Савчиц А.В.

Основы проектно-исследовательской деятельности

Волгоград

2017

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ВОЛЖСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

А.В. Савчиц

Основы проектно-исследовательской деятельности

Электронное учебное пособие

Волгоград

2017

УДК 658.52
С 137

Рецензенты:

Кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Автоматизация технологических процессов и производств» филиала ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г Волжском
Капля Е.В.;
кандидат технических наук, инженер первой категории ООО «Синергия»
Браганец С.А.

Издается по решению редакционно-издательского совета
Волгоградского государственного технического университета

Савчиц, А.В.

Основы проектно-исследовательской деятельности [Электронный ресурс]: учебное пособие/ А.В. Савчиц ; ВПИ (филиал) ВолгГТУ. – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 2,8 МБ). – Волгоград, 2017 г. - Режим доступа: http://lib.volpi.ru. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-9948-2706-2

Содержит сведения о методах и видах научной и проектной деятельности. Приведена их классификация.

Пособие рассчитано на студентов бакалавров дневной и вечерней формы обучения направления 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производство».

Библиограф. 9 назв.

ISBN 978-5-9948-2706-2

© Волгоградский государственный технический университет, 2017
© Волжский политехнический институт, 2017

Содержание

Введение 6
1 Методы исследований 7
1.1 Виды исследований 7
1.2 Методология теоретических исследований 8
1.3 Этапы проведения научных исследований 11
1.4 Математическая модель 16
1.4.1 Построение модели 16
1.4.2 Проведение эксперимента на модели 18
1.5 Разработка плана-программы эксперимента 20
1.6 Математическая обработка результатов эксперимента 22
1.6.1 Виды измерений и причины возникновения погрешностей измерения 23
1.6.2 Типы погрешностей измерения 24
1.7 Анализ и оформление научных исследований 25
1.7.1 Оформление заявки на участие в гранте 26
1.7.2 Оформление заявки на патент на изобретение 29
1.7.3 Подготовка научной публикации 33
1.7.4 Подготовка тезисов докладов на конференцию 34
1.7.5 Содержание отчета 36
2 Проектная деятельность 38
2.1 Классификация проектов 38
2.2 Жизненный цикл проекта 39
2.3 Структуризация процесса проектирования 42
2.4 Особенности проектной деятельности при разработке автоматизированных систем управления 46
2.4.1 Особенности объекта управления и управляющей системы 48
2.4.2 Основные этапы создания АСУ ТП 49

2.4.3 Системный подход к проектированию АСУ ТП..... 52
2.4.4 Общие принципы проектирования автоматизированных систем управления 55
2.4.5 Принципы выбора проектных решений..... 62
2.5 Методы организации проектирования 64
Библиографический список..... 72

Введение

Внедрение современных автоматизированных систем управления является средством повышения эффективности объектов, безопасности работы технологического оборудования, улучшение экологических показателей. Широкое применение для управления технологическими процессами микропроцессорной техники и промышленных компьютеров является стратегическим направлением развития и совершенствования средств автоматизации и систем управления, обеспечения их открытости и высокой надежности. Создание новых систем управления представляет собой сложный и продолжительный процесс, содержащий этапы исследования и проектирования автоматизированной системы управления, изготовления и комплектации составляющих ее элементов, монтажа, наладки и ввода системы в эксплуатацию.

Современное производство требует от специалистов умения самостоятельно ставить и решать различные принципиально новые технические задачи, чего нельзя сделать без овладения студентами основами научных исследований.

Современные автоматизированные системы управление, отражающие особенности и условия развития технологических производств, все в большей и большей мере нуждаются в исследовательском подходе. Опираясь на общие и частные методы исследований, инженер, научный сотрудник получает ответ на то, с чего нужно начинать исследования, как относиться к фактам, как обобщать их, каким путем идти от фактов к выводам.

Он способствует применению новейших средств автоматизации и современных достижений в области теории автоматического управления, тем самым повышая его инновационный потенциал и научность работы системы управления.

1 Методы исследований

Под **исследовательской деятельностью** понимают один из видов целенаправленной деятельности, отличающейся от других видов тем, что:

1) содержит творческую часть, которую можно назвать мысленным экспериментом с воображаемыми объектами;
2) устремлен на выяснение существенных характеристик явлений, процессов, которые в итоге выступают как важные обобщения в форме принципов, закономерностей и законов, знание которых обеспечивает господство человека в соответствующей области;
3) исследователь не имеет каких-либо алгоритмических предписаний успеха, нельзя также найти решение проблемы в литературе или выяснить это решение у своих коллег по науке;
4) исследователь поставлен в положение, когда он оказывается перед лицом сложности научной проблемы, испытывает объективную недостаточность информации, очевидную неопределенность направления поиска.

А созданные до него средства исследования не являются адекватными проблеме. Это противоречие – источник творческого состояния исследователя, в условиях которого разрабатывается гипотеза и методика научного поиска.

1.1 Виды исследований

Различают эмпирические и теоретические методы исследований.

Эмпирические методы исследования опираются на наблюдения и эксперимент.

Наблюдения – это метод познания, при котором объект (процесс) изучают без вмешательства в него, фиксируют, измеряют лишь свойства объ-

екта, характер его изменения от изменения влияющих факторов. Например, наблюдения за осадкой здания, сползание осыпи на косогорах, и др.

Эксперимент (инженерный эксперимент) – одно из направлений научных исследований.

Основа теории инженерного эксперимента: организация и проведение испытаний, анализ достоверности получаемых результатов, оценка влияния случайных факторов на ошибки отдельных измерений или результата эксперимента в целом, вопросы проектирования измерительных систем и планирования эксперимента, методы обработки данных и их анализ.

Теоретические исследования – аналитическое изучение и выявление причин, связей, зависимостей, позволяющих выявить поведение объекта исследования, определить и изучить его структуру, характеристику связей элементов и параметров объекта, на основе разработанных в науке основополагающих законов и методов познания. Теоретические исследования формируют так, чтобы можно было проверить их эмпирически.

Теоретические и экспериментальные исследования связаны, дополняют друг друга, позволяют лучше изучить исследуемые объекты, процессы.

1.2 Методология теоретических исследований

Процесс теоретических исследований содержит несколько этапов:

- выбор проблемы;
- знакомство с известными решениями;
- отказ от известных путей решение аналогичных задач, или уточнение путей решения;
- анализ различных вариантов решения задачи, моделей объекта исследования;
- аналитическое решение на основе выбранной модели объекта исследования.

Часто удачные решения возникают у специалистов смежных областей знаний, на которых не давит груз известных решений. Творческий процесс в исследовании представляет по существу резерв привычных представлений и взглядов - взгляд на явления с другой точки зрения.

Успех научного исследования зависит не только от научного кругозора, настойчивости и целеустремленности научного специалиста, но и от того, как он владеет методами и способами научных исследований.

Важную роль при проведении научных исследований играют *методы индукции и дедукции*.

Дедуктивный метод – это способ исследования, при котором частные положения, решения выводятся из общих закономерностей.

Индуктивный метод – это способ, при котором по частным фактам и явлениям получают, устанавливают общие принципы и законы.

При теоретических исследованиях используют как индукцию, так и дедукцию.

Большую роль в теоретических исследованиях играют *анализ и синтез:*

Анализ – способ проведения научного исследования, при котором сложное явление расчленяется на составные части и анализируется роль и влияние отдельных факторов.

Синтез – исследование явления в целом, на основе объединения влияния отдельных связанных между собой элементов, факторов в единое целое. Важно уметь выделить главное и отбросить второстепенное, не определяющее. Для этого применяют способ ранжирования, когда исключают все второстепенное, существенно не влияющее на исследуемое явление. В научных исследованиях широко применяют способ абстрагирования, отвлечение от второстепенных факторов с целью сосредоточения на важнейших особенностях изучаемого явления.

Необходимо выделить главное и затем глубоко исследовать процессы и явления. Информацию стремятся «сгустить» в некотором абстрактном понятии – *модель*. Под моделью понимают искусственную систему, отображающую основные свойства изучаемого объекта-оригинала.

Метод моделирования *(изучение явлений с помощью моделей)* – один из основных в современных исследованиях. Основой для моделирования является то, что единство природы обнаруживается в поразительной аналогичности дифференциальных уравнений, относящихся к разным областям явлений.

Различают *физическое и математическое моделирование.*

При физическом моделировании физика явлений в исследуемом объекте и модели и их математические зависимости (описание) одинаковы.

При математическом моделировании физика явлений может быть различной, а математические зависимости одинаковы.

Физические процессы можно исследовать ***аналитическими или экспериментальными методами.***

При построении моделей свойства и сам объект упрощают, отбрасывая второстепенное. Чем ближе модель к оригиналу, тем эффективнее исследование.

Аналитические методы исследования применяются для изучения непрерывно протекающих процессов в объекте, модели исследования. Математическая модель может быть представлена в виде функций, уравнений, системы уравнений, дифференциальных или интегральных уравнений. Составляются дифференциальные уравнения связи между переменными параметрами, характеризующими состояние объекта, записываются условия однозначности – граничные и начальные условия. Решаются системы дифференциальных уравнений, являющейся аналитической моде-

лью объекта. Анализируются и обобщаются полученные результаты. Такие модели содержат большое количество информации.

1.3 Этапы проведения научных исследований

Исследования проводят в определенной логической последовательности.

1-й этап. Формирование темы исследования.

Общее ознакомление с возникшей инженерной проблемой, информационный поиск по направлению исследования, ознакомление с результатами и методами исследования по возникшей проблеме, формирование темы и плана исследования.

На этом этапе устанавливается уровень ее разработанности, перспективность. Исследователь должен ясно осознавать и мотивировать потребности общества в знании по данной проблеме.

Главный вопрос первого этапа – проблемный аспект темы, без чего нельзя переходить к следующему этапу научной работы. Этот же первый шаг, если он сделан правильно, потенциально содержит в себе возможные успехи или неизбежные неудачи. Качество сформулированного проблемного аспекта избранной темы предопределит в значительной мере конечные результаты исследования.

Соотношение темы и проблемы – важный вопрос в методологии. Тема исследования не является частью проблемы.

2-й этап. Формирование цели и задачи исследования.

Изучение материалов обзора технической и научной литературы по возникшей проблеме**.** Анализ, сопоставление перерабатываемой информации, критическое изучение имеющейся информации. Формирование выводов по имеющимся материалам, целям и задачам исследования (какие во-

просы следует изучить, в каких диапазонах меняющихся факторов, какой информации недостает).

Цели исследования выступают как достижение неких новых состояний в каком-либо звене исследовательского процесса или как качественно новое состояние – результат преодоления противоречия между должным и сущим. Помимо формулирования общей цели формируются частные, промежуточные цели. Промежуточные цели могут выступать и как препятствия, которые должны быть устранены, и как желанная иерархия работ (общих или индивидуальных). Цели исследования должны конкретно формулироваться и находить свое выражение в описании того прогнозирующего состояния, в котором желательно видеть объект исследования в соответствии с социальным заказом. Цель исследования есть всегда описание проектируемого нормативного результата, вписанного в контекст связей более общей системы.

3-й этап. Теоретические исследования.

Аналитическое исследование. Формируется гипотеза связи параметров объекта, выбор и обоснование модели. Математически описывается модель объекта. Получение аналитических зависимостей параметров объекта, анализ полученных результатов.

Гипотеза исследования становится прообразом будущей теории в том случае, если последующим ходом работы она будет подтверждена. Поэтому при разработке гипотезы исследователь должен иметь в виду основные функции научной теории.

Поскольку речь идет о построении гипотезы как теоретической конструкции, истинность которой должна быть доказана экспериментально или массовым, организованным, контролируемым опытом, она уже в качестве проекта должна выполнять соответствующие функции в границах

предмета исследования – описательную, объяснительную, прогностическую.

Удовлетворяя этим требованиям, гипотеза описывает структурную композицию предмета исследования как проявления качества единства целого. Тем самым в руки исследователя даются средства и методы управления процессом экспериментального преобразования действительности, гипотеза прогнозирует конечные результаты преобразования и долговременность их существования.

4-й этап. Экспериментальные исследования.

Формирование цели и задачи эксперимента, какие данные теоретических исследований нужно проверить, дополнить, уточнить. Планирование эксперимента (что нужно исследовать, в какой последовательности, при каком сочетании влияющих факторов, в каких пределах изменения параметров, в каком объеме, с какой точностью). Разработка методики программы исследований. Выбор средств измерений, конструирование модели объекта, стенда, экспериментальных установок и недостающих средств измерения. Обоснование способа измерения. Проведение экспериментов. Обработка результатов эксперимента.

Организация и проведение эксперимента начинается с испытательной проверки экспериментальной документации: исследовательских методик, вопросников, анкет, программ бесед, таблиц или матриц для регистрации и накопления данных. Назначение такой проверки – внести возможные уточнения, изменения в документацию, отсечь излишества по сбору фактических данных, которые впоследствии окажутся обременительными, отнимающими время и отвлекающими внимание от центральных вопросов проблемы.

Экспериментальный процесс – наиболее трудоемкая, напряженная, динамичная часть научного исследования, остановить который невозможно; эксперимент не допускает каких-либо незапланированных пауз.

В процессе эксперимента исследователь обязан:

1) непрерывно поддерживать условия, обеспечивающие неизменность темпа и ритма протекания эксперимента, сходство и различие экспериментальных и контрольных групп;
2) варьировать и дозировать управляемые условия и интенсивность факторов, оказывающих направленное влияние на конечные результаты, подлежащие сопоставлению;
3) систематически оценивать, измерять, классифицировать и регистрировать частоту и интенсивность текущих событий экспериментального процесса, включая такие его моменты, когда объект исследования приобретает устойчивые запланированные характеристики;
4) параллельно эксперименту вести систематическую первичную обработку фактического материала с тем, чтобы сохранить его свежесть и достоверность деталей, не допустить наслоения на него последующих впечатлений и интерпретаций.

5-й этап. Анализ и оформление результатов научного исследования.

Общий анализ теоретическо-экспериментальных исследований, сопоставление экспериментальных и теоретических результатов исследования. Анализ расхождения полученных и имеющихся результатов других исследований. Уточнение используемой теоретической модели, результатов исследований и выводов. Проведение дополнительных экспериментов (при необходимости). Превращение примененной гипотезы в теорию. Формирование выводов и оформление отчета по проведенному исследованию,

получение рецензий от других специалистов, работающих в данном направлении, которые подтверждают правильность методики проведения исследований и достоверность полученных результатов. Составление докладов и публикаций по полученным результатам.

Накопленный достаточный фактический материал, частично уже систематизированный в процессе эксперимента, переходит во внутреннюю лабораторию ученого, в которой логические и формализованные методы исследования экспериментального материала приобретают первостепенное значение. Фактический материал подвергается квалификации по разным основаниям, формируются статистические последовательности, полигоны распределения, обнаруживаются тенденции развития стабильности, скачков в формировании качеств объекта экспериментального воздействия и исследования. Индуктивные и дедуктивные обобщения фактического материала строятся в соответствии с требованиями репрезентативности, валидности и релевантности.

На основе объективно познанных закономерностей проводятся:

- ретроспективная ревизия выдвинутой гипотезы с целью перевода ее в ранг теории в той ее части, в которой она оказалась состоятельной;
- формулирование общих и частных следствий в этой теории, допускающих контрольную ее проверку и воспроизведение экспериментального эффекта в иное время и в ином месте другими исследователями, но при строгом соблюдении ими условий эксперимента;
- оценка адекватности методов исследования и исходных теоретических концепций с целью приращения и совершенствования методологического знания и включения его в общую систему методологии науки;

- разработка прикладной части теории, адресуемой каким-либо категориям потребителей или уровням практики.

Рекомендации должны разрабатываться исключительно в такой форме, в которой их в состоянии потребить практика.

6-й этап. Внедрение результатов исследований и оценка их экономической эффективности.

1.4 Математическая модель

Использование математических моделей является одним из основных методов научных исследований.

1.4.1 Построение модели

Подготовительный этап. При его проведении уточняется поставленная задача: что дано и что требуется получить в результате исследования. Формулируется цель исследования. Проводится осмысление всех этапов достижения цели.

Содержательное описание исследуемого объекта. Этот этап является одним из основных. Объект описывается с позиций системного подхода. В полной мере реализуется вся совокупность методологических установок этого подхода. Описание исследуемого объекта ведется на естественном языке. В результате получают концептуальную модель. Эта модель должна быть ориентирована на выявление определенных свойств объекта-прототипа и показателей эффективности в соответствии с целями исследования. При разработке концептуальной модели необходимо обосновать то, что должно войти в нее, и то, что может быть отброшено без существенных искажений результатов моделирования.

Формализация содержательного описания. На данном этапе моделируемый объект описывается в терминах известной формальной теории,

которая отражает основные аспекты содержательного описания процесса его функционирования. Формальная модель должна быть лишена избыточности и неопределенности концептуальной модели. Выделяются управляемые и неуправляемые параметры моделируемого объекта, проводится исключение несущественных параметров. Устанавливаются необходимые ограничения. Выбранные показатели эффективности связываются с управляемыми и неуправляемыми параметрами.

Выбор метода моделирования. Для построения моделей можно использовать как аналитические, так и статистические методы. Однако с помощью аналитических методов возможно исследование только простых систем. Анализ сложных систем возможен при использовании метода имитационного моделирования, причем снятие ограничений и усложнение исходного объекта компенсируется ресурсными затратами на проведение машинных экспериментов. Поэтому выбор метода моделирования должен быть всесторонне обоснован.

Разработка моделирующего алгоритма. На этом этапе проводится описание динамики функционирования формальной модели в виде последовательности действий. Алгоритм должен полностью отражать процесс функционирования исследуемого объекта с учетом наложенных ограничений и принятых допущений

Выбор инструментальных средств. Здесь проявляются два аспекта задачи выбора. Первый связан с выбором вычислительной среды, а второй – с выбором среды моделирования (средств построения машинной модели). Определяющим является выбор собственно среды моделирования.

Программная реализация модели. При выполнении названного этапа моделирующий алгоритм описывается средствами выбранных лингвистических средств, после чего проводится отладка полученной программы на ЭВМ. Одновременно идет подготовка исходных данных для работы с про-

граммой. Исходные данные должны быть близкими к реальным, чтобы позволить оценить, насколько правильно функционирует модель.

Оценка адекватности модели. На данном этапе осуществляется проверка того, насколько разработанная модель равнозначна объекту-прототипу, а значит и пригодна к использованию. Возможны следующие способы оценки адекватности. Первый состоит в сравнении выходных показателей, полученных на модели, с результатами функционирования реального объекта при одинаковых входных воздействиях. Второй способ заключается в поиске ранее разработанных моделей-аналогов, адекватность которых доказана практикой. Если результаты моделирования не противоречат известным, то принимается решение о пригодности модели к эксплуатации. Наконец, третий способ предусматривает проверку разумности результатов моделирования. Модель проверяется по следующим признакам: все ли существенные параметры отражены и нет ли несущественных параметров, правильно ли отражены функциональные связи, правильно ли определены ограничения на параметры? Осуществляется логический анализ преобразований от входа модели к выходу. Проверяется непротиворечивость результатов моделирования здравому смыслу и общепринятым положениям. По результатам рассматриваемого этапа принимается решение об использовании модели и/или ее корректировке. В последнем случае возможен возврат к любому из ранее описанных этапов в зависимости от того, на каком из них допущен просчет.

1.4.2 Проведение эксперимента на модели

Осуществлению эксперимента с разработанной моделью предшествует его подготовка или планирование. Эксперименты следует проводить по заранее составленному плану. Существенную важность приобретают вопросы планирования при использовании метода имитационного модели-

рования. Это обусловлено большим числом сочетаний значений управляемых параметров, а каждый прогон модели проводится при определенном сочетании значений параметров.

Тактическое планирование эксперимента. Предпринимается с целью дальнейшего снижения затрат машинного времени при проведении исследований на имитационных моделях при обеспечении достоверности результатов исследований. На этом этапе проводится решение задачи определения необходимого числа реализаций при одном прогоне модели и задачи уменьшения ошибок, обусловленных начальным состоянием модели, отличным от стационарного.

Первый метод приводит к значительному увеличению периода модельных исследований. Второй требует разработки дополнительных аналитических моделей, не лишенных жестких ограничений. Результаты аналитического моделирования используются для установления в имитационной модели параметров стационарного режима. Третий метод основан на знании длительности переходного режима, а это также требует предварительных исследований.

В практической деятельности результаты моделирования используются для принятия решения о работоспособности объекта-прототипа, для выбора варианта объекта, предполагаемого к реализации, или для оптимизации объекта. Решение о работоспособности принимается в зависимости от того, укладываются ли исследуемые параметры в установленные границы при любых допустимых значениях входных переменных. Наилучшим из всех работоспособных вариантов считается тот, у которого значение выбранного критерия эффективности максимально. Наиболее общей и сложной является оптимизация исследуемого объекта: требуется найти такое сочетание его параметров или рабочей нагрузки из множества допустимых, которое максимизирует значение критерия эффективности.

1.5 Разработка плана-программы эксперимента

Экспериментальные методы позволяют глубоко изучить процессы в пределах точности техники эксперимента и сконцентрировать внимание на тех параметрах процесса, которые представляют наибольший интерес. Экспериментальные методы позволяют установить частные зависимости между отдельными переменными в строго определенных пределах их измерения (в пределах диапазона изменения переменных в экспериментах).

Достоинствами эксперимента по сравнению с наблюдением является следующее.

1. Возможность изучения в «чистом виде», без влияния побочных факторов, искажающих основной процесс.

2. Возможность получить результат более быстро и точно.

3. Возможность проводить испытания столько раз, сколько это необходимо.

4. Меньшие затраты, как временные, так и материальные, на процесс получения новых знаний.

Но поскольку эксперимент проводится с реальными материалами на реальных установках (приборах) и реальными людьми, то результат эксперимента или измерения всегда содержит некоторую погрешность, которую необходимо оценить качественно и количественно.

Аналитические и экспериментальные методы дополняют друг друга.

Наиболее сложной проблемой является правильная формулировка вопросов, связанных с построением плана эксперимента. Разработка плана-программы эксперимента включает в себя выбор варьируемых факторов, переменных, характеризующих объект исследования. Устанавливаются основные и второстепенные характеристики, влияющие на исследуемый процесс. Все эти переменные классифицируют по убывающей важности, степени влияния на процесс. Выбирают переменные, наиболее существен-

но влияющие на процесс. Планируют диапазон и шаг изменения этих переменных при проведении исследований.

Каждый исследователь стремится сделать эксперимент более дешевым, уменьшить число переменных в любом эксперименте, поскольку это ускоряет его работу и делает ее более экономичной. Вначале необходимо составить план проведения эксперимента. В процессе его проведения осуществляется наладка экспериментальной системы, обнаружение неполадок, формируются требования к точности измерений. С этой задачей непосредственно связана проверка приемлемости, точности получаемых результатов.

В процессе любого эксперимента необходимо анализировать получаемые результаты и давать их интерпретацию, получить аналитические зависимости, удобные для дальнейшего использования.

Инженерные эксперименты классифицируются по различным признакам: по числу переменных, влиянию внешних переменных, характеру взаимодействия этих переменных и т.д. Эксперименты могут отличаться друг от друга, но фактически планирование, проведение и анализ всех экспериментов осуществляется в одинаковой последовательности. Каким бы сложным ни был тот или иной эксперимент, представляемые результаты эксперимента по форме мало отличаются (хотя могут отличаться по качеству) от обычных отчетов по лабораторным работам, выполняемым в институте по таким темам, как исследование гидравлического сопротивления труб, теплопередачи в теплообменнике и т.п.

Каким бы сложным эксперимент ни казался, он заканчивается представлением результатов, формулировкой выводов и выдачей рекомендаций в виде графиков или кривых, математических формул или номограмм, таблиц, статистических данных.

Статистические показатели могут давать информацию обо всей совокупности данных и об изменчивости отдельных элементов совокупности, достоверности, точности получаемых данных, доверительном интервале получаемых результатов.

В процессе инженерного эксперимента необходимо подумать о последовательности и шаге изменений переменных, о шаге варьирования переменной в интервале измеряемых значений, о выполнении повторных измерений, когда точность полученных результатов сомнительна, и даже о выборе самих переменных.

1.6 Математическая обработка результатов эксперимента

Целью любого эксперимента является определение качественных и количественных характеристик объекта или процесса, а также качественной и количественной связи между исследуемыми величинами.

Математическая обработка результатов измерений в некоторых случаях вид зависимости между переменными величинами известен по результатам теоретических исследований. Как правило, формулы, выражающие эти зависимости, содержат некоторые постоянные, значения которых необходимо определить из опыта.

Другим типом задачи является определение неизвестной функциональной связи между переменными величинами на основе данных эксперимента. Такие зависимости называют эмпирическими. Однозначно определить неизвестную функциональную зависимость между переменными невозможно даже в том случае, если бы результаты эксперимента не имели ошибок. Тем более не следует этого ожидать, имея результаты эксперимента, содержащие различные ошибки измерения.

Поэтому следует четко понимать, что целью математической обработки результатов эксперимента является не только нахождение истинного характера зависимости между переменными или абсолютного значения какой-либо величины, но и представление результатов наблюдений в наиболее простом виде с оценкой возможной погрешности.

1.6.1 Виды измерений и причины возникновения погрешностей измерения

Под измерением понимают сравнение измеряемой величины с другой величиной, принятой за единицу измерения. Различают два типа измерений: прямые и косвенные. При ***прямом*** измерении измеряемая величина сравнивается непосредственно со своей единицей меры. Значение измеряемой величины отсчитывается при этом по соответствующей шкале прибора. При ***косвенном*** измерении измеряемая величина вычисляется по результатам измерений других величин, которые связаны с измеряемой величиной определенной функциональной зависимостью.

При измерении любой физической величины производят проверку и установку соответствующего прибора, наблюдение их показаний и отсчет. При этом никогда истинного значения измеряемой величины не получить. Это объясняется тем, что измерительные средства основаны на определенном методе измерения, точность которого конечна. При изготовлении прибора задается класс точности. Его погрешность определяется точностью делений шкалы прибора.

Аналогично происходит измерение и при использовании других измерительных средств. Кроме приборной погрешности на результат измерения влияет еще ряд объективных и субъективных причин, обуславливающих появление погрешности измерения – разности между результатом измерения и истинным значением измеряемой величины. Погрешность измерения обычно неизвестна, как неизвестно и истинное значение изме-

ряемой величины. Исключение составляют измерения известных величин при определении точности измерительных приборов или их калибровке. Поэтому одной из важнейших задач математической обработки результатов эксперимента и является оценка истинного значения измеряемой величины по данным эксперимента с возможно меньшей погрешностью.

1.6.2 Типы погрешностей измерения

Кроме приборной погрешности измерения (определяемой методом измерения), существуют и другие, которые можно разделить на три типа.

1. Систематические погрешности обуславливаются постоянно действующими факторами. Например, смещение начальной точки отсчета, влияние нагревания тел на их удлинение, влияние температуры на плотность жидкости и т. п. Систематические погрешности выявляют при соответствующей калибровке приборов, и потому они могут быть учтены при обработке результатов измерений.
2. Случайные погрешности содержат в своей основе много различных причин, каждая из которых не проявляет себя отчетливо. Случайную погрешность можно рассматривать как суммарный эффект действия многих факторов. Поэтому случайные погрешности при многократных измерениях получаются различными как по величине, так и по знаку. Их невозможно учесть как систематические, но можно учесть их влияние на оценку истинного значения измеряемой величины. Анализ случайных погрешностей является важнейшим разделом математической обработки экспериментальных данных.
3. Грубые погрешности (промахи) появляются вследствие неправильного отсчета по шкале, неправильной записи, неверной

установки условий эксперимента, резкого изменения условий окружающей среды и т. п. Они легко выявляются при повторном проведении опытов или в ходе математической обработки результатов измерений. Их необходимо выявить, и их влияние на результат измерения устранить. Количественно погрешности разделяются на абсолютные и относительные.

Абсолютная погрешность Δx определяется как разность между измеренным значением физической величины и истинным ее значением X:

$$\Delta x = |x - X|.$$

Она выражается в единицах измеряемой величины.

Относительная погрешность δ определяется отношением абсолютной погрешности Δx к истинному значению $\boldsymbol{X}$ измеряемой величины и выражается в процентах или долях единицы:

$$\delta = \pm \frac{\Delta x}{X} \cdot 100\%.$$

1.7 Анализ и оформление научных исследований

По результатам эксперимента проводится совместный анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований, сопоставление расчетов по выдвинутой рабочей гипотезе с опытными данными проведенного эксперимента. Теоретические и экспериментальные данные сравниваются методом сопоставления соответствующими графиками исследуемых зависимостей. Критериями оценки работоспособности выдвинутой рабочей гипотезы могут быть минимальные, средние и максимальные отклонения экспериментальных данных от данных, полученных теоретическим расчетом на основе рабочей гипотезы.

Возможны три варианта сравнения результатов.

1. Получено полное или достаточно близкое совпадение. Рабочая гипотеза становится доказанным теоретическим положением;
2. Экспериментальные данные лишь частично подтверждают положения рабочей гипотезы, в той или иной части допущений противоречат ей. В этом случае рабочую гипотезу корректируют, изменяют и перерабатывают так, чтобы она наиболее полно соответствовала полученным экспериментальным данным;
3. Рабочая гипотеза не подтверждается экспериментальными данными. Тогда ее критически анализируют и полностью пересматривают.

1.7.1 Оформление заявки на участие в гранте

Проблема поиска благотворительных фондов для получения грантов на научные исследования, обучение, поездки на международные конференции и т.д. в настоящее время стала важной для различных категорий ученых, работников образования, а также аспирантов и студентов. Весь комплекс мероприятий от поиска потенциального донора, заинтересованного в реализации проекта, до подготовки заявок, их прохождения в фондах и получения средств в международной практике называется фандрайзингом (fundrising).

Несмотря на большое количество информации о различных фондах, стипендиях и т.д. в сети Internet, специализированных изданиях (например, газете "Поиск"), эта проблема является актуальной в связи с тем, что, во-первых, довольно трудно среди множества грантодаюших организаций найти такую, чьи цели и задачи совпадают с Вашими; во-вторых, непросто составить заявку на получение гранта таким образом, чтобы идея показалась привлекательной экспертам фонда и заслуживающей в дальнейшем ее финансирования.

В мире существует острая конкуренция за благотворительные источники помощи, и чтобы не потратить силы впустую и иметь все шансы на успех необходимо не только грамотно оформить заявку, но и выигрышно описать проект грантодателю (донору) так, чтобы он захотел оказать поддержку именно Вам и Вашему проекту. При этом существенную роль играют как профессиональный, так и психологический аспекты.

Прежде чем обращаться в фонд за поддержкой проекта, следует иметь информацию об основных особенностях фондов с учетом области их приоритетов и ясно представлять, на какую форму поддержки может рассчитывать научная группа или отдельные ученые.

В роли доноров могут выступать государственные учреждения разных стран, международные организации, частные благотворительные фонды, коммерческие структуры, религиозные, научные и другие общественные некоммерческие организации, а также частные лица.

Каждая заявка состоит из следующих разделов.

- Титульный лист.
- Краткая аннотация.
- Введение.
- Сведения об исполнителях проекта.
- Современное состояние исследований в данной области.
- Цели и задачи проекта.
- Описание проекта.
- Используемая методология, материалы и методы исследований.
- Перечень мероприятий, необходимых для достижения поставленных целей.
- План и технология выполнения каждого мероприятия.
- Условия, в которых будет выполняться проект.

- Механизм реализации проекта в целом.
- Ожидаемые результаты.
- Научный, педагогический или иной выход проекта.
- Публикации, которые будут сделаны в ходе выполнения проекта.
- Возможность использования результатов проекта в других организациях, университетах, на местном и федеральном уровнях.
- Краткосрочные и долгосрочные перспективы от использования результатов.
- Организация выполнения проекта.
- Имеющийся у коллектива научный задел.
- Методы контроля и оценка результатов.
- Перечень исполнителей с точным указанием видов их деятельности при выполнении проекта.
- Необходимые ресурсы.
- Перечень оборудования, офисной техники, расходных и иных материалов, необходимых для выполнения проекта.
- Командировки, связанные с деятельностью по проекту.
- Бюджет.
- Календарный план работ.
- Приложения.
- Отчет о получении гранта.

Обращение в благотворительные фонды помогает молодым ученым не только овладевать новыми техническими навыками, но и в определенной степени пересматривать представления о значимости и специфике своей научно-исследовательской работы.

1.7.2 Оформление заявки на патент на изобретение

Для поиска и ознакомления с имеющимися в интересующей области изобретениями можно использовать сайт Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам (Роспатент).

Данная служба является федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным предоставлять, регистрировать и поддерживать на территории России права на изобретения и полезные модели, промышленные образцы, товарные знаки, знаки обслуживания, наименования мест происхождения товаров, а также осуществлять регистрацию программ для ЭВМ, баз данных и топологий интегральных микросхем. На указанном сайте также можно ознакомиться с нормативными документами и другой информацией в области авторского права и смежных прав.

Изобретение признается патентоспособным и ему предоставляется правовая охрана, если оно является новым, имеет изобретательский уровень и промышленно применимо.

Изобретение является новым, если оно неизвестно из уровня мировой техники. Уровень техники определяется по всем видам сведений, общедоступных в любых странах до даты приоритета изобретения.

Заявляемое решение соответствует критерию "новизна", если до даты приоритета заявки сущность этого или тождественного решения не была раскрыта для неопределенного круга лиц мировыми информационными системами настолько, что стало возможным его осуществление.

Изобретение имеет изобретательский уровень, если оно для специалиста явным образом не следует из уровня техники. Соответствие заявляемого решения критерию "изобретательского уровня" проверяется в отношении совокупности его существенных признаков. Существенными признаками изобретения называются такие, каждый из которых, отдельно взятый, необходим, а вместе взятые достаточны для того, чтобы отличить

данный объект изобретения от всех других, и отсутствие которого в совокупности существенных признаков не позволяет получать положительный эффект.

Изобретение является промышленно применимым, если оно может быть использовано в промышленности, сельском хозяйстве, здравоохранении и других отраслях хозяйства.

Установление соответствия заявленного изобретения требованию промышленной применимости включат проверку выполнения следующей совокупности условий:

1. Объект заявленного изобретения относится к конкретной отрасли и предназначен для использования в ней;
2. Подтверждена возможность его осуществления с помощью описанных в заявке средств и методов;
3. Показано обеспечение достижения усматриваемого заявителем технического результата.

Объектами изобретения могут быть: способ, вещество, устройство, а также применение известного ранее изобретения по новому назначению, группа изобретений (например, способ и вещество) или дополнительное изобретение.

К способам, как объектам изобретения, относятся процессы выполнения действий над материальными объектами и с помощью материальных объектов.

К веществам, как объектам изобретения, относятся индивидуальные соединения, композиции (составы, смеси).

К устройствам, как объектам изобретения, относятся конструкции и изделия.

К применению известных объектов по новому назначению, как объектам изобретения, относятся применение известного способа, устройства, вещества по новому назначению.

К дополнительному изобретению, как объекту изобретения, относится рассмотрение частных решений другого (основного) изобретения.

1.7.2.1 Виды изобретений

Кроме классификации изобретений по основному признаку (объекту), изобретения подразделяются на основные и дополнительные, на один объект и группу изобретений в одной заявке.

Структура описания изобретения

Описание изобретения является основным документом, отражающим техническую сущность созданного изобретения. Оно содержит достаточную информацию для дальнейшей разработки (конструкторской или технологической) объекта изобретения или его непосредственного использования и аргументированные доказательства соответствия заявленного решения критериям изобретения (наличие технического решения задачи, новизны, изобретательского уровня). Каждый из признаков необходим, а все вместе взятые достаточны для установления факта соответствия технического решения понятию "изобретение".

Описание изобретения имеет следующие разделы:

- название изобретения и класс международной патентной классификации (МПК), к которому оно относится;
- область техники, к которой относится изобретение и преимущественная область использования изобретения;
- характеристика аналогов изобретения;
- характеристика прототипа выбранного заявителем;

- критика прототипа;
- технический результат (цель) изобретения;
- сущность изобретения и его отличительные (от прототипа) признаки;
- перечень фигур (графических изображений), если они необходимы;
- примеры конкретного выполнения;
- технико-экономическая или другая эффективность;
- формула изобретения;
- источники информации, принятые во внимание при составлении описания изобретения.

1.7.2.2 Характеристика разделов описания изобретения

Аналог изобретения – объект того же назначения, что и заявленный, сходный с ним по технической сущности и результату, достигаемому при его использовании.

Прототип – наиболее близкий к заявляемому изобретению аналог по технической сущности и по достигаемому результату при его использовании.

Технический результат – это ожидаемый от использования изобретения положительный эффект.

Формула изобретения – это составленная по установленным правилам краткая словесная характеристика, выражающая техническую сущность изобретения. По своей структуре формула изобретения состоит из части, содержащей признаки, общие для заявляемого решения и прототипа, а также отличительной части, включающей признаки, отличающие заявленное решение от прототипа. По действующим в России правилам указанные части формулы разделены словами "отличающаяся тем, что...".

1.7.3 Подготовка научной публикации

Результаты проведенных научных исследований могут быть представлены в виде устного доклада на собрании сотрудников или конференциях, письменного отчета, статьи в журнале, диссертации, монографии.

Обычно они появляются в указанном порядке.

Самым распространенным видом научных публикаций являются тезисы докладов и выступлений. Это изложенные в краткой форме оригинальные научные идеи по выбранной автором теме. Более значимые научные результаты, которые требуют развернутой аргументации, публикуются в форме научной статьи.

Выбор места публикации является важным вопросом для автора. Прежде всего, такой выбор зависит от того, насколько узкой теме посвящена статья. Важен и тип статьи: существуют журналы и конференции теоретические по своему характеру или прикладные. Наиболее предпочтительными и значимыми для молодых ученых являются публикации, прошедшие рецензирование, а также опубликованные в изданиях, рекомендуемых ВАКом.

При выборе темы публикации важно учесть тематику издания (журнала, сборника), для которого Вы готовите свою статью, имеющийся у Вас, как автора, "задел" по данной тематике и наличие собственных творческих идей. В процессе подготовки стоит изучить опубликованные по данной тематике материалы, которые могут оказаться полезными в Вашей работе. Работа может быть посвящена предложению нового подхода или метода решения актуальной задачи, необычному аспекту рассмотрения известной задачи и т.д. Тема научной публикации должна быть очень конкретной, сосредоточенной на особенностях рассматриваемого явления, его влиянии на другие события и явления, сравнении и т.п.

1.7.4 Подготовка тезисов докладов на конференцию

Научные конференции периодически проводятся в вузе, где учится магистрант, а также в других вузах и организациях, имеющих отношение к науке. Нужно только внимательно следить за информацией о них. В таких условиях тезисы докладов – это наиболее доступные научные труды для молодых ученых.

Основное преимущество тезисов докладов и выступлений – это краткость, которая одновременно является и основным требованием, предъявляемым к ним. Обычно объем тезисов, представляемых к публикации, составляет от одной до пяти страниц компьютерного текста (на стандартных листах формата А4, кегль 14).

Другим требованием является информативность. Для наглядности тезисы могут быть снабжены цифровыми материалами, графиками, таблицами. Основные положения исследования должны излагаться четко и лаконично.

Структуру тезисов можно представить следующим образом:

1. Введение: постановка научной проблемы (1 - 3 предложения), обоснование актуальности ее решения (1- 3 предложения);
2. Основная часть: основные пути решения рассматриваемой проблемы, методы, результаты решения;
3. Заключение или выводы (1 - 3 предложения).

Научная статья должна представлять собой законченную и логически цельную публикацию, посвященную конкретной проблеме, как правило, входящей в круг проблем, связанных с темой исследования, в котором участвовал автор.

Цель статьи – дополнить существующее научное знание, поэтому статья должна стать продолжением исследований. Объем статьи превышает

объем тезисов и составляет примерно 3-20 страниц в зависимости от условий опубликования.

Статья должна быть структурирована также как и тезисы.

Каждая статья должна содержать обоснование актуальности ставящейся задачи (проблемы). Освещение актуальности не должно быть излишне многословным. Главное показать суть проблемной ситуации, нуждающейся в изучении. Актуальность публикации определяется тем, насколько автор знаком с имеющимися работами.

Необходимо дать четкое определение той задачи или проблемы, которой посвящена данная публикация, а также процессов или явлений, которые породили проблемную ситуацию.

Публикация может быть посвящена исключительно постановке новой актуальной научной задачи, которая еще только требует своего решения, но большую ценность работе придает предложенный автором метод решения поставленной задачи (проблемы). Это может быть принципиально новый метод, разработанный автором, или известный метод, который ранее не использовался в данной области исследований.

Следует перечислить все рассмотренные методы, провести их сравнительный анализ и обосновать выбор одного из них.

Представление информации следует делать максимально наглядным. Для того чтобы сделать цифровой материал, а также доказательства и обоснование выдвигаемых положений, выводов и рекомендаций более наглядными следует использовать особые формы подачи информации: схемы, таблицы, графики, диаграммы и т.п.

Необходимо четко пояснять используемые обозначения, а также давать определение специальным терминам, используемым в публикации. Даже термины, которые (по мнению автора) понятны без пояснений, желательно

оговорить словами "... понимаются в общепринятом смысле" и дать ссылку на соответствующие источники.

В заключительной части работы следует показать, в чем состоит научная новизна содержания работы, иными словами, то новое и существенное, что составляет научную и практическую ценность данной работы. Статья обязательно должна завершаться четко сформулированными выводами. Каждый вывод в научной работе должен быть обоснован определенным методом. Например, логическим, статистическим или математическим.

Стиль изложения научной работы может быть различным. Различают стиль научный, отличающийся использованием специальной терминологии, строгостью и деловитостью изложения; стиль научно-популярный, где весьма существенную роль играют доступность и занимательность изложения.

Однако это разделение условно. Нужно стремиться к тому, чтобы сочетать строгость научного анализа, конструктивность и конкретность установок с популярным раскрытием живого опыта. Сохраняя строгость научного стиля, полезно обогащать его элементами, присущими другим стилям, добиваться выразительности речевых средств (экспрессии).

Необходимо избегать наукообразности, игры в эрудицию. Приведение массы ссылок, злоупотребление специальной терминологией затрудняет понимание мыслей исследователя, делают изложение излишне сложным.

1.7.5 Содержание отчета

Текст отчета должен включать следующие основные структурные элементы:

1. Титульный лист.
2. Индивидуальный план научно-исследовательской работы.

3. Введение, в котором указываются:
   - цель, задачи, место, дата начала и продолжительность работы;
   - перечень основных работ и заданий, выполненных в процессе работы.
4. Основная часть, содержащая:
   - анализ и систематизацию научно-технической информации по теме исследования, выбор методики и средств решения задачи;
   - разработку математических моделей исследуемых процессов и изделий;
   - разработку методики проектирования новых процессов и изделий;
   - разработку методик автоматизации принятия решений;
   - организацию проведения экспериментов и испытаний, анализ их результатов.
5. Заключение, включающее:
   - описание навыков и умений, приобретенных в процессе работы;
   - анализ возможности внедрения результатов исследования, их использования для разработки нового или усовершенствованного продукта или технологии;
   - сведения о возможности патентования и участия в научных конкурсах, инновационных проектах, грантах; апробации результатов исследования на конференциях, семинарах и т.п.;
   - индивидуальные выводы о практической значимости проведенного исследования для написания магистерской диссертации.
6. Список использованных источников.

2 Проектная деятельность

2.1 Классификация проектов

В зависимости от доминирующего вида деятельности и преобладающих методов выделяют следующие типы проектов: исследовательские, информационные (ознакомительно-ориентировочные), прикладные (практико-ориентированные), методические, смешанные.

Исследовательские – полностью подчинены логике исследования и имеют структуру, приближенную или полностью совпадающую с научным исследованием. Значение подготовки научно-исследовательских проектов состоит в овладении студентами умением видеть, анализировать и формулировать проблему, обобщать информацию, выделять главное, ставить

Информационный проект направлен на сбор и анализ информации о каком-то объекте, явлении; предполагается ознакомление участников проекта с этой информацией, ее анализ и обобщение фактов. Информационный проект требует хорошо продуманной структуры, а также возможности систематической коррекции по ходу работы. По значимости информационный проект близок к исследовательскому и нередко становится его органичной частью.

Практико-ориентированный (прикладной) проект отличает четко обозначенный результат деятельности. Требует тщательно продуманной структуры с определением функций каждого из участников. Важна организация и координация работы, поэтапные обсуждения.

Методические проекты ориентированы на решение задач обучения и развития обучающихся средствами предметного содержания; конкретной задачи учебного процесса.

Смешанные/комплексные проекты сочетают в себе несколько видов, поэтому, разрабатывая тот или иной проект, надо иметь в виду признаки и характерные особенности каждого из них. При определении типа проекта выделяется доминирующий аспект.

Проектную деятельность можно рассматривать как совместную учебно-познавательную, исследовательскую, творческую деятельность студентов и преподавателей, имеющую общую цель, согласованные методы, способы деятельности, направленную на достижение общего результата по решению какой-либо проблемы, значимой для участников проекта.

По особенностям финансирования проекты могут быть **инвестиционны**е (основной мотив инвестора – получение прибыли), **спонсорские** (спонсор предоставляет средства на поддержку проекта, если проект помогает его рекламировать или формировать образ фирмы), **кредитные** (получение финансовых средств возможно только при условии предоставления гарантий кредитному учреждению, поэтому кредитный проект предполагает развернутое финансово-экономическое обоснование), **бюджетные** (источники финансирования – бюджеты различных уровней), **благотворительные** (как правило, это бездоходные и затратные проекты, финансирование таких проектов имеет форму меценатства, грантовую форму).

2.2 Жизненный цикл проекта

Проект имеет четко определенное начальное и конечное значение момента времени. При этом проект имеет строго определенную временную протяженность, ограниченную договором, объективными рыночными условиями или требованиями заказчика.

В целом к основным стадиям жизненного цикла проекта относятся:

1. Предпроектная стадия – системный анализ, научные исследования, обоснование идеи и ее инновационности.
2. Проектная стадия, ориентированная на создание проектной документации и промышленное освоение изделия (если предполагается):
   a) научно-исследовательские и опытно промышленные разработки;
   b) техническая и организационная подготовка производства;
   c) опытное производство и промышленное освоение изделия, выпуск опытной серии (если предполагается), выход на проектные показатели.
3. Постпроектная стадия: коммерциализация, массовое, серийное производство, создание документации для потребителя, эксплуатация.

По мере перехода от стадии к стадии степень подробности и тщательность проработки проекта возрастают, и рабочий проект уже должен быть вполне достаточным для изготовления опытных или серийных образцов.

Жизненный цикл проекта начинается с момента возникновения идеи у разработчика или проектной группы. Это предпроектная стадия, связанная с проведением большого числа исследований, в том числе фундаментальных, творческого поиска и обоснования целесообразности дальнейшего проектирования.

Стадии жизненного цикла проекта могут видоизменяться в зависимости от специфики проекта. Так, фундаментальные исследования могут являться основной стадией проекта, результатом которого будет являться теоретическая гипотеза, научное открытие или иные научные результаты.

Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы – совокупность взаимосвязанных процессов и работ, направленных на получение

новых знаний об объекте исследования и разработки, а также и практическое использование полученных знаний при производстве нового изделия или технологии.

Как можно видеть, совокупность работ по НИОКР включает в себя научно-исследовательские разработки (НИР) и опытно-конструкторские разработки (ОКР).

Научно-исследовательские разработки (НИР) – это процесс теоретических исследований, экспериментальных работ, поисковых исследований, направленных на определение научной и технической возможности создания принципиально новой техники и технологии.

Опытно-конструкторские разработки (ОКР) – комплекс работ, связанных с разработкой конструкторской и технологической документации, необходимой для производства и испытания опытного образца или серии изделия, промышленного освоения принципиально новой техники и/или технологии.

Момент окончания проекта – это момент сдачи результатов проекта заказчику или выхода объекта проектирования на рынок и коммерциализации проекта.

Отдельно упомянем стадии жизненного цикла стартапа, то есть недавно созданной инновационной компании, цель которой – отдача инвестиций и получение прибыли в короткие сроки. Стартапы характеризуются быстрым темпом развития, наличием уникальной бизнес-идеи. В целом можно выделить следующие укрупненные стадии жизненного цикла стартапа:

- посевную стадию (seed stage),
- стадию запуска (startup stage),
- стадию роста (growth stage),
- стадию расширения (expansion stage) и

- стадию «выхода» (exit stage).

2.3 Структуризация процесса проектирования

Стадии (этапы) проектирования подразделяют на составные части, называемые *проектными процедурами*. Выполнение проектной процедуры заканчивается принятием проектного решения.

Проектные процедуры делятся на процедуры анализа и синтеза, которые, в свою очередь, можно расчленить на более мелкие компоненты, называемые проектными операциями. Процедуры анализа делятся на процедуры одновариантного и многовариантного анализа. Процедуры синтеза делятся на процедуры параметрического синтеза (параметрической оптимизации) и структурного синтеза.

Обычно этапы проектирования задаются ГОСТом или ОСТом данной отрасли промышленности, а уточняются на конкретном предприятии и делятся на следующие: согласование ТЗ, техническое предложение, эскизный проект, рабочее проектирование, изготовление опытных образцов, испытания. На каждом этапе проектирования совершается очередной «виток» прохождения будущего проекта через все критерии и ограничения, воздвигаемые целями проектирования и возможностями проектного предприятия. Процесс проектной деятельности можно представить сходящейся спиралью (рисунок 1).

Каждый виток такой спирали обязательно проходит через все критерии и ограничения, сформулированные в ТЗ и уточненные в дальнейшем проектировании. По мере продвижения к окончательному проекту спираль скручивается, отбрасывая все негодные, побочные и малозначащие проектные решения и другие ненужные продукты процесса проектирования и оставляя только те проектные решения, которые, будучи воплощены в техническую документацию, и составят окончательный проект. Диаметр

каждого витка этой условной спирали сужается, отражая характерную черту процесса проектирования – продвижение от расплывчатой, широкой,

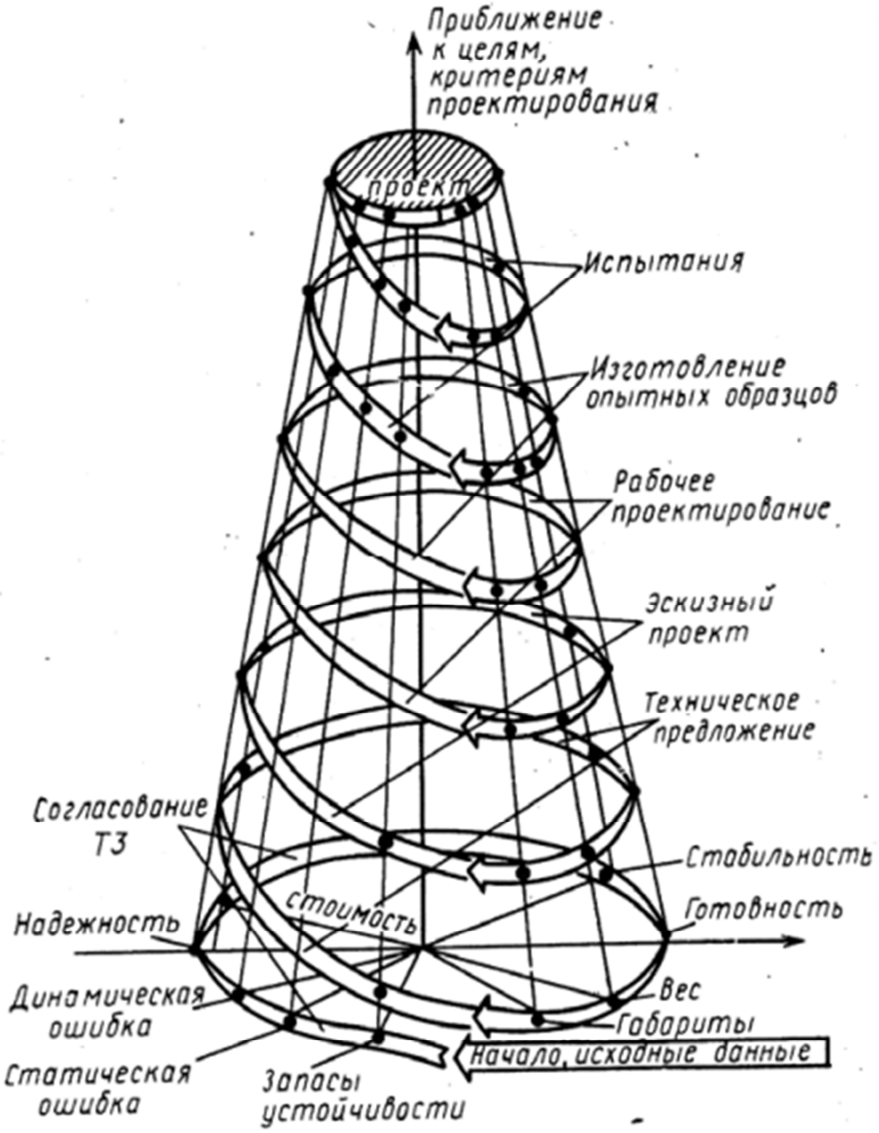

Рисунок 1

неопределенной во многих деталях начальной итерации проекта к конкретному завершенному в технической документации и опытном образце окончательному проекту. Чтобы перейти от одного витка к другому, более высокому, требуется затратить много труда и энергии большого коллектива проектировщиков, что во времени растягивается на долгие месяцы и

даже годы, так как ограниченность проектного предприятия в численности квалифицированных проектировщиков и других ресурсах не дает возможности сразу же получать проектные решения по всем направлениям. Обычно ТЗ представляют в виде некоторых документов, и оно является исходным описанием объекта. Результатом проектирования, как правило, служит полный комплект документации, содержащий достаточные сведения для изготовления объекта в заданных условиях. Эта документация и есть проект, точнее конечное описание объекта. Более коротко, *проектирование – процесс, заключающийся в получении и преобразовании исходного описания объекта в окончательное описание на основе выполнения комплекса работ исследовательского, расчетного и конструкторского характера.*

ТЗ на проектирование автоматизированных систем управления в соответствии с ГОСТ 15100-80 включает в себя следующие основные разделы:

- Наименование, цель и область применения.
- Основание для создания.
- Требования к техническим характеристикам.
- Экономические показатели – затраты на проектирование, источники финансирования.
- Условия и серийность производства.
- Порядок испытаний и ввода в действие.
- Сроки проектирования.

Кроме этих основных требований ТЗ может включать многочисленные характеристики, условия эксплуатации и производства САУ и ее устройств. Это основные разделы ТЗ наполняются конкретными требованиями и условиями проектирования САУ, записанными на профессиональном техническом языке проектировщика.

Этап согласования технического задания обычно реализуется во взаимодействии «предприятия-заказчика» и «предприятия-проектировщика». Заказчик, естественно, стремится получить от проектировщика все, что он хотел бы воплотить в проекте. Проектировщик исходит из конкретных возможностей проектного предприятия и тех необходимых в проектном деле и сохраняемых на непредвиденные случаи запасов ресурсов, а также предварительных заделов по аналогичным разработкам, которыми он располагает. Техническое задание бывает двух типов: на проектирование СУ по известным прототипам с указанием существенных отличий и на проектирование новой СУ с детальным перечислением всех существенных свойств и характеристик. В любом случае идейная основа задания на проектирование исходит от заказчика, который в условиях возрастающей конкуренции должен внимательно следить за мировым уровнем СУ вообще и конкретным их использованием в той или иной предметной области. Заказчик и проектировщик при разработке ТЗ должны обязательно убедиться в существовании решения задач проектирования – сходимости спирали проектирования к проекту при заданных условиях и ограничениях.

Предварительный вариант ТЗ составляется проектировщиком и согласуется с заказчиком по каждому пункту. Часто по отдельным пунктам ТЗ возникают конфликтные ситуации, которые затягивают процесс согласования. В принципе требования и ограничения при проектировании противоречат друг другу, поэтому спроектировать «идеальную» СУ невозможно.

2.4 Особенности проектной деятельности при разработке автоматизированных систем управления

Проектирование автоматизированных систем управления представляет собой процесс создания комплекта технической документации, моделей и опытных образцов, необходимых и достаточных для изготовления, монтажа, наладки и эксплуатации автоматизированной системы управления. Комплект технической документации, необходимой для создания автоматизированной системы управления называется проектом этой системы. Процесс создания проекта называется проектированием, или процессом проектирования.

Термин «проектирование» представляет собой понятие, происходящее от латинского слова projectus, которое в переводе означает «предварение», «выдающийся вперед». Как следует из определения, проектирование должно предвидеть прогресс науки и техники и закладывать в комплект создаваемой технической документации структуры и параметры автоматизированных систем управления, обеспечивающие превосходство новой системы над имеющимися лучшими из известных в мировой практике аналогов.

К основным терминам, характеризующим процесс проектирования, относят следующие.

Проектная процедура – совокупность проектных операций над исходными данными, выполнение которых заканчивается проектным решением.

Проектное решение – промежуточное или конечное описание объекта проектирования, необходимое и достаточное для завершения проектной процедуры.

Проектная операция – действие или совокупность действий проектировщика, составляющих часть проектной процедуры и заканчивающих-

ся получением фрагмента проектного решения. **Проект** представляет собой совокупность проектных документов (технической документации) в соответствии с установленными нормативными документами перечнями (ЕСКД, ЕСТП, ЕСТД, ЕСС АСУ). В состав проектов систем управления могут включаться также опытные образцы, в которых представлены результаты проектирования.

Определение целесообразного уровня и объема автоматизации технологического объекта является одной из основных задач при разработке новой системы управления или модернизации действующей системы управления. В зависимости от различных факторов, при создании проекта системы автоматизации могут разрабатываться локальные системы автоматизации и автоматизированные системы управления.

Объектами проектирования могут являться системы контроля, системы автоматического регулирования, системы логического управления, системы оптимального управления, системы адаптивного управления, системы программного управления, системы технологических защит и блокировок, системы диагностирования, системы прогнозирования и др.

Наиболее сложными объектами проектирования являются автоматизированные системы управления технологических процессов (АСУ ТП). Такие системы управления имеют многоуровневую структуру. Основное назначение АСУ ТП – объединение локальных АС в единую взаимосвязанную систему, обеспечивающую управление технологическими процессами на качественно новом уровне с использованием в управлении технико-экономических критериев.

К основным задачам, решаемым в процессе проектирования автоматизированных систем управления, относятся следующие задачи.

1. Анализ объекта автоматизации и формулирование технических требований к системе.

2. Определение рационального уровня автоматизации, определение структуры системы контроля и управления автоматизируемого процесса.

3. Выбор и обоснование методов контроля, регулирования и управления технологическими процессами, прогнозирования и диагностирования.

4. Выбор комплекса технических средств автоматизации.

5. Оптимальное размещение средств автоматизации на технологическом оборудовании, по месту, на щитах и пультах в постах управления.

6. Обеспечение эффективности методов монтажа технических средств автоматизированных систем управления и линий связи.

7. Подготовка технологической и эксплуатационной документации.

8. Обеспечение открытости автоматизированной системы управления.

2.4.1 Особенности объекта управления и управляющей системы

На требования к процессу проектирования и внедрения в производство автоматизированных систем управления химических производств, как специфического класса технических систем, влияют следующие особенности этих систем:

1. Физическая разнородность как объектов управления, так и устройств и элементов, входящих в автоматизированные системы управления.
2. Непрерывный динамический процесс функционирования как объектов управления, так и автоматизированных систем управления.
3. Многокритериальность условий функционирования и работоспособности, при этом многие критерии противоречивы, например, устойчивость и точность, надежность и массогабаритные характеристики и др.

4. Неопределенность задаваемых параметров и возмущающих воздействий, определяемая наличием не только внешних, но и внутренних воздействий, нестационарность во времени параметров устройств и элементов систем управления.
5. Наличие нескольких контуров управления, многомерность систем управления.
6. Использование в структурах систем управления микропроцессорной техники.
7. Высокая стоимость, длительность и высокая трудоемкость процессов проектирования и внедрения автоматизированных систем управления.

2.4.2 Основные этапы создания АСУ ТП

Путь от заказа на конкретную АСУ ТП до ее внедрения на технологическом объекте управления содержит следующие этапы:

1. Формирование замысла создания новой АСУ ТП или модернизации действующей системы управления.
2. Формулирование целей внедрения новой АСУ ТП в производство или целей модернизации действующей системы управления.
3. Выбор организации-проектировщика системы управления.
4. Изучение объекта автоматизации и действующей системы управления.
5. Формулирование технических требований к новой системе управления, комплектование набора исходных данных.
6. Разработка и оформление конструкторской и схемной документации.
7. Выбор комплекса технических средств АСУ ТП.
8. Оформление технологической и эксплуатационной документации.

9. Разработка и оформление информационного, математического и программного обеспечений АСУ ТП.
10. Выбор предприятия-изготовителя щитовой продукции и монтажной организации.
11. Комплектация технических средств АСУ ТП, средств вычислительной техники и монтажных материалов.
12. Монтаж и наладка АСУ ТП.
13. Пробная эксплуатация АСУ ТП и ввод в постоянную эксплуатацию.

Организация или предприятие-заказчик формирует, согласовывает и выдает заказ на создание новой АСУ ТП или модернизацию действующей системы управления. Такой заказ должен содержать идею, исходные данные, обоснование объекта проектирования, основные требования к автоматизированной системе управления.

Получение заказа проектной организацией и гарантий оплаты проектных работ означает начало процесса проектирования. Материалы проекта передаются в специальное конструкторское и технологическое подразделение монтажной организации, в котором осуществляется технологическая подготовка производства. Сущность этой подготовки заключается в том, чтобы в соответствии с проектом, а также в соответствии с производственной практикой монтажной организации разработать технологические маршруты и карты последовательности рабочих операций изготовления элементов и устройств АСУ ТП, их сборки, контроля и сдачи заказчику. С этой целью используется проектная и технологическая документации. Изготовленные устройства и элементы АСУ ТП подвергаются многочисленным испытаниям, по результатам которых осуществляется коррекция практически всех предыдущих этапов. После приемки устройств и элементов АСУ ТП заказчиком они монтируются на технологическом объекте, проходят пусконаладочные процедуры и вводятся в эксплуатацию.

Эффективное решение стоящих перед организацией-проектировщиком проблем, возникающих в процессе проектирования, невозможно без прогнозирования и моделирования автоматизируемых и проектируемых объектов, разработки прогрессивных средств и методов проектирования, анализа прогнозов развития автоматизируемых технологических процессов и технических средств автоматизации. Решить эти задачи можно путем использования унифицированных проектных решений, совершенствования нормативной базы проектирования и системы оценочных показателей качества проектных решений, совершенствования организации и управления процессом проектирования.

Одним из определяющих факторов повышения качества и эффективности проектов автоматизированных систем управления в условиях совершенствования процесса проектирования и широкого использования систем автоматизации проектирования является развитие нормативного обеспечения. Нормативно-технические документы, входящие в состав нормативного обеспечения процесса проектирования систем автоматизации, представляют собой комплекс норм, правил, требований, обязательных для выполнения, разработанные в установленном порядке и утвержденные соответствующими органами. К таким документам относятся документы государственной системы стандартизации (ГОСТ, ОСТ, СТП) и документы, содержащие наряду с обязательными требованиями рекомендательные, допускающие возможные решения в зависимости от конкретных условий и сопутствующих факторов (СНиП, РД, МУ). Такие документы широко используются в процессе проектирования автоматизированных систем управления.

2.4.3 Системный подход к проектированию АСУ ТП

В процессе проектирования автоматизированных систем управления широко используется так называемый системный подход. *Системный подход* представляет собой понятие, подчеркивающее значение комплексности, широты охвата и четкой организации в исследовании объектов управления и автоматизированных систем управления, а также в процессе проектирования автоматизированных систем управления. Системный подход в проектировании отличается от традиционного предположением, что целое обладает такими качествами (свойствами), какими не обладают его части. Наличием этих свойств целое и отличается, в основном, от своих частей.

Системный подход к проектированию АСУ ТП заключается в разбиении всей системы на подсистемы (декомпозиция системы) и учете при ее разработке не только свойств конкретных подсистем, но и связей между ними.

Системный подход в проектировании АСУ ТП опирается на известный закон взаимосвязи и взаимообусловленности явлений в проектируемой системе и требует рассмотрения изучаемых явлений и объектов не только как свойств самостоятельной системы, но и как свойств подсистем АСУ ТП, по отношению к которым анализируемую подсистему или совокупность подсистем нельзя рассматривать как замкнутые.

Системный подход требует анализа как можно большего числа связей в проектируемой АСУ ТП не только внутренних, но и внешних, чтобы не упустить существенные связи и факторы и оценить их эффективность.

Системный подход к анализу и разработке АСУ ТП находит применение в системном анализе проектируемой системы и системотехнике. **Системотехника** представляет собой науку, изучающую вопросы планирования, проектирования и поведения сложных информационных систем.

В системотехнике рассматриваются системы, обладающие следующими признаками.

1. Система обладает цельностью, т. е. все ее части служат достижению единой цели.
2. Система является большой как с точки зрения составляющих ее элементов, так и с точки зрения количества одинаковых частей, а также количества выполняемых функций.
3. Система является сложной как по структуре, так и по математической модели.
4. Система является полуавтоматической, т. е. часть функций системы всегда выполняется техническими средствами системы, а часть функций – человеком.
5. Входные воздействия системы имеют стохастическую природу, отсюда следует невозможность предсказания поведения системы для любого момента времени.
6. Большинство систем, тем более сложные системы, содержат элементы конкурентных ситуаций (состояний).

Системный подход (анализ) является общей методической базой при проектировании АСУ ТП, позволяющей решать сложные проблемы и задачи создания АСУ ТП и ее элементов на современной научно-технической основе. Отметим две характерные особенности системного анализа при проектировании АСУ ТП.

1. Системный анализ предусматривает рассмотрение всех элементов и составляющих процесса проектирования АСУ ТП в их взаимной связи, взаимообусловленности, взаимозависимости и взаимном влиянии в интересах наиболее оптимального достижения как частных, так и общих целей создания АСУ ТП.

2. Системный анализ исходит из обязательной предпосылки о необходимости анализа процессов проектирования (и их результатов) в их взаимной связи на основе широкого применения современных количественных методов исследования (аналитических методов математического, физического или натурного моделирования, методов исследования операций, экспертных оценок).

Такой подход позволяет в процессе проектирования вырабатывать и принимать количественно обоснованные решения в условиях неопределенности и неполноты информации об объекте проектирования, а иногда и об объекте автоматизации.

Достаточно удобной формой изложения содержания системного анализа является укрупненная структурная схема, сопровождаемая пояснительной запиской. Элементами такой схемы являются циклы проектирования АСУ ТП (рисунок 2).

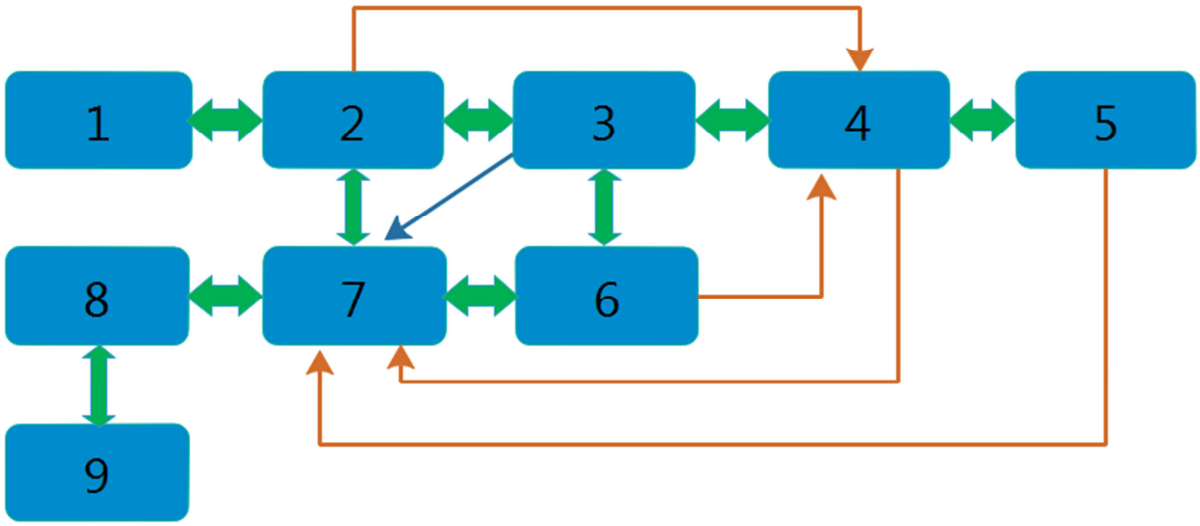

Рисунок 2

2.4.4 Общие принципы проектирования автоматизированных систем управления

Современный уровень развития техники поставил задачу разработки общих принципов проектирования автоматизированных систем управления, цель которых – обеспечить создание высокоэффективных систем управления и повысить эффективность самого процесса проектирования этих систем. Основные причины чрезвычайной актуальности этой задачи заключаются в следующем.

1. Технологические объекты управления становятся все более крупномасштабными и дорогостоящими, что приводит к удорожанию и к увеличению сроков проектирования систем управления.
2. Любые ошибки, допущенные в процессе проектирования систем управления, приводят к значительным затратам материальных и трудовых ресурсов.
3. Увеличивается сложность систем управления. Это выражается в том, что возрастает число задач, решаемых в процессе управления. Простейшие задачи стабилизации управляемых параметров уступают место сложным задачам самонастройки системы на оптимум показателей.
4. Одновременно с ростом числа задач управления сокращается допустимое время принятия решений по управлению и повышаются требования к надежности проектируемых систем. Растет число обрабатываемых потоков информации и скорости их поступления.
5. Проектирование начинается и достаточно долго проводится в условиях неопределенности, т. е. при отсутствии в полном объе-

ме информации, необходимой для правильного выбора технических решений.

Перечисленные причины показывают актуальность задачи создания научных принципов проектирования современных автоматизированных систем управления. Методологией (основой) анализа и построения систем управления, учитывающей их специфику, является упомянутый выше *системный подход*, а область науки и техники, изучающая проблемы создания новых систем управления с позиций системного подхода, называется *системотехникой.* Системотехника имеет важное значение благодаря тому, что ее положения предписывают инженеру, конструирующему новую систему управления, определенный образ действий и во многом предопределяют направления его мышления. В широком смысле системный подход означает, что, прежде всего, должны быть сформулированы цели, критерии эффективности и ограничения для системы управления в целом. Системный подход учитывает следующие особенности современных систем управления.

1. Наличие большого количества функций управления.
2. Большое количество составных частей, действия которых в значительной степени взаимосвязаны и взаимообусловлены.
3. Наличие общей цели функционирования, сложным образом связанной с частными целями отдельных подсистем.
4. Воздействие большого количества случайных факторов на процессы проектирования, изготовления и эксплуатации системы управления.
5. Сложный характер эксплуатации системы управления, в ходе которой изменяются условия функционирования.
6. Необходимость учета экономических факторов при проектировании систем управления.

Перечисленные особенности в полной мере присущи сложным автоматизированным системам управления и в той или иной степени имеются у систем управления теплоэнергетическими объектами. Названные выше особенности определяют следующие **основные принципы системного подхода** к проектированию автоматизированных систем управления.

1. Процесс проектирования систем управления должен быть комплексным.

   Сущность этого принципа состоит в максимально полном анализе связей, существующих как в объекте управления, так и в управляющей системе. Если возможность анализа существующей системы управления не подлежит сомнению, то каким же образом можно провести анализ проектируемой системы управления?

   Задача проектирования новой системы управления возникает не на пустом месте, а развивается из оценки результатов функционирования, например, более простой, может быть, элементарной системы управления. Анализ такой системы, всесторонняя оценка исходных предпосылок и исследование взаимодействия отдельных элементов управляющей системы – первое условие комплексного подхода.

   Второе условие – максимально более полный учет всех факторов, влияющих на качество системы управления при анализе эффективности. Стремление повысить эффективность по каждому фактору в отдельности приводит к противоречивым требованиям, которым должна удовлетворять система управления. Очевидно, что один и тот же процесс управления не может быть реализован с помощью системы, которая одновременно была бы самой точной, самой надежной и самой дешевой из всех возмож-

ных систем. Чаще всего оказывается невозможным улучшить показатель по одному критерию эффективности, не ухудшив при этом показателей по другому критерию эффективности. Это обстоятельство заставляет оценивать каждый вариант системы управления или по комплексному критерию эффективности, в который входят в той или иной функциональной зависимости все важнейшие критерии, либо решать задачу оптимизации для отдельного критерия, учитывая другие в качестве ограничивающих факторов.

2. Процесс проектирования систем управления должен иметь иерархическую структуру.

   Этот принцип определяет последовательность анализа объекта управления и системы управления при проектировании. В соответствии с этим анализ должен начинаться с выхода системы управления, рассматриваемой как единое целое. Затем система управления разбивается на небольшое количество достаточно крупных подсистем, исследуется вклад каждой из них в результирующий выход системы управления. Такой подход позволяет точнее и быстрее устанавливать требования к характеристикам элементов системы управления по заданным требованиям к качеству функционирования системы в целом.

3. Методом проектирования сложной системы управления должен являться метод декомпозиции.

   Как известно, декомпозицией называется разбиение целого на составные части с целью исследования этих частей независимо друг от друга. Иерархическая структура процесса проектирования систем управления и широкое использование метода декомпозиции объясняется особенностями процесса принятия решений

в ходе создания системы управления и в ходе ее эксплуатации. Качество принятого решения в общем случае зависит от информированности об объекте управления и временного ресурса, т. е. многообразия просмотренных способов воздействия на технологические процессы и от того, насколько тщательно и полно проведен анализ хода технологических процессов до некоторого момента времени. С другой стороны, закономерности управляемого процесса обычно таковы, что высокое качество управления может быть достигнуто лишь при достаточно малой задержке во времени управляющего воздействия. Таким образом, основное противоречие в требованиях к организации процесса принятия решения – противоречие между объемом работы по получению и переработке информации и отводимым на эту работу временем. Одним из путей решения этой задачи (разрешение этого противоречия) является использование иерархической структуры процесса принятия решения при управлении технологическими процессами.

Задача, подлежащая решению, разбивается на ряд задач (проводится декомпозиция задачи), каждая из которых по объему и сложности такова, что может быть решена за приемлемое время и содержит координирующие условия, обеспечивающие объединение решений частных задач. Управляемый процесс при этом, как правило, может быть разбит на ряд соответствующих взаимосвязанных подпроцессов. Координирующие условия вырабатываются в результате декомпозиции исходной задачи, которая может осуществляться за меньшее время и при более ограниченном объеме информации, чем полное решение исходной задачи. Постановка частных задач и объединение их решений в решение

полной задачи осуществляется на более высоком уровне соподчиненных решающих систем, чем решение частных задач, и представляет собой также процесс принятия решений.

Разбиение управляемых технологических процесса на подпроцессы, общей задачи – на частные задачи, как правило, соответствует представлению цели АСУ ТП в виде совокупности частных целей. Подсистема, состоящая из взаимодействующего со средой объекта, операторов, обеспечивающих достижение частной цели, а также всех средств и связей, предназначенных для достижения этой частной цели, называется автоматизированной подсистемой управления. Способы достижения частных целей системы управления могут быть определенным образом взаимосвязаны и взаимообусловлены. Кроме того, одни и те же средства могут использоваться для достижения различных целей, так что в общем случае при анализе и оценке системы управления необходимо рассматривать всю систему как единое целое, а не суммировать показатели отдельных подсистем, что является еще одним из условий рассматриваемого принципа проектирования систем управления.

4. Процесс проектирование системы управления должен быть итерационным.

На первых этапах проектирования систем управления применяют приближенные методы и оценки, пренебрегают второстепенными факторами для того, чтобы изучить и понять главные явления и определить основные характеристики проектируемой системы. Только после этого можно перейти к включению в рассмотрение второстепенных, ранее не учтенных факторов. Затем необходимо вернуться к анализу основных явлений, процессов и

характеристик, теперь уже с учетом второстепенных факторов. Далее процесс повторяется. Следует новый переход к рассмотрению второстепенных факторов и их уточнение и т. д. Такая методика придает проектированию систем управления циклический характер, приводит к многократному анализу процесса функционирования проектируемой системы.

Необходимость применения этого принципа объясняется, в первую очередь, недостаточным объемом исходных данных в начале проектирования систем управления, их низкой точностью и достоверностью. Эти обстоятельства не являются результатом плохой подготовки к созданию системы управления или ошибками в чьей-то работе. Они – объективное следствие новизны разработки: чем больше изменений закладывается в разрабатываемую систему по сравнению с существующей системой, тем глубже и длительней идет итерационный процесс. Существует тесная связь этого принципа с принципом комплексности, их взаимная обусловленность и необходимость комплексного подхода на каждой новой итерации.

5. При проектировании следует предусматривать свойство открытости системы управления.

Использование этого принципа означает, что не стоит стремиться проектировать систему управления абсолютно совершенной. Ее необходимо делать достаточно хорошей для решения поставленных задач, а также обеспечить возможность развития системы управления, ее совершенствования и модернизации. Это положение обусловлено высоким современным темпом научно-технического прогресса и направлено на продление срока эффективной эксплуатации системы управления. Создание систем

управления теплоэнергетическими объектами рассчитано на долгие годы эксплуатации и связано со значительными затратами средств и времени.

К системе управления, долгие годы находящейся в эксплуатации, меняются требования, поскольку в процессе эксплуатации претерпевает изменения управляемый объект, происходят изменения в окружающей среде, модифицируются цели системы управления, появляется необходимость совершенствования и наращивания уровня автоматизации. Необходимо, чтобы в эксплуатацию могли вводиться системы управления с различными уровнями автоматизации. При разработке современных автоматизированных систем управления необходимо предусматривать возможность изменения и расширения системы без существенных переделок.

2.4.5 Принципы выбора проектных решений

Системный подход в системотехнике, как науке, изучающей вопросы проектирования сложных систем управления, проявляется в следующих принципах выбора проектных решений.

1. **Принцип максимума эффективности.**

Критерием эффективности является отношение (или разность) показателей ценности результатов, полученных в процессе функционирования системы управления, к показателю затрат на ее создание.

С помощью принципа максимума эффективности можно сформулировать основной метод проектирования автоматизированных систем управления – единая система разделяется на части по функциональному признаку, устанавливаются возможные варианты реализации этих частей, связей между ними и из множества вариантов выбирается

структура системы управления, отвечающая требованием максимума эффективности.

2. **Принцип согласования частных критериев эффективности между собой и общим (глобальным, комплексным) критерием эффективности.**

   Принцип согласования частных критериев эффективности между собой и общим (глобальным, комплексным) критерием эффективности предполагает, что для оптимального функционирования системы управления в целом не требуется оптимизации функционирования каждой из ее подсистем. Для достижения общей цели должны быть согласованы между собой критерии эффективности каждой подсистемы.

3. **Принцип оптимума автоматизации.**

Из принципа оптимума автоматизации следует, что не все задачи проектирования автоматизированных систем управления должны решаться только на основе известных аналогов проектируемой системы управления. Уровень автоматизации необходимо обосновать, исходя из критериев эффективности.

4. **Принцип централизации информации.**

Сущность принципа централизации информации заключается в том, что система управления эффективна только в том случае, в котором информация, используемая для управления, собирается, хранится и обрабатывается на основе единых массивов (банков) информации.

5. **Принцип явлений с малой вероятностью.**

Принцип явлений с малой вероятностью утверждает, что основную задачу автоматизированной системы пересматривать нельзя, а основные характеристики системы не должны значительно изменяться для

того, чтобы система оказалась работоспособной в ситуациях, для которых вероятность возникновения очень мала.

2.5 Методы организации проектирования

Создание АСУ включает в себя два взаимосвязанных и направленных к единой цели процесса: разработку системы и подготовку к ее внедрению. При планировании создания системы учитываются следующие факторы:

- разработка принципов построения системы, обеспечивающих в перспективе эффективное ее развитие;
- определение этапов расширения системы, наращивания ее мощности, улучшения параметров функционирования;
- освоение системы функциональными специалистами управления;
- организация учета эффекта от внедрения отдельных элементов системы.

Очередность разработки и внедрения АСУ может быть осуществлена различными вариантами:

1. Характеризуется выбором первоочередных комплексов задач и разработкой обеспечивающих элементов системы, исходя только из потребностей реализации выбранных задач;
2. Предполагает выбор первоочередных комплексов задач и разработку обеспечивающих элементов по всему набору предполагаемых функций системы.

На практике очередность определяется в соответствии с конкретными условиями.

Одной из основных задач проектирования является задача повышения эффективности процесса проектирования АСУ, переход от индивидуаль-

ных форм создания системы к индустриальным формам, что позволяет снизить затраты и сократить сроки разработки при одновременном повышении качества создаваемой системы.

Проектирование АСУ заключается в решении ряда взаимосвязанных задач (выполнении этапов) на различных стадиях создания АСУ. **Методом проектирования** на этапе называется способ реализации соответствующими средствами оператора проектирования.

Метод оригинального проектирования используется при создании индивидуальных проектов, отражающих особенности только одного соответствующего проекту объекта управления. Этим методом создаются методики проведения проектных работ, его достоинство заключается в детальном учете особенностей объекта управления. **К недостаткам** метода относятся: высокая трудоемкость, большие сроки проектирования, трудности, возникающие при модернизации системы в процессе ее развития.

Метод типового проектирования предполагает декомпозицию системы на множество составляющих ее компонентов, под которыми понимают подсистемы, задачи, алгоритмы и т.д. Для каждого компонента разрабатывается законченное проектное решение. В зависимости от уровня декомпозиции компонентов системы методы типового проектирования подразделяются на элементное, подсистемное и объектное проектирование.

При использовании **элементного проектирования** декомпозиция осуществляется на уровне задач и отдельных проектных решений по информационному, техническому и программному обеспечению. Для каждого выделенного элемента создаются типовые проектные решения (ТПР), что позволяет сократить сроки разработки и снизить затраты на создание АСУ.

Под **типовым проектным решением** понимается типовая проектная документация по математическому, программному и техническому обеспечению ИАСУ. Основной целью разработки ТПР является комплектование документации ИАСУ на базе документации ТПР с минимальными ее переделками, без изменений использование ТПР возможно только при условии соответствия всех составляющих, т.е. системы классификации и кодирования, алгоритмов обработки и т.д.

Типовые проектные решения разделяются на три класса:

- задачи, охватывающие комплекс алгоритмов и программ, реализующих определенные функции управления в ИАСУ;
- техника, определяющая состав, размещение и порядок использования технических средств ИАСУ. Типовые проектные решения этого класса подразделяются на подклассы: периферия, телеобработка, рабочее место (АРМ) и т.д.;
- персонал, предназначенный для регламентации действий работающего персонала в нормальных и аварийных режимах функционирования ИАСУ, регламентации его обязанностей, прав и ответственности.

Реализация задачи с помощью комплекса ТПР осуществляется в два этапа. На первом этапе выбираются модули задачи. На втором этапе производится привязка модулей к конкретному предприятию. При этом возможны следующие варианты применения ТПР в ИАСУ: без изменений, путем комплектования проекта в целом из имеющихся модулей ТПР, с доработкой, под которой понимают изменение принципов, типа или количества технических средств, что требует изъятия, добавления или замены отдельных модулей, совокупность которых должна быть информационно-технически увязана между собой.

Поя типовым проектным решением понимается типовая проектная документация по математическому, программному и техническому обеспечению ИАСУ. Основной целью разработки ТПР является комплектование документации ИАСУ на базе документации ТПР с минимальными ее переделками, без изменений использование ТПР возможно только при условии соответствия всех составляющих, т.е. системы классификации и кодирования, алгоритмов обработки и т.д.

Типовые проектные решения разделяются на три класса:

- задачи, охватывающие комплекс алгоритмов и программ, реализующих определенные функции управления в ИАСУ;
- техника, определяющая состав, размещение и порядок использования технических средств ИАСУ. Типовые проектные решения этого класса подразделяются на подклассы: периферия, телеобработка, рабочее место (АРМ) и т.д.;
- персонал, предназначенный для регламентации действий работающего персонала в нормальных и аварийных режимах функционирования ИАСУ, регламентации его обязанностей, прав и ответственности.

Реализация задачи с помощью комплекса ТПР осуществляется в два этапа. **На первом** этапе выбираются модули задачи. **На втором** этапе производится привязка модулей к конкретному предприятию. При этом возможны следующие варианты применения ТПР в АСУ: без изменений, путем комплектования проекта в целом из имеющихся модулей ТПР, с доработкой, под которой понимают изменение принципов, типа или количества технических средств, что требует изъятия, добавления или замены отдельных модулей, совокупность которых должна быть информационно-технически увязана между собой.

Метод подсистемного проектирования предполагает декомпозицию системы на уровне подсистем, которые выступают в качестве типовых проектных элементов, для которых и разрабатываются проектные решения. Этот метод характеризуется более высокой интеграцией типовых элементов АСУ по сравнению с элементным методом.

В основе декомпозиции системы на подсистемы лежат различные принципы, такие как функциональный, предметный, объединения функциональных задач и др. Наиболее традиционным является функциональный принцип разделения.

В качестве средств подсистемного метода проектирования чаще всего используются пакеты прикладных программ (ППП), которые представляют собой функционально законченный, проблемно-ориентированный комплекс программных средств, предназначенный для решения некоторого класса задач. Все ППП подразделяются на ППП общесистемного назначения и ППП функционального назначения. К первым относятся пакеты управления данными, типовых процедур обработки данных, методов математической статистики и др.; ко вторым – пакеты, ориентированные непосредственно на промышленное предприятие. Пакет прикладных программ включает в себя три основных компоненты:

- **функциональное наполнение** – совокупность модулей, представляющих собой конструктивные элементы, используемые на различных этапах функционирования пакета, и отражающих специфику предметной области пакета;
- **системное наполнение** – совокупность программ, обеспечивающих автоматическое выполнение задания и взаимодействие пользователя с пакетом в соответствии с принятой технологией программирования. Оно организует фактическое использование потенциала знаний, заложенных в функциональном наполнении

в соответствии с возможностями, предусмотренными в языке заданий пакета;

- **язык заданий** – средство общения пользователя с пакетом. Он позволяет описывать последовательность выполнения различных операций, обслуживающих решение задачи. Допустимый набор операций, лексика и синтаксис языка заданий определяются принятой в пакете технологией программирования и предметной областью, которую он обслуживает.

К конкретному объекту привязка пакета прикладных программ осуществляется либо по принципу интерпретации, заключающегося в адаптации информационного потока к особенностям ППП, при этом документация пакета и программ не меняется, либо по принципу генерации, когда создается новый программный комплекс, соответствующий требованиям объекта.

При использовании **метода объектного проектирования** элементом типизации является объект в целом, отличительные особенности которого приводятся в соответствие с типовым проектом. АСУ в этом варианте создается для некоторого обобщенного объекта, имеющего специфические особенности предприятий определенной группы. При этом для создания АСУ базового предприятия используются любые методы и средства проектирования с применением блоков настройки на особенности объекта управления.

Частным случаем объектного проектирования является метод группового проектирования, основанный на том, что группа объектов, для которой разрабатывается проект, однотипна по своим характеристикам, имеющиеся различия незначительны и не требуют введения элементов настройки в типовой проект.

Метод **автоматизированного проектирования (САПР)** использует формализованные модели и методы, для реализации которых применяются ЭВМ различного класса. Применение САПР для создания АСУ требует наличия глобальной информационной модели объекта управления, сам процесс проектирования заключается в решении ряда взаимосвязанных задач анализа и синтеза структуры систем управления, структуры КТС, информационного и программного обеспечения, при этом автоматизация создания АСУ осуществляется путем автоматизации проектных процедур.

Одним из методов автоматизированного проектирования является метод **модельного проектирования**, характеризующийся такими признаками, как наличие глобальной информационной модели, системность и переменность критериев управления, глобальность параметров настройки, наличие аппарата совершенствования и развития исходной информационной модели.

В настоящее время сложились определенные подходы к проблеме формализации и автоматизации на этой основе процесса проектирования ПАСУ.

- Синтез моделей вариантов проекта ПАСУ, его отдельных частей и элементов с последующим выбором из них оптимального варианта проекта системы – оптимальный синтез.
- Построение рационального варианта проекта ИАСУ на базе анализа типовых вариантов построения элементов, отдельных частей и всей системы с использованием имитационных моделей – имитационное моделирование.
- Применение методов локальной оптимизации – квазиоптимальный подход.

Наиболее широко используется **имитационное моделирование**, автоматизирующее процесс построения рационального варианта структуры, но

не гарантирующее оптимального решения; при этом качество разработки существенно зависит от опыта проектировщика.

Однако применение метода модельного проектирования для создания САПР АСУ затруднено, так как окончательно не отработана общая методология, отсутствуют формализованные модели и методы проектирования для ряда этапов проектирования и большинства объектов управления.

Библиографический список

1. Автоматизированное проектирование средств и систем управления [Электронный ресурс]: курс лекций/ Е. Е. Носкова. Д. В. Капулин. Ю. В. Краснобаев. С. В. Ченцов. - Электрон, дан. (4 Мб). - Красноярск : ИПК СФУ, 2009. - (Автоматизированное проектирование средств и систем управления: УМКД № 1604-2008 / рук. творч. коллектива С. В. Ченцов). - 1 электрон, опт. диск *{DVD).* - Систем, требования: *Intel Pentium* (или аналогичный процессор других производителей) 1ГГц; 512Мб оперативной памяти; 50Мб свободного дискового пространства; привод *DVD* ; операционная система *Microsoft Windows XP SP 2/ Vista* (32 бит); *Adobe Reader* 7.0.
2. Булатова, Е.А. Проектная деятельность как способ развития личности студентов и их профессиональной подготовки: методические указания/ Е.А.Булатова – Н. Новгород: ННГАСУ, 2015.0-32 с.
3. Земляной, К.Г. Основы научных исследований и инженерного творчества (учебно-исследовательская и научно-исследовательская работа студента): учебно-методическое пособие по выполнению исследовательской работы / сост. К. Г. Земляной, И. А. Павлова. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 68 с.
4. Казин, Ф.А. Современные технологии инициирования, разработки и управления проектами в вузе: учебно-методическое пособие/ Ф.А.Казин, М.А. Макарченко, О.Г.Тихомирова, А.С. Биккулов, Н.О. Яныкина, А.Н. Зленко–СПб: Университет ИТМО, 2016. –147 с.
5. Кузнецов, И.Н. Научное исследование: Методика проведения и оформление. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К^0», 2006. – 460с.
6. Медведев, В.В. Проектирование автоматизированных систем: конспект лекций для студентов/ В. В. Медведев. — Томск : Изд-во НИ Томского института, 2010. – 72 с.
7. Нестеров, А.Л. Проектирование АСУТП. Методическое пособие. В 2-х т. Том 1/А.Л. Нестеров. – СПб.: ДЕАН, 2010. – 552с.
8. Нестеров, А.Л. Проектирование АСУТП. Методическое пособие. В 2-х т. Том 2 /А.Л. Нестеров. – СПб.: ДЕАН, 2010. – 994 с.
9. Папковская П.Я. Методология научных исследований/ П.Я. Папковская – Мн.: ООО «Информпресс», 2002. – 176 с.

Электронное учебное издание

Артем Вячеславович **Савчиц**

ОСНОВЫ ПРОЕКТНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Учебное пособие

Электронное издание сетевого распространения

Редактор Н.И. Матвеева

Темплан 2017 г. Поз. № 46.
Подписано к использованию 30.10.2017. Формат 60x84 1/16.
Гарнитура Times. Усл. печ. л. 5,0

Волгоградский государственный технический университет
400005, г. Волгоград, пр. им. В. И. Ленина, 28. корп. 1

ВПИ (филиал) ВолгГТУ
404121, г. Волжский, ул. Энгельса, 42а