управления протекают, как правило, в сложной окружающей обстановке. На протекание процессов управления оказывают влияния разнообразные внешние факторы, совокупность которых часто называют *состоянием природы*. Для того чтобы принять правильное решение о тех или иных действиях, необходимо знать характер ситуации, в которой эти действия предпринимаются. Однако типичным для задач управления является случай, когда имеющийся информация бывает или недостаточна для точной оценки ситуации, или искажена посторонними факторами. Таким образом, в процессе управления возникает важная задача принятия решения в условиях, когда информация о сложившейся ситуации или недостаточна, или искажена. Данная задача получила название задачи *принятия решения в условиях неопределенности*.

Объект, на который направлены операции управления, называется *объектом управления*. *Управление каким-либо объектом* есть воздействие на него в целях достижения требуемых состояний или процессов. В качестве объекта управления может служить самолет, станок, электродвигатель и т.п. Объектами и операциями управления охватываются технические процессы и агрегаты, группы агрегатов, цехи, предприятия, людские коллективы и организации и т.д.

Операции управления частично или полностью могут выполнять технические устройства. Совокупность средств управления и объекта управления образует *систему управления*.

В результате разносторонних исследований проблем управления, возникающих в технике, производстве, экономике и других областях практической деятельности человека появилось и развивается научное направление – *теория управления*. Основой данного направления является научная дисциплина – *теория автоматического управления* [2,3]. Вначале она создавалась для изучения статики и динамики процессов автоматического управления техническими объектами – производственными, энергетическими, транспортными и т.п. Основное ее значение сохранилось и в наше время, хотя теперь ее выводами и результатами стали пользоваться и для изучения динамических свойств системы управления не только технического характера, но и экономического, организационного, биологического, социального и т.д.

Теория автоматического управления изучает принципы функционирования и конструирования управляемых систем. Предметом теории автоматического управления является система автоматического управления. Задача системы автоматического управления – реализовать заданный режим работы объекта управления, который нарушается вследствие действия на объект разного рода возмущений.

Для теории автоматического управления являются характерными две задачи: анализ и синтез систем автоматического управления. Задача анализа заключается в исследовании свойств систем автоматического управления, структура которой задана. Это сводится к изучению типовых элементов систем автоматического управления. Строится математическая модель системы, которая описывается, как правило, системой обыкновенных дифференциальных уравнений или уравнений в частных производных. С математической точки зрения анализ систем автоматического управления – это изучение качественных особенностей решений уравнений, описывающих систему.

Задача синтеза – это задача конструирования систем автоматического управления по заданным характеристикам объекта управления и характеристикам возмущающих воздействий. При этом задается цель управления, т.е. режим, которым должен функционировать объект, а также требования относительно качества управления (например, точности выдерживания режима).

Существенной оказалась одна особенность задачи синтеза. При конструировании систем автоматического управления выдвигаются требования на качество управления. Сразу же возникает задача построить систему автоматического управления, которая бы с наилучшим качеством обеспечивала цель управления, т.е. построить оптимальную систему автоматического управления. Эта задача породила обширный раздел теории автоматического управления – *теорию оптимальных процессов* [4].

3. Об этапах развития общей теории управления. Теория управления, так же как и исследование операций, была одним из источников идей и методов, на базе которых возник современный системный анализ. Она явилась первой научной дисциплиной, целиком направленной на развитие методов принятия решений.

Теория управления зародилась во второй половине XIX века как теория автоматического регулирования. Она возникла из технических задач построения регуляторов, автоматически

поддерживающих заданный режим работы регулируемого объекта. Широкое применение с конца XVIII века паровых машин вызвало потребность в регуляторах, то есть в специальных устройствах, поддерживающих устойчивый режим работы паровой машины. Это дало начало научным исследованиям в этой области управления техническими объектами. Появились две пионерские работы, посвященные одной и той же проблеме – проблеме выбора параметров регулятора Уатта. Автором одной из них был английский физик Д. Максвелл, а другой – российский ученый, инженер А. Вишнеградский. Обе эти работы были посвящены одной из актуальных технических проблем своего времени – созданию научных работ регулирования хода паровой машины: принципов, позволяющих обеспечить постоянство оборотов вала при изменяющейся внешней нагрузке

Большое влияние на развитие идей и методов теории регулирования оказало появление общей теории устойчивости и, прежде всего, теории устойчивости А. М. Ляпунова, которая в течение долгого времени была основным языком теории управления.

В XIX веке проблемам теории регулирования посвящали свои исследования многие выдающиеся представители инженерной и естественнонаучной мысли: А. Стодола в Австро-Венгрии, Э. Раус в Англии, Н.Е. Жуковский в России.

К началу XX века и первые его десятилетия теория автоматического регулирования формируется как общая дисциплина с рядом прикладных разделов, таких, как регулирование электрических машин и систем, регулирование двигателей, различных производственных процессов и др.

Усложнение систем, связанное с повышением интенсивности процессов, скоростей, требований к точности и качеству, приводит к необходимости создания более эффективных методов исследования. Появляются работы: Х. Найквиста(1932), в которой рассматривается критерий устойчивости радиотехнических усилителей с обратной связью, основанный на свойствах частотной характеристики разомкнутой системы, и А.В.Михайлова «Гармонический метод в теории регулирования»(1938), в которой обосновывалась целесообразность применения частотных методов в теории регулирования и предлагается новый критерий (критерий Михайлова), не требующий предварительного размыкания цепи регулирования.

В 40 – 50 годы XX века разрабатывались основы теории нелинейных систем. Наиболее детально исследованы кусочно-линейные аппроксимации нелинейных статических характеристик.

Одно из важных направлений исследования устойчивости нелинейных систем с аналитическими характеристиками нелинейной части, основывающееся на работах А.А. Ляпунова, развивалось в работах А.И. Лурье(1944 – 1951), А.М. Летова (1955) и др. Завершающим этапом этого направления можно считать разработку теории абсолютной устойчивости.

Развитие теории автоматического регулирования в 50-годы XX века было исключительно плодотворным и многогранным. Разработаны новые разделы теории. Я.З. Ципкиным разработаны основы теории релейных (1955) и импульсных (60-годы) систем с различными видами модуляции. Трудями Г.В. Шипанова, В.С. Кулебакина, Б.Н. Петрова и других разработаны теория автоматического регулирования по возмущению, теория компенсации возмущений и инвариантности. В.В. Казакевичем, А.А. Фельдбаумом, А.А. Красовским и другими разработаны принципы экстремального управления и теория поиска экстремума (дуального управления). Л.С. Понтрягин, А.М. Летов, Н.Н. Красовский и другие ученые создали основы теории оптимального управления [4].

История развития науки и техники показала, что результаты и выводы теории регулирования могут быть применимы к задачам управления объектами различной природы с различными

принципами действия. В настоящее время сфера ее влияния расширилась на анализ динамики таких систем, как экономические, социальные и т.п.

4. Теория оптимального управления – новый этап развития теории управления. В середине сороковых годов XX века произошло качественное расширение проблем, которыми занималась теория регулирования, расширение, которое постепенно привело к тому, что традиционный перечень её задач оказался отодвинутым на второй план. В результате этого процесса постепенно практически исчез сам термин «теория регулирования», и вместо него стали использовать термин «теория управления».

Такое расширение круга изучаемых задач было связано прежде всего нуждами возникшей ракетной техники. До сороковых годов XX века теория регулирования изучала, как правило, процессы, развивающиеся на большом интервале времени. Именно поэтому методы классической теории устойчивости, оперирующей с асимптотическими свойствами решений, оказались удобными при исследовании реальных задач. В теории регулирования даже возник термин «переходной процесс» – процесс возвращения системы к исходному стационарному режиму после окончания действия случайного возмущающего фактора.

Опирая преимущественно со стационарными режимами, теория регулирования изучала переходные процессы главным образом в связи с изучением качества управления. Потребности же ракетной техники привели к совершенно иным задачам, поскольку движение ракеты было, как правило, кратковременным и могло рассматриваться как единый переходной процесс. Но было и еще одно обстоятельство, которое потребовало новых постановок задач, – это стоимость горючего, необходимого для движения ракеты. Проблема расчета траектории, обеспечивающей достижение цели управления с минимальными затратами топлива, сделалась уже в середине сороковых годов XX века одной из самых актуальных задач математической теории движения ракет. К этой проблематике было привлечено внимание большого количества математиков и инженеров. И в результате возникла новая научная дисциплина – теория оптимального управления.

Задачи, возникшие в теории летательных аппаратов, снабженных ракетными двигателями, значительно отличались от традиционных задач теории регулирования. Проблема динамики управляемого полета ракет в течение довольно продолжительного развивалась вне теории регулирования. Слияние этого направления с теорией регулирования, которое и привело к созданию теории управления, произошло в пятидесятые годы XX века.

В теории регулирования вопрос об отыскании программного управляемого движения обычно не возникал. Здесь решалась другая задача – построение оператора обратной связи, обеспечивающего заданный режим (заданной программное движение). Расчет программных траекторий превратился в большое и развитое направление теории управления. Работы Д.Е. Охоцимского, Т.М. Энеева, Л.И. Шатровского, Блекуэлла, Брайсона, Лейтмана и др. составили основу нового направления.

В конце сороковых и начале пятидесятых годов XX века и в классической теории регулирования начинают возникать вариационные постановки задач. Это были прежде всего задачи на *быстродействие*. Возникновение нового направления в теории регулирования обычно связывают с именем А.А. Фельдбаума, опубликовавшего в начале пятидесятых годов серию статей, посвященных проблемам быстродействия.

Выдающуюся роль в развитии теории оптимального управления сыграл Л.С. Понтрягин, который сформулировал *принцип максимума* [4], позволяющий с помощью множителей Лагранжа свести задачу оптимального управления к некоторой специальной краевой задаче для системы обыкновенных дифференциальных уравнений.

С увеличением сложности структуры объекта и выполняемых им функций становится все сложнее использовать классические методы управления. Вопросы управления и оптимизации в условиях неопределённости (информационных ограничениях) [5,6,7], а также дифференциальные игры приводят к моделям, описываемых *дифференциальными включениями* [8–11]. Одним из важных критериев управления системой в условиях неопределённости является негладкая *минимаксная задача управления*, для которой характерной особенностью является цель построения оптимального управления, гарантирующего определённое качество процесса [12].

5. Заключение. В настоящее время идеи оптимизации и методы теории оптимального управления глубоко проникли во все исследования прикладного характера, в конструкторские разработки и оказали определяющее внимание на развитие системного анализа. Проблема модернизации управления экономикой может быть разрешена в определенной степени с эффективным применением экономико-математических методов, развитием автоматизированных систем управления и широким внедрением современных средств вычислительной техники и информационных технологий. В заключение следует отметить, что в разрешении этих вопросов фундаментальное значение имеет развитие современной математической теории оптимизации процессами принятия решения, разработки качественных и конструктивных методов оптимального управления.

Литература

1. Певзнер Л.Д. Теория систем управления. М.: изд-во МГГУ, 2002.
2. Первозванский А.А. Курс теории автоматического управления. М.: Наука, 1986.
3. Зайцев Г.Ф. Теория автоматического управления и регулирования. Киев, Выща школа, 1988.
4. Афанасьев В.Н., Колмановский В.Б., Носов В.Р. Математическая теория конструирования систем управления. М.: Высшая школа, 1989.
5. Куржанский А. Б. Управление и наблюдение в условиях неопределённости. М: Наука, 1977 – 392 с.
6. Кейн В.Н. Оптимизация систем управления по минимаксному критерию. – М.: Наука, 1985. – 248 с.
7. Отакулов С., Мусаев А.О. О математических методах прогнозирования и принятия решения в условиях информационных ограничений. Collection of Scientific Works of the International Scientific Conference “ Modern Scientific Challenges and Trends”. Issue 4(26), Warsawa(Polska), 2020. pp. 187-190.
8. Половинкин Е.С. Многозначный анализ и дифференциальные включения. –М.: Физматлит, 2015. -253 с.
9. Otakulov S. On the minimization problem of reachable set estimation of control system. IFAC Workshop on Generalized Solution in Control Problems(GSCP-2004). Pereslavl-Zalesky, Russia, September 22-26, 2004. – p. 212-217.
10. Отакулов С. Задачи управления ансамблем траекторий дифференциальных включений. Монография. Lambert Academic Publishing, 2019. 144p.
11. Otakulov S., Rahimov B. Sh. Haydarov T.T. On the property of relative controllability for the model of dynamic system with mobile terminal set. AIP Conference Proceedings, 2022, 2432, 030062. -p. 1–5.
12. Отакулов С., Хайдаров Т.Т. Достаточные условия оптимальности в негладкой задаче управления для дифференциального включения. Тезисы докладов международной конференции “Control, optimization and dynamical systems–CODS-2019”. Андижан, октябрь 17-19, 2019. с.46-47.