

ЛЕКЦИЯ №1

ВВЕДЕНИЕ

Прежде чем что-либо создать, человек формирует в своем воображении субъективную модель предмета труда. Дальнейшая его деятельность заключается в ее реализации. Эти два этапа процесса создания называются проектированием и исполнением. Если в трудовом процессе создания изделия участвует один человек, то модель объекта труда замыкается внутри его собственных понятий и представлений (эпоха ремесленного производства или создание несложных изделий). Как только в трудовой процесс вовлекается другой участник, так появляется необходимость передать ему информацию о предмете труда.

Делается это в том или ином коде – в форме речи, словесного или графического описания.

До появления письменности формами проектирования и конструирования были устные советы и модель. Начало использования чертежей на Руси относят к XI в. (чертежи-рисунки, чертежи-схемы). Широкое использование чертежей при конструировании наступило в период мануфактур. В XVIII в. чертежи стали выполняться в масштабе. В России преподавание черчения в специальных технических школах было введено по указу Петра I. Одну из таких школ окончил И. И. Ползунов. Сохранились чертежи многочисленных сложных механизмов и станков, выполненных И. П. Кулибиным. Несмотря на заметные успехи в развитии проекционного черчения, основной формой конструирования оставалось изготовление модели, а чертежи составлялись уже по ней. К моделям прибегали известные механики того времени – А. К. Нартов, И. И. Ползунов, И. П. Кулибин, Л. Ф. Сабакин и др. Модели были достаточно больших размеров зачастую действующими.

В 1722 г. вышла в свет первая в России печатная книга по механике, написанная президентом Морской академии в Петербурге Г. Г. Скорняковым-Писаревым, – «Наука статическая или механика».

Теоретические основы проектирования механизмов были заложены академиком Л. Эйлером (вторая половина XVIII в.) созданием теории эвольвентного зацепления, ременных передач, ленточных тормозов. Им же была предпринята попытка изучения машин с учетом динамики. К концу XVIII в. центром развития механики становится Франция, чему способствовали работы французского ученого Ж. Лагранжа.

В 1809 г. в России впервые начал читать курс начертательной геометрии профессор Я. А. Севостьянов.

XIX в. характеризуется многочисленными достижениями в технике, которая опережала развитие науки, и это, в свою очередь, послужило стимулом для развития науки проектирования. Если считать, что в основе

процесса проектирования лежат две процедуры: поиск и принятие решения и описание и преобразование описаний объекта, то весь предшествующий период (XVIII–XIX вв.) связан с развитием второй процедуры. Начертательная геометрия, теория механизмов и машин, детали машин и другие специальные дисциплины содержат аппарат для выполнения этой процедуры.

Основным документом, закрепляющим в настоящее время в законодательном порядке последовательность этапов проектирования, форму и содержание технических документов, является ЕСКД.

Если проследить развитие методов по выполнению поиска и принятия решения, то здесь нет таких весомых достижений. Это связано с тем, что на этом этапе многое связано с неформализованными компонентами процесса проектирования (творческими способностями человека, его воображением и интуицией).

Развитие техники в XX в. столкнулось с рядом противоречий:

- преобладанием темпа роста сложности технических систем (ТС) над развитием методов их проектирования;
- взаимодействием таких факторов, как продолжительность разработки и срок морального старения ТС.

Первое противоречие – возрастание сложности ТС – проявляется в увеличении количества входящих в нее подсистем и элементов (число подсистем и элементов в ТС удваивается каждые 15 лет).

Второе противоречие – срок разработки сложных ТС – увеличивается, а время морального износа из-за ускорения научно-технического прогресса неуклонно снижается. Устранение этого противоречия может быть достигнуто, во-первых, повышением производительности труда в проектировании, а во-вторых, построением ТС на основе перспективных технических решений. Поиск современных технических решений осложняется из-за постоянного роста объема научно-технической информации, увеличивающегося в два раза через каждые 8 лет.

В последнее время при проектировании элементов систем теплоснабжения и теплоэнергетических установок промышленных предприятий все больше внимания уделяется вопросам энергосбережения. Для правового обеспечения мероприятий, направленных на снижение расхода энергоресурсов, был принят закон Российской Федерации «Об энергосбережении» и Постановление Правительства РФ «О неотложных мерах по энергосбережению» от 02.11.95 № 1087.

Основное содержание этих документов нацелено на решение вопросов ресурсо- и энергосбережения. Их реализация является первоочередной задачей администраций субъектов РФ, научно-исследовательских, строительных, проектных организаций. Энергосберегающие мероприятия (применение материалов с улучшенными теплоизоляционными свойствами) разрабатываются и применяются с целью снижения расходов топлива,

электроэнергии и тепла в системах теплоснабжения промышленных и жилищно-коммунальных объектов, строительстве, при реконструкции и эксплуатации зданий, оборудовании тепловых пунктов контрольно-измерительными приборами и приборами учета расхода теплоносителя и тепловой энергии и т. д.

На промышленном предприятии тепловая энергия распределяется на технологические процессы, отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение.

Работа элементов систем теплоснабжения и теплоиспользующих установок промышленных предприятий основана на ряде тесно сплетающихся явлений и законов физики, химии, механики, гидравлики, термодинамики

и теплопередачи. Изучение всего комплекса теоретических, технических и экономических вопросов, связанных с проектированием устройств для производства, передачи и использования тепловой энергии, составляет содержание учебной дисциплины «Основы инженерного проектирования теплоэнергетических систем».

При расчете и проектировании любого элемента системы часто требуется на основе существующих стандартных и нормативных методик оценить:

- материальные и тепловые балансы объектов теплоэнергетической системы;
- определить расходы и необходимые параметры теплоносителей для всех присоединяемых к этой системе потребителей;
- выполнить расчет принципиальных тепловых схем объектов;
- произвести тепловой и гидравлический расчет элементов системы;
- реализовать ряд проектных процедур в процессе проектирования объекта в соответствии с принятым методом проектирования.

В литературе теплоэнергетического профиля излагаются методики и примеры проектирования элементов теплоэнергетических систем и теплоиспользующих установок, но редко приводятся автоматизированные варианты их реализации с применением вычислительной техники. Вследствие этого студенты не получают надлежащей практики и навыков в использовании вычислительной техники в теплотехнических и гидравлических расчетах, элементов систем автоматизированного проектирования (САПР) в процессе проектирования теплоэнергетических объектов.

В пособии соблюдается определенная последовательность в изложении материала:

- формулируется постановка задачи;
- даются основные теоретические сведения и описание изучаемого объекта или процесса в теплоэнергетической системе;
- приводится методика тепловых и гидравлических расчетов и их формализация в виде алгоритма или блок-схемы программы для ЭВМ;
- приводится реализация численного решения поставленной задачи с применением вычислительной техники и анализом полученных результатов;

– приводится пример реализации перечня проектных процедур на различных этапах проектирования.

1. ПОНЯТИЯ И ПРИНЦИПЫ МЕТОДОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

1.1. Основные понятия

В любой дисциплине должны быть четко определены предмет исследования, основные понятия, основные принципы.

Методология проектирования объединяет два понятия: «методология» и «проектирование».

Методология – это учение о структуре, логической организации, методах и средствах деятельности.

Под проектированием понимается процесс составления описания, необходимого для создания еще не существующего объекта.

Таким образом, под методологией проектирования понимается учение о структуре, логической организации, методах и средствах поиска и принятия решений, о принципе действия и составе еще не существующего объекта, наилучшим образом удовлетворяющего определенные потребности, а также составление описания, необходимого для создания объекта в заданных условиях.

Рассмотрим некоторые понятия, применяемые в проектировании:

Проектное решение – промежуточное или конечное описание объекта проектирования, необходимое и достаточное для принятия решения о продолжении или окончании процесса проектирования.

Алгоритм проектирования – совокупность предписаний, необходимых для выполнения проектирования.

Язык проектирования – язык, предназначенный для представления и преобразования описаний при проектировании.

Проектная процедура – действие или совокупность действий, выполнение которых оканчивается проектным решением.

Проектная операция – действие или совокупность действий, составляющих часть проектной процедуры.

Особенности современных методов проектирования характеризуются следующим положением:

– сложность современных объектов проектирования обуславливает и сложность задач проектирования. Как правило, общая задача проектирования разделяется на более простые подзадачи (процесс *декомпозиции* задачи);

– множественность путей достижения цели проектирования требует рассмотрения не одного, а многих вариантов технического решения, к каждому из которых применяются определенные методы анализа и оценки;

– повторное применение методов или алгоритмов проектирования характеризует другую особенность методов – *итеративность*;

– современные методы проектирования должны быть ориентированы на широкое использование ЭВМ, не исключая человека при решении наиболее сложных и творческих задач. Такую особенность называют *эргатичностью*, подразумевая разумное сочетание *формализованных* (машинных) и *неформализованных* (человеческих) процедур в процессе проектирования.

Основные задачи методологии проектирования с учетом приведенных особенностей:

– *первая задача* состоит в декомпозиции задачи с целью получения последовательности действий, наилучшим образом организующей процесс проектирования;

– *вторая задача* заключается в формализации процедур проектирования, так как только формализованные процедуры могут быть реализованы

с применением ЭВМ. Формализация процедур основывается на разработке математических моделей, которые могут использоваться как для ведения процесса проектирования, так и для описания объекта проектирования;

– *третья задача* состоит в разработке методов и алгоритмов выполнения проектных процедур и операций;

– *четвертая задача* – это выбор стадий разработки объекта проектирования.

1.2. Обзор методологий проектирования

До сих пор нет общепринятого определения понятия проектирования. Одно из наиболее общих определений: **проектирование** *есть форма познания объективного мира*. Другое определение звучит так: **проектирование** – *это процесс, который дает начало изменениям в искусственной среде*.

Английский ученый П. Хилл во введении к своей книге «Наука и искусство проектирования» говорит об инженерном проектировании как об особой науке, систематизирующей и уделяющей особое внимание этапам проектирования и их взаимосвязи.

Основные этапы по методологии П. Хилла (см. рис. 1.1).

Содержание этапов заключается в следующем:

1. *Определение потребности* – возникновение проблемной ситуации, в результате чего у проектировщика возникает потребность в изменении существующего положения.

2. *Определение цели* – формулировка в общих выражениях характеристик проектируемого объекта, которые удовлетворяют эту потребность.

3. *Научные исследования* – сбор всей доступной информации для решения задач, вытекающих из поставленной цели.

4. *Формулировка задания* – перечень данных и параметров, обеспечивающих достижения поставленной цели.

5. *Формулирование идей* – процесс рождения новых идей.

6. *Выработка концепций* – выработка вариантов возможных решений для достижения поставленной цели.

7. *Анализ* – проверка выбранных концепций на соответствие физическим законам.

8. *Эксперимент* – создание опытного образца и лабораторные испытания.



Рис. 1.1. Основные этапы проектирования по П. Хиллу

9. *Решение* – описание проектируемого объекта (рабочие чертежи, технические условия).

10. *Производство* – определение объема производства, методы изготовления продукции, календарное планирование, контроль качества и приемочный контроль.

11. *Распределение продукции* – установление конкурентоспособности цен, реклама, нахождение рынков сбыта, обеспечение прибыли.

12. *Потребление* – контакты с потребителями, ремонт, обслуживание.

Значительный арсенал новых методов проектирования содержится в книге Дж. К. Джонса «Методы проектирования» [1]. Все новые методы, по

классификации Джонса, можно разделить на группы в зависимости от вида концепции, заложенной в основу метода. Он рассматривает три концепции:

- проектировщик – черный ящик;
- проектировщик – «прозрачный ящик»;
- проектировщик – «самоорганизующаяся система».

Первая из концепций построена на предположении о полной «алогичности» процесса творчества в проектировании, когда проектировщик, принимая то или иное, на его взгляд, удачное решение, не может объяснить, каким образом ему удалось его отыскать. К методам, базирующимся на этой концепции, относятся мозговой шторм и синектика.

Мозговой шторм дает возможность за короткий промежуток времени получить новые идеи путем творческого сотрудничества членов организованной группы специалистов. Критика выдвигаемых идей в процессе мозговой атаки не допускается, какими бы абсурдными они не казались. Основной девиз метода: «чем больше идей, тем лучше».

Синектика отличается от мозгового шторма тем, что обсуждение ведется в направлении поиска небольшого числа идей (2–3 идеи), однако с детальным их рассмотрением.

Вторая концепция («прозрачного ящика») построена на предположении о том, что проектировщик вполне осознает свои действия и их причины. Логическое или систематическое поведение проектировщика включает:

1. Анализ получаемой и имеющейся информации.
2. Синтез технических решений.
3. Оценку технических решений.

Вышеизложенный алгоритм повторяется в цикле, пока проектировщик не найдет наилучшее из всех возможных решений.

Методы, построенные на концепции «прозрачного ящика», характеризуются следующими общими чертами:

1. Цели, переменные и критерии задаются заранее.
2. Поиску решения предшествует проведение анализа.
3. Оценка результатов дается в основном в словесной форме и построена на логике.

4. Заранее фиксируется стратегия проектирования (обычно используются последовательные приемы, условные и циклические операции).

Основным моментом применения «прозрачного ящика» является возможность расчленения задачи на отдельные части, каждая из которых может в дальнейшем считаться самостоятельной.

По мнению Джонса, целью методологии проектирования является уменьшение цикличности и увеличение линейности проектирования. Цикличность связана с вынужденным повтором этапов работы в результате того, что некоторые, оказавшиеся важными, частные задачи не были вначале учтены.

Третья концепция (подход к проектировщику, как к «самоорганизующейся системе») вызван стремлением сузить область поиска технических решений за счет обоснованного выбора стратегии.

Джонс выделяет три ступени проектирования:

- 1) дивергенцию;
- 2) трансформацию;
- 3) конвергенцию.

Дивергенция – расширение границ проектной ситуации в целях обеспечения достаточно обширного пространства для поиска решений. На этой ступени не рекомендуется принимать решение, пока проектировщик не получит достаточного объема информации. Дивергенция больше связана с исследованием, чем с проектированием.

Трансформация – стадия возникновения общей концептуальной схемы проектируемого объекта.

Конвергенция – стадия окончательного выбора варианта технического решения. К этому времени задача определена, переменные найдены, цели установлены. Здесь в наибольшей степени могут быть использованы технические средства автоматизации проектирования.

Под стратегией проектирования Джонс понимает последовательность этапов, на каждом из которых применяется тот или иной метод проектирования.

Стратегии могут быть:

1. *Линейными*, когда этапы выполняются строго последовательно.
2. *Циклическими*, если после выполнения одного из этапов необходимо вернуться и повторить предыдущие этапы.
3. *Разветвленными*, позволяющими выполнять отдельные этапы параллельно.
4. *Адаптивными*, при которых выбор каждого из этапов зависит от результатов выполнения предыдущего.
5. *Случайного поиска*, отличающегося абсолютным отсутствием плана, когда при выборе последующего этапа совершенно не учитывают результаты предыдущего.

Выбор той или иной стратегии, по Джонсу, зависит от степени заданности, т. е. от содержания и объема исходной информации и от схемы поиска.

В некоторых случаях рекомендуется прибегать к методам управления стратегиями, позволяющим придерживаться одной стратегии лишь до тех пор, пока она остается перспективной, и заменять ее, если она перестает соответствовать окружающей обстановке.

Холл в своей книге «Опыт методологии для системотехники» дает методологические основы проектирования систем, выделяет 6 процедур:

- 1) уяснение задач;
- 2) выбор целей;
- 3) синтез систем;
- 4) анализ систем;
- 5) выбор наилучших альтернатив;

б) планирование действия.

Процедура уяснения задач состоит в исследовании потребностей и окружения.

Исследование потребностей связано с определением требований к проектируемой системе, на основе которых составляется общая программа разработки. При этом рассматриваются четыре основные направления планирования проектов:

- расширение и обновление функций;
- улучшение технических характеристик;
- снижение стоимости;
- улучшение внешних качеств.

Под окружением понимается множество всех предметов вне проектируемой системы, изменение признаков которых влияет на систему, а сами признаки изменяются вследствие поведения системы. Основными факторами окружения считаются:

- 1) состояние технологии;
- 2) естественное окружение (климат, растительность);
- 3) экономические условия для новых систем;
- 4) человеческие факторы.

Выбор целей Холл считает одной из самых важных процедур проектирования. Цели связаны с системой ценностей, являющейся специфичной для вида проектируемой системы. Однако некоторые из элементов системы ценностей оказываются общими для всех систем, например:

- прибыль;
- рынок;
- стоимость;
- качество;
- технические характеристики;
- совместимость с уже существующими системами;
- стойкость против морального старения;
- простота и изящество;
- безопасность в обслуживании.

В качестве методов синтеза систем Холл предлагает мобилизацию идей **и функциональное проектирование. Мобилизация идей означает сбор всех** известных альтернатив и выработку новых без поспешной критики. Всегда должен быть более чем один путь решения задачи.

Функциональное проектирование представляет наиболее общий подход к описанию систем. Определяются граничные условия и желательные входы и выходы, составляется подробный перечень функций или операций, которые должны выполняться. Метод в упрощенном виде сводится к составлению блок-схемы системы.

Процедура анализа проектируемой системы состоит в выделении всех возможных следствий из альтернативных систем для выбора из них

наилучшей. За такую систему принимается та, которая в большей степени отвечает поставленным целям.

Диксон в книге «Проектирование систем: изобретательство, анализ и принятие решений» считает, что необходимо обучать не практике проектирования, а принципам и основам решения задач. Предмет «Инженерное проектирование» должен помочь научиться применять знания, полученные при изучении теоретических технических, общественных и гуманитарных дисциплин, к решению задач инженерной практики. Инженерное проектирование представляется в виде последовательности этапов (см. рис. 1.2).

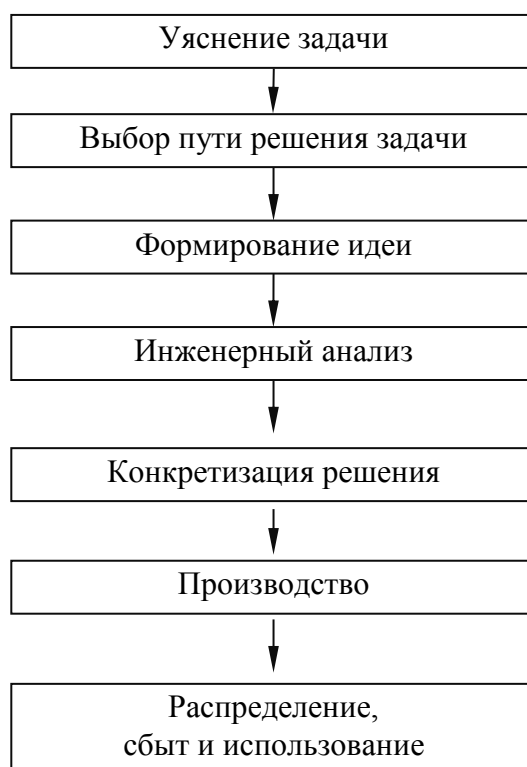


Рис. 1.2. Этапы проектирования по Диксону

Диксон различает два рода деятельности:

- изобретательство;
- инженерный анализ.

Изобретательство связано с творческим полетом фантазии. Инженерный анализ требует самодисциплины и глубоких знаний.

Среди методов изобретательства Диксон называет:

1. Мозговой штурм.
2. Инверсию, состоящую в отказе от прежних взглядов на задачу, с тем, чтобы посмотреть на нее с новой или измененной позиции.
3. Аналогию, достигаемую заимствованием идей из биологии, фантастики, художественной литературы;

4. Системотехническое определение новых комбинаций, состоящее в выделении основных элементов решения, в отыскании возможных способов их осуществления и в составлении различных комбинаций из них.