

Министерство образования Российской Федерации

ВОСТОЧНО-СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

А.А. Иринчеев

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Учебное пособие

Издательство ВСГТУ
Улан-Удэ, 2001

ББК 31.29-5я73
С59

Ответственный редактор
Стороженко Т.А.

Рецензенты:

Шишкина Т.Р. – начальник отдела нормативно-методической информатизации Бурятского центра стандартизации, метрологии и сертификации,
Хамханова Д.Н. – ст. преподаватель кафедры Метрологии, стандартизации и сертификации ВСГТУ.

Иринчеев А.А.

С59 Технология проектирования: Курс лекций по дисциплине «Основы проектирования». /ВСГТУ - Улан-Удэ, 2001.- 176 с.
ISBN 5-89230-091-9

В данной работе дан обзор методов проектирования, примеры применения, техническая документация (ГОСТ) позволяющие качественно оформить принятое решение. Рассмотрены методические вопросы организации проектирования. Учебное пособие предназначено студентам специальности «Электроснабжение промышленных предприятий» всех форм обучения как материал при изучении специального курса, а также при выполнении курсового и дипломного проектирования.

ББК 31.29-5я73

ISBN 5-89230-091-9

© Иринчеев А.А., 2001 г.
© ВСГТУ, 2001 г.

ВВЕДЕНИЕ

Таблица 1.1

Традиционные этапы проектирования

В ходе проектирования возникает ряд вопросов относительно проектируемого объекта.

1. Понравится ли проект заказчику?
2. Вложит ли заказчик деньги в этот проект?
3. Будет ли принят проект к осуществлению?
4. Оптимальным ли образом в проекте используются доступные материалы и комплектующие изделия?
5. Как экономичнее реализовать проект?

Цель проектирования – положить начало изменениям в окружающей человека искусственной среде. Проектирование оказывается все меньше направленным на сам разрабатываемый проект и все больше – на те изменения, которые должна претерпеть производство, сбыт, потребитель и общество в целом в ходе освоения и использования нового объекта.

Главная трудность проектирования заключается в том, что проектировщик должен на основании современных данных прогнозировать некоторое будущее состояние, которое возникнет только в том случае, если его прогнозы верны

1. СОВРЕМЕННЫЕ ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ТРАДИЦИОННЫЕ. НЕОБХОДИМОСТЬ НОВЫХ МЕТОДОВ

Эволюция традиционных методов проектирования (кустарный, чертежный) позволили сформировать последовательность этапов так называемого инженерного и архитектурного проектирования, представленные в таблице.

За различной и несколько условной терминологией, принятой в этих двух областях деятельности, проглядывается

Этап	Инженерное конструирование	Архитектурное проектирование
1.	<i>Оценка осуществимости</i> Отыскание комплекса поддающихся осуществлению концепций	1. Зарождение идеи 2. Возможность осуществления 3. Эскизное предложение
2.	<i>Эскизное проектирование.</i> Отбор и разработка оптимальной концепции	4. Принципиальное решение планировок
3.	<i>Рабочее конструирование</i> Инженерное описание конструкций	5. Рабочее проектирование
4.	<i>Планирование</i> Оценка и изменение концепции в соответствии с требованиями производства, сбыта, эксплуатации и ликвидации использованного изделия	6. Производственная информация 7. Спецификация материалов 8. Сбор заявок на подряды 9. Организация строительства 10. Строительные работы 11. Завершение работ 12. Обратная связь

явное сходство методик. В обоих случаях начинается (этап 1) с восприятия информации. На ее основе быстро выстраивается некоторый комплекс альтернативных решений изделия в целом.

На этапе 2 нужно отобрать одно из этих решений для дальнейшей разработки. Когда эта конструкция продумана настолько, что удовлетворяет главного конструктора, начинается рабочее конструирование, во время которого работу параллельно ведет много людей (этапы 3 и 4).

Чтобы определить сильные и слабые стороны традиционных методов, попытаемся ответить на четыре принципиальных вопроса:

1. Как решаются сложные задачи при традиционном проектировании?

Из наблюдений о характере творческого мышления можно сделать вывод, что основной метод решения сложных задач заключается в их преобразовании в более простые, и сложность создания проекта преодолевается путем выбора временного решения в качестве средства для оперативного исследования как ситуации, которой должен удовлетворять проект, так и взаимосвязей и зависимостей между составными частями конструкций.

2. В каком отношении современные задачи проектирования сложнее традиционных?

Одним из явных признаков того, что нам нужны более современные методы проектирования и планирования, являются крупные неразрешенные проблемы, возникшие в связи с применением искусственно созданных предметов. Эти недостатки нельзя считать ошибкой природы или «бичом божьим» и пассивно мириться с ними, напротив, их можно рассматривать как результат человеческого неумения предвидеть ситуации, которые возникают в результате появления проектируемого человеком изделий.

В современных условиях проектирования проектировщики сталкиваются с рядом дополнительных осложнений, которые не встречались им.

Внешние осложнения

Перенос технических решений, т.е. планомерный поиск в отдаленных отраслях технологий, таких как изобретения и разработки, которые позволяют решать данную задачу проектирования.

Возможность возникновения побочных эффектов при использовании нового разрабатываемого изделия, которую необходимо прогнозировать на ранней стадии проектирования, когда еще можно изменить конструкцию изделия и организацию системы.

Применение единых стандартов для обеспечения совместимости изделий взаимодействующих систем.

Чувствительность к совпадениям, часто возникающая в тех случаях, когда один и тот же человек использует изделия, принадлежащие двум различным системам.

Невозможность устранения крупных несоответствий между изделиями без реорганизации всей системы отношений и *коренного преобразования изделий*, которое позволяло бы перераспределять функции.

Внутренние осложнения

Постоянный рост капиталовложений, необходимых для получения существенного экономического эффекта от новой конструкции.

Трудность приложения сведений, заимствованных из посторонних источников, к имеющейся задаче проектирования без нарушения внутреннего равновесия между частями конструкций, которые удалось добиться на предыдущей стадии проектирования.

Крайняя сложность определения *рациональной последовательности принятия решений*, когда поток новых

потребностей, новых технологических процессов и новых идей непрерывно изменяет систему отношений между параметрами решения.

3. Какие межличностные барьеры мешают решению современных задач проектирования?

Коллективное проектирование

Существует множество сложных объектов – автомобили, больницы или ракетные системы, при проектировании которых принципиальные решения принимаются коллективно и не могут быть приняты единолично. Межличностные трудности проектирования можно преодолеть, если найти способ объединения усилий бригады проектировщиков, и эти трудности сильно возрастают, если необходимое изменение проекта идет вразрез с интересами тех, кто признан сотрудничать в этом деле.

Для преодоления этих трудностей каждому члену группы нужно выделить роль, соответствующую его компетентности в каждом из рассматриваемых вопросов. Но как это сделать, если никто из присутствующих не может судить о знаниях других членов группы или о том, насколько эти знания существенны или несущественны для принятия правильного решения.

И это не единственное затруднение, которое возникает, когда бригада проектировщиков, состоящая из представителей различных профессий с различными интересами, ищет решение задачи на уровне системы (рис.1.1), причем задача не может быть решена без преобразования и упрощения существующих зависимостей между переменными, а для этого пришлось бы отказаться от существенных конструктивных решений и создать новые комплексы изделий, лучше увязанных друг с другом.

Рассмотрим межпрофессиональные и межличностные препятствия, возникающие при необходимости проведения

проектных работ одновременно на уровне систем и на уровне изделий.



Рис.1.1. Информационность проекта различными группами проектировщиков

Заказчики

Заказчики, финансирующих разработку новой системы, чаще всего имеют слишком узко направленную материальную заинтересованность и обладают недостаточным влиянием на других операторов системы, с которыми приходится сотрудничать, и проектировщики получают краткое техническое задание, отражающие интересы заказчика на данный момент.

В ответ проектировщиками могут быть выдвинуты встречные предложения, по мнению проектировщиков, улучшающие или повышающие эксплуатационные характеристики, обрисованы принципиально новые виды изделий, необходимые для осуществления этих идей.

Если эти предложения требуют дополнительных капиталовложений или взаимодействие с другими проектными организациями, то это вряд ли понравится заказчику.

Бригада проектировщиков

Если бригада проектировщиков представляет собой достаточно работоспособную группу, объединенных общими интересами людей, то они способны решить самые сложные задачи. Если же для решения требуется изменить границы организации, включить новые группы или отдельных специалистов, с различным опытом работы и уровнем знаний по данной проблеме, то возникают проблемы адаптации. Созданные новые системы потребуют новые условия, что скажется на сохранении их показателей и надежности их работы будут нужны новые испытания.

Каждое новое решение требует длительной и дорогостоящей оценки, будет утеряна способность быстрого продвижения вперед благодаря интуитивным догадкам, основанным на точных знаниях. В результате каждое новое радикальное предложение либо будет принято без должного обоснования, либо постепенно сведется лишь к небольшой модификации существенного положения.

Поставщики

Поставщиков материалов и комплектующих, чаще всего интересуют объем и регулярность заказов, они часто имеют возможность удовлетворить требования, предъявляемые к новым изделиям, и не замечают многочисленные препятствия при детальном приспособлении своего производства к требованиям новой конструкции.

Изготовители

Инженерам - технологам не удастся сколько-нибудь точно прогнозировать стоимость предполагаемого изменения в проекте до того, как будет разработана подробная технология,

т.е. когда такие прогнозы в значительной мере уже потеряют ценность для бригады проектировщиков.

Таким образом, одним из следствий реорганизации системы является лишение проектировщиков точных стоимостных оценок, без которых не может быть уверенности в целесообразности предполагаемых крупных изменений.

Работники сбыта

Проекты радикального улучшения технических характеристик изделия встретят поддержку сбытовиков лишь в той мере, в какой потребитель уже начал требовать такие изменения.

Покупатели

Больше всего препятствуют переменам покупатели, так как не могут заранее определить свою или чужую способность приспособиться к новому изделию. Потребитель очень чувствителен к небольшим, но имеющим значение различиям в стиле, цвете или рисунке, но может быть совершенно равнодушен к подлинно новым формам, которые не приобрели еще широкого признания или социальной значимости.

Это отношение покупателя – сильный аргумент против того, чтобы создавать новые конструкции по результатам опросов покупателей при выявлении их предпочтения.

Потребители

Потребители очень медленно приспосабливаются к изменениям в конструкции изделий и не могут заранее определить свою реакцию на них, но готовы рисковать большими потерями в отдаленном будущем, если соответствующим образом стимулировать приспособление его к неблагоприятным условиям. Те, кому приходится сталкиваться с этим жизненно важным вопросом, должны иногда пренебрегать мнением потребителя и исходить в своей деятельности, в первую очередь, из результатов объективных наблюдений за поведением потребителя и из моральных и

экономических оценок вреда и пользы от такого приспособления.

Операторы системы

При создании принципиально новой системы, интересы и взгляды операторов существующих систем лишь частично будут отражать достоинства и недостатки разрабатываемой системы. Заинтересованные лица не умеют и не привыкли оценивать влияние, которое могут оказать сколько-нибудь существенные изменения на них самих и на их организации.

Общество

Отношение различных людей к новаторской деятельности заключается в том, что на всех этапах, кроме самого первого и последнего, существует внутреннее сопротивление таким радикальным переменам на уровне систем, которые представляются необходимыми для решения крупных современных проблем проектирования и планирования.

4. Почему сложность современных задач оказалась непосильной для традиционного проектирования?

Важнейшим этапом процесса взаимных отношений между наборами компонентов и комбинацией узлов и деталей является чертеж. Важнейшим этапом процесса является не взаимная подгонка узлов и деталей, а творческое *озарение*, благодаря которому мозг достаточно информированного и гибко мыслящего человека позволяет выдвинуть на передний план один из перспективных узлов и деталей. Такой метод дает прекрасные результаты на уровне изделий и их частей, однако его пригодность для принятия решений на уровне системы и общественных групп крайне сомнительна. Трудности следующие:

строить процесс творческого поиска на традиционном применении чертежей изделий, рассматриваемых как

неизменные элементы, значит полностью заблокировать возможности новаторства на уровне систем;

информация, необходимая для оценки возможностей осуществления новой системы, рассеяна среди множества людей и по многим публикациям, а часть этой информации можно получить только с помощью специально проведенных научно-исследовательских работ;

часть сведений содержится в знаниях и опыте людей, непосредственно заинтересованных в том, чтобы противодействовать любым изменениям существующего положения и они не могут высказать предвзятого мнения о конечных достоинствах и недостатках крупных изменений;

для преодоления крупных пороков социально-технического развития социальной сферы приходится исходить из ценностных суждений, и эти оценки должны соответствовать всей сумме социальных, экономических и технических данных, необходимых для детального прогнозирования возможностей реализации системы на всех четырех уровнях иерархии, в которую входят общественные группы, системы, изделия и детали изделий.

Выводы из приведенного анализа трудностей, возникающих при решении современных задач проектирования, можно сформулировать следующим образом:

пространство, в котором нам приходится вести поиск новых систем, реализуемых на основе оригинальных изделий и узлов, слишком велико для упорядоченного обследования и слишком неизведанно для того, чтобы в нем могли разобраться люди, знания и опыт которых ограничиваются рамками одной из существенных специальностей в области проектирования и планирования;

нужны проектировщики и организаторы широкого профиля, творческое мышление которых базируется на глубоких теоретических и практических знаниях об

изменениях на всех уровнях – от общественного движения до конструкции деталей;

нужны новые методы, которые обеспечивали бы достаточный объем информации для принятия решений на каждом из этих уровней.

1.1. Стратегии проектирования

Термин «стратегия проектирования» применяется в значении определенной последовательности действий, выбираемой проектировщиком или группой планирования с целью преобразования исходного технического задания в готовый проект. Решение о том, какие действия должны быть включены в стратегию проектирования, может быть принято с самого начала, или же можно менять стратегии в зависимости от результатов, полученных после выполнения предыдущих действий. Содержание каждого «действия проектировщика» определяется самим проектировщиком; некоторые могут базироваться на новых методах; другие на традиционных приемах; третьи будут представлять собой новые процедуры, самостоятельно изобретенные проектировщиком.

Если метод проектирования, взятый сам по себе, позволяет решать задачу проектирования, он называется *стратегией*; однако в большинстве случаев новые методы не дают такой возможности, поэтому они рассматриваются как «действия», из которых можно составить различные варианты законченных стратегий.

Целесообразно классифицировать стратегии проектирования по двум показателям:

- степень заданности;
- схема поиска.

Заранее заданные, или готовые стратегии жестко зафиксированы заранее. Они больше подходят для проектирования в знакомых ситуациях, чем для новаторской

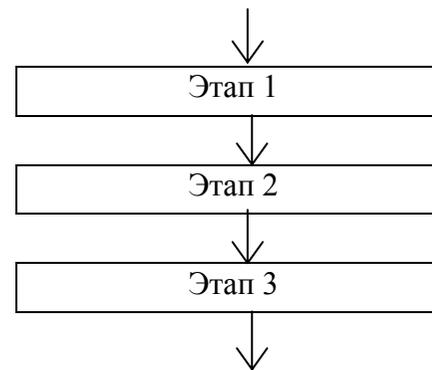


Рис. 1.2. Линейная стратегия

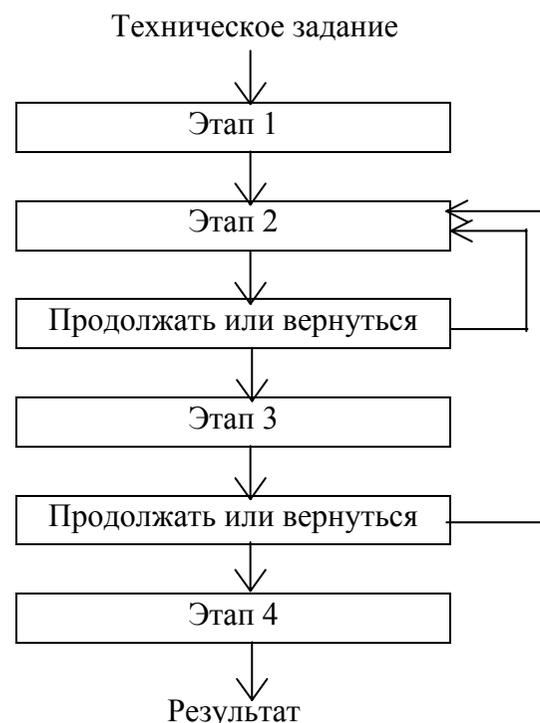


Рис.1.3. Циклическая стратегия

деятельности, т.е. для объединения или модернизации существующих конструкций, а не для изобретения новых изделий.

В идеале заданная стратегия должна быть *линейной*, т.е. состоять из цепочки последовательных действий, в которой каждое действие зависит от исхода предыдущего, но не зависит от результатов последующих действий (рис.1.2).

Если после полученных результатов на одной из стадий приходится возвращаться к одному из предыдущих этапов, стратегия становится *циклической*. Встречаются случаи, когда две или несколько петель обратной связи охватывают друг друга (рис.1.3.).

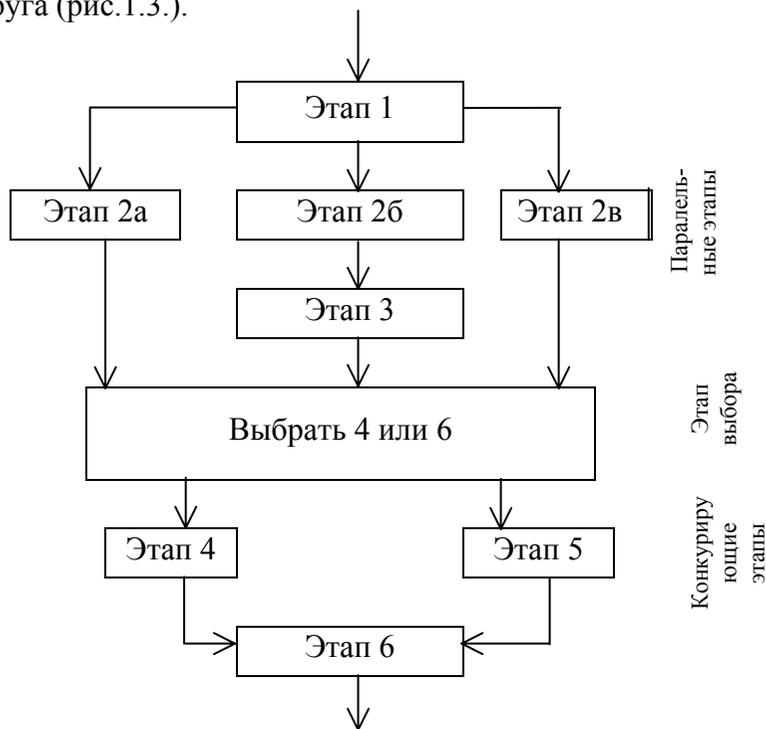


Рис. 1.4. Разветвленная стратегия

Когда действия проектировщиков не зависят одно от другого, может иметь место *разветвленная стратегия* (рис.1.4). В нее могут входить *параллельные этапы*, очень выгодные в том отношении, что позволяют увеличивать количество людей, одновременно работающих над задачей, и конкурирующие этапы, которые позволяют в определенной степени видоизменять стратегию в соответствии с исходом предыдущих этапов.

Адаптивные стратегии (рис.1.5.) отличаются тем, что в них с самого начала определяется только первое действие. В дальнейшем выбор каждого действия зависит от результатов предшествующего действия. В принципе, это самая разумная стратегия, поскольку схема поиска всегда определяется на основе наиболее полной информации.

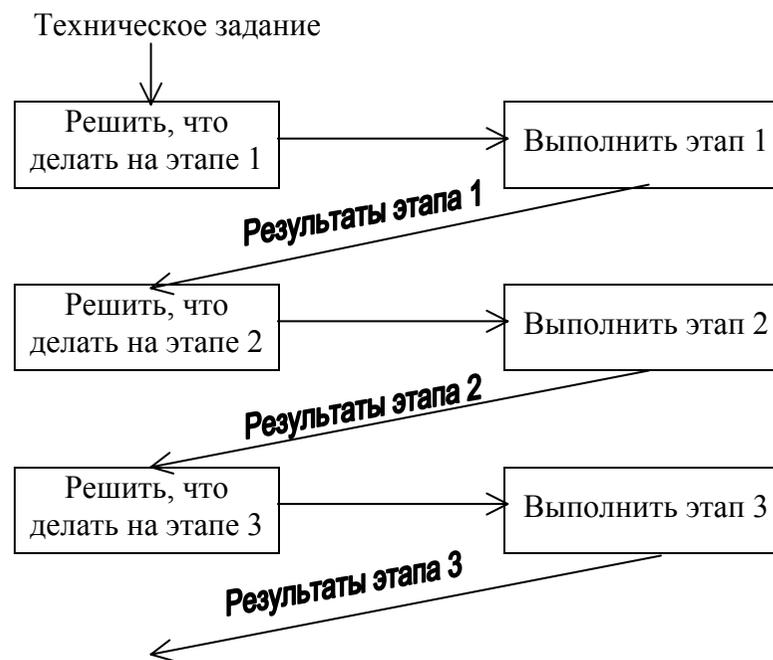


Рис. 1.5. Адаптивная стратегия

Ее недостаток состоит в невозможности предвидеть и контролировать затраты и сроки выполнения проекта. Многие предпочитают применять адаптивную стратегию, поскольку она позволяет полностью использовать способность человека «импульсивно» совершать правильные действия.

Надежным, но ограниченным вариантом адаптивного поиска является *стратегия приращений* (рис.1.7). Это осторожная стратегия составляет основу традиционного проектирования, особенно в тех отраслях промышленности, которые базируются на ремесленном производстве. При поиске метода приращения, имеется риск пропустить хорошие решения, когда приращения слишком велики, и не охватить все поля поиска, когда они слишком малы.

Случайный поиск. Отличающийся абсолютным отсутствием план (рис. 1.7), в некоторых случаях оказывается наилучшим методом. Эта стратегия пригодна, необходимо найти множество отправных точек для независимого поиска в широком поле неопределенностей. При выборе каждого этапа сознательно не учитываются исходы остальных этапов, что придает поиску предельно непредубежденный характер. Он используется в новаторском проектировании, когда неразумно пренебрегать ни одним из внесенных предложений, пока не будет собрана дополнительная информация. Применение адаптивных стратегий и стратегий приращений преследует цель обеспечить ту или иную степень изменения схемы поиска в ходе самого поиска.

Метод управления стратегией, или самообразующие системы проектирования (рис.1.8), предназначены для оценки стратегии *в целом* в соответствии с внешними критериями и промежуточными результатами осуществления самой этой стратегии.

Эти методы призваны обеспечить сохранение принятой стратегии, несмотря на возникающие трудности, до тех пор,

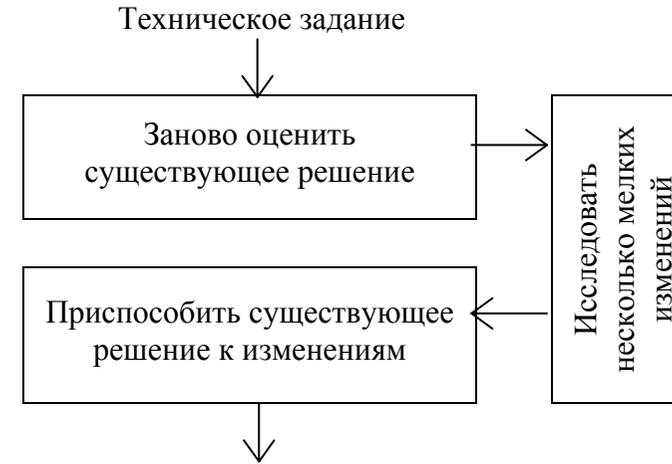


Рис. 1.6. Стратегия приращения

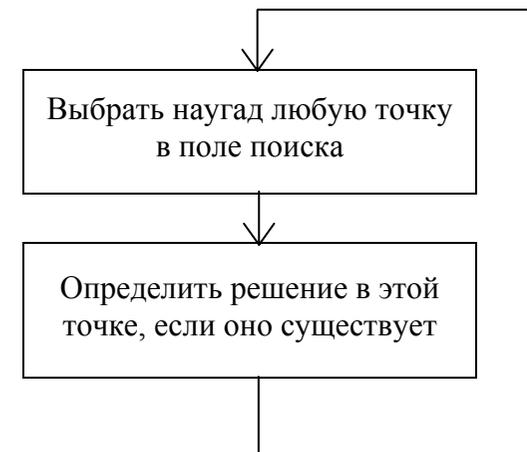


Рис. 1.7. Случайный поиск

пока она остается перспективной, и ее замену или отказ от нее, когда она перестает соответствовать окружающей среде.

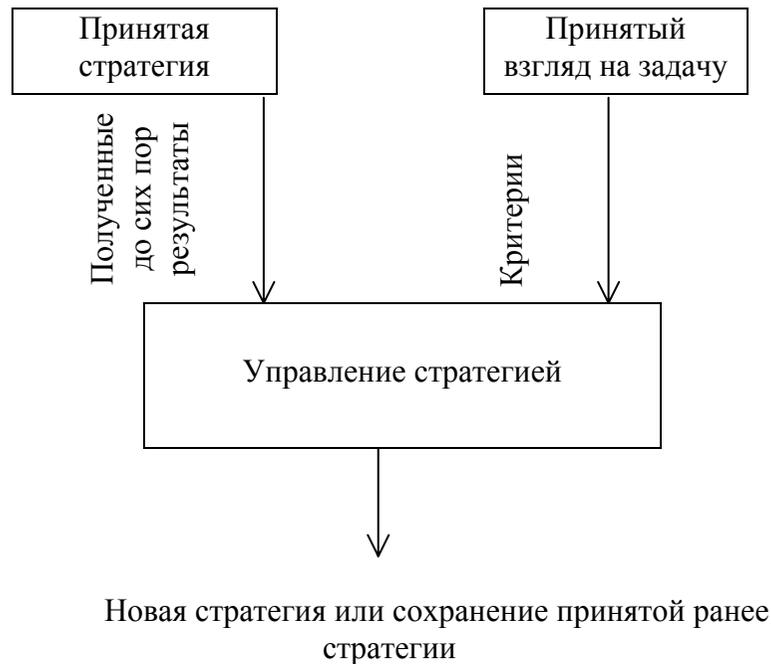


Рис.1.8. Управление стратегией

1.2. Критерии управления проектными работами

Выявление и пересмотр важнейших решений. Каждое решение, которое может принести значительные убытки, должно быть выявлено как можно раньше. Такие решения на начальных стадиях следует принимать лишь условно и предусматривать возможности их пересмотра в случае, если в дальнейшем обнаружится, что они вступают в противоречие с надежно установленными фактами или с обоснованными

суждениями специалистов. К числу важнейших решений относятся исходные допущения, цели, выбор моделей, выбор стратегии и метод изменения стратегии.

Соотношение затрат на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы с убытками от принятия неверного решения. Убытки от незнания должны превышать затраты на дорогостоящие усилия проектировщика при поиске ответа на тот или иной вопрос. При оценке предложения о проведении какой-либо работы нужно прежде всего выяснить, на какие вопросы она даст ответ.

Распределение заданий в соответствии с возможностями исполнителей. Каждому члену бригады проектировщиков нужно поручать такие задания, с которыми он способен справиться, в которых он разбирается и в выполнении которых заинтересован. Это требование гораздо труднее выполнить в бригадах, состоящих из представителей разных специальностей и работающих над новаторским проектом, чем в группах традиционных проектировщиков одинаковой специализации, занятых решением задачи знакомого типа.

Отыскание полезных источников информации. Информацию следует искать во всех основных источниках стабильности и нестабильности, с которыми приходится считаться при проектировании. Прежде чем обратиться к важной или дорогостоящей информации из различных источников, следует провести независимые испытания или получить сведения о надежности этих источников. Нельзя ожидать, что консультанты будут давать нужные рекомендации, если они не знакомы с взаимодействиями и конфликтами, характерными для данного проекта.

Исследование взаимосвязей между изделием и средой. Прежде чем выбрать или изменить стратегию проектирования, нужно оценить чувствительность конструкции к изменениям среды и соответственно среды к изменениям конструкции.

Только после этого можно наметить главные решения, установить цели и уточнить структуру задачи.

Эти критерии управления стратегией сами собой подразумеваются, когда проектировщики работают над типовой задачей, но эти критерии редко выдерживаются в тех случаях, когда для решения новых типов задач проектирования либо создаются бригады из специалистов разного профиля, не обладающих опытом проектирования, либо привлекаются опытные проектировщики, которые в ходе работы над задачей вынуждены выходить за пределы своей компетенции.

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАК ТРЕХСТУПЕНЧАТЫЙ ПРОЦЕСС

Одно из простейших и наиболее распространенных наблюдений относительно проектирования, на котором сходятся многие авторы, состоит в том, что проектирование включает в себя три основные стадии: анализ, синтез и оценку. Простыми словами эти три стадии можно определить соответственно как "расчленение задачи на части", "соединение частей по-новому" и "изучение последствий от практического внедрения нового устройства". Большинство специалистов по теории проектирования сходятся на том, что обычно эти стадии повторяются многократно, а некоторые считают, что каждый следующий цикл отличается от предыдущего большей детализацией и меньшей общностью.

Три описанные ниже стадии не всегда образуют единую универсальную стратегию, состоящую из еще более мелких ступеней. Они имеют более элементарную природу - это лишь категории, которые позволяют нам обсуждать многие "открытые концы" современной теории проектирования, хотя бы на том неточном описательном уровне, выше которого мы не можем подняться при нынешнем сочетании частичного знания с частичным неведением.

Эти три ступени можно назвать дивергенцией, трансформацией и конвергенцией, причем, названия эти в большей мере соответствуют новым задачам, связанным с проектированием систем, чем традиционным методам архитектурного проектирования и технического конструирования. Каким бы нелепым и бессмысленным ни казалось профессиональному проектировщику рассмотрение этих трех ступеней, оно, несомненно, является необходимой предпосылкой для внесения методологических изменений на всех стадиях и должно предшествовать их воссоединению в единый процесс, пригодный для проектирования на уровне систем.

2.1. Дивергенция

Этот термин обозначает расширение границ проектной ситуации с целью обеспечения достаточно обширного и достаточно плодотворного пространства для поиска решения. Дивергентный поиск характеризуется следующими основными чертами:

Цели неустойчивы и условны.

Границы задачи неустойчивы и неопределенны.

Оценка откладывается на будущее: все, что может иметь отношение к решению задачи, принимается во внимание, как бы сильно одно положение ни противоречило другому.

Техническое задание, полученное от заказчика, принимается за отправную точку исследований, но при этом считается, что это задание может подвергаться изменениям и развитию в ходе дивергентного поиска, а может быть, и на более поздних ступенях (однако не без согласия заказчика).

Задача проектировщика заключается в сознательном увеличении своей неуверенности, в освобождении от заранее заданных решений, в изменении стратегии мыслительной

деятельности на основе массива данных, которые могут иметь отношение к решению задачи.

Одна из целей исследований на этой стадии заключается в том, чтобы изучить реакцию заказчиков, потребителей, рынка, производства и т.п. на смещение целей и границ задачи в разных направлениях и в различном объеме. Направление исследования этой реакции во многом зависит от того, какие именно неувязки и противоречия обнаруживаются в сложившейся ситуации.

Дивергентный поиск можно рассматривать как проверку на устойчивость всего, что имеет отношение к решению задачи, как попытку определить, что в иерархии социальных ценностей, систем, изделий и деталей (а также в умах тех, кто будет принимать ответственные решения) подвержено изменению, а что можно считать неподвижными точками отсчета.

Стабильные и нестабильные точки одинаково часто могут встречаться как на низших уровнях, соответствующих изделиям и их составным частям, так и на высших уровнях коллективных целей и индивидуальных оценочных суждений; на этой ступени нельзя ожидать появления упорядоченной картины. Проектировщик должен, по возможности, воздерживаться от попыток втиснуть свои выводы в незрелую схему.

Принятие решений нужно отложить до следующей стадии, когда проектировщик будет достаточно много знать обо всем, что связано со стоящей перед ним задачей, и на основе этих знаний сумеет предвидеть вероятные последствия различных способов организации данных.

Необходимо отметить, что работа на этой стадии включает в себя как логические, так и интуитивные действия и требует "больше беготни, чем размышлений в кресле". Новички в области методологии проектирования обычно впадают в одну и ту же ошибку: на этой стадии они слишком

много занимаются спекулятивными размышлениями и не осознают необходимости сбора фактов прежде, чем можно будет принимать важные решения, и прежде, чем им самим станет ясно, чего они хотят.

Навыками работы на этой предпроектной стадии гораздо легче овладевают лица, имеющие опыт в таких областях, как журналистика, научно-исследовательская работа, статистический анализ данных, чем люди, получившие специальную подготовку по проектным специальностям, - инженеры, архитекторы, художники-конструкторы, градостроители и пр.

Проектировщикам часто приходится многому разучиваться, чтобы приобрести свободу, гибкость и широту взглядов, которые нужны *до того*, как будут приняты проектные решения, и *до того*, как станет целесообразно приниматься за что-либо похожее на окончательную проработку конструкции.

Затраты на такого рода предпроектную деятельность легко могут выйти из-под контроля. Чтобы этого не случилось, нужно достаточно реально определить размеры убытков, к которым привел бы отказ от сбора информации. Кроме того, определенную часть связанных с поиском затрат следует направить на управление этим поиском, а не на его выполнение.

Например, лучше убедиться, что информация берется из надежных и подходящих источников, чем черпать данные откуда попало, в надежде, что попадется что-нибудь ценное, или просто потому, что исследователь случайно знает и воздерживаться от попыток втиснуть свои выводы в незрелую схему.

Принятие решений нужно отложить до следующей стадии, когда проектировщик будет достаточно много знать обо всем, что связано со стоящей перед ним задачей, и на

основе этих знаний сумеет предвидеть вероятные последствия различных способов организации данных.

Необходимо отметить, что работа на этой стадии включает в себя как логические, так и интуитивные действия и требует "больше беготни, чем размышлений в кресле". Новички в области методологии проектирования обычно впадают в одну и ту же ошибку: на этой стадии они слишком много занимаются спекулятивными размышлениями и не осознают необходимости сбора фактов прежде, чем можно будет принимать важные решения, и прежде, чем им самим станет ясно, чего они хотят.

Постановку вопросов и принятие решений о том, куда обратиться за ответом и насколько грубыми или точными должны быть эти ответы, следует предоставить самым опытным и разумным специалистам, которых удастся привлечь к этой работе.

Кратце можно сказать, что *цель дивергентного поиска* заключается в том, чтобы *перестроить или разрушить первоначальный вариант технического задания*, выявив при этом те аспекты ситуации проектирования, которые позволяют получить ценные и осуществимые изменения. *Проводить дивергентный поиск* - это значит также с минимальными затратами и в кратчайшие сроки приобретать новый опыт, достаточный для того, чтобы противодействовать всем ошибочным установкам, из которых вначале исходили бригада проектировщиков и ее заказчики.

2.2. Трансформация

Это стадия создания принципов и концепций, пора высокого творчества, вдохновенных догадок и озарений - всего, что составляет радость творческого труда при проектировании.

Это же и самая ответственная стадия, когда совершаются крупные ошибки, когда могут восторжествовать необузданный оптимизм или узость мышления, когда необходимы большой опыт и здравомыслие, чтобы не огорчить мир дорогостоящими и бесполезными - или даже вредными - результатами больших, но неверно направленных затрат человеческого труда.

Это стадия, когда суждения о ценностях и о технических возможностях объединяются в решения, которые должны отражать реальные политические, экономические и эксплуатационные аспекты ситуации проектирования. Из всего этого возникает общая концептуальная схема проектируемого объекта, которая кажется удачной, хотя это и нельзя доказать. Оптимального решения достичь невозможно - можно лишь провести оптимальный поиск.

Невозможно обрести полную уверенность в том, что то, что делается, в конечном итоге окажется "наилучшим". Только ретроспективно можно убедиться в том, что поиск (но не цель) оправдал себя.

Для трансформации (которая может *произойти* неожиданно в любой момент, но которую нужно *применять* только после того, как дивергенция в значительной мере уже завершена) характерны следующие основные черты:

Основная цель заключается в том, чтобы на результаты дивергентного поиска наложить некоторую концептуальную схему, достаточно точную для конвергенции к единому проекту, а затем утвердить этот проект и закрепить его во всех деталях.

Избранная схема должна отражать все реалии конкретной ситуации. Создание концептуальной схемы в данном случае представляет собой творческий акт преобразования сложной задачи в простую путем изменения ее формы и принятия решения о том, что необходимо подчеркнуть, а чем можно пренебречь.

Фиксируются цели, технические задания и границы задачи, выявляются важнейшие переменные, распознаются ограничения; здесь используются предоставляющиеся возможности и выносятся оценочные суждения.

Задача расчленяется на подзадачи, причем считается, что все подзадачи можно решать параллельно или последовательно и в значительной мере независимо друг от друга. Инструментом на этой важнейшей стадии служат специальные слова и символы, придуманные для обозначения частей задачи. Из них составляется "язык задачи", который кладется в основу дальнейшей работы.

Важнейшими условиями успешной трансформации являются, во-первых, свобода изменения подцелей, позволяющая избежать серьезные потери качества, и, во-вторых, быстрота оценки возможностей и последствий реализации любой конкретной последовательности подцелей.

Это второе условие почти невыполнимо, так как изменение подцелей означает переход к принципиально иному проекту. Такое изменение может вызвать фатальные задержки обратной связи от практического опыта, обеспечивающей поступление информации, необходимой для обоснованного выбора подцелей.

На традиционном уровне проектирования изделий быстрая обратная связь обычно обеспечивается в значительной мере за счет опыта главного конструктора, а также за счет скорости и надежности, с которой он умеет оценить "на обороте старого конверта" различные альтернативные варианты конструкции.

На уровне систем изменение подцелей требует испытаний альтернативных изделий и альтернативных деталей, поэтому здесь осуществимость проекта уже не удастся прогнозировать, исходя из имеющегося опыта или на основании эскиза. В этом случае основные надежды возлагаются на научную оценку.

Одно хорошо проведенное испытание или один "акт прогнозирования" уже может дать информацию о возможностях осуществления целого ряда альтернативных конструкций изделия, а это расширяет "пространство маневрирования" проектировщика при трансформации всей системы.

Ярче всего проявляется личность проектировщика. Вообще говоря, чем более контрастна сложившаяся у индивидуума мысленная картина мира - существующего или потенциального, - тем большую нетерпимость он будет проявлять ко всем трансформациям, кроме той, которая представляется ему правильной.

Вот здесь-то и может дать сбой "коллегиальное проектирование". Ставить на голосование можно только ту или иную трансформацию целиком, без "перемешивания" соперничающих вариантов. Обычно можно предложить несколько трансформаций, каждая из которых обеспечивает достижение приемлемого (хотя и каждый раз иного) результата.

При трансформации структуры системных задач можно пользоваться как языковыми, так и математическими методами.

2.3. Конвергенция

Последняя из трех стадий охватывает то, что при традиционном подходе занимало почти все время проектирования, но что по мере автоматизации проектирования постепенно стали игнорировать.

Эта стадия наступает тогда, когда задача определена, переменные найдены, а цели установлены. Теперь проектировщику необходимо шаг за шагом разрешать второстепенные противоречия до тех пор, пока из многих

возможных альтернативных конструкций не останется одна - окончательное решение, которое и получит "путевку в жизнь".

Основные характеристики конвергенции таковы:

Настойчивость, жесткость мышления и методики здесь являются достоинством; с лабильностью и неопределенностью надо бороться. Основная цель на этом этапе - как можно быстрее уменьшить неопределенность, поэтому большую помощь здесь оказывает все, что способствует исключению альтернатив, не заслуживающих рассмотрения.

Главным же врагом является быстрый рост затрат при все более детальном анализе задачи по мере приближения к точке конвергенции. Самое главное решение, которое здесь необходимо принять, - это установить порядок принятия решений, уменьшающих разнообразие.

Насколько возможно, порядок этот должен быть обратным порядку их логической зависимости, что приводит к линейной стратегии без цикличности. Это идеальный вариант многих готовых стратегий.

Подводным камнем при конвергенции является, несомненно, тот факт, что некоторые подзадачи неожиданно приобретают особую важность, так как они не могут быть разрешены без изменения ранее принятых решений, что приводит к цикличности.

Цель "магической" стадии трансформации заключалась в том, чтобы тем или иным способом придать задаче форму, при которой подзадачи предвосхищались бы или исключались действиями на общем уровне.

Модели, используемые для представления поля оставшихся альтернатив, в ходе конвергенции должны становиться менее абстрактными и более детализированными. При проектировании систем ни масштабный чертеж, ни прототип в натуральную величину не обеспечивают

достаточной общности ни для одного этапа конвергенции, кроме самого последнего.

На более ранних этапах конвергенции пригодны математические модели и абстрактные аналогии, в которых отражается сумма имеющихся знаний в области прикладных наук.

Для осуществления конвергенции возможны две диаметрально противоположные стратегии. Одна из них направлена *от внешнего к внутреннему*. Этой стратегией пользуется, например, архитектор, когда он, исходя из внешнего вида здания, определяет планировку помещений в нем.

Вторая стратегия направлена *от внутреннего к внешнему*, и ею тоже может воспользоваться архитектор, если он исходит из функций или планировки отдельных помещений и лишь на этой основе приходит к решению о внешнем виде здания.

По-видимому, опытный проектировщик чаще всего будет одновременно идти с обоих концов, ставя перед собой вопросы в точках встречи этих двух направлений, где часто возникают неувязки. Многие из новых методов проектирования, например метод "Стратегия коллективной разработки гибких архитектурных проектов", построены целиком на стратегии, направленной от внутреннего к внешнему, и предполагают независимое решение подзадач без учета их последующего сочетания в единое целое. Сторонники этой "атомарной" стратегии исходят из того, что решение подзадач не зависит от способа их объединения.

Подводя итог, можно сказать, что цель конвергенции - сократить поле возможных вариантов до единственного избранного проекта с минимальными затратами времени и средств и без необходимости совершать непредвиденные отступления.

Это единственный аспект проектирования, который, видимо, до конца поддается логическому анализу и который может быть целиком выполнен вычислительной машиной. Правда, здесь остаются некоторые сомнения.

Вкратце они сводятся к тому, что логическое описание путей, которые в прошлом привели к нужной цели, может оказаться несостоятельным при следующем заходе.

2.4. Последствия расчленения акта проектирования

Главным результатом новых методов проектирования является объективация тех процессов мышления, которые традиционный проектировщик держал "при себе", и разделение их на три категории: интуитивное мышление, логическое мышление, и металогическое, или процедурное, мышление ("мысли о мыслях").

Такая объективация и подобное расчленение привели к возникновению целого набора методов, каждый из которых касается, в первую очередь, лишь одного аспекта того, что при традиционном проектировании составляло единый и не поддающийся объяснению процесс (причем, не следует забывать - процесс в высшей степени эффективный на уровне проектирования изделий).

Цель объективации и расчленения очевидна: они призваны раскрыть мышление проектировщиков для восприятия огромного количества новых фактов и идей, которые крайне важны для проектирования на уровне систем, но, по-видимому, не могут содержаться в индивидуальном опыте какого-либо одного, даже самого талантливого, проектировщика.

Однако методологии проектирования, пожалуй, упускают из вида разрушительное действие, которое оказывает такое расчленение на способность проектировщика (или бригады проектировщиков) сохранять контроль над

ходом работ по проекту в целом на жизненно важной, но загадочной стадии трансформации, от которой в наибольшей степени зависит успех или неудача новаторской деятельности.

Как уже упоминалось, первые попытки применения новых методов в лучшем случае приносят частичный успех, а в худшем заканчиваются полной неудачей. Положительный эффект от применения новых методов заключается в том, что они, во-первых, заставляют проектировщиков в поисках информации выйти за пределы привычного круга мыслей и, во-вторых, предохраняют от искушения ухватиться за первую попавшуюся мысль, которая придет в голову.

Более строгие логические методы резко увеличивают число альтернатив, которые подлежат оценке на стадии конвергентного поиска. Их главный недостаток, однако, в том, что они не позволяют установить, насколько информация и идеи, собранные во время дивергентного поиска, и проект, создаваемый по планомерной конвергентной стратегии, соответствуют общей проектной ситуации и ее определяющим элементам.

Поэтому иногда при этом утрачивается контроль над проектом в целом, и вместо разумного улучшения получается отступление от здравого смысла. Самым серьезным недостатком новых методов в применении к крупным и неопределенным задачам разработки систем является то, что они уменьшают (вместо того чтобы увеличивать) возможности выявления главных целей и подзадач, которые для успешного осуществления конвергенции требуют исследования на ранних стадиях.

Явно недостает формализованного метода, который позволял бы группе людей тесно сотрудничать в жизненно важном процессе трансформации задачи. Это не столько отдельная стадия работы, сколько средство, обеспечивающее интуитивный выбор решения в критических точках дивергенции и конвергенции.

Следует отметить, что практика подтвердила высокую эффективность некоторых из новых методов в применении к стабильным и ограниченным определенными рамками ситуациям проектирования, не связанным с новаторством на уровне систем. В таких проектах, как программа пилотируемых космических полетов, система телевидения с ретрансляцией через спутник, проектирование химических заводов и разработка телефонных систем, достигнуты замечательные результаты, которые были бы немыслимы без объективирования мышления проектировщика.

Во-первых, в этих случаях ситуация находится под контролем одной организации, она зачастую свободна от мелочной политической опеки и позволяет с самого начала определить конечные цели.

Во-вторых, эти новые системы собираются из готовых элементов или из таких узлов, функции которых можно задать до начала рабочего проектирования: это, по сути дела, поточные системы. Поэтому жизненно важную стадию трансформации не приходится проводить на уровне систем или еще более высоком уровне - задачу можно принять в том виде, в каком она поставлена.

Структура задачи заранее определена неизменной природой организации и априорными знаниями о взаимодействиях между нормализованными узлами поточной системы. Подлинное требование нашего времени - требование объединения социальных изменений с техническими - невозможно удовлетворить без исследования радикальных взаимных воздействий социальных организаций и материальных систем.

Обоюдная податливость - важнейшее условие новых форм развития, подразумеваемых под термином "научно-технический прогресс".

2.5. Перспективы восстановления единства проектирования

По-видимому, возникла необходимость воссоединения различных аспектов проектирования, которые оказались разделенными при скачкообразном переходе от проектирования на чертежной доске к проектированию систем.

Если оглядеться в поиске примет такого воссоединения, можно обнаружить, что этот процесс уже начался как в области проектирования, так и за ее пределами. Важными представляются следующие признаки:

Широко распространен интерес к метапроцессам (т.е. к "мыслям о мыслях"). Примерами могут служить техника управления, разработка машинных языков высокого уровня, возрождение интереса к философским, этическим и политическим принципам, оживление интереса к вопросам веры даже со стороны убежденных атеистов.

Отмечается постоянно возрастающая тенденция привлечения всех, кто, может быть, затронут новым проектом, к участию в выработке важнейших решений либо опосредованно, через исследование потребительского спроса, либо непосредственно, через организации, создаваемые с целью защиты интересов тех, чье благосостояние зависит от результатов планирования и проектирования.

Все эти меры направлены на то, чтобы облегчить своевременное выявление критических точек для принятия соответствующих мер. Здесь надо отметить и возрастающую роль средств массового обучения, потребительских журналов, рекламы и художественного оформления изделий, которые своим воздействием на потребителя способствуют признанию и правильной оценке достоинств и недостатков новых изделий и систем.

С помощью этих средств потребитель приобретает знания и стимулы для адаптации к новым вещам, которые он

может использовать себе на благо лишь после того, как он изменит свой образ жизни и отношение к соответствующим вещам. Здесь становятся вполне очевидными моральные аспекты проектирования, но не будем спешить предавать анафеме такое средство, как реклама, лишь за то, что оно вмешивается в ситуацию морального выбора.

"Поношение технических средств" - лишь современная форма малодушия. Новой тенденцией в сфере потребления является стремление, особенно заметное в строительном проектировании, функционально отделять один элемент оборудования от другого, чтобы предоставить потребителю больше свободы в перестройке время от времени своей предметной среды, что позволяет установить гораздо менее жесткое согласование между идеями проектировщика и нуждами потребителя.

Новые возможности воссоединения дивергенции и конвергенции возникают в связи с применением вычислительных машин, работающих в реальном масштабе времени и снабженных устройствами ввода и вывода графической информации.

Такие машины позволяют осуществлять обмен информацией между человеком и машиной в нормальном для человека темпе. В этой области предсказывают замечательные перспективы, но реальные достижения пока сильно отстают от прогнозов.

Идеальной картиной полного симбиоза человека и машины был бы эволюционный процесс, в ходе которого разум машины сочетался бы с разумом человека в единую, чутко реагирующую сеть, обеспечивающую быстрый доступ ко всей опубликованной информации и ко всем имеющимся подпрограммам для автоматического проектирования.

Конечным эффектом такого симбиоза могло бы стать взаимное стимулирование, посредством которого люди с непредубежденным умом и программы с незамкнутым циклом

подталкивали бы друг друга к непредсказуемым, новаторским, но реалистическим исследованиям возможных путей развития искусственной среды.

Это должно быть похоже на непредсказуемое в деталях течение разговора между людьми, которые заранее не знают, что они скажут в следующий момент, но в ходе взаимного обмена намеками, догадками и эмоциональными импульсами начинают замечать и понимать вещи, которые без этого остались бы за пределами их внимания.

3. МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ДЕЙСТВИИ

Рассмотрим современные методы проектирования, отобранные на основе следующих критериев:

Эффективность. Проектировщики и организаторы смогут получить более ценные результаты, чем на основе традиционных методов и здравого смысла. При этом предполагалось, что проектировщики сталкиваются с непривычной проблемой, в той или иной мере требующей новаторства.

Соответствие. Методы, которые обычно не принято считать методами собственного проектирования.

Удобство. Методы, описание которых трудно найти в литературе, а также изложенные недостаточно понятно или опубликованные в редких изданиях.

Известность. Методы, достаточно эффективные, и их описание легко найти в распространенных учебниках.

Критика. Многие методы легко уязвимы для критиков.

3.1. Как выбрать метод проектирования

Для выбора метода проектирования можно пользоваться схемой «Дано – Требуется» (Приложение П2.). Исходными

данными, соответствующим колонке «Дано» (или «Вход»), служат те сведения, которыми проектировщики должны располагать, прежде чем пользоваться методом.

Конечные результаты, соответствующие строке «Требуется» (или «Выход»), - это те данные, которые получаются в результате применения данного метода. Шкалы «Дано» и «Требуется» совершенно идентичны: они построены в порядке уменьшения общности и увеличения неопределенности.

Методы, наиболее полезные на ранних стадиях, когда почти все неопределенно, попадают в верхний левый угол таблицы, а методы, соответствующие конечным стадиям решения задач проектирования – в ее нижний правый угол.

В клетках, далеко отстоящих от диагонали, приводятся методы, представляющие собой целые стратегии, позволяющие перескочить сразу через несколько этапов.

В клетках, расположенных непосредственно под диагональю, указаны методы пошагового проектирования, из которых могут быть составлены стратегии проектирования.

Некоторые методы повторно указаны ниже диагонали; это означает, что их можно использовать для проверки, т.е. для изменения формулировки задачи после ее частичного исследования. Способ применения схемы «Дано – Требуется» состоит в следующем:

1. Найти в графе «Дано» те категории информации, которые уже имеются. В ближайшей строке перечислены методы, которые применимы для решения соответствующей задачи.

2. По строке «Требуется» найти тот вид информации, который необходимо получить на данной стадии. Методы, обеспечивающие получение такой информации, указаны в соответствующей колонке.

3. Клетка, которая находится на пересечении выбранной строки с выбранной колонкой, содержит методы, позволяющие на основании имеющихся исходных данных получить необходимые конечные результаты.

Данная таблица не отражает всего многообразия методов проектирования, но дает представление о возможностях решения проектных задач с большой эффективностью.

Дивергенция

Методы, которые полезно использовать в самом начале проектирования, указаны в колонке 2 («Исследование проектной ситуации»). На этой стадии преследуется цель пробуждать сомнения, правильно формулировать вопросы, выявлять существенные факторы, исследовать реакции заказчиков, потребителей и других лиц на различные варианты решения задачи. Дивергентные методы помещены в колонке 2.

Трансформация

Этот процесс совершается посредством методов, указанных в колонке 3 (а также в клетках 1-4, 1-5, 1-6 и 2-5, где происходит трансформация исходных данных 1 или 2 в выходные данные 4, 5 или 6). В клетке 4-3 приведены методы, обеспечивающие возможность пересмотра задачи на более поздней стадии.

Такой пересмотр бывает очень эффективным: можно придать задаче временную, условную структуру с единственной целью получения информации, которая позволит вскрыть реальные трудности, а затем изменить структуру задачи таким образом, чтобы преодолеть эти трудности.

Конвергенция

Операции, приводимые в колонках 4, 5 и 6, всегда направлены на снижение неопределенности, возникшей на

предыдущих стадиях, и на конвергенцию к единственному варианту проекта.

Готовые стратегии, т.е. методы с сильнейшей конвергенцией, стоят все вместе в клетке 3-6. Основным недостатком методов, указанных в этой клетке, является то, что все они предполагают неизменную структуру задачи и поэтому не годятся для новаторского проектирования.

Группа более умозрительных, менее практически направленных логических методов включена в клетку 2-5. Методы управления стратегией указаны в клетках 1-6, так как с их помощью можно выбрать другие методы.

Клетки, расположенные вдоль диагонали (3-4, 4-5 и 5-6), содержат более скромные конвергентные методы, обеспечивающие продвижение вперед без риска, с которым связано применение общих стратегических методов, удаленные от диагонали.

Самые надежные и эффективные из этих методов пошагового продвижения указаны в клетке 5-6. Сюда относятся «жесткие» исследовательские методы (Анкетный опрос, Исследование поведения потребителей, Системные испытания, Выбор шкал измерения, Накопление и свертывание данных) и оценочные методы (Контрольные перечни, Выбор критериев, Ранжирование и взвешивание, Составление технического задания, Индекс надежности по Квирку)

Традиционные методы проектирования расположены в нижнем правом углу.

Метод проб и ошибок, на котором основана эволюция кустарных промыслов, охватывает клетку 5-6 и соперничает с новыми методами оценки, указанными в этой клетке.

Попытки ремесленника совершать операции, описываемые в других клетках таблицы, остаются чисто

умозрительными, не связанными с применением какого-либо объективного метода или орудия проектирования.

«Чертежный» способ проектирования занимает несколько больше места на схеме, но все же он охватывает лишь незначительную ее часть, а на остальной ее площади конструктор вынужден действовать «в уме», не имея методологии и орудий проектирования.

Ясно, что методы, указанные в клетках 4-5 и 4-6, особенно «Анализ взаимосвязанных областей решения (AIDA), который один занимает целую клетку 4-6 - это новые методы, вступающие в непосредственное соперничество с разработкой эскизов и изготовлением масштабных чертежей.

Эти методы наиболее пригодны для применения в привычных ситуациях проектирования в стенах конструкторского бюро. Методы, указанные в остальных частях схемы «Дано – Требуется», можно рассматривать как формализацию тех мыслительных процессов, которые при традиционном проектировании обычно протекают в мозгу проектировщика.

Проектирование систем предполагает способность одновременно предвидеть и оценивать множество альтернативных вариантов изделия. Отсюда можно сделать вывод, что методы, входящие на схему в зоне проектирования систем, дают разработчику возможность манипулировать большим числом альтернатив, чтобы таким образом порождать новые системы.

Необходимо делать различие между проектированием систем и планированием научно-технического прогресса. Очевидно, для планирования научно-технического прогресса и для разработки систем, отвечающих нарождающимися новыми, а не только уже существующими общественными формами, существенное значение имеют методы дивергенции и трансформации, занимающие на схеме верхнюю зону.

Если такое толкование схемы правильно, можно сделать вывод, что проектировщики систем стараются найти *новое* множество решений, удовлетворяющих потребностям *существующего* общества, тогда как те, кто планирует научно-технический прогресс, разрабатывают *новые* системы, которые обеспечивали бы возможность социального развития.

Упорядоченный поиск –3.27 (применение теории решений)

Цель

Решить задачу проектирования с логической достоверностью.

План действий

1. Выявить компоненты задачи:

переменные, с которыми проектировщик может распоряжаться по своему усмотрению (факторы решения или параметры проектирования);

переменные, которые не зависят от воли проектировщика (факторы окружающей среды или независимые переменные);

переменные, которые должны определяться проектом (цели или зависимые переменные);

назначение целям веса в соответствии с их относительной важностью.

2. Выявить зависимости между переменными.

3. Прогнозировать вероятные значения факторов окружающей среды.

4. Выявить ограничения или граничные условия, т.е. предельные значения всех переменных.

5. Присвоить численные значения каждому из факторов решения (т.е. проверить ряд вариантов решения проекта) и вычислить значения зависимых переменных (т.е. рассчитать получаемые при этом технические характеристики изделия).

6. Выбрать такие значения факторов решения, при которых достигается наибольшая сумма числовых значений для всех целей с учетом их веса (т.е. оптимальный вариант проекта) или по крайней мере достигается приемлемое значение для каждой цели.

Замечания

Цель упорядоченного поиска состоит в том, чтобы исключить возможность произвольного выбора и определить логический путь, ведущий от исходных допущений к оптимальному или хотя бы «приемлемому» решению, которое не нарушало бы принятых ограничений и зависимостей. Это удается сделать, если:

возможно определение переменных (т.е. можно представить себе структуру задачи);

структура задачи сама по себе *стабильна* (т.е. не придется пересматривать в результате внезапного «озарения» или после того, как в процессе проектирования будет получена новая информация);

переменные настолько конкретны, что поддаются *измерению*;

имеются технические возможности и время для проведения поиска очень большого объема, например, с использованием ЭВМ.

Ручные методы упорядоченного поиска не получают широкого распространения: этот процесс очень утомителен и игнорирует сугубо человеческую способность проектировщика совершенно неосознанно находить короткие пути через сеть и очень эффективен при применении ЭВМ, но относительная значимость целей будет в еще большей степени определяться обстоятельствами. Трудности математической обработки всех этих условий и неопределенностей могут оказаться непреодолимыми.

Методом упорядоченного поиска с применением исследований операций удалось решить множество трудных задач.

Применение

Метод упорядоченного поиска применим только при решении таких задач проектирования, в которых ход решения не может изменить исходных предположений, основные факторы четко определены, структура задачи устойчива, а оригинальность проекта не является целью. Применимость этой методики зависит от того, насколько четко определена граница между проектируемым объектом и окружающей его средой.

Стоимостный анализ (3.28)

Цель

Ускорить поиск путей снижения себестоимости изделия в проектных и производственных организациях

План действия:

1. Назначить консультанта или группу консультантов для обучения комплексных бригад методу стоимостного анализа и для контролирования их деятельности.

2. Установить определенные стандарты технических характеристик и качества изделия.

3. Составить подробную калькуляцию себестоимости всех технологических операций и расходов на приобретение материалов и комплектующих изделий.

4. Предложить каждой комплексной бригаде выполнять по каждой детали изделия следующие четыре этапа стоимостного анализа:

идентификацию элементов, функций, стоимостей и цен;
поиск более дешевых альтернатив;

отбор функционально приемлемых элементов более низкой себестоимости;

оформление выбранного варианта изменения конструкции.

5. Перед тем, как приступить к производству изделия пониженной себестоимости, необходимо представить результаты стоимостного анализа на одобрение:

консультантам по стоимостному анализу;

конструкторскому бюро;

администрации.

Замечания

Стоимостной анализ – это заранее разветвленная стратегия проектирования изделия, направленная на снижение себестоимости за счет нахождения дешевых способов осуществления каждой из существенных функций.

Применение стоимостного анализа позволяет ускорить и расширить обмен идеями между всеми лицами, которые в силу занимаемого ими положения могут судить о себестоимости и обнаруживать пути ее снижения. Метод значительно повышает темпы и уровень освоения каждой организацией способов снижения себестоимости изделия.

При применении этого метода можно рассчитывать на среднее снижение себестоимости по изделию в целом на 10 - 20 %, а для отдельных деталей, которые признаются необязательными или чрезмерно усложненными экономия оказывается намного больше.

Затраты на проведение стоимостного анализа зачастую составляют всего 10 % полученной экономии. Разочарование в стоимостном анализе, явившееся реакцией на неумеренное восхваление этого метода в первый период его применения, сейчас сменяется признанием того факта, что он действительно позволяет получить значительную экономию и

не сопряжен со скрытыми потерями например в виде, снижения качественного уровня проекта.

На самом деле, побочные влияния стоимостного анализа на надежность, эргономические свойства, качество и эксплуатационные характеристики изделия часто оказываются положительными и почти никогда - отрицательными.

Применение

Стоимостный анализ применим к любому изделию, для которого удастся:

точно определить функцию и качество каждого элемента;

установить «ценность» каждой функции путем определения цен, которые пришлось бы заплатить за другие устройства, способные выполнить эту функцию;

рассчитать точную стоимость каждого покупного изделия и каждой технологической операции.

Системотехника (3.29)

Цель

Добиться внутренней совместимости между элементами системы и внешней совместимости между системой и окружающей средой.

План действий

1. Определить входы и выходы системы.
2. Найти систему функций, при помощи которых входы можно преобразовать в выходы.
3. Подобрать или разработать технические устройства для осуществления каждой из этих функций.
4. Проверить полученную систему на внутреннюю и внешнюю совместимость.

Замечания

Здесь дан лишь краткий очерк методики, процедуры которой на практике могут быть чрезвычайно сложными и обширными. Однако в этом очерке продемонстрировано основное свойство системотехники, отличающее ее от других форм проектирования: анализ вход/выход.

Указана также основная трудность: трудность членения системы на подфункции до того, как стало известно, можно ли к заданному сроку окончания проекта приобрести или изготовить технические средства для выполнения этих функций. Этой трудности можно избежать, если все функции будут соответствовать элементам какого-либо из уже существующих наборов стандартных физических блоков, например, логическим блокам на штепсельных разъемах, из которых можно собирать различные системы ЭВМ, или узлам системы центрального отопления.

При этом предполагается, что главная задача проектирования - обеспечение правильного взаимодействия компонентов системы - уже заранее решена автором набора, и он уже предусмотрел все возможные виды функционального взаимодействия блоков, осуществляемого с помощью стандартных соединений и стыковочных устройств в соответствии со стандартными правилами сборки.

Таким образом, системотехника, по существу представляет собой метод решения сравнительно простой задачи проектирования изделий из нормализованных узлов. В той мере, в какой проектировщик не может воспользоваться нормализованными блоками, ему приходится отступать от описанного здесь процесса последовательного решения задачи и соответствует этому метод проектирования систем человек - машина.

Применение

Как уже было сказано, описанная методика наиболее эффективна тогда, когда основная часть задачи состоит в

отыскании способа соединения готовых нормализованных узлов в работоспособную систему. Она особенно удобна, когда выбор блоков или их детальная разработка передается субподрядчикам.

Проектирование систем человек – машина (3.30)

Цель

Добиться внутренней согласованности между человеческими и машинными компонентами системы и внешней согласованности между системой и средой, в которой она функционирует.

План действий

1. Определить входы и выходы системы.
2. Найти систему функций, при помощи которых входы можно преобразовать в выходы.
3. Определить, какие функции нужно возложить на людей, а какие - на машины.
4. Определить необходимые методы обучения, вспомогательные устройства, конструкции средств коммуникации между человеком и машиной и конструкции машин.
5. Определить, какие изменения необходимо внести, чтобы обеспечить совместимость между человеком, машиной и средой.

Замечания

Однако существуют системы, в которых добиться согласованности между возможностями человека и машины намного сложнее. Примерами могут служить дорожное движение с характерными для него частыми авариями; телефонная система, в которой абонент часто проявляет нервозность, а телефонистка перегружена работой; технические библиотеки, где так трудно получить конкретную

информацию из хранилища в тот момент, когда она необходима.

Трудно назвать большую систему, которая была бы разработана по изложенной здесь методике и в то же время с самого начала была бы свободна от вполне предвидимых неувязок между человеком и машиной.

Возможно, многие подсистемы в области пилотируемых космических полетов приближаются к этому уровню, но даже здесь в работе человека многое недодумано.

Новые формы массового обслуживания, такие, как места отдыха и развлечения, крупные магазины, системы регулирования дорожного движения, системы учебного телевидения, больницы, многопериферийные вычислительные системы, все шире предоставляют возможность и выдвигают необходимость проектирования систем человек - машина.

Внедрению этого метода мешают чисто субъективные препятствия: лишь немногие из тех, кто финансирует разработку новых систем, знают о существовании методик, исключающих такие дефекты систем, как высокая частота аварий, высокая стоимость обучения и недостаточная гибкость системы.

Принцип поиска, на котором построено проектирование систем человек - машина, заключается в том, чтобы в самом начале, а не на более поздних этапах отыскать сведения об устойчивых, стабильных элементах, которые бы *не изменялись* в зависимости от решений проектировщика.

Характеристики человека относятся к этому типу: их можно учесть при тщательном продумывании проекта, но их невозможно изменить в ходе проектирования. С другой стороны, проектировщикам машинных систем редко удается использовать весь диапазон приспособляемости, которым располагают операторы и потребители, - обычно машинная система резко ограничивает эту приспособляемость человека. Автоматическим системам это не нужно.

Применение

Методика проектирования систем человек - машина может найти применение при разработке любых крупных комплексов машин, а также при разработке таких систем, как библиотеки, системы обслуживания пассажиров, подготовка телевизионных программ и управленческая деятельность.

Важно учесть эргономические соображения еще до того, как будут приняты какие-либо решения о физических аспектах системы.

"Пространство маневрирования", необходимое для получения оптимальных результатов эргономических исследований, достаточно обширно, но использовать его обычно удается только после того, как в организации работ по проекту будут произведены соответствующие изменения, например, когда начальник отдела кадров и главный конструктор будут подчинены руководителю системы человек - машина.

Одно из неоспоримых достоинств проектирования человеческих аспектов системы параллельно, а не последовательно с разработкой оборудования заключается в том, что при этом резко сокращается промежуток времени от момента принятия решения о начале проектирования до момента, когда начинается эффективная работа системы.

Кроме того, в этом случае постепенный эволюционный переход от одной конструкции к другой методом проб и ошибок сменяется быстрой разработкой оборудования под влиянием параллельного исследования реакций потребителя.

Поиск границ (3.31)

Цель

Найти пределы, в которых лежат приемлемые решения.

План действий

1. Составить полное описание основных технических требований, которыми определяется искомый размер.

2. Как можно точнее определить интервал значений, в котором заключена неопределенность.

3. Изготовить действующую модель, позволяющую регулировать основные параметры технических требований в интервале неопределенности.

4. Провести эксплуатационные испытания, чтобы найти предельные размеры, между которыми заключена область нормальной работы изделия.

Замечания

Чтобы поиск границ был направлен, надо:

уменьшить риск того, что придется заново проводить проектирование или списывать в убытки затраты на оснастку и инструмент, когда на поздних стадиях будут обнаружены ошибки;

обеспечить "оперативный простор" при увязке предельных размеров друг с другом и при сглаживании противоречий между ними;

получить проектную информацию, которую можно использовать при разработке не только первого варианта конструкции, но и ее последующих модификаций, что позволит сократить средние расходы на разработку каждой конструкции в данной серии изделий, не жертвуя ее техническими характеристиками.

Необходимо отметить, что поиск границ в отличие от поиска одного приемлемого значения дает результаты, которыми может воспользоваться не только фирма, финансирующая это исследование, но и ее конкуренты.

Поэтому поиском границ, по-видимому, целесообразно заниматься либо такой фирме, которая рассчитывает занять

ключевые позиции на рынке и на один-два года обойти своих конкурентов, либо научно-исследовательской организации с независимым финансированием, либо же исследовательской ассоциации, обслуживающей целую группу фирм.

Применение

- а) ступенчатого поиска (поиска методом приращений);
- б) моделирования;

в) поиски границ вместо оптимальных или единственных приемлемых значений применимы при решении многих задач проектирования.

По всей вероятности, опытные проектировщики научились в своих мыслях и суждениях исходить из этих принципов, основываясь в практической деятельности в значительной мере на собственном опыте.

Но они, видимо, не привыкли и не готовы выполнять скучную, на первый взгляд, работу - по строгой форме составлять описание каждого этапа, когда новизна задачи требует коллективной, а не индивидуальной разработки проекта.

В таких случаях поэтапные методики типа описанных здесь должны приводить к гораздо более ценным результатам, чем не введенная в формальные рамки и неорганизованная попытка сотрудничества между проектировщиками, потребителями, администраторами и разного рода специалистами.

Кумулятивная стратегия Пейджа (3.32)

Цель

Увеличить затраты усилий проектировщиков на *анализ* и *оценку* (оба эти процесса носят кумулятивный и конвергентный характер) и уменьшить затраты некумулятивных усилий на *синтез* решений, которые могут оказаться непригодными, т.е. исключить необходимость

разрабатывать плохие проекты, чтобы научиться создавать хорошие.

План действий

Кумулятивные этапы

1. Определить существенные цели, т.е. такие, достижение которых необходимо, чтобы проект удовлетворял заказчика, потребителей и всех, кого он коснется.

2. Определить внешние факторы, которые могли бы помешать достижению хотя бы одной из существенных целей.

3. Установить критерии, позволяющие однозначно судить о приемлемости проектных решений.

4. Разработать методику испытаний по каждому из критериев. Эта методика должна быть такой, чтобы:

точность результатов была не большей, чем необходимо, чтобы отличить приемлемое решение от неприемлемого;

вначале проводились испытания, затрагивающие большое число альтернативных решений, а потом те, которые затрагивают лишь несколько решений;

доля затрат на проектирование от общей стоимости проектируемого изделия не превышала заданной величины.

Некумулятивные этапы

5. Собрать обширное множество альтернативных частных решений для каждого существенного критерия и подготовить грубые модели для экстремальных решений.

6. Провести всю последовательность испытаний на этих моделях, отбраковывая после каждого испытания не выдержавшие его модели, пока не обнаружатся явные признаки сходимости к одному комплексу частных решений.

7. Разрешить внутренние противоречия конструкции:

путем разработки новых видов испытаний при

одновременном воздействии нескольких факторов (при необходимости пересматривая ранее принятые решения) или

путем поиска путей к объединению нескольких частичных решений для устранения противоречий.

8. Остановиться на одном эскизном решении, удовлетворяющем всем существенным критериям, и *только после этого* переходить к детализовке и уточнениям.

Замечания

Стратегия Пейджа преследует цель сокращения поиска методом проб и ошибок при проектировании зданий и других сложных искусственных объектов. Это попытка сократить затраты на обучение в ходе проектирования. Пока нет сведений об успешном применении этого метода в той форме, как он здесь описан, но вряд ли могут быть сомнения в том, что методы такого рода крайне необходимы.

Главное, что мешает его внедрению, - это обилие взаимных зависимостей между деталями проекта и принципиальными решениями, особенно при разработке проектов зданий. Подобные взаимосвязи резко ограничивают возможности применения линейной стратегии.

Этот метод создает условия для осознанного принятия решений и может служить базой для сотрудничества проектировщиков разных специальностей уже на ранних этапах работы над крупным проектом.

Применение

Эту стратегию можно применять во всех проектах, где имеются данные и методы измерения, позволяющие выявить существенные требования и выразить их в числовой форме, и где можно отложить принятие решений по частным вопросам без ущерба для принципиальных решений.

Стратегия коллективной разработки гибких архитектурных проектов (CASA - Collaborative Strategy for Adaptable Architecture) (3.33)

Цель

Дать возможность каждому, кто связан с проектированием здания, влиять на решения, от которых зависит как "адаптивность" здания, так и взаимная увязка его частей и деталей.

План действий

1. Проектирование и реализация системы:

определить задачи системы по каждой области принятия решений;

выявить возможные варианты решений по каждой из этих областей;

принять решение по каждой из этих областей и приступить к строительству системы.

2. Проектирование и реализация подсистемы первого поколения:

определить задачи подсистемы по каждой области принятия решений;

выявить возможные варианты решений по каждой из этих областей;

принять решение по каждой из этих областей и приступить к строительству подсистем первого поколения.

3. Проектирование и реализация подсистемы второго и последующих поколений.

Подсистемы второго и последующих поколений разрабатываются и строятся в течение срока службы здания.

Специалисты каждого профиля (градостроители, архитекторы, инженеры-строители, нормировщики,

подрядчики и т. д.) вместе с другими специалистами исследуют варианты решения.

Заказчики и представители местных органов власти должны утвердить цели и варианты решения по каждой стадии, после чего в распоряжении бригады проектировщиков остается значительное "пространство маневрирования", которое используется при выборе непротиворечивого комплекса вариантов и свойств.

"Систему" составляют те части и свойства здания, которые будут изменяться в течение всего срока его эксплуатации: несущие конструкции и те факторы среды, которые определяются выбором несущих элементов как, например, высота потолков. "Подсистемы" складываются из всех факторов проектирования, которые можно изменять в течение срока службы здания.

Замечания

Стратегия коллективной разработки гибких архитектурных проектов - это попытка избежать сковывающих обстоятельств, возникающих из-за того, что принципиальные решения относительно прочности, инженерных сетей и методов строительства приходится приспособлять к составленному архитектором эскизному проекту, который закрепляет форму здания еще до того, как в достаточной мере исследованы эти вопросы.

Кроме того, эта стратегия должна послужить методом проектирования для разработки зданий, допускающих адаптацию в гораздо более широких пределах, - в будущем потребуются такие здания, которые можно будет использовать для более разнообразной деятельности и которые в то же время будут точнее соответствовать требованиям градостроительства, включая такие аспекты, как городской ландшафт, автостоянки, транспортные потоки, отдых на открытом воздухе, регулирование и объединение зданий в жилищные комплексы.

Сюда можно также включить макросистемный уровень, для которого тоже пригодна стратегия коллективной разработки.

Членение деятельности по разработке проекта и сооружению здания на отдельные контракты для всей системы в целом и для подсистем открывает возможность для гораздо более широкого поиска вариантов без увеличения общих сроков проектирования и строительства.

Дополнительное время, необходимое для "дивергенции", образуется за счет того, что строительство начинается до завершения работ по проектированию подсистем.

Строительство долговечных частей здания может начинаться на том этапе, которому сейчас соответствует окончание эскизного проектирования.

Проектирование подсистем должно проходить проще, чем нынешнее рабочее проектирование, так как основные неувязки на уровне системы уже предусмотрены и исключены. Необходимость изменения рабочих чертежей из-за выявившихся на поздних стадиях неувязок должна возникать значительно реже.

При этом предполагается, что возможны следующие организационные нововведения:

соглашение о том, что инженеры, нормировщики, подрядчики и другие специалисты участвуют как равные партнеры в принятии принципиальных решений, определяющих форму здания;

согласие заказчиков и местных органов власти участвовать в выявлении задач и утверждении набора вариантов как на уровне всей системы, так и на уровне подсистем.

Стратегия коллективной разработки гибкой архитектуры (в описанной здесь форме она еще не испытывалась) призвана устранить препятствия на пути к применению новых методов

проектирования при разработке архитектурных проектов и дать возможность использовать при принятии важнейших решений опыт и знания всех членов бригады проектировщиков, а не только архитекторов.

Судя по многим признакам, архитектура практически уже эволюционирует в этом направлении, о чем свидетельствуют, например, такие факты: передовые фирмы гораздо шире прибегают к консультациям инженеров-строителей на ранних стадиях проектирования; при разработке промышленных и учрежденческих зданий внутреннюю планировку оставляют на усмотрение тех, кто в этом здании будет работать, а при создании систем крупноблочного строительства основное внимание уделяется обеспечению важнейших конструктивных элементов и прокладке инженерных сетей, к которым впоследствии могут быть добавлены различные комплекты отделочных материалов и вспомогательных устройств в соответствии с меняющимися потребностями.

Применение

Пока нет прямых свидетельств, говорящих о том, что стратегия коллективной разработки гибких архитектурных проектов применима и для традиционного строительства. Несколько систем крупноблочного строительства, в которых детали конструкции физически отделены от несущих элементов и отделки, привели к появлению таких методик, которые позволяют сооружать несущий каркас и наружную отделку, не дожидаясь, пока будет закончена разработка проекта внутреннего пространства.

Однако этими методиками, по-видимому, не предусматривался параллельный поиск вариантов исполнения во всех областях, что и придает стратегии коллективной разработки дивергентный характер.

Лучше всего испытать этот метод на учебном проектировании, создав многопрофессиональные проектные

бригады из студентов-архитекторов, социологов, строителей, энергетиков, механиков, нормировщиков и т.д.

Для применения этого метода в архитектурной практике, необходимо разделение здания на элементы; этого, быть может, трудно будет добиться в строительстве, если применять традиционные методы, но системы крупноблочного строительства во все большей степени обеспечивают такое разделение.

Переключение стратегии (3.34)

Цель

Добиться, чтобы спонтанное мышление влияло на организованное мышление и наоборот.

План действий

1. Приступить к работе по стратегии, которая, по представлениям проектировщиков, соответствует задаче.
2. Действуя в соответствии с этой стратегией, отдельно записывать мысли, которые спонтанно приходят в голову каждому проектировщику.
3. Записывать каждую спонтанную мысль, как только она возникла, и не возобновлять работы по принятой стратегии, пока не будет уверенности, что каждая мысль в достаточной мере исследована, разработана и записана. Когда данная тема до конца продумана, возобновить работы по принятой стратегии.
4. Когда накоплено достаточное количество результатов, проверить направления, в которых идут плановая стратегия и спонтанные мысли.
5. Если эти два направления противоречат друг другу, решить, игнорировать ли спонтанные мысли или перейти к новой стратегии, в которой эти два направления будут взаимно усиливаться.

6. Повторять эти действия до тех пор, пока не будет найдена стратегия, порождающая спонтанные мысли, которые ее укрепляют.

Замечания

Одной из основных трудностей проектирования считается несовместимость спонтанного и организованного мышления. Конфликт между ними возникает в связи с тем, что человеческому уму приходится рассматривать сложные детали последовательно, одну за другой; при этом, если проектировщик не разрешает своему вниманию свободно перескакивать с одного аспекта задачи на другой, он может не заметить иных путей, ведущих к новаторским решениям.

Почему системное проектирование пользуется недоброй репутацией у тех проектировщиков, которые справедливо ценят возможность свободно изменять свое мнение, чтобы сохранять контроль над ситуацией проектирования в целом.

Задача метода переключения стратегии состоит в том, чтобы избежать, с одной стороны, замораживающего эффекта слишком жесткой стратегии, а с другой стороны, - неэффективности слишком гибкого образа мышления проектировщика.

То недоверие, с которым проектировщики-практики относятся как к совершенно неорганизованным методам типа мозговой атаки, так и к полностью организованным методам, подобным методу системотехники, заставляет предположить, что действенная стратегия проектирования должна предоставлять место как организованному, так и неорганизованному мышлению.

Применение

Этот метод можно с успехом применять при решении любой задачи проектирования независимо от того, занимается ли ею один проектировщик или целая бригада проектировщиков и специалистов.

Фундаментальный метод проектирования Мэтчетта (3.35)

Цель

Научить проектировщика понимать и контролировать свой образ мысли и более точно соотносить его со всеми аспектами проектной ситуации.

План действий

1. Пройти обучение принципам и применению фундаментального метода проектирования.

2. После этого использовать следующие "режимы мышления" для осознания, контроля и приспособления образа мышления к задачам проектирования:

мышление стратегическими схемами;

мышление в параллельных плоскостях;

мышление с нескольких точек зрения;

мышление "образами";

мышление в основных элементах.

3. Одновременно с помощью методики проектирования и контрольных перечней фундаментального метода проектирования исследовать характер проектной ситуации, к которой применяется мышление.

Замечания

Можно считать, что самое главное в фундаментальном методе проектирования - это обучение метаязыку, который выявляет характерные особенности мышления и облегчает его согласование с характером задачи. Это не столько метод проектирования, сколько средство вырабатывания и регулирования стратегий проектирования.

Применение

Метод сотни раз использовался в техническом проектировании самых различных объектов, начиная с подшипников и машин для гофрирования листового металла и

кончая передачей информации с помощью чертежей и технической документации. В последнее время обучению этому методу в порядке эксперимента подвергались не только проектировщики, но и администраторы.

По-видимому, его применение ограничено кругом задач, для решения которых достаточно накопленного опыта, поскольку в нем не предусмотрены условия для поиска информации и для уменьшения неопределенности методом научных исследований и испытаний.

Формулирование задач (3.1)

Цель

Охарактеризовать внешние условия, которым может отвечать проектируемый объект.

План действий

1. Охарактеризовать ситуацию функционирования объекта.

2. Определить характерные для ситуации условия, которым должен отвечать объект, чтобы он был принят заказчиками.

К этим условиям относятся:

конечные требования заказчиков к объекту и их обоснование:

наличные ресурсы;

главные задачи (или цели).

Конечной целью является обеспечение соответствия объекта этим условиям.

3. Обеспечить, чтобы условия, характеризующие главные задачи, были совместимы как друг с другом, так и с информацией, используемой в процессе проектирования.

Замечания

Несомненно, формулирование задачи является одной из важнейших и самых трудных стадий процесса проектирования. Невозможно доказать правильность целей до тех пор, пока не выявлены желательные и нежелательные последствия воздействия системы на ситуацию в целом.

Это объясняется тем, что будущая ценность некоторого действия зависит от человеческих мнений, предсказать которые невозможно, поскольку они лишь частично зависят от самого действия; в значительной мере они зависят от реакций заинтересованных лиц.

Реакции эти слагаются из плохо предсказуемых субъективных оценок и более стабильных социальных оценок. Поэтому наибольшее, чего можно добиться при формулировании задач, - это выявить наиболее стабильные моменты в реакциях заказчиков и других лиц, например, политиков, коммерсантов, покупателей и потребителей, которые, в конечном счете, будут сами решать, удовлетворяет ли система их потребностям.

Эти, относительно стабильные, мнения не следует смешивать с мнениями, которые могут изменяться в течение периода существования проекта как из-за внешних причин, так и в результате принятых проектировщиками решений.

Есть все основания полагать, что люди не могут ориентироваться в абстрактных или гипотетических целях: они могут выбирать только среди реально ощутимых альтернатив.

Вполне возможно, что за кажущимся выбором абстрактных целей скрывается, по существу, подсознательный выбор тех реальных следствий, которые из этих абстрактных целей вытекают.

Перечислим некоторые важные моменты, которые следует иметь в виду при рассмотрении неопределенностей, присущих задачам высокого уровня:

цели или задачи следует формулировать настолько точно или приближенно, насколько это позволяет сделать уровень современных знаний;

цели следует пересматривать по мере того, как появляющаяся в процессе проектирования информация либо подтверждает, либо опровергает допущения, на которых были основаны первоначальные цели;

следует сформулировать все подцели и показать, что все они необходимы для достижения конечных целей.

Применение

Тщательное формулирование целей или задач имеет огромные преимущества для любого вида проектирования. Оно наиболее важно в тех случаях, когда ни заказчики, ни проектировщики не имеют опыта работы по проектированию подобного объекта.

Поиск литературы (3.2)

Цель

Отыскать опубликованную информацию, полезную для будущих проектных решений, которую можно получить своевременно и без излишних затрат.

План действий

1. Определить цели, для которых разыскивается опубликованная информация.

2. Определить виды изданий, в которых может публиковаться достоверная информация, пригодная для указанных целей.

3. Выбрать наиболее подходящие общепринятые методы поиска литературы.

4. Свести стоимость поиска литературы к минимуму, предусмотрев время на задержки в выдаче информации и

непрерывно оценивая как выбор источников информации, так и пригодность собранных данных.

5. Поддерживать точную и полную картотеку признанных полезными документов.

6. Составить и постоянно обновлять небольшую библиотечку для быстрого отыскания нужной информации.

Замечания

Принципиальные трудности поиска литературы связаны не с размерами "информационного взрыва", а с бедностью "промежуточного" языка библиотечных классификаций и указателей, отделяющих массив публикаций от массива проблем, для решения которых они могут использоваться.

Каталожные рубрики, кодовые числа и ключевые слова очень неполно отражают содержание опубликованных документов и всю сложность специфической проблемы, а ведь именно они должны передавать сведения от информационного документа потребителю. Поэтому можно предположить, что прежде, чем будет найдена полезная информация, потребителю будет выдана масса нерелевантных публикаций.

Однако в этой обескураживающей картине есть два светлых пятна. Первое - поразительно высокая скорость, с которой можно обнаружить то, что нужно в массе нерелевантной информации. Второе - наличие других специалистов, которые либо уже просматривали публикации и составляли по ним обзоры, обращая внимание на их положительные стороны, либо ранее разыскивали то, в чем возникла необходимость в настоящий момент, и знают наилучшие пути поиска.

Очевидно, что в предлагаемой здесь методике поиска литературы широко используются как высокая скорость визуального просмотра, так и знания других лиц, уже занимавшихся подобным поиском, благодаря чему случаи бесплодного поиска сводятся к минимуму.

Применение

Описанная здесь методика применима к любому поиску литературы, если на него отводится более часа или двух.

Выявление визуальных несоответствий (3.3)

Цель

Определить направления, по которым должен идти поиск путей совершенствования художественно-конструкторского решения.

План действий

1. Изучить образцы и (или) фотографию существующих изделий.
2. Определить очевидные несоответствия и противоречия в компоновке и назначении деталей конструкции.
3. Определить причины этих несоответствий и доказать целесообразность изменения художественно-конструкторского решения.
4. Предусмотреть пути ликвидации несоответствий и способы приведения конструкции в соответствие с условиями эксплуатации.

Замечания

Цель состоит в том, чтобы определить противоречия и компромиссы в проектировании, неизбежные в прошлом, но которые можно ликвидировать в будущем. Предполагается, что подобные противоречия в конструкции ухудшают также и внешний вид, и что опыт в визуальном изучении спроектированных предметов позволяет быстро их обнаружить. Возможно, что оперативность, с которой художники-конструкторы могут улучшить изделие, объясняется, главным образом, их восприимчивостью к визуальным несоответствиям и их способностью представить себе возможный отход от традиционных художественно-

конструкторских решений. Уязвимое место этого подхода состоит в высоких затратах на оценку осуществимости предлагаемых изменений.

Реализация предложений зависит от целого ряда причин, обусловивших первоначальное художественно-конструкторское решение, и их необходимо тщательно изучить, если предлагается коренная переработка конструкции. Очевидно, что визуальные несоответствия являются хорошей отправной точкой для изучения конструкции. В дальнейшей работе такие исследования будет легче проводить, если выработается привычка регистрировать, а не предавать забвению те рассуждения, на которых основывается каждое художественно-конструкторское решение.

Применение

Метод может применяться при разработке любого изделия, конструкция которого не менялась в течение длительного периода. Он особенно полезен в тех случаях, когда в конструкцию уже вносились незначительные изменения в зависимости от условий эксплуатации, но когда конструкция еще не подвергалась существенной переработке.

Интервьюирование потребителей (3.4)

Цель

Собрать информацию, известную только потребителям данного изделия или системы.

План действий

1. Выявить ситуации потребления, имеющие отношение к исследуемой проектной ситуации.
2. Получить согласие всех лиц в рамках ситуации потребления, на которых может оказать влияние присутствие интервьюирующего или внедрение нового проекта.

3. Побуждать потребителей к описанию и демонстрации любых аспектов их деятельности, которые они считают важными.

4. Направить беседу на обсуждение тех аспектов деятельности потребителя, которые имеют непосредственное отношение к исследуемой ситуации.

5. Зафиксировать во время интервью или сразу же после него как основные, так и побочные выводы.

6. Получить замечания потребителей (если это целесообразно) относительно выводов, сделанных на основании интервью.

Замечания

Большую часть существенных трудностей в получении полезной информации от потребителей можно преодолеть, если ограничить задачи интервью выявлением данных, которые должны быть известны потребителю по характеру его работы, но о существовании которых никто не подозревает.

Полезно сопоставить эту информацию, получаемую только в *свободном интервью*, с другими данными, которые целесообразнее выявить путем *свободного наблюдения* за потребителем, путем *структурированного наблюдения* (с использованием контрольных перечней) или путем *структурированных интервью* (с использованием анкет).

От операторов нельзя получить информацию типа "полезные мнения о возможных альтернативных конструкциях", если они не имеют достаточно длительного опыта использования новых конструкций, чтобы суметь определить способы адаптации к ним.

Вне всякого сомнения, серьезные недостатки конструкции часто не устраняются по той причине, что никто не пытается выяснить данные, известные только потребителю, у которого со своей стороны нет оснований сообщить кому-либо эту информацию.

Применение

Прежде чем приступить к перераспределению функций отдельных компонентов в системах человек – машина, представляется особенно важным проинтервьюировать потребителя. Это может оказаться полезным при работе над любым проектом с целью повлиять на отношение потребителя к новому изделию.

Анкетный опрос (3.5)

Цель

Собрать полезную информацию среди большой группы населения.

План действий

1. Определить проектные решения, на которые могут повлиять ответы на вопросы анкеты.

2. Охарактеризовать виды информации, имеющие важное значение для принятия проектных решений.

3. Определить категории лиц, располагающих необходимыми видами информации.

4. Провести предварительные исследования, чтобы получить представление о знаниях потенциальных участников анкетного опроса.

5. Составить пробную анкету, отвечающую как процедуре опроса, так и конкретной проектной ситуации.

6. Распространить пробную анкету для проверки вопросов, вариативности ответов и метода их анализа.

7. Отобрать наиболее подходящий контингент лиц, располагающих необходимой информацией.

8. Собрать ответы на анкету путем личного интервьюирования или по почте.

9. Извлечь из ответов данные, наиболее полезные для проектировщиков.

Замечания

Столь подробное рассмотрение содержания анкеты и процедуры опроса было необходимо, так как многие считают, что проведение социологического исследования не требует каких-либо специальных знаний и подготовки.

Применение

Перечислить все случаи применения анкетного опроса невозможно, так как их слишком много. Однако следует помнить, что анкетный опрос гораздо большее значение имеет для проверки правильности выводов, чем для поиска новых направлений в проектировании.

Анкетный опрос часто бывает единственным приемлемым методом сбора фактической информации, разбросанной среди членов обширной группы населения.

Исследование поведения потребителей (3.6)

Цель

Исследовать модели поведения потенциальных потребителей нового изделия и предсказать их предельные характеристики.

План действий

1. Прежде чем приступить к разработке новой конструкции, следует проконсультироваться с опытными и неопытными потребителями аналогичного оборудования и провести соответствующие наблюдения.

2. Проанализировать систему человек-машина для определения задач, возможностей потребителя и художественно-конструкторских требований к тем деталям конструкции, которые находятся в непосредственном взаимодействии с потребителем.

3. Изучить путем наблюдения или моделирования особенно важные аспекты поведения как малоискушенных, так и опытных потребителей предлагаемого изделия.

4. Зафиксировать предельные значения, превышение которых приведет к невозможности выполнения потребителем необходимых операций без возникновения ошибок, поломок и неудобств.

Замечания

Большинство важных замечаний уже было высказано. Прежде чем подвести итог, следует отметить, что хотя разнообразие действий, выполняемых человеком, безгранично, пределы деятельности человека обусловлены строением его тела. Различия в размерах тела людей составляют $\pm 10\%$ для 98% взрослого населения. В этих же пределах могут наблюдаться различия и в действиях человека в зависимости от строения его тела; но гораздо большие различия в действиях зависят от опыта, подготовки и внешних обстоятельств.

Поэтому может оказаться достаточным эксперимент с пятью или десятью испытуемыми, направленный на определение, например, приближенных значений скорости и точности набора номера на телефонном диске (ограничения здесь накладываются, главным образом, особенностями мускулатуры и нервной системы); в то же время для определения разнообразия реакций абонентов на неоднократно повторяющиеся сигналы "занято" могут потребоваться сотни испытуемых (реакция зависит, главным образом, от опыта абонентов, их намерений и причин телефонного вызова).

Принципы эргономики как "проектировочной" дисциплины можно охарактеризовать следующим образом:

устойчивые навыки приобретаются в результате того, что человек научился выполнять все операции, кроме главных, неосознанно, *автоматически*; поэтому мнение проектировщиков и потребителей, касающееся этого

выполнения, могут быть ошибочными. Следовательно, очень полезно проводить наблюдение над действиями потребителей;

наблюдение за ошибками начинающих операторов и измерение времени обучения являются хорошим источником весьма ценной информации и служат чувствительным критерием оценки соответствия конструкции требованиям потребителя;

контролируемые эксперименты постепенно начинают давать общезначимые результаты, однако в настоящее время все же требуется совет квалифицированного специалиста для их интерпретации. Только немногие результаты таких экспериментов удалось превратить в простые модели, предсказывающие реакцию человека;

системные эксперименты часто необходимы для решения главных проектных вопросов относительно конкретной системы человек - машина с достаточной степенью достоверности.

Применение

Несмотря на опасность прийти к неправильным заключениям на основе неумелых попыток проведения бихевиоральных исследований, проектировщикам и дизайнерам не следовало бы отождествлять эргономику со здравым смыслом, хотя это мнение широко распространено.

Без тщательных измерений почти невозможно определить пределы способностей человека выполнять те или иные действия, а без наблюдения за его деятельностью, которая должна предшествовать проектированию, нельзя правильно учесть все аспекты, связанные с человеческими факторами.

Самое печальное заключается в том, что приспособляемость человека к неблагоприятным условиям и его способность выносить их настолько велики, что стоимость

этой адаптации не учитывается людьми, принимающими проектные решения.

Нет никакого сомнения в том, что огромная стоимость: несчастных случаев; выработки навыков, которые быстро устаревают; стрессов современной жизни

может быть значительно уменьшена путем систематических исследований требований потребителей и введения в конструкции необходимых изменений

Системные испытания (3.7)

Цель

Определить действия, способные привести к желаемым изменениям сложной проектной ситуации.

План действий

1. Определить характеристики данной проектной ситуации, не соответствующие желаемому.
2. Определить источники резких изменений поведения в рамках данной ситуации.
3. Ввести существенные ограничения в источники вариабельности или снять их, зарегистрировав результаты их влияния на характеристики ситуации, не отвечающие желаемому. Зарегистрировать также их влияние на другие характеристики данной проектной ситуации.
4. Выбрать наиболее перспективные и наименее опасные из изученных ограничений и использовать их для планирования и достижения желаемых изменений.

Замечания

Основным предположением в системных испытаниях является то, что внешняя модель не может контролировать

ситуацию, если она не основана на адекватном знании причин и следствий в рамках контролируемой системы.

Недостатки системных испытаний таковы:

результаты их не всегда воспроизводимы, так как нет возможности выяснить, является ли исследуемая ситуация точной копией предыдущей или отличается от нее и от аналогичных ситуаций, возникших в других местах.

Меры, основанные на системных исследованиях и призванные ликвидировать заторы в утренние часы, не применимы в вечерние часы без дополнительных системных испытаний. Это объясняется тем, что пока нет способа заранее установить, что одна схема движения городского транспорта является или не является адекватной моделью другой;

системные испытания могут касаться только существенных последствий. Они не чувствительны к незначительным эффектам, которые можно обнаружить.

Применение

Системные испытания имеют преимущество перед использованием отдельных моделей, частных вычислений и особых для каждого случая "языков задачи" тогда, когда имеются сомнения относительно правильности установления причин и следствий в реальной ситуации и характера их взаимосвязей.

Они полезны также в тех случаях, когда имеющиеся модели не могут учесть все важные взаимосвязи причин и следствий, которые по предположению характерны для данной ситуации. Результаты таких системных испытаний применимы, однако, только к данной исследуемой ситуации.

Выбор шкал измерения (3.8)

Цель

Соотнести измерения и вычисления с погрешностями наблюдений, со стоимостью сбора данных и с задачами

проекта.

План действий

1. Сформулировать вопросы, на которые результаты измерения должны дать ответ.

2. Определить допустимую погрешность и приемлемую стоимость измерения.

3. Выбрать соответствующую шкалу измерения.

4. Разработать методику измерений, соответствующую изложенному выше.

Замечания

Выбор шкал измерения не является проектным методом в общепринятом смысле, однако, не прибегая к измерениям, невозможно применять четкую методологию проектирования. Принципы измерения имеют следующее отношение к проектированию:

важнейшие измерения при проектировании те, которые непосредственно связаны с задачами и критериями проекта. Поскольку задачи и критерии лишь редко можно измерить с помощью привычной пропорциональной шкалы, очень важно уметь пользоваться менее широко известными шкалами низшего порядка;

для того, чтобы понять некоторые из описанных методов, требуется хотя бы элементарное знакомство с измерительными шкалами;

инженеры, архитекторы и другие специалисты, для которых измерения имеют важное значение, как правило, не знают никаких измерительных шкал, кроме пропорциональных. В какой-то мере это объясняется тем, что задачи более высокого уровня, к которым применимы шкалы низшего порядка, традиционно решались на основании опыта и здравого смысла. В будущем их, однако, часто придется решать с помощью измерений и вычислений.

Зависимость вычислений от измерений и отношение точности к стоимости и величине штрафа редко освещаются в литературе, посвященной методам проектирования.

Следует иметь в виду, что на тщательные размышления и действия, связанные с выполнением точных и полезных для практики измерений, требуется значительно больше времени и сил, чем для проектирования "сидя в кресле".

Применение

Метод может использоваться в любой ситуации, где необходимы измерения, в особенности же в тех случаях, когда стоимость и величина штрафа велики, а шкалы измерения слабо упорядочены.

Накопление и свертывание данных (3.9)

Цель

Построить и представить в визуальной форме модели поведения человека, от которых зависят критические проектные решения.

План действий

1. Выявить неопределенности, имеющие критическое значение для успеха или неудачи проектных решений в рассматриваемом диапазоне.

2. Определить, до какой степени следует сократить неопределенности, имеющие критическое значение.

3. Определить время и имеющиеся возможности для сокращения неопределенностей, имеющих критическое значение.

4. Просмотреть существующие методы накопления и свертывания данных, отмечая в каждом случае точность, скорость и стоимость обработки данных, а также типы вопросов, на которые может быть дан ответ.

5. Выбрать методы накопления и свертывания данных, совместимые с изложенными требованиями и друг с другом.

6. Непрерывно проверять релевантность промежуточных результатов и неопределенностей, имеющих критическое значение, и при необходимости корректировать методику.

Замечания

Сбор и анализ данных имеют целью заполнить пробел, возникающий в результате неспособности проектировщика определить на основе собственного опыта или путем непосредственного изучения критические конфигурации и величины, характеризующие ситуацию, которой его проект должен соответствовать или которую он призван трансформировать.

Сделать это значительно труднее, чем кажется на первый взгляд, потому что на каждую единицу собранной полезной информации приходится множество абсолютно бесполезных сведений. В реальных условиях релевантная информация погребена в массе потенциально нерелевантных данных.

Более того, большая часть как полезной, так и бесполезной информации, получаемой в результате накопления и свертывания данных, первоначально скрыта от глаз наблюдателя.

Полезность информации, представляемой визуально механическими и статистическими способами, может быть установлена либо путем оценки на основе существующего опыта "на что похоже то, что происходит" (т.е. формулированием гипотезы), либо путем проведения кратких экспериментальных исследований для предварительного отбора результатов до того, как пойти на крупные затраты времени и средств.

Идеально было бы непрерывно проверять релевантность информации и на основе этого изменять избранное

направление работы над проектом или вовсе отказаться от него, если окажется, что это направление бесперспективно.

При сборе и анализе данных полезно мысленно представить себе картину конечного результата. Важные особенности этой картины таковы:

данные, которые могут быть *собраны*, погребены в совокупности объектов и событий, которые слишком удалены, слишком велики, слишком малы, слишком быстры или слишком медленны, чтобы их можно было охватить непосредственным наблюдением.

Например, аспекты проектной ситуации, относящиеся к уличному движению в городе, слишком рассеяны, не совпадают по времени и не могут быть изучены путем непосредственного наблюдения.

Кроме того, многие подробности не имеют практического значения и только затеняют данные, которые можно было бы использовать при проектировании, если бы они были известны;

накопление данных означает процесс последовательного извлечения единиц информации из естественного контекста и включения их в некую промежуточную нейтральную среду, которую можно сделать доступной органам чувств проектировщика.

Эта среда должна быть достаточно пластичной, чтобы данные можно было представить графически и видоизменять для выявления в них структур, имеющих важное значение пространственных координат (т.е. углов, расстояний, значений широты и долготы), которые могут затем накапливаться и храниться вне связи с самим ландшафтом и могут по желанию перекомпоновываться для выделения наиболее важных аспектов исходного ландшафта.

сокращение данных и составляет этот второй этап перекомпоновки, переупорядочивания записанных данных с

целью выявления предполагаемых важных схем, или "паттернов".

В данном случае такими схемами могут быть контурные карты, перспективные изображения, поперечные разрезы, вычисления уклонов, объемные модели и т.п., получаемые в результате отображения данных в новые структуры.

Термин *свертывание*

или *редуцирование* означает выбор существенно важной информации из множества накопленных данных (например, максимальной высоты возвышенностей) или сведение множества данных к меньшему их числу, адекватно представляющему целое (например, представление возвышенностей системой горизонталей);

сформулируем два важных вопроса, касающихся накопления и свертывания данных:

какие данные накапливать?

как их "свертывать"?

В обоих случаях приходится решать, какими частями общей весьма сложной картины следует пренебречь, так как никогда не хватает времени, чтобы ее детально и полностью изучить.

При ответе на первый вопрос стараются выделить из структуры или схемы, характеризующей реальную обстановку, те данные, которые, как надеются, являются определяющими.

Отвечая на второй вопрос, решают, каким образом перегруппировать изъятые из контекста данные (деструкция данных) и как их представить в виде новой схемы (конструкция), которая верно отражала бы реальный мир, отвечала бы проектируемому объекту, который должен быть добавлен к этому миру, и позволяла бы проектировщику сразу охватить взглядом как общую форму результирующей схемы, так и ее существенные аспекты (инструкция проектировщика).

Этот процесс выявления схемы ("модели", или "паттерна") является концентрическим и неизбежно будет несовершенным, если у проектировщика после оценки первоначальных результатов не будет достаточно времени для изменения своих решений относительно того, какие данные следует накапливать и как их свертывать.

Следует помнить, что накопление и свертывание данных - это замедленный вариант объективирования того, что почти мгновенно проходит перед нашим взором. Аппарат научного накопления и свертывания данных представляет собой искусственно созданное средство, позволяющее преобразовать невидимое в форму, доступную восприятию с помощью естественных органов чувств.

Обычно это средство является настолько сложным и медленно действующим, что его можно сравнить с попытками внезапно ослепшего человека найти дорогу с помощью одной только палки.

Навыки в накоплении данных сходны с навыками опытного слепого, когда он решает, куда ткнуть своей палкой.

Навыки же в свертывании данных сродни способности слепого человека мысленно конструировать связанную картину внешнего мира по тем отрывочным данным, которые он получает, пользуясь своей палкой.

Вполне вероятно, что широкое использование ЭВМ, работающих в реальном масштабе времени, благодаря чему проектировщики могут активно вмешиваться в процесс свертывания данных, позволит ускорить и удешевить процесс свертывания данных, позволит ускорить и удешевить процесс настолько, что он станет столь же гибким, как и непосредственное чувственное восприятие человека.

Пока же нам приходится полагаться на смекалку и здравый смысл при поиске кратких обходных путей взамен чрезвычайно длительных и дорогостоящих путей восприятия новых аспектов мира в виде фрагментарных и "замедленных" образов, получаемых с помощью интервью и записей, при

помощи фотоаппарата и кинокамеры, самописцев, счетных машин, анкет, графов, гистограмм, цифровых индексов и т.п.

Конечно, имеется множество свидетельств - от простых опытов Галилея до сложнейших космических полетов, - что косвенными методами можно вполне успешно изучать неизвестное, однако это возможно, лишь если мы согласны мириться с ошибками, ограничениями и задержками, с которыми неизбежно связано применение таких искусственных органов чувств.

Применение

Накопление и свертывание данных, недоступных непосредственному восприятию, применяются в тех случаях, когда местонахождение, физический объем и временной масштаб ситуации проектирования далеки от того, что проектировщики способны охватить, опираясь на свою память или непосредственное чувственное восприятие; примерами могут служить *отдаленные* потребители, *крупные* транспортные системы, распространение *малых* трещин, *медленно* растущий поселок или *быстрые* действия квалифицированных операторов.

Часто бывает целесообразно сначала использовать все возможности неизбирательной записи данных (которая дешевле, быстрее и более гибка) и только после этого обратиться к избирательному механическому накоплению и статистической обработке данных.

Мозговая атака (3.10)

Цель

Стимулировать группу лиц к быстрому генерированию большого количества идей.

План действий

1. Отобрать группу лиц для генерации идей.

2. Ввести правило, запрещающее критиковать любую идею, какой бы "дикой" она ни казалась, и довести до сознания участников, что приветствуются любые идеи, что необходимо получить много идей и что участники должны попытаться комбинировать или усовершенствовать идеи, предложенные другими.

3. Зафиксировать выдвинутые идеи и дать им затем оценку.

Замечания

Указанная методика представляет собой один из вариантов "мозговой атаки" (или "мозгового штурма") в чистом виде. Правила ее проведения сохранены, а рекомендации относительно количества участников и других подробностей оставлены без внимания, чтобы не терять время (быстрота - важнейший фактор мозговой атаки) на подбор "идеальной" группы лиц, создание психологической атмосферы и т.д.

Предоставление добавочного времени для записи идей позволяет избежать риска задержек или неудач в тех случаях, когда члены группы еще не доверяют друг другу настолько, чтобы высказываться откровенно.

К тому же запись идей на карточках значительно сокращает время, необходимое для классификации результатов.

Утверждают, что мозговая атака повышает как качество, так и количество идей. Проектировщики полагают, что вероятность натолкнуться на хорошую идею среди большой их выборки увеличивается, но в то же время предполагается, что время, затраченное на получение определенной идеи, не оказывает влияния на ее качество.

Наиболее разумный подход к мозговой атаке состоит в том, чтобы рассматривать ее как чрезвычайно быстрый способ генерирования необходимого разнообразия идей, которое

может послужить основой для серьезного поиска решения. Непосредственно ценным выходом мозговой атаки являются не сами идеи, а *категории*, на которые они разбиваются в процессе классификации. Выявление практически осуществимых идей из большого случайного множества возможно лишь после того, как проектная ситуация будет достаточно подробно исследована.

Применение

Методом мозговой атаки можно рассматривать любую проблему, если она достаточно просто и ясно сформулирована.

Этот метод можно использовать на любой стадии проектирования, как в начале, когда проблема еще окончательно не определена, так и позднее, когда уже выделены сложные подпроблемы.

Его можно также использовать для генерирования *информации*, а не идей, т.е. для выяснения источников информации или формулирования вопросов анкеты. Из общей схемы, изображенной в табл. 1.1, видно, что метод мозговой атаки используется чаще любого другого метода.

Синектика (3.11)

Цель

Направить спонтанную деятельность мозга и нервной системы на исследование и преобразование проектной проблемы.

План действий

1. Тщательно подобрать группу специалистов в качестве самостоятельного "отдела разработок".

2. Предоставить этой группе возможность попрактиковаться в использовании аналогий для ориентирования спонтанной активности мозга и нервной системы на решение предложенной проблемы.

3. Передать группе сложные проблемы, которые не может решить основная организация, и предоставить ей достаточное время для их решения.

4. Представить результаты работы группы основной организации для оценки и внедрения.

Замечания

Создание группы синектики позволяет обойти препятствия, стоящие на пути возникновения изобретений в недрах существующей организации. К таким препятствиям относятся:

косность мысли и поведения лиц, ответственных за внесение изменений;

задержки, препятствующие *реализации* нововведений по мере появления идей и, тем самым, вовсе исключающие их;

недостаток времени для спокойного обдумывания и обсуждения;

неспособность стимулировать спонтанное мышление при появлении проблем, не имеющих традиционного решения.

Этот метод позволил получить результаты, которые были высоко оценены ведущими проектными организациями США. Как указывает автор метода синектики Гордон, члены вновь создаваемых групп иногда испытывают следующие затруднения:

угрызения совести в связи с тем, что получают деньги за столь приятное времяпрепровождение;

зазнайство после удачного решения первой проблемы.

Угрызания совести проходят, когда группа видит, что основная организация принимает их идеи; хорошим средством от зазнайства может служить попытка решения очередной проблемы без помощи опытных синекторов.

Аналогии, используемые в синектике, могут рассматриваться как метаязык, с помощью которого можно

обсуждать не только структуру проблемы и модели альтернативных решений, но также и сопоставимые структуры в окружающей действительности, в языке и в функциях человеческого организма.

Спонтанное мышление, которое синектика пытается стимулировать, может рассматриваться как результат активности мозговой и нервной систем нескольких человек, работающих по типу универсальных аналоговых вычислительных машин, способных исследовать и сопоставлять различные модели.

Аналогии можно рассматривать как средства для смещения процесса исследования структуры проблемы с уровня осознанного мышления на уровень спонтанной активности мозга и нервной системы.

Приятное чувство уверенности в том, что находишься на верном пути, которое вырабатывается у синекторов, можно рассматривать как внезапный спад умственной активности в момент, когда на одном и том же участке нервных сетей мозга отражаются две сопоставимые структуры.

Это является сигналом к подкреплению определенного решения новыми аналогиями, связанными с соответствующими проблемами.

Применение

Синектика может быть использована только на промежуточных этапах проектирования, т.е. для исследования проблемы, реальность которой *уже была предварительно доказана*, и для получения решения, которое *будет внедряться другими людьми*.

Для этого процесса почти или совсем не требуется данных о проектной ситуации, поэтому он не может быть эффективен для выявления проблем или для приведения проектных решений в соответствие с проектной ситуацией.

Задача синектики состоит в том, чтобы выявить *общее* решение некоторой проблемы в том смысле, как спиральная жила является общим решением проблемы сшивания краев.

Синектическая группа не располагает данными, которые позволили бы ей судить о целесообразности изготовления сшивающего устройства, или данными исследований по определению углов и размеров жил для конкретных типов соединений и конкретных материалов. Этот метод имеет своей целью ликвидировать серьезные несоответствия во *внутренней структуре* существующих решений, направленных на удовлетворение некоторой осознанной потребности.

Ликвидация тупиковых ситуаций (3.12)

Цель

Найти новые направления поиска, если очевидная область поиска не дала приемлемого решения.

План действий

В литературе, посвященной анализу творческой деятельности, приводится ряд способов изменения подхода к решению проблемы, когда работа зашла в тупик.

Эти способы не соответствуют последовательной методике, но их можно разделить на несколько типов, каждый из которых может оказаться достаточным для ликвидации тупиковой ситуации:

1. Правила преобразований, которым можно подвергнуть имеющееся неудовлетворительное решение или какие-либо его части.
2. Поиск новых взаимосвязей между частями имеющегося неудовлетворительного решения.
3. Переоценка проектной ситуации.

Замечания

Некоторых проектировщиков мысль об использовании

этих "вспомогательных орудий творчества" может увлечь, у других же она вызовет отвращение. Однако и последние, столкнувшись с настоящими трудностями, могут найти эти методы приемлемыми для себя.

Когда детали предпочтительного решения сами собой не выявляются, способность заглядывать вперед ничего не дает. И именно тогда методы изобретателей технических новинок, специалистов по рекламе и других специалистов, решающих проблемы сегодняшнего дня, могут помочь произрастанию нового из того, что казалось безнадежным.

Несмотря на кажущуюся легковесность, эти методы все же основаны на серьезных принципах. При очевидном отсутствии решения они позволяют либо расширить область поиска, либо выбрать для него новую область.

В результате применения правил преобразования и взаимодействия к имеющимся проектам поиск изменяет свое направление и исключается из тех областей, где имеются лишь частично приемлемые решения.

Переоценка проектной ситуации ориентирует проектировщика на более отдаленные участки пространства поиска, которые первоначально могли быть исключены на основании ошибочных или утративших силу предположений.

Применение

Как указывалось выше, в методах, способствующих преодолению тупиковых ситуаций, предполагается, что проектировщики недостаточно хорошо знакомы с областью поиска. Такое неведение в отношении того, в каком направлении вести поиск, более характерно для любителей, чем для профессионалов. Однако ввиду возрастающей новизны областей поиска в крупных и сложных проблемах эти методы могут оказаться пригодными и для решения крупномасштабных проблем в тех случаях, когда профессиональные средства для их решения отсутствуют.

Морфологические карты (3.13)

Цель

Расширить область поиска решений проектной проблемы.

План действий

1. Определить функции, которые приемлемый вариант изделия должен быть способен выполнять.

2. Перечислить на карте широкий спектр частичных решений, т.е. альтернативных средств осуществления каждой функции.

3. Выбрать по одному приемлемому частичному решению для каждой функции.

Замечания

Морфологические карты предназначены для стимулирования дивергентного мышления и гарантирования того, что ни одно новое возможное решение проектной проблемы не будет упущено.

Преимущество морфологических карт состоит в том, что для заполнения матрицы требуется очень мало времени. Основная трудность заключается в определении набора функций, которые были бы:

существенными для любого решения;

независимыми друг от друга;

охватывающими все аспекты проблемы;

достаточно немногочисленными, чтобы можно было составить матрицу, допускающую быстрое изучение.

При решении новых проблем, когда для выбора функций нельзя опереться ни на данные исследований, ни на практический опыт, перед проектировщиком стоит сложная задача уловить какую-то внутреннюю структуру в том, что существует пока только в его воображении.

Способность сформулировать функции в новых проектных ситуациях зависит, по-видимому, от способности предвидеть целый ряд возможных решений и в то же время мысленно расклассифицировать их.

Есть основания полагать, что составить морфологическую карту может лишь тот, кто уже обладает достаточными знаниями или достаточным воображением, чтобы предсказать, что будет выявлено с помощью карты.

Аналогичная трудность возникает и при выборе частичных решений. Для того, чтобы общее число комбинаций было достаточно малым для поиска, важно оставаться на уровне широких альтернатив, опуская незначительные вариации. Количество комбинаций очень быстро возрастает по мере увеличения количества функций и частичных решений, например, матрица 10X10 уже дает 10 млрд комбинаций.

Недостаток этого метода состоит в том, что как для выявления функций, так и для поиска приемлемых комбинаций частичных решений требуется знание структуры проблемы, которую сам метод не раскрывает. Его преимущество в том, что он заставляет проектировщика расширить область поиска.

Применение

Этот метод достаточно успешно применялся для поиска решений ряда новых инженерных проблем самого различного характера - от транспортировки нефти без танкеров до конструкции быстро убираемого навеса от дождя над площадкой для игры в крикет. Наилучшие результаты он, по-видимому, может дать при исследовании ограниченных областей поиска, а не при изучении плохо определенных и нечетко сформулированных проблем.

Матрица взаимодействий (3.14)

Цель

Обеспечить систематический поиск взаимосвязей между элементами в рамках данной проблемы.

План действий

1. Определить понятия "элемент" и "взаимосвязь" (таким образом, чтобы другие специалисты могли выявить ту же конфигурацию элементов и взаимосвязей, что и вы).

2. Составить матрицу взаимодействий, в которой каждый элемент может быть сопоставлен с любым другим.

3. На основе объективных данных определить, имеется ли взаимосвязь между каждой парой элементов.

Замечания

Матрица взаимодействий является одним из самых полезных проектировочных средств, которое возникло в результате поисков систематических методов проектирования.

Главное достоинство этого метода состоит в том, что он служит средством выполнения строгой, объективной проверки, неосуществимой чисто мысленным путем, без вспомогательных средств.

Многие попытки систематизировать процесс проектирования включают использование матрицы взаимодействий того или иного вида, и такие матрицы используются также во всех попытках выразить проектные проблемы в форме, пригодной для обработки на ЭВМ. Описанные выше сравнительно простые действия над матрицей являются лишь элементарным примером применения общего аппарата матричной алгебры.

При использовании этого метода возникают следующие трудности:

высокая вероятность ошибок при составлении даже небольшой матрицы и ее копировании. Поэтому, если

требуется высокая точность, матрицу должен проверить другой человек.

продолжительное время, необходимое для выполнения всех оценок, требующихся для заполнения матрицы, и утомительный характер этого труда, включающего многочисленные консультации. Если это позволяют условия задачи, лучше ограничиться матрицей, содержащей не более 20 элементов, или расчленить задачу так, чтобы получилось несколько небольших матриц;

ограниченная ценность матриц, в которых элементы и взаимосвязи между ними не определены таким образом, чтобы любой человек смог при тех же условиях выявить ту же конфигурацию взаимосвязей;

затруднения, которые возникают, если элементы не относятся к одному и тому же уровню иерархии (т.е. если какие-то элементы на деле составляют часть других элементов) или если не все элементы принадлежат к тому же семейству, к которому действительно приложимы указанные взаимосвязи.

Применение

Диапазон сложных проектных ситуаций, в исследовании которых можно успешно использовать матрицы, практически неограничен. Важно уметь распознавать те виды неопределенности и сложности, которые нельзя четко представить в матрице.

Матрица взаимодействий бесполезна в тех случаях, когда приведенные выше правила определения и выбора элементов неприменимы, т.е. когда структуру проблемы нельзя с достаточной степенью точности охарактеризовать с помощью какой-либо модели.

Сеть взаимодействий (3.15)

Цель

Отразить схему взаимосвязей между элементами в рамках проектной проблемы.

План действий

1. Дать однозначное определение понятий "элементы" и "взаимосвязи".
2. Использовать матрицу взаимодействий для определения взаимосвязанных пар элементов.
3. Вычертить граф в виде точек (представляющих элементы), соединенных линиями (изображающими связи между элементами).
4. Изменить положения точек так, чтобы свести к минимуму число пересечений и более отчетливо выявить структуру сети.

Замечания

Сети, графы, блок-схемы, поточные схемы и т.п. - все это способы реализации общего соглашения о представлении связей между элементами в виде конфигурации линий. Единственным преимуществом сети перед матрицей является легкость восприятия ее структуры и уяснения существа проблемы.

Матрицы и сети - дополняющие друг друга способы выражения одной и той же системы взаимосвязей. Матрица позволяет последовательно, элемент за элементом воссоздать в пространстве вне нашего мозга такие структурные модели, которые слишком сложны, чтобы наш мозг мог охватить их целиком.

Сеть, отражающая те же взаимосвязи, как только она закончена и проверена, позволяет снова "пересадить" эту структурную модель в наш мозг, откуда поступили составляющие ее компоненты. Таким образом, наш мозг

может использовать внешние средства для выявления структурных моделей в совокупностях элементов информации, которые ранее воспринимались сознанием только изолированно.

Такие структурные модели слишком трудны для восприятия в *целостной форме*, если в них более 15-20 элементов; поэтому большие сети редко используются в качестве схем, поясняющих структуру проблемы.

Применение

Как и матрицы, сети находят множество полезных применений при условии, что имеются четкие определения элементов и взаимосвязей между ними.

Анализ взаимосвязанных областей решения (AIDA) (3.16)

Цель

Выявить и оценить все совместимые комбинации частичных решений проектов проблемы.

План действий

1. Выявить несколько возможных вариантов в каждой области решений.
2. Указать, какие варианты несовместимы друг с другом.
3. Перечислить все наборы вариантов, которые можно объединять друг с другом, не опасаясь их несовместимости.
4. При наличии единого количественного критерия для выбора вариантов (например, стоимости) найти совместимые наборы вариантов, наилучшим образом удовлетворяющие данному критерию.

Замечания

Этот метод один из наиболее эффективных и надежных методов проектирования, использовавшихся до настоящего времени. Он задуман как средство сокращения времени,

которое часто тратится на повторные рассмотрения тех же аспектов проектной проблемы, и уменьшения риска упустить из виду совместимые комбинации решений, которые могут разрешить кажущиеся безнадежно конфликтными варианты.

Установлено, что опытные конструкторы сумели и без этого средства выбрать многие из наиболее дешевых совместимых сочетаний, но для этого им потребовалось много времени и они не всегда находили самое дешевое сочетание.

Не всегда легко разделить проектную проблему на отдельные части. Проще всего это сделать, взяв какое-то традиционное решение и идя от него назад для того, чтобы выявить области принятия решений. Может оказаться затруднительным определить на предпроектном этапе, какие варианты окажутся несовместимыми.

Стоит только начать поиски путей преодоления несовместимостей, как приходится изменять первоначальный выбор функциональных частей проблемы, и именно в таких случаях данный метод превращается в средство интуитивного поиска структуры проблемы, поддающейся решению.

Применение

Метод использовался при проектировании изготавливаемых индустриальным методом каркасов жилых зданий и станков. Он может оказаться полезным для любой проектной проблемы, где имеются значительные отклонения от предыдущих проектных решений, но для этого требуется стабильность структуры проблемы.

Трансформация системы (3.17)

Цель

Найти способы трансформации системы с целью ликвидации присущих ей недостатков.

План действий

1. Выявить коренные недостатки существующей системы.

2. Установить причины этих недостатков.

3. Определить новые типы компонентов системы, способных ликвидировать присущие ей недостатки.

4. Определить последовательность изменений (путь трансформации, или эволюционная траектория), которая позволит существующим компонентам системы эволюционировать в качественно новые.

Замечания

Трансформацию проектной ситуации представить себе нетрудно, но гораздо труднее ее осуществить. Это объясняется тем, что изменения компонентов системы приводят к изменениям тех вещей, от которых зависит стабильность системы, а вместе с ней и стабильность убеждений людей, их работы и их ожиданий.

Если мы заглянем в будущее обрисованной здесь автоматической системы транспорта, мы увидим, что последствием ликвидации заторов движения будут радикальные структурные изменения, затрагивающие многие организации и профессии, появившиеся в начале нашего века в результате изобретения двигателя внутреннего сгорания и автомобиля. Эти изменения коснутся:

общественного маршрутного и таксомоторного транспорта;

частных владельцев автомобилей;

производства и сбыта автомобилей;

политики планирования городов;

инженерных профессий, обслуживающих городской транспорт;

дорожного законодательства и автомобильной инспекции.

В каждом случае существуют глубоко укоренившиеся убеждения, взгляды и профессиональные интересы, а также крупные капиталовложения, которые должны быть списаны или передислоцированы, прежде чем появится новая система.

Главным препятствием является не столько стоимость или трудность создания достаточно большого административного аппарата для координации всех изменений, хотя и это представляет собой немалую проблему.

Подлинная трудность заключается в необходимости перестройки взглядов специалистов и общественного мнения, чтобы они поняли новый принцип планирования и поверили в него. А принцип этот состоит в том, чтобы планировать не то, что осуществимо в данный момент, а то, что *станет осуществимым* к моменту, когда планы начнут претворяться в жизнь.

Применение

Этот метод пригоден:

когда существующая *система* очевидным образом *неспособна* обеспечивать удовлетворение потребностей;

когда *инициатор* проекта *обладает достаточной властью*, чтобы оказать влияние на множество организаций, которые будут затронуты проектируемым изменением компонентов системы, призванным обеспечить ее удовлетворительное функционирование.

Проектирование нововведений путем смещения границ (3.18)

Цель

Сместить границы нерешенной проектной проблемы, чтобы для ее решения можно было использовать знания из смежных областей.

План действий

1. Выявить существенные функции какого-либо устройства, которое способствовало бы достижению поставленной задачи.

2. Выявить противоречия между существующими средствами выполнения этих функций в рамках предполагаемых границ проблемы.

3. Выявить знания, выходящие за предполагаемые границы проблемы, которые можно было бы использовать при трансформации проблемы.

4. Найти сопоставимые промежуточные решения проблемы, которые проложили бы путь к частичному или полному использованию знаний из смежных областей.

Замечания

Эта методика призвана на несколько лет сократить время, необходимое на получение знаний из других, далеких областей и применить их к нерешенным проектным проблемам. В приведенном примере, прежде чем прибегнуть к методу смещения границ, много человеко-лет было потрачено на другие бесплодные поиски в рамках предполагаемых границ проблемы. Однако знания, необходимые для смещения границ и перехода в более перспективную область поисков, существовали задолго до того, как возник метод смещения границ. Можно предположить, что без целенаправленного изучения других областей знаний шансы достижения соответствующего смещения границ весьма невысоки.

Основные трудности использования данной методики заключаются в следующем:

преодоление функций на таком уровне общности, который включал бы возможность разрешения противоречий, но исключал бы неоправданно широкий поиск новых решений и средств;

выбор областей знания, в которых есть вероятность отыскания новых возможностей, и определение наиболее

подходящей литературы и наилучших экспериментов в данных областях;

изменение структуры проблемы в свете *структуры* знания в других областях;

определение главных и второстепенных трудностей.

Применение

Эта методика предназначена для рассмотрения тех проблем, для которых в настоящее время не имеется практически осуществимого решения.

Проектирование новых функций (3.19)

Цель

Создание радикально новой конструкции, способной привести к новым моделям поведения и спроса.

План действий

1. Выявить функции каждого конкретного элемента существующего решения.

2. Охарактеризовать основную функцию, для которой указанные функции являются вспомогательными.

3. Охарактеризовать изменения основной функции, которые могут привести к улучшению данной проектной ситуации.

4. Объединить решения пп. 2 и 3 для получения новой основной функции.

5. Найти альтернативные решения разделения новой основной функции на вспомогательные и закрепить каждую из них за новыми конкретными элементами.

Замечания

Можно сказать, что изобретательство и новаторство отличаются от проектирования в том отношении, что они требуют больших изменений в группировании как *функций*,

так и *физических элементов*. Можно также сказать, что их отличает друг от друга то, что изобретение - это идея, которая оказывается практически осуществимой, а нововведение - это идея, не только практически осуществляемая, но и создающая новую потребность.

Предложенная здесь методика направлена только на формализацию поиска новой идеи; она не уменьшает трудности прогнозирования практической осуществимости идеи и социально-экономической реакции на нее.

Однако эта методика включает на существенно важном этапе 3 целенаправленный поиск социально приемлемых задач, включенный в "новую основную функцию" на этапе 4. Таким образом, окончательная идея должна содержать в себе как элемент изобретения, так и элемент нововведения и быть направленной на удовлетворение практических и социальных потребностей.

Интересно задуматься над причинами того сильного, по-видимому, иррационального сопротивления, которое часто встречают новые решения и изобретения. Происходит ли это потому, что новая структура функций, на которой основано изобретение, предполагает наличие новой общественной ситуации, отличной от существующего положения вещей?

Изобретение не может стать нововведением до тех пор, пока люди, на которых это изобретение может оказать влияние, не изменят в какой-то степени предположения, на которых строятся их действия. Как только мы признаем, что идеи - это не кратковременные функции ума, а необходимая предпосылка любого действия человека, мы поймем, как мала вероятность того, чтобы новую идею одного человека воплотили другие люди.

Имеется обширное поле деятельности для оценки отношений и предпочтений людей и измерения скорости, с которой существующие идеи способны изменяться в зависимости от конкретного нового изобретения.

Применение

Метод проектирования новых функций предназначен для ситуаций, в которых существующие конструкции почти достигли пределов своего развития и в которых среда изменилась в физическом, экономическом, концептуальном и социальном отношениях по сравнению с временем создания первоначальной конструкции.

Определение компонентов по Александру (3.20)

Цель

Найти правильные физические компоненты конкретной структуры, которые можно было бы изменять независимо друг от друга в соответствии с последующими изменениями среды.

План действий

1. Выявить все требования, оказывающие влияние на формирование конкретной структуры.
2. Определить, является ли каждая пара требований независимой или нет, и зафиксировать каждое решение в матрице взаимодействий.
3. Разложить матрицу на группы с тесной внутренней взаимосвязью и слабой связью между группами. Это и будут "правильные" компоненты.
4. Разработать конкретные компоненты для каждого набора требований.
5. Скомпоновать из этих новых компонентов новую конкретную структуру или ввести некоторые новые компоненты в конкретные существующие системы.

Замечания

Этот метод предназначен для преодоления фундаментальных трудностей проектирования: трудностей, связанных с прогнозированием и осознанием модели взаимосвязей, которые возникнут в процессе эксплуатации нового объекта. Александр пытается "объективировать", т.е.

вывести из мозга человека наружу весь этот сложный процесс, с помощью которого такие модели интуитивно предугадываются и распознаются.

К сожалению, эта первая попытка решить столь нужную и сложную проблему не увенчалась полным успехом. Для того чтобы метод достиг своей цели, приходится сделать три сомнительных допущения:

предполагается, что субъективные наблюдения, беседы и мысли проектировщика способны дать адекватные средства отражения всего, что может повлиять на проектируемый объект или испытать его влияние. Вполне вероятно, что не апробированные высказывания проектировщика по данной проблеме в большей степени отражают структуру его памяти, чем объект, который он пытается описать.

Метод со столь претенциозными целями должен был бы опираться на объективные наблюдения, т.е. на такие наблюдения, которые не зависят от субъективных особенностей наблюдателя. Должна также иметься некоторая гарантия "необходимого разнообразия" информации, подготовленной для анализа на ЭВМ, т.е. она должна иметь по меньшей мере такое же количество возможных состояний, как и прогнозируемый объект;

предполагается, что "взаимодействие", как его определяет Александр, не зависит от окончательного решения. Неверно, что два требования взаимодействуют друг с другом, если *любая* попытка удовлетворить одно из них упрощает или усложняет удовлетворение другого. Далеко не все способы удовлетворения одного требования могут вступить в противоречие со всеми способами удовлетворения другого.

Отсюда следует, что сеть взаимодействий зависит от ряда промежуточных решений, предусмотренных на начальном этапе проектирования. Отсюда также следует, что

проектировщик может найти удачные конкретные наборы промежуточных решений, в которых полностью исключены нежелательные взаимодействия. Схема Александера - это лишь одна из огромного количества подобных схем, которые могут возникнуть в результате различной трактовки одной и той же проблемы. Поэтому "правильные" компоненты, выведенные по этому методу, могут изменяться в зависимости от психологических особенностей проектировщика;

предполагается, что дополнения и изменения, вводимые в систему в будущем, сами по себе не изменят схемы взаимодействий и характера наборов, из которых состоит данная схема. На самом же деле новые реалии могут изменить и то и другое.

Вероятно, имеется какой-то способ так видоизменить этот метод с учетом высказанных замечаний, чтобы не упустить всех его потенциальных возможностей.

Классификация проектной информации (3.21)

Цель

Разделить проектную проблему на поддающиеся решению части.

План действий

1. Записать на отдельной карточке каждую единицу информации, собранной в результате исследования проектной ситуации.

2. Классифицировать карточки по альтернативным наборам категорий до тех пор, пока не будет найден набор, соответствующий как зафиксированным данным, так и субъективной точке зрения проектировщика на проблему.

3. Использовать отобранные наборы категорий как основу для индексации информации, собранной на более позднем этапе, для разбивки проблемы на части с целью последовательной или параллельной работы над ними, а также

для пробной идентификации переменных величин и взаимосвязей между ними.

4. Пересмотреть классификацию на более позднем этапе, если появятся противоречивые доказательства, изменятся задачи или точка зрения проектировщика на проблему.

Замечания

По определению таксономия - это "средство классификации объектов или явлений с целью выявления полезных взаимосвязей между ними".

В данном случае мы пытаемся классифицировать полученную без какой-либо системы информацию о проблеме таким образом, чтобы между элементами *одного* ряда были только сильные взаимосвязи, а между элементами *разных* рядов - слабые. Если классификация отвечает этому требованию, она полезна, так как позволяет параллельно работать над несколькими категориями элементов с сильной внутренней связью.

Как же определить, охватывает ли та или иная классификация ряды со слабой внешней связью, состоящие из элементов с сильной внутренней связью? Это можно проверить следующим образом: взять один элемент из большого числа хорошо изученных элементов и попытаться ввести его в возможно большее число категорий. Если большинство элементов явно принадлежит только к одной из категорий и если среди них мало пограничных случаев, то такая классификация может оказаться столь же полезной, как и любая другая, которую можно составить без трудоемких исследований точных взаимосвязей между элементами. Такое тщательное исследование невозможно выполнить без предварительного опробования многих приближенных классификаций и концепций, которые постепенно уточняются или отбрасываются.

Поэтому на этом этапе бессмысленно ставить слишком большие задачи выявления *взаимно исключających* друг друга

категорий, какие составляются, например, для классификации небесных тел на основании вычисленных расстояний, скоростей и температур. В начале разработки новой проектной проблемы мы скорее напоминаем астрологов, чем астрономов, и должны довольствоваться относительно произвольными категориями, польза которых примерно соответствует пользе названий созвездий и планет.

Доказано, что классификация становится затруднительной, когда число категорий становится более 15—20, поэтому рекомендуется ограничиться всего лишь несколькими категориями. Если требуется использовать более 12 категорий, следует выделить из них главные, а второстепенные перевести в разряд субкатегорий.

При составлении классификации большую роль играет субъективный фактор, поэтому ее нельзя выполнить должным образом, если над ней будут работать вместе несколько специалистов. Целесообразнее, чтобы несколько человек занимались этим самостоятельно, а затем главный специалист, ответственный за проект, выбрал ту классификацию, которую он считает наилучшей.

Любая классификация, отвечающая как собранным данным, так и субъективной точке зрения специалиста, который будет работать с ней, может служить хорошей основой для достижения соответствия между проектируемым объектом и средой. Не может быть "наилучшей" или "правильной" классификации, но может быть очень много неэффективных классификаций.

Применение

Эта методика может оказаться ненужной в тех случаях, когда проектная ситуация хорошо знакома и понятна. Но она дает возможность сэкономить массу времени при решении неизученных проблем, так как обязывает всех заинтересованных специалистов привести свои взгляды на проблему в соответствие с действительным положением дел

уже на самом раннем этапе работы. Это значительно уменьшает опасность выбора абсолютно неверного направления работы и полного упущения значительных аспектов проблемы.

Надежным способом глубокого проникновения в незнакомую сложную проблему является классификация *противоречий* и *несоответствий*, выявленных во время изучения проектной ситуации.

Контрольные перечни (3.22)

Цель

Дать проектировщикам сведения о требованиях, которые были признаны релевантными в аналогичных ситуациях.

План действий

1. Подготовить перечень вопросов, которые были признаны важными в одной или нескольких аналогичных ситуациях.
2. Задать некоторые или все эти вопросы применительно к проекту, подлежащему оценке.

Замечания

В настоящее время контрольные перечни - самое простое и приносящее непосредственную пользу средство решения проектных задач. Они составляются, исходя из предположения, что требования, которые не были учтены ранее, не будут учтены и впоследствии. Как правило, так и получается, когда новые специалисты начинают работать над обычными проектными проблемами.

Так же бывает и в тех случаях, когда повышается уровень требований к комфортности, надежности, простоте обслуживания и т.д., и проектировщики нуждаются в указаниях по возникающим вопросам, чтобы выяснить новый уровень требований. Каждый из приведенных выше примеров относится именно к последнему случаю.

При составлении перечней могут возникнуть следующие трудности:

время, необходимое на то, чтобы прочитать и обдумать все вопросы в длинном перечне, может значительно превысить общее время, отведенное на проектирование. Составители подобных перечней пытались избежать этого путем сохранения в них только достаточно общих вопросов, оставив на долю проектировщика формулирование при необходимости более частных вопросов. Второй путь - это составление длинного перечня таким образом, чтобы проектировщик мог быстро выбрать вопросы, имеющие отношение к проблеме, над которой он работает. Это можно сделать, снабдив перечень сетевой схемой и указав, какое из многих ее ответвлений имеет отношение к данной проблеме. Это лучше всего сделать с помощью индексных карт, перфокарт или ЭВМ. Эффективность этого способа для разработки всеобъемлющего руководства по учету акустических требований при проектировании конторских помещений со свободной планировкой;

перечни основаны на допущениях, которые скорее уведут проектировщика от нового творческого решения, чем приближают к нему. Эта опасность всегда присутствует при любой попытке перенести соображения, касающиеся одной ситуации, на другую ситуацию. Этого можно избежать путем сравнения допущений, на которых основан перечень, с теми, которые проектировщик считает оправданными.

Несмотря на указанные недостатки, а возможно, и на некоторые другие, контрольные перечни необходимы в ряде проектных ситуаций. Однако проектировщики, вероятно, пренебрегут даже хорошим контрольным перечнем, если он не будет принят также их руководителем или заказчиком в качестве технических условий для проверки приемлемости или неприемлемости разработанных проектов.

Применение

Для многих проектных проблем имеется достаточное количество прогнозируемых заранее требований, которые известны проектной группе, что оправдывает составление, по крайней мере, краткого контрольного перечня. Важно, чтобы контрольные вопросы имели самое непосредственное отношение к критериям, по которым будет оцениваться приемлемость проекта.

Выбор критериев (3.23)

Цель

Установить критерии приемлемости проектного решения.

План действий

1. Сформулировать задачу, которой должно отвечать приемлемое проектное решение.
2. Охарактеризовать "гарантирующее успех" направление работ по данной задаче.
3. Изучить имеющиеся данные о влиянии отклонений от сформулированной задачи и определить условие, соответствующее "области гарантированного успеха" в зоне между приемлемым и неприемлемым решениями.
4. Выбрать в качестве критерия простейшую меру, надежно указывающую, лежит ли проект в "области гарантированного успеха".
5. Повторить действия пп. 1-4 для каждой задачи.

Замечания

Возможность применения к плохо определенным задачам измеримого критерия дает, конечно, огромное преимущество. Отрицательной стороной этого подхода является уменьшение "пространства маневрирования" в тех случаях, когда для описания широкой зоны неопределенности используется жесткий цифровой показатель. Это может лишить изобретательного проектировщика возможности сопоставить одну задачу с другой. Рекомендуемый здесь поэтапный подход

с отысканием "гарантирующей успех" области вблизи грани может оказать в этих случаях существенную помощь.

При выборе критериев используется принцип *операционализма*, основанный на предположении, что явление признается существующим лишь в том случае, если можно подробно охарактеризовать операции, по которым внешний наблюдатель может это явление обнаружить.

Таким образом, "красота" в операциональном смысле не существует, так как нет действия, которое могло бы указать на наличие красоты независимо от субъективного состояния наблюдателя. Утверждение какою-либо наблюдателя, что такой-то предмет красив, не может рассматриваться как доказательство наличия определенных свойств у предмета, а говорит лишь об определенной реакции наблюдателя на этот предмет.

Выражаясь проще, можно сказать: "если что-то не может быть измерено, оно не существует". Таким образом, комфорт существует лишь как слово, произносимое в определенных ситуациях. То, к чему это слово относится, не может быть измерено и не обладает объективной реальностью. Мы показали, что эту трудность удалось преодолеть путем определения комфорта как "отсутствия дискомфорта", и сформулировали целый ряд правил для регистрации и анализа дискомфорта, испытываемого людьми на автомобильных сиденьях.

Этот набор правил и составляет наш операциональный критерий. Он не измеряет комфорта или даже дискомфорта. Его функция - измерить вероятность того, что данное решение вызовет определенную вербальную реакцию. Реакция эта отнюдь не сделает "комфорт" чем-то более реальным, чем он был до этого, удовлетворяющих или не удовлетворяющих этому критерию. Но поскольку наша задача состоит в том, чтобы повлиять на поведение потребителя, а не на

метафизические размышления, нам нет нужды проявлять озабоченность в связи с нереальностью понятия "комфорт".

Применение

Выбор операциональных критериев имеет большое значение при любой попытке рационального проектирования. Он в особенности необходим там, где главные задачи трудно четко сформулировать, и в таких ситуациях он дает огромные преимущества.

Ранжирование и взвешивание (3.24)

Цель

Сравнить ряд альтернативных проектных решений, используя общую шкалу измерения.

План действий

1. Определить задачи, которым должны отвечать альтернативные проектные решения.

Если задачи следует ранжировать, то:

записать в матрице предпочтительную задачу из каждой пары;

распределить задачи по их степени предпочтения.

3. Если задачи должны быть взвешены, назначить каждой задаче коэффициент весомости, указывающий на ее важность по сравнению с другими задачами.

4. Измерить или оценить степень, с которой каждое альтернативное проектное решение отвечает каждой из ранжированных или взвешенных задач.

5. Преобразовать эти результаты в процентные отношения при ранжировании задач и в абсолютные величины цифровых коэффициентов весомости при взвешивании задач.

6. Выбрать альтернативные проектные решения, имеющие наилучшее процентное отношение или наибольший коэффициент весомости.

Замечания

Ранжирование и взвешивание, производимые при игнорировании правил оперирования со шкальными измерениями, могут давать столь же неверные результаты, как, скажем, измерение с помощью резиновой ленты, или же могут оказаться столь же наивными, как вычисление полного размера предмета путем сложения его массы и объема. Если не установлены логические связи между измеряемыми параметрами, нет способа провести значимые сравнения по единой шкале.

Фактически при ранжировании или взвешивании задач, которые нельзя сравнить никаким другим способом, затушевывается определенная информация относительно каждой задачи, которая может повлиять на принятие решения.

Итоговые показатели ранжирования и взвешивания вводят в заблуждение потому, что из реальной действительности выхватывается отрывочная информация и группируется в арифметические соотношения, которые могут не иметь ничего общего с действительными соотношениями данных.

Вычисления при ранжировании и взвешивании являются логической схемой, которая при отсутствии каких-либо других данных принимается за модель взаимосвязей между задачами в реальной действительности.

Характерный недостаток ранжирования состоит в том, что предпочтения в выборе альтернатив при их сравнении парами могут отличаться от предпочтений при сравнении трех или более альтернатив одновременно.

Можно утверждать, что взвешивание задач искажает модель проблемы и опасным образом ограничивает области поиска для проектировщика. Это происходит потому, что на коэффициент весомости, назначаемый задаче, значительное влияние оказывает то, каким способом предполагается выполнить эту задачу.

Важный вопрос для проектировщика, пытающегося ранжировать или взвешивать задачи, состоит в том, окажутся ли ошибки от пренебрежения не транзитивными величинами или от предвосхищения частных решений при назначении весов достаточно большими, чтобы исказить его решения, или же достаточно малыми, чтобы ими можно было пренебречь.

Тот факт, что специалисты довольно часто и успешно используют эти методы, заставляет предположить, что эти ошибки не всегда настолько велики, чтобы исказить результаты. Таким образом, хотя полностью устранить недостатки этих методов и не удастся, можно все же проявить необходимую осторожность при их использовании.

Большинство методов расчета страдает подобными недостатками. Он указывает, что математически строгие вычисления применимы только для задач низшего порядка, а при сравнении задач высшего порядка неизбежно некоторое сочетание вычислений с догадками. В качестве практического правила можно рекомендовать во всех случаях, когда имеются сомнения в применимости вычислений, просто сравнивать задачи мысленно или путем обсуждения. Иначе не остается ничего другого, как основывать свои суждения на субъективных моральных принципах и на вере (полагаясь, таким образом, на стабильность и неизбежность этих принципов при всех социально-технических изменениях).

Применение

Строго говоря, эти методы не очень действенны, хотя есть ситуации, в которых они, по-видимому, уменьшают трудности принятия решений. Однако это может иметь и неприятные последствия, если принимаемые решения носят критический характер.

Составление технического задания (3.25)

Цель

Описать приемлемый конечный результат предстоящего процесса проектирования.

План действий

1. В предварительном плане охарактеризовать ряд возможных результатов на разных уровнях общности.

3. Выбрать низший уровень общности, предоставляющий проектировщикам достаточную свободу решений.

3. Определить ожидаемый результат проектирования *вне зависимости* от проектных характеристик, которые проектировщики могут свободно изменять, и *в зависимости от* эксплуатационных характеристик, которые проектировщики в состоянии прогнозировать.

Замечания

Очень трудно провести границу между данным методом составления задания и методами 9.1 и 12.2. Основные различия состоят в следующем:

Формулирование задач - процедура, с помощью которой проектировщики расширяют задание заказчика и исследуют возможности его реализации. Предполагается, что бригада проектировщиков располагает большей информацией, чем заказчики.

Составление технического задания - процедура, с помощью которой заказчики или независимые группы специалистов, такие, как инженеры по технике безопасности, задают характеристики приемлемых результатов предстоящего процесса проектирования. Предполагается, что составители технического задания знают больше, чем проектировщики, об условиях, которые должны быть удовлетворены.

Выбор критериев - процедура, с помощью которой неопределенные задачи и технические задания преобразуются в форму, допускающую объективные измерения. Часто

быстрее и дешевле оказывается сначала исследовать альтернативные задачи и технические задания, пусть даже в довольно неопределенных выражениях, а лишь затем приступать к дорогостоящему процессу преобразования отобранных задач в измеримые критерии.

В связи с этим следует более тщательно рассмотреть понятие общности и рассмотреть три основных уровня общности формулировок, а также способы их проверки на этих уровнях.

Объективные критерии должны быть на уровне научного знания. Технические задания должны составляться, главным образом, на уровне логического знания, и их можно развивать и совершенствовать путем проверки логической согласованности.

Конечные задачи должны оставаться на онтологическом уровне, их правильность или неправильность не может быть доказана, они устанавливаются на основе личных убеждений путем ссылки на принципы, путем переубеждения, соглашения, компромисса, путем голосования, на основе законов или волевого решения.

Второстепенные задачи, т.е. те, которые служат средством для достижения конечных задач, рассеяны вниз через логический уровень вплоть до уровня научного знания. В процессе правильно организованной разработки проекта конструкторы должны поддерживать преемственность между этими тремя уровнями путем вычерчивания иерархических или сетевых схем задач, путем составления логически согласованных технических заданий и формулирования объективных критериев, с помощью которых устанавливается приемлемость проекта.

Применение

Важно, чтобы степень общности задания была приведена в соответствие с потребностями проектной группы. При составлении заданий для нескольких проектных групп,

работающих на разных уровнях общности, можно создать несколько вариантов для каждого уровня. Составление технического задания, возможно, самый полезный из инструментов проектирования, лежащих выше уровня работы с масштабным чертежом, но это трудное искусство.

Индекс надежности по Квирку (3.26)

Цель

Позволить неопытным проектировщикам выявлять ненадежные элементы без испытания всей конструкции.

План действий

1. Подготовить описательную классификацию, включающую все характеристики, относящиеся к надежности деталей, а также все случаи ненадежности для рассматриваемого типа изделия.

2. Предложить опытным проектировщикам оценить степень, с которой каждая пара элементов в данной классификации увеличивает ненадежность изделия.

3. На основе сделанных инженерами оценок вычислить средние величины показателей ненадежности для каждого элемента классификации.

4. Выбрать элементы для описания каждой детали новой конструкции.

5. Вычислить средний цифровой показатель ненадежности для каждой детали.

6. Изменить конструкцию деталей, для которых получился высокий показатель ненадежности.

Замечания

Опытные проектировщики, вероятно скажут, что эта методика не дает им в руки ничего нового. Менее опытные проектировщики, однако, найдут, что метод может оказать им большую помощь при отсутствии квалифицированных консультантов и в тех случаях, когда нет времени или средств для практического испытания деталей на надежность.

Главный принцип, лежащий в основе этого метода, состоит в выражении субъективных суждений с помощью некоторой математической модели. Можно предположить, что на результатах могут отрицательно сказаться: а) различия между оценками разных специалистов и б) сомнительное допущение относительно того, что субъективные оценки распределены по шкале с фиксированным нулем на одинаковых интервалах друг от друга.

Квирк считает, что "требуется провести значительную исследовательскую работу", прежде чем можно будет дать обоснованную оценку достоинств и недостатков этого метода. Он указывает, однако, что если показатели, назначенные неопытными инженерами, значительно отличаются друг от друга, то оценки опытных инженеров почти совпадают.

Составленная им диаграмма цифровых показателей, назначенных двумя опытными инженерами для четырех категорий элементов показывает, что ошибки, обусловленные двумя указанными выше причинами, удивительно малы. Влияние субъективных различий в оценках может быть полностью исключено, если цифровые показатели будут получены с помощью ЭВМ по результатам физических испытаний надежности.

Метод Квирка не применим к проектированию сборных узлов, а годится лишь для проектирования отдельных деталей. Поэтому было бы ошибочно исходить из предположения, что изделие обязательно будет надежным, если все его детали имеют показатели ненадежности.

Применение

Имеет смысл использовать этот метод в тех случаях, когда отказ изделия приведет к значительным убыткам, когда имеются опытные инженеры, способные правильно назначать показатели ненадежности, и когда необходимо спроектировать большое количество деталей силами неопытных проектировщиков без квалифицированных консультантов.

4. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ТЕКСТОВЫМ ДОКУМЕНТАМ

Согласно ГОСТ 2.105-95 «ЕСКД. Общие требования к текстовым документам» текстовые документы подразделяются на документы, содержащие, в основном, сплошной текст (технические описания, расчеты, пояснительные записки, инструкции и т.п.), и текст, разбитый на графы (спецификация, ведомости, таблицы и т.п.), текстовые документы выполняются на формах, установленные соответствующими стандартами ЕСКД.

ГОСТ 2.201-80 «ЕСКД. Обозначение изделий и конструкторских документов» устанавливает единую обезличенную систему обозначения изделий основного и вспомогательного производства и их конструкторских документов.

ГОСТ 2.301-68 «ЕСКД. Форматы» устанавливает основные и дополнительные форматы листов чертежей, схем и других конструкторских документов, предусмотренных ГОСТ 2.102-68 «ЕСКД. Виды и комплекты конструкторских документов».

ГОСТ 2.104-68 «ЕСКД. Основные надписи» определяет формы, размеры, содержание, порядок заполнения основных надписей и дополнительных граф к ним» предусматривает для чертежей и схем основные надписи, дополнительные графы к ней, а также размеры рамок на чертежах и схемах.

ГОСТ 2.302-68 «ЕСКД. Масштабы» и ГОСТ 2.109-73 «ЕСКД. Определение масштабов чертежей».

4.1. Оформление пояснительной записки

Общие требования

Все дипломные и курсовые проекты, а также курсовые работы должны сопровождаться пояснительной запиской.

Пояснительная записка относится к текстовым конструкторским документам и должна соответствовать требованиям ГОСТ 2.105-95 и ГОСТ 2.106-96. Расчетно-пояснительная записка (РПЗ) курсового и дипломного проекта должна выполняться на стандартных листах белой бумаги формата А4 (210x297).

Расчетно-пояснительная записка дипломного проекта должна быть написана от руки на одной стороне белой бумаги. Текст РПЗ курсового проекта, отчетов по лабораторным работам и всех видов практик допускается писать на обеих сторонах листа того же формата.

Текст РПЗ должен быть написан шрифтом при высоте прописных букв не менее 5 мм, строчных - не менее 2,5 мм. Интервал между строками должен быть не менее 5 мм, при этом допускается использование строчного трафарета № 3.

Каждый лист РПЗ должен иметь линии рамки, отнесенные от края листа с левой стороны на 20 мм, а справа, сверху и снизу на 5 мм. В правом нижнем углу рамки должен быть расположен штамп по форме 5 (по СТП 018.09-84), за исключением заглавного листа, выполняемого по форме 2 (по СТП 018.09-84).

Текстовый материал должен располагаться на определенном расстоянии от линии рамки листа. Размер левого и правого полей - не менее 5 мм, размеры верхнего и нижнего полей - не менее 15 мм.

Текст расчетно-пояснительной записки, включая формулы, графики, таблицы, подписи под рисунками и т.п., должен выполняться чернилами или пастами одного цвета. Допускается использование трех цветов: черного, синего, фиолетового.

На одной странице текста допускается не более пяти исправлений, в противном случае, страница должна быть переписана.

Структура расчетно-пояснительной записки

В соответствии с общими требованиями, установленными стандартом вуза ВСТИ СТП 018.09-84 рекомендуется следующая структура расчетно-пояснительной записки:

- титульный лист расчетно-пояснительной записки;
- задание;
- заглавный лист;
- аннотация;
- содержание;
- перечень листов графической части (только для дипломного проекта);
- введение;
- основная часть РПЗ; в которой приводится конкретная методика расчетов и полученные результаты;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложение.

Оформление основной части расчетно-пояснительной записки

Основная часть РПЗ, в зависимости от объема и необходимости разделения на части, может быть поделена на разделы (главы), подразделы (параграфы) и пункты.

Наименование разделов должно быть кратким, соответствовать содержанию и записываться в виде заголовков (в красную строку прописными буквами). Наименование подразделов записывают также в виде заголовков строчными буквами (кроме первой прописной). Переносы в заголовке и точки в конце заголовков не ставятся.

Разделы должны иметь порядковую нумерацию и обозначаться арабскими цифрами с точкой в конце номера. При наличии подразделов и пунктов нумерация должна иметь вид, например, 3.2.3. (третий пункт второго подраздела третьего раздела).

Все остальные части РПЗ (аннотация, содержание, перечень листов графической части, введение, заключение, список использованных источников) порядкового номера не имеют.

Расстояние между заголовками, между заголовком и текстом должно быть равно трем междустрочным интервалам или 15-17 мм.

Каждый раздел необходимо начинать с новой страницы.

Нумерация страниц должна быть сквозной, начиная с титульного листа. При этом номер страницы на первых трех листах (титульный лист, заглавный лист, задание) не проставляется. Следовательно, номер страницы, где располагается аннотация - 4.

Страницы с рисунками, таблицами, заключением, списком использованных источников, приложениями необходимо включать в общую нумерацию.

Изложение текста расчетно-пояснительной записки

Изложение материала РПЗ должно быть кратким, четким, исключающим возможность различного толкования. Его необходимо вести от первого лица множественного числа или может быть использована неопределенная форма.

В тексте не допускается применять обороты разговорной речи, техницизмы, произвольные словообразования, например: техпроцесс, спецтехнология, оргтехмероприятия и т.п.

Сокращение слов в тексте и подписях под иллюстрациями, как правило, не допускается. Исключение составляют сокращения, установленные ГОСТ 7.12-93 и

общепринятые сокращения, например: т.е. - то есть; и т.д.- и так далее; и т.п. - и тому подобное; и др. - и. другое; и пр. - и прочее; г. - год; г.г. - годы; см.- смотри; рис, - рисунок и т.п.

Допускается применение сокращенных слов, если они многократно повторяются в тексте. При этом все сокращения, принятые в тексте следует объяснить при первом их употреблении (в скобках.).

Формулы

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими стандартами, а при их отсутствии - общепринятые в научно-технической литературе.

Формулы, на которые имеются ссылки в тексте, нумеруют в пределах раздела арабскими цифрами. Номер формулы должен состоять из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой, например: (3.1.) - первая формула третьего раздела. Номер формулы ставят с правой стороны листа, на уровне нижней строки формулы, в круглых скобках.

В тексте ссылку на номер следует начинать со слов "формула", "уравнение", "выражение" и затем в круглых скобках указывают полный номер формулы, например: в формуле (3.1.) приведены...

Расшифровку каждого символа дают с новой строки в той последовательности, в какой они приведены в формуле. Первая строка расшифровки должна начинаться со слова "где" без двоеточия. В конце каждой расшифровки рекомендуется ставить точку с запятой, в конце последней расшифровки - точку.

Подставлять числовые значения в формулу следует в том же порядке, что и буквенные обозначения и записывать окончательный результат без приведения промежуточных

арифметических действий. Эти действия следует приводить только в случаях действительной необходимости.

Размерности величин должны соответствовать стандарту СТ СЭВ 1052-78 и размерность одного и того же параметра в пределах одного документа должна быть постоянной.

Для включаемых в записку схем, графиков, таблиц, чертежей может использоваться чертежная бумага, миллиметровка или калька любых форматов, которые затем складываются до размера записки и подшиваются за левое поле (20 мм).

Все иллюстрации в РПЗ (эскизы, схемы, графики, диаграммы и т.п.) называются рисунками. Номер рисунка должен состоять из номера раздела и порядкового номера рисунка в пределах раздела, разделенных точкой, например; Рис.3.2. (второй рисунок третьего раздела).

Рисунки выполняют в соответствии с требованиями ЕСКД и рекомендациями данного стандарта, в части, условных графических обозначений. Каждый рисунок должен иметь содержательную надпись (машинописную или от руки), помещаемую над рисунком в одну строку.

Рисунки не должны иметь поясняющих надписей на полях рисунков, их заменяют номерами позиций и помещают в конце подрисуночной подписи.

При наличии на рисунках условных обозначений (обычно на графиках и диаграммах), расшифровку их также выносят в конец подрисуночной подписи.

Графики, эскизы, рисунки, схемы могут быть выполнены карандашом или тушью. При выполнении схем обязательно соблюдение условных обозначений, предусмотренных данным стандартом.

Таблицы помещают после первого упоминания о них в тексте. При большом количестве таблиц и небольшом

количестве страниц текста допускается помещать таблицы по порядку номеров в конце текста.

Таблицы могут иметь содержательный заголовок, который помещают под таблицей под словом "таблица". Слово "таблица" и заголовок начинаются с прописной буквы. Высота строк, заголовки граф таблиц начинают с прописных букв, а подзаголовки - со строчных, если они составляют одно предложение с заголовком, и с прописных, если они самостоятельные. При этом делить головки таблиц по диагонали не допускается.

Графу "№ п.п." в таблицу не включают. При необходимости нумерации показателей, параметров или других данных в боковые таблицы порядковые номера следует указывать перед их наименованием.

При переносе таблиц на следующие страницы головку таблицы не повторяют, в этом случае нумеруют графы (в первой строке после подзаголовка граф) и повторяют их нумерацию на следующих страницах.

Пример построения таблицы приведен на рис.4.1.

Заголовок таблицы не повторяют, над таблицей помещают заголовок "Продолжение таблицы ..." с указанием номера (без знака №).

Нумерация таблиц выполняется в пределах раздела арабскими цифрами. Над заголовком таблицы справа помещают слово "Таблица" с указанием номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенной точкой, например: Таблица 3.1. (первая таблица третьего раздела).

При ссылке на таблицу указывают слово "Таблица" в сокращенном виде и ее порядковый номер, например: Табл. 3.1. При повторных ссылках следует сокращенное слово "смотри" - "см.", например: см. табл.3.1.

Повторяющийся в графе таблицы текст, состоящий из одного слова, допускается заменять кавычками, если строки в

Таблица (номер)

Заголовок таблицы

	Боковик	Графы		
Головка				Заголовки граф
				Подзаголовки граф
Строки				

Рис. 4.1. Пример таблицы

таблице не разделены линиями (что допускается). Если повторяющийся текст состоит из двух и более слов, то при первом повторении его заменяют словами "то же", а далее кавычками.

Заменять кавычками повторяющиеся цифры, математические знаки, символы, обозначение марок материалов, оборудования не допускается. При отсутствии данных в графах таблиц следует ставить прочерк. Цифры в графах таблиц, как правило, располагаются так, чтобы классы чисел во всей графе были точно один под другим.

Правила выполнения диаграмм

Основные правила выполнения диаграмм, изображающих функциональную зависимость двух и более величин в системе координат, установлены в рекомендации Р50-77-88 «ЕСКД. Правила выполнения диаграмм».

Диаграмма выполняется в прямоугольной или полярной системе координат.

Диаграмма может иметь наименование, поясняющее изображенную функциональную зависимость.

Оси координат. Значение величин, связанных изображаемой функциональной зависимостью, следует откладывать на осях координат в виде шкал.

Диаграммы для информационного изображения функциональных зависимостей допускается выполнять без шкал значений величин (рис. 4.2). При этом оси координат следует заканчивать стрелками, указывающими направление возрастания значений величин.

Допускается применять стрелки также в диаграммах со шкалами - за пределами шкал или параллельно оси координат (рис. 4.3).

В прямоугольной системе координат независимую переменную следует откладывать на горизонтальной оси (оси

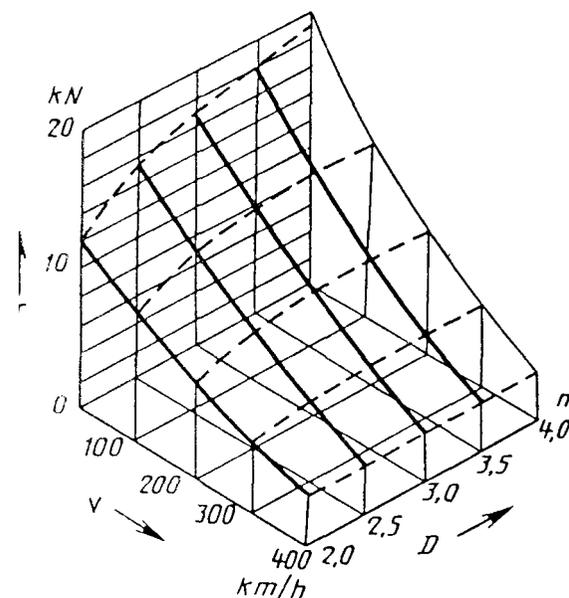


Рис. 4.3

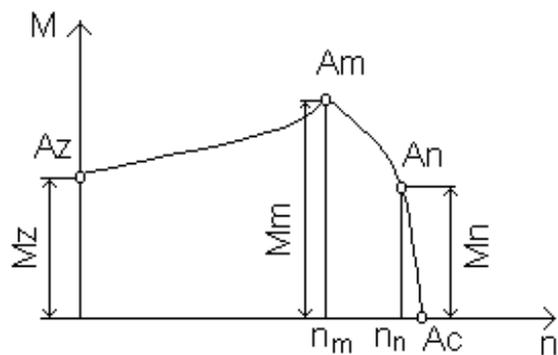


Рис. 4.2

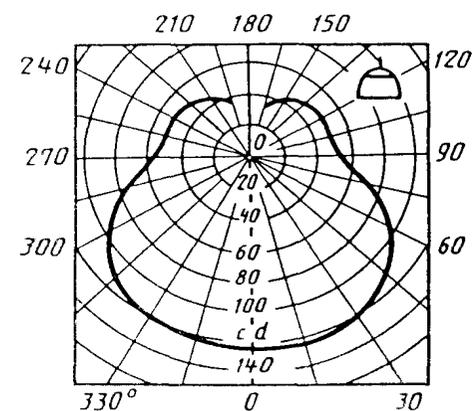


Рис. 4.4

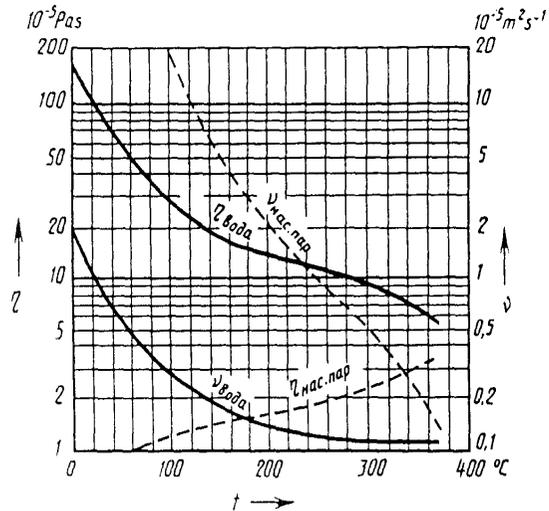


Рис.4.5

абсцисс). Положительные значения величин откладывают на осях вправо и вверх от точки начала отсчета.

В полярной системе координат начало отсчета углов (угол 0°) должен находиться на горизонтальной или вертикальной оси (рис. 4.4). Положительное направление угловых координат должно соответствовать направлению вращения против часовой стрелки.

При выполнении диаграмм в прямоугольной (пространственной) системе трех координат функциональные зависимости следует изображать в аксонометрической проекции по ГОСТ 2.317-69 «ЕСКД. Аксонометрические проекции» (рис. 4.3).

Масштабы, шкалы и координатная сетка. Значения переменных величин откладываются на осях координат в линейном (рис. 4.3, 4.4) или нелинейном (например, логарифмическом – рис. 4.5) масштабах изображения.

Масштаб для каждого направления координат может быть разным. Диаграммы без шкал следует выполнять во всех направлениях координат в линейном масштабе изображения.

В качестве шкалы используют координатную ось или линию координатной сетки, которая ограничивает поле диаграммы.

В диаграммах, изображающих несколько функций различных переменных, а также в диаграммах, в которых одна и та же переменная должна быть выражена одновременно в различных единицах, допускается использовать в качестве шкал, как координатные оси, так и линии координатной сетки, ограничивающие поле диаграммы (рис. 4.5) или (и) прямые, расположенные параллельно координатным осям (рис. 4.6).

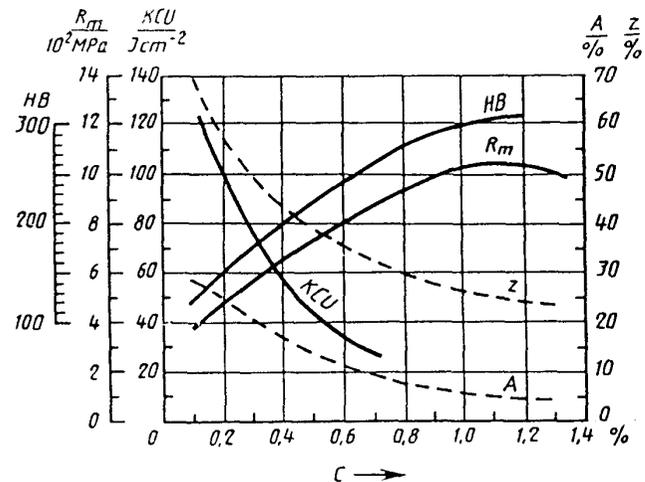


Рис. 4.6.

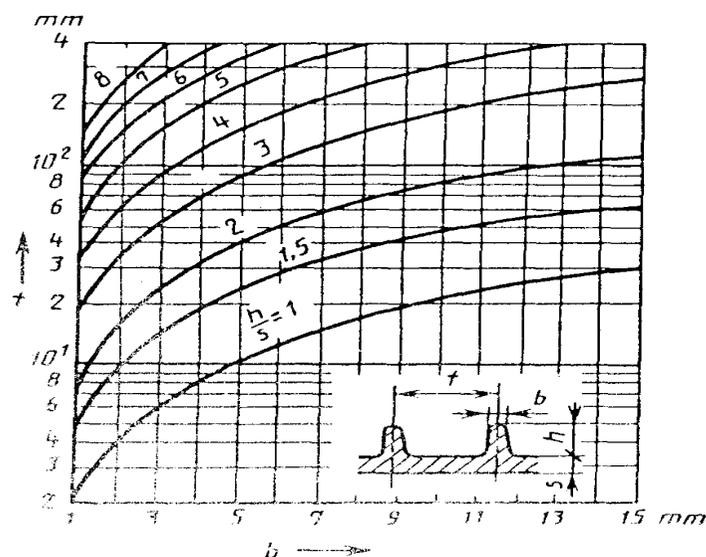


Рис. 4.7.

Координатные оси как шкалы значений изображаемых величин должны быть разделены на графические интервалы одним из способов: координатной сеткой (рис. 4.3 - 4.5), делительными штрихами или сочетанием координатной сетки и делительных штрихов (рис. 4.6).

Шкалы, расположенные параллельно координатной оси, следует разделять только делительными штрихами (рис. 4.6). Расстояние между делительными штрихами или (и) линиями координатной сетки выбирают с учетом назначения диаграммы и удобства отсчета с интерполяцией.

Рядом с делениями сетки или делительными штрихами, соответствующими началу и концу шкалы, должны быть указаны значения величин. Нуль следует указывать один раз у точки пересечения шкал, если он является началом отсчета шкал.

Частоту нанесения числовых значений и промежуточных делений шкал выбирают с учетом удобства пользования

диаграммой. Делительные штрихи, соответствующие кратным графическим интервалам, допускается удлинять (рис. 4.6).

Числа у шкал следует размещать вне поля диаграммы и располагать горизонтально, при необходимости допускается наносить их у шкал внутри поля диаграммы (рис. 4.4). Многозначные числа выражают как кратные $10n$ (n – целое число) для данного диапазона шкалы (рис. 4.7).

Линии и точки. Диаграммы следует выполнять линиями по ГОСТ 2.303-68. Группу линий необходимо выбирать с учетом размера, сложности и назначения диаграммы, а также с учетом требований репрографии¹.

Оси координат, оси шкал, ограничивающие поле диаграммы, следует выполнять сплошными основными линиями. Линии координатной сетки и делительные штрихи – сплошными основными линиями. Допускается выполнять линии сетки, соответствующие кратным графическим интервалам, сплошной линией толщиной $2s$.

На диаграмме одной функциональной зависимости ее изображение следует выполнять сплошной линией меньшей толщины (толстой или тонкой) в случае необходимости обеспечения требуемой точности отсчета.

При изображении на одной диаграмме нескольких зависимостей допускается изображать их линиями различных типов, например, сплошной и штриховой (см. 4.3 и 4.5). При наличии на диаграмме пучков или серий линий допускается применять в пучках или сериях линий различной толщины и различных типов.

Пучок линий, выходящий из одной точки или пересекающимся в одной точке под небольшими углами, вычерчивают, не доводя до точки пересечения, за исключением крайних (рис. 4.8).

¹ Репрография – факсимильное копирование документации прямой или косвенной репродукцией.

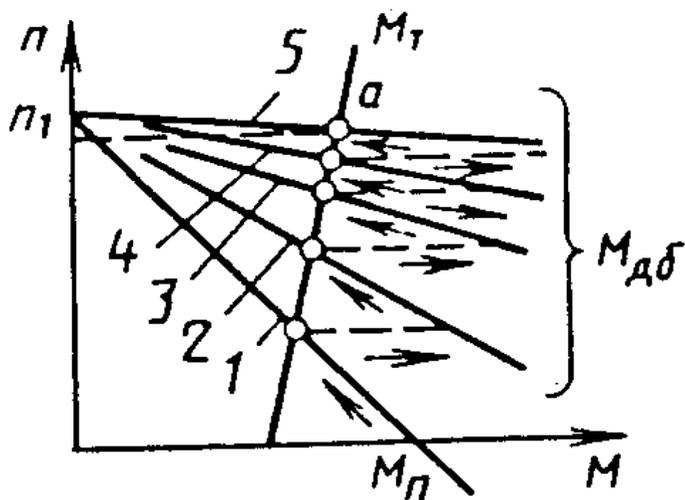


Рис. 4.8

Если в определенной области совпадают две и более линии, следует вычерчивать одну из них. При совпадении линии функциональной зависимости с осью координат или линией сетки вычерчивают линию функциональной зависимости.

Характерные точки линий функциональной зависимости (т.е. обозначение числами, буквами, символами и т.д.) допускается изображать кружком (рис. 4.2 и 4.9)

Необходимые соединения характерных точек функциональной зависимости со шкалой или соединения характерных точек нескольких функциональных зависимостей между собой следует выполнять сплошными тонкими линиями, а при наличии на диаграмме координатной сетки – тонкими штриховыми линиями (рис. 4.8).

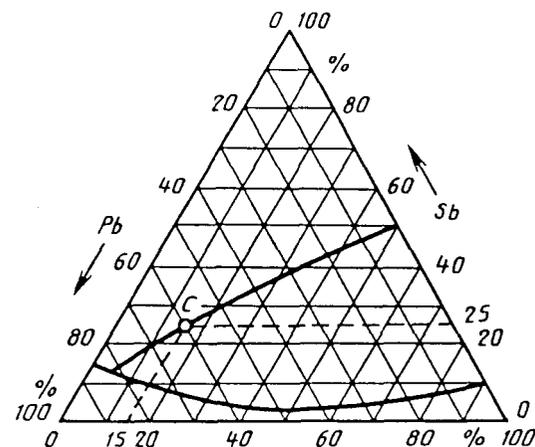


Рис. 4.9

Размеры, координирующие положение характерных точек, наносят в соответствии с требованиями ГОСТ 2.307-68 «Нанесение размеров и предельных отклонений» (рис. 4.2). На шкалах допускается наносить числовые значения величин для характерных точек (рис. 4.9).

Точки диаграммы, полученные измерением или расчетом, обозначают графически кружком, крестиком и т.п., разъясняют в пояснительной части диаграммы (текстовой или графической), размещаемой после наименования диаграммы или на свободном поле диаграммы.

Допускается выделять зону между линиями функциональных зависимостей штриховкой.

Пересечение надписей и линий не допускается. При недостатке места следует прерывать линию (кроме диаграмм, выполненных на бумагах с напечатанной координатной сеткой).

Обозначение величин

Переменные величины следует указывать одним из следующих способов:

символом (рис.4.2, 4.3, 4.6, 4.9);

наименованием;

наименование и символы – математическим выражением функциональной зависимости.

В диаграммах без шкал обозначения величин следует размещать вблизи стрелки, которой заканчивается ось (рис. 4.2).

В диаграммах со шкалами обозначения величин следует размещать у середины шкалы с ее внешней стороны, а при объединении символа с обозначением единицы измерения в виде дроби – в конце шкалы после последнего числа (рис. 4.5).

В случаях, когда на общей диаграмме изображаются две или более функциональные зависимости, у линий, изображающих зависимости, допускается проставлять наименования или (и) символы соответствующих величин (рис. 4.5, 4.6) или порядковые номера. Символы и номера должны быть разъяснены в пояснительной части.

Если в диаграмме системой линий изображается функциональная зависимость трех переменных, то соответствующие параметры переменной величины указывают у отдельных линий системы на поле диаграммы (рис. 4.7) или вне поля диаграммы – там, где нанесена шкала.

Нанесение единиц измерения. Единицы физических величин следует наносить одним из следующих способов:

в конце шкалы между последним и предпоследним числами шкалы (рис. 4.3, 4.5, 4.9); при недостатке места допускается не наносить предпоследнее число (рис. 4.4, 4.7);

вместе с наименованием переменной величины после запятой;

в конце шкалы после последнего числа вместе с обозначением переменной величины в виде дроби, в числителе которой наносят обозначение переменной величины, а в знаменателе – обозначение ее единицы (рис. 4.6).

Единицы измерения углов (градусы, минуты, секунды) следует наносить один раз – у последнего числа шкалы. При необходимости их наносят у каждого числа шкалы.

Список использованных источников

В конце РПЗ помещают список всех использованных источников.

Источники необходимо располагать в порядке появления ссылок в тексте.

Сведения о книгах (справочники, учебники, монографии и т.д.) должны включать: фамилии и инициалы авторов, заглавие книги, повторность издания, место издания, издательство и год издания, например; Захаров В.К. Электронные элементы автоматики. 2-е изд. Л.: Энергия, 1975 .

Сведения о стандарте включают обозначение и наименование стандарта.

Сведения о статье из периодического (продолжающегося) издания должны включать фамилию и инициалы автора, заглавие статьи, наименование издания, наименование серии (если имеется), год выпуска, том (если имеется), номер издания (журнал), страницы, на которых помещена статья, например; Морозова Ю.А. Анализ процесса короткого замыкания в схеме с модными турбогенераторами Электричество. – 1971.- № 5. С.80-83.

Ссылки и примечания

При ссылке в тексте на источники информации необходимо приводить порядковый номер по списку

использованных источников, разделенный двумя косыми чертами.

Если ссылка делается с указанием страницы, то кроме номера по списку внутри скобок ставят номер страницы, например; / 7, с.29/.

При необходимости сделать ссылки на стандарты, технические условия, инструкции и другие подобные документы, ссылаются на документы в целом или на его разделы, приложения с указанием обозначения документа и номера раздела, приложения. Ссылки на подразделы, пункты, иллюстрации и таблицы не допускаются.

В примечаниях к тексту и таблицам указывают только справочные и поясняющие данные. Если примечание только одно, то после слова "Примечание" ставят двоеточие. В случае нескольких примечаний их нумеруют арабскими цифрами с точкой в конце, например:

Примечания: 1.

2.

При ссылках на ГОСТы и другую нормативно-техническую документацию указывается только их обозначение (без наименования).

Перечень условных обозначений, символов, единиц и терминов

Если в РПЗ имеется специфическая терминология, а также употребляются малораспространенные сокращения, новые символы; обозначения и т.п, то их перечень должен быть представлен в РПЗ в виде отдельного списка.

Перечень должен располагаться столбцом, в котором слева (в алфавитном порядке) приводят сокращения, справа их детальную расшифровку.

Если в РПЭ специальные термины, сокращения, символы, обозначения и т.п. повторяются менее трех раз,

перечень не составляют, а их расшифровку прилаждают в тексте при первом упоминание.

Приложения

Приложение оформляют как продолжение РПЗ на последующих ее страницах или в виде отдельной части (книги), располагая их в порядке появления ссылок в тексте.

Каждое приложение следует начинать с нового листа (страницы) с указанием в правом верхнем углу слова "Приложение", напечатанного прописными буквами, и иметь содержательный заголовок.

Если в РПЗ более одного приложения, их нумеруют последовательно арабскими цифрами (без знака №), например: Приложение 1, приложение 2 и т.д.

При оформлении приложений отдельной частью (книгой) на титульном листе под названием РПЗ печатают прописными буквами слово "ПРИЛОЖЕНИЕ".

Текст каждого приложения при необходимости может быть разделен на подразделы и пункты, нумеруемые арабскими цифрами в пределах каждого приложения, перед ними ставится буква " П ", например: П4.2.1 (первый пункт второго подраздела четвертого приложения)»

Рисунки, таблицы и формулы, помещенные в приложении, нумеруют арабскими цифрами в пределах каждого приложения, например: Рис.П1.2 (второй рисунок первого приложения); Табл.П3.1 (первая таблица второго приложения)..

ОФОРМЛЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ

Общие требования

При оформлении графической части форматы листов должны соответствовать ГОСТ 2-301-68.

Расположение форматов должно быть вертикальным (основная надпись располагается вдоль короткой стороны) и горизонтальным (основная надпись располагается вдоль длинной стороны), за исключением формата А4, который располагается только вертикально.

Чертежи выполняются карандашом или тушью.

Оформление чертежей проводится в соответствии с ГОСТ 21.103-78, и требованиями ЕСКД в электрических схемах. На всех форматах обводится сплошной линией рамка, отстоящая от границ формата слева на 20 мм, а сверху, справа и снизу на 5 мм.

4.2. ОБОЗНАЧЕНИЕ УЧЕБНЫХ ДОКУМЕНТОВ

Обозначение учебных документов для студентов ВСГТУ должно соответствовать стандарту СТП ВСГТУ 10-99, который разработан в соответствии с ГОСТ 2.102-68; ГОСТ 2.201-80; ГОСТ 2.113-75 и предназначен для установления единой обезличенной классификационной системы обозначений документов (чертежей, схем, текстовых документов и т.п.).

Обозначение учебных конструкторских документов необходимо составлять по типу обезличенной системы кодирования документов по ЕСКД. Присвоение шифров документам должно осуществляться на основе предложенной структуры уровней классификатора (рис.4.10).

Классификационная характеристика темы работ. Учитывая специфику направления 650900 (специальности 100400, 100200) в качестве классификационной характеристики темы работы приняты шифры схем в соответствии с ГОСТ 2.701.-76

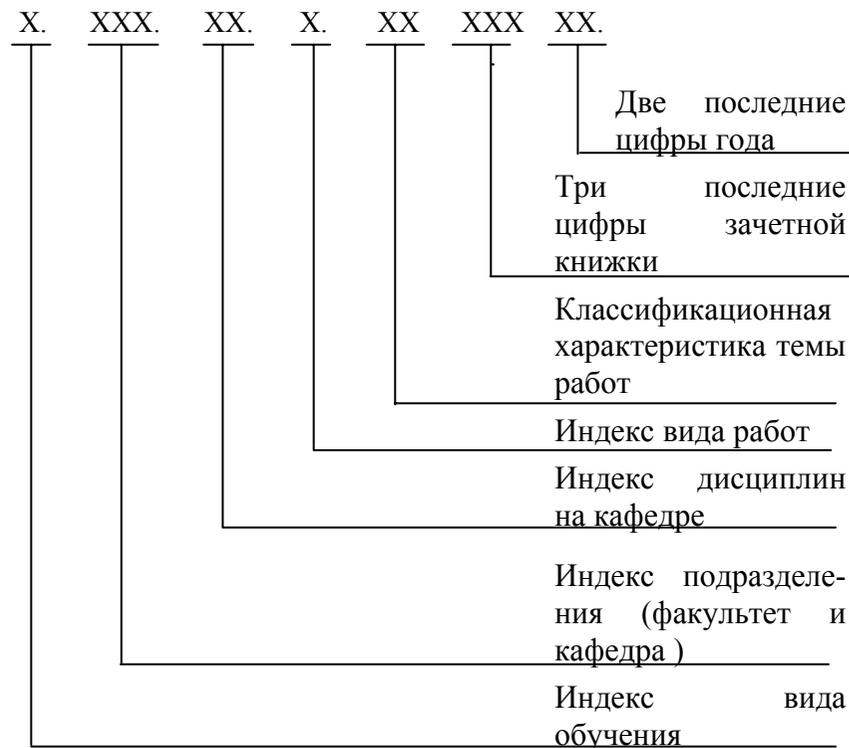


Рис. 4.10. Структура классификатора

Шифры схем, входящих в состав конструкторской документации изделий (объектов) должны состоять из буквы, определяющей вид схемы, и цифры, обозначающей тип схемы. Вид схем и тип схем представлены в классификации схем.

Совмещенной схеме присваивают шифр схемы, тип которой имеет наименьший порядковый номер.

Система классификации предусматривает десятичное построение классификаторов. Десятичная характеристика состоит:

Индекс вида обучения состоит из буквы, представляющей собой первую букву того или иного вида обучения:

- Д - дневное
- З – заочное

Индекс подразделения - 610

6 - электротехнический факультет

10 - кафедра ЭСПП

20 - кафедра АПП

30 - кафедра Электротехники

40 – кафедра Электронно-вычислительные системы

50 – кафедра Систем информатики

Индекс дисциплин на факультете

Индекс дисциплин на кафедре приведен в приложении

П1

Индекс вида работ:

О - дипломное, проектирование

1 - курсовое проектирование

2 - лабораторная работа

3 - домашняя работа (курсовая работа или реферат)

4 – учебно-исследовательская работа (УИРС)

5 - преддипломная практика

6 - производственная практика

7 - проектно-конструкторская практика.

Классификация и обозначение схем

Схемы в зависимости от элементов и связей между ними подразделяются на следующие виды, обозначаемые буквами:

- Э - электрические; К - кинематические;
- Г - гидравлические; В - вакуумные;
- П - пневматические; Л - оптические;
- Х - газодые (кроме Р- энергетические; пневматических);
- С - комбинированные; Е - деления.

Схему деления на составные части (схему деления) выпускают для определения состава изделия.

По основному назначению схем их подразделяют на типы, обозначенные цифрами (в скобках приведены соответствующие коды по СТ СЭВ 527-77).

Наименование схемы определяется ее видом и типом.

Код схемы состоит из букв, определяющей вид схемы и цифры, обозначающей тип схемы.

- 1 (101) - структурная; 5 (303) - подключения;
- 2 (102) - функциональная; 6 (302) - общие;
- 3 (201) - принципиальные (полные); 7 (401) -расположения;
- 4 (301) - соединений (монтажные); 0 - объединенные.

Наименование и код комбинированной схемы определяются комбинированными видами схем и типом схемы.

4.3. ОБЩИЕ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СХЕМ

Схема – это графический конструкторский документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними.

Схемы применяют при изучении принципа действия механизмов, машин, приборов, аппаратов, при их наладке и ремонте, монтаже, для уяснения связи между отдельными составными частями изделия без уточнения особенностей их конструкций.

Схемы входят в комплект конструкторской документации и содержат вместе с другими документами необходимые данные для проектирования, изготовления, сборки, регулирования, эксплуатации изделий.

Схемы предназначены:

на этапе проектирования – для выявления структуры будущего изделия при дальнейшей конструкторской разработке;

на этапе производства – для ознакомления с конструкцией изделия, разработки технологических процессов изготовления и контроля деталей;

на этапе эксплуатации – для выявления неисправностей и использования при техническом обслуживании.

Правила выполнения и оформления схем регламентируют стандарты седьмой классификационной группы ЕСКД. Виды и типы схем, общие требования к их выполнению должны соответствовать ГОСТ 2.701-84 «ЕСКД. Схема. Виды и типы. Общие требования к выполнению». Правила выполнения всех типов электрических схем – ГОСТ 2.702-75 «ЕСКД. Правила выполнения электрических схем». При выполнении электрических схем цифровой вычислительной техники руководствуются правилами ГОСТ 2.743-82 «ЕСКД. Правила выполнения электрических схем

цифровой вычислительной техники». Обозначение цепей в электросхемах выполняют по ГОСТ 2.709-72 «ЕСКД. Системы обозначения цепей в электрических схемах», буквенно-цифровые обозначения в электросхемах выполняют по ГОСТ 2.710-81 «ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах».

Общие требования к выполнению схем

Схемы выполняют без соблюдения масштаба и действительного пространственного расположения составных частей изделий;

необходимое количество типов схем, разрабатываемых на проектируемое изделие, а также количество схем каждого типа определяется разработчиком в зависимости от особенностей изделия. Комплект схем должен быть по возможности минимальным, но содержать сведения в объеме, достаточном для проектирования, изготовления, эксплуатации и ремонта изделия. Между схемами одного комплекта конструкторских документов на изделие должна быть установлена однозначная связь, обеспечивающая возможность быстрого получения необходимой информации об элементах, устройствах и соединениях на всех схемах данного комплекта;

на схемах, как правило, используются стандартные графические условные обозначения. Если необходимо использовать нестандартное обозначение некоторых элементов, то на схеме делают соответствующие пояснения;

следует добиваться наименьшего числа изломов и пересечений линий связи, сохраняя между параллельными линиями расстояние не менее 3 мм.;

на схемах допускается помещать различные технические данные, характеризующие схему в целом и отдельные ее элементы. Эти сведения помещают либо около графических

обозначений, либо на свободном поле схемы, как правило, над основной надписью;

Разрешается выполнять схему на нескольких листах. Наименование объединенной схемы определяется видом и объединенными типами схем.

ГОСТ 2.701-84 устанавливает классификацию, обозначение схем и общие требования к их выполнению для изделий всех отраслей промышленности, а также схем энергетических сооружений.

Стандартом установлены термины, используемые в конструкторской документации, и их определения.

Элемент схемы – составная часть схемы, которая выполняет определенную функцию в изделии и не может быть разделена на части, имеющие самостоятельное назначение.

Устройство – совокупность элементов, представляющих единую конструкцию.

Функциональная группа – совокупность элементов, выполняющих в изделии определенную функцию и не объединенных в единую конструкцию.

Функциональная часть – элемент, устройство или функциональная группа, имеющие строго определенное функциональное назначение.

Функциональная цепь – линия, канал, тракт определенного назначения.

Линия взаимосвязи – отрезок линии на схеме, указывающий на наличие связи между функциональными частями изделия.

Линия электрической связи – линия на схеме, указывающая путь прохождения тока, сигнала и т.д.

Структурная схема определяет функциональные основные части изделия, их назначение и разрабатываются при проектировании изделий на стадиях, предшествующих

разработке схем других типов. Схематически используются для общего ознакомления с изделием.

Функциональная схема служит для разъяснения процессов, протекающих в отдельных функциональных цепях или изделия в целом и используются при изучении принципов работы изделия, а также при их наладке, контроле и ремонте в процессе эксплуатации.

Принципиальная (полная) схема определяет полный состав элементов и связей между ними и дает детальное представление о принципах работы изделия и используются для изучения принципов работы, а также при наладке, контроле и ремонте. Схемы служат основанием для разработки других конструкторских документов.

Схема соединений (монтажная) показывает соединения составных частей изделия и определяет провода, жгуты, кабели или трубопроводы, которыми осуществляется эти соединения, а также места их присоединений и ввода (разъемы, платы, зажимы и т.п.). Данная схема используется при разработке конструкторских документов: прокладка и способы крепления проводов, жгутов и т.п. в изделии, а также для осуществления присоединений, используются при контроле, эксплуатации и ремонте изделий в процессе эксплуатации.

Схема подключений показывает внешние подключения изделия и при разработке конструкторских документов, а также для осуществления подключений изделий при их эксплуатации.

Общая схема определяет составные части комплекса и соединений между собой на месте эксплуатации. Схематически используются при ознакомлении с комплексами, а также при их контроле и эксплуатации.

Схема расположения определяет относительное расположение составных частей изделия (установки), а при необходимости также жгутов, проводов, кабелей,

трубопроводов и т.п. Схемами пользуются при разработке других конструкторских документов, при эксплуатации, ремонте изделий.

Объединения схема - схема, когда на одном конструкторском документе выполняются схемы двух или нескольких типов, выпущенных на одно изделие.

Наименование и код объединенной схемы определяется ее видом и объединенными типами схем, например, схема электрическая соединений и подключений – ЭО, схема гидравлическая структурная и принципиальная – ГО.

Структурная схема

Структурная схема (Э1) изображает принцип работы изделия в самом общем виде. На схеме изображают функциональные основные части изделия и основные взаимосвязи между ними. Действительное расположение составных частей изделия не учитываются и способ связи не раскрывают. Построение схемы должно наглядно давать представление о последовательности взаимодействия функциональных частей в изделии. Направление хода процессов, происходящих в изделии, обозначают стрелками на линиях взаимосвязи.

Функциональные части на схеме изображают в виде прямоугольников или УГО. При обозначении функциональных частей в виде прямоугольников их наименования, типы и обозначения вписываются внутрь прямоугольников. Допускается указывать тип элемента (устройство) или обозначение документа, на основании которого этот элемент применен.

При большом количестве функциональных частей вместо наименований, типов и обозначений допускается проставлять порядковые номера, которые наносят справа от изображения или над ним, сверху вниз в направлении слева направо. В этом

случае наименования, типы и обозначения указываются на поле схемы в таблице произвольной формы.

При использовании цифровых обозначений вместо наименований функциональных частей наглядность схемы ухудшается, так как роль каждой функциональной части выясняется не только по изображению, но и с помощью перечня.

На схемах функциональные части располагаются в виде цепочки в соответствии с ходом рабочего процесса в направлении слева направо.

На схемах допускается указывать технические характеристики функциональных частей, поясняющие надписи и диаграммы, определяющие последовательность процессов во времени, а также параметры в характерных точках. Данные помещают рядом с графическими обозначениями или на свободном поле схемы. Данные, предназначенные для нанесения на изделие, заключены в кавычки.

Функциональная схема

Функциональная схема (Э2) поясняет происходящие процессы при различных предусмотренных режимах работы. Количество Э2, разрабатываемые на изделие, степень их детализации и объем помещенных сведений определяется разработчиком с учетом особенностей изделия.

На схеме изображают функциональные основные части изделия, и взаимосвязи между ними. Графическое построение схемы должно наглядно отражать последовательность функциональных процессов, иллюстрируемых схем. Действительное расположение составных частей изделия не учитывается. Функциональные части на схеме изображают в виде прямоугольников или УГО. Отдельные функциональные части на схеме изображаются в виде прямоугольников. В этом случае части схемы с поэлементной детализацией изображают

по правилам выполнения принципиальных схем, а при укрупненном изображении функциональных частей – по правилам структурных схем.

На функциональной схеме указывают: для функциональных групп – обозначения, присваиваемые им на принципиальной схеме, или наименование; для каждого устройства и элемента, изображенного УГО – буквенно-цифровое позиционное обозначение, присвоенное на принципиальной схеме, его тип; для каждого устройства, изображенного прямоугольником, - позиционное обозначение, присвоенное ему на принципиальной схеме, его наименование и тип или обозначение документа, на основании которого это устройство применено.

Наименования, типы и обозначения функциональных частей, изображенных прямоугольниками, рекомендуется вписывать внутрь прямоугольников. Сокращения или условные наименования должны быть пояснены на поле схемы.

Элементы и устройства на схеме выполняются совмещенным или разнесенным способами, а схема выполняется в многолинейном или однолинейном изображении по правилам принципиальной схемы.

Функциональные цепи на одной схеме различают по толщине линий, применяя на одной схеме не более трех размеров линий по толщине.

На ФС указывают технические характеристики функциональных частей, а параметры в характерных точках, поясняющие надписи и др. электрические цепи обозначаются по ГОСТ 2.709-89.

Принципиальная схема

Принципиальная схема (ЭЗ) является наиболее полной электрической схемой изделия, на которой изображают все

электрические элементы и устройства, необходимые для осуществления и контроля в изделии заданных электрических процессов, все связи между ними, а также элементы подключения (разъемы, зажимы), которыми заканчиваются входные и выходные цепи. На схеме изображают соединительные и монтажные элементы, устанавливаемые в изделии по конструктивным соображениям.

Электрические элементы на схеме изображают УГО по ГОСТу и ЕСКД. Элементы, используемые в изделии частично, допускается изображать не полностью, а только используемые части.

Схемы находятся в отключенном состоянии.

УГО элементов и устройств выполняются совмещенным или разнесенным способом. При совмещенном способе составные части элементов или устройств изображают на схеме так, как они расположены в изделии, т.е. в непосредственной близости друг к другу. При разнесенном способе УГО составных частей элементов располагаются в различных местах схемы с учетом порядка прохождения по ним тока (т.е. последовательно) так, чтобы отдельные цепи были изображены наиболее наглядно.

Раздельно изображаемые части элементов можно соединять линией механической связи (штриховая линия). При изображении элементов разнесенным способом разрешается на свободном поле схемы помещать УГО элементов, выполненных совмещенным способом. При этом элементы, используемые в изделии частично, изображают полностью с указанием использованных и неиспользованных частей. Выводы неиспользованных частей изображают короче выводов использованных.

Рекомендуется выполнять схемы строчным способом. УГО элементов или их составных частей в соответствии с функциональными назначениями группировать в

горизонтальные и вертикальные цепи. При этом цепи нумеруются арабскими цифрами.

Схемы выполняются в многолинейном или однолинейном изображении. При многолинейном изображении каждую цепь изображают отдельной линией, а элементы в цепях – отдельными УГО. При однолинейном изображении цепи, выполняющие идентичные функции, изображают одной линией, а одинаковые элементы этих цепей – одним УГО.

Однолинейное изображение рекомендуется для упрощения начертания схем с большим числом линий связи и их большой протяженностью.

В состав схемы входят надписи, характеризующие входные и выходные цепи, позиционные обозначения элементов и перечень элементов.

Позиционные обозначения элементов

Всем изображенным на схеме элементам и устройствам присваивается условные буквенно-цифровые позиционные обозначения в соответствии с ГОСТ 2.710-81.

Позиционные обозначения элементам (устройствам) присваивают в пределах изделий. Порядковые номера элементам (устройствам) начиная с единицы, присваивают в пределах группы элементов (устройств) с одинаковыми буквенными позиционным обозначением одной группы или одного типа в соответствии с последовательностью их расположения на схеме сверху вниз в направлении слева направо. Раздельно изображаемые части элементов можно соединять линией механической связи (штриховая линия). При изображении элементов разнесенным способом разрешается на свободном поле схемы помещать УГО элементов, выполненных совмещенным способом. При этом элементы, используемые в изделии частично, изображаются полностью с

указанием использованных и неиспользованных частей. Выводы неиспользованных частей изображают короче выводов использованных.

Буквы и цифры позиционного обозначения выполняются чертежным шрифтом одного размера.

Последовательность присвоения порядковых номеров может быть нарушена в зависимости от размещения элементов изделия, направления прохождения сигналов или функциональной последовательности процесса, а также при внесении в схему изменений.

Позиционные обозначения проставляют на схеме рядом с УГО элементов и устройств с правой стороны или над ними.

На схемах изделия, в состав которого входят устройства, позиционные обозначения элементам присваивают в пределах каждого устройства, а при наличии нескольких одинаковых устройств – в пределах этих устройств по правилам, изложенным выше.

Если в состав изделия входят функциональные группы, то вначале присваивают позиционные обозначения элементам, не входящим в функциональные группы, а затем элементам, входящим в функциональные группы. Позиционные обозначения элементов, присвоенные в одной из них, повторяют во всех последующих группах.

Обозначения устройства указывают сверху или справа от изображения. При разнесенном способе изображения позиционные обозначения проставляют около каждой составной части.

Разрешается раздельно изображенные части элементов соединять линией механической связи, проставляя позиционные обозначения элементов у одно или у обоих концов этой линии.

При разнесенном способе изображения элементов. Входящих в устройство или функциональную группу, в состав

позиционных обозначений этих элементов должно входить соответственно позиционное обозначение данного устройства или функциональной группы.

При однолинейном изображении схемы около УГО, заменяющего условные обозначения нескольких элементов, указывают позиционные обозначения всех заменяемых элементов. Если одинаковые элементы находятся не во всех цепях, изображенных однолинейно, то справа от позиционного обозначения или под ним в квадратных скобках указывают обозначения цепей, содержащих эти элементы.

Если взамен УГО входных и выходных элементов изделия помещены таблицы, то каждой таблице присваивают позиционное обозначение замененного элемента.

Перечень элементов. Данные об элементах и устройствах, изображенных на схеме изделия, записывают в перечень элементов. Допускается все сведения об элементах помещать рядом с их изображением на свободном поле схемы. Связь между УГО и перечнем элементов осуществляется через позиционные обозначения.

Перечень помещают на первом листе схемы или выполняют в виде самостоятельного документа на листе формата А4 с основной надписью для текстовых документов по форме 2 или 2а ГОСТ 2.104-68. Перечень элементов оформляется в виде таблицы и заполняется сверху вниз.

В графах перечня указывают следующие данные:

в графе «Поз. обозначение» - позиционное обозначение элемента, устройства или функциональной группы;

в графе «Наименование» - наименование элемента (устройства) в соответствии с документом, на основании которого он применен, и обозначение этого документа (основной конструкторский документ, государственный стандарт, техническое условие; для функциональной группы – наименование;

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	15
				8
20	110	10		
				185

в графе «Кол. » - количество одинаковых элементов;

в графе «Примечание» - технические данные элемента (устройства), не содержащиеся в его наименовании.

При размещении перечня элементов на первом листе схемы его располагают над основной надписью на расстоянии не менее 12 мм. от нее. Продолжения перечня помещают слева от основной надписи, повторяя головку таблицы.

Перечень элементов записывают в спецификацию после схемы, к которой он выпущен. Порядок записи элементов в перечень следующий:

Элементы записываются по группам (видам) в алфавитном порядке буквенных позиционных обозначений, располагая по возрастанию порядковых номеров в определениях каждой группы, а при цифровых обозначениях – в порядке их возрастания. Между отдельными группами элементов или между элементами в большой группе рекомендуется оставлять несколько незаполненных строк для внесения изменений.

Для сокращения перечня допускаются однотипные элементы с одинаковыми параметрами и последовательными порядковыми номерами, которые следует записывать в перечень одной строкой, указывая только позиционные обозначения с наименьшим и наибольшим порядковыми номерами. В графе «Кол.» указывают общее количество таких элементов. При записи однотипных элементов допускается не

повторять в каждой строке наименование элемента, а записывать его в виде общего наименования к соответствующей группе элементов. В общем наименовании записывают наименование, тип и обозначение документа, на основании которого применены эти элементы.

Элементы, относящиеся к устройствам и функциональным группам, записываются в перечень отдельно. Запись элементов, входящих в каждое устройство (функциональную группу), начинают с наименования устройства или функциональной группы, которое записывают в графе «Наименование» и подчеркивают. На одной строке с наименованием в графе «Кол.» указывают общее количество одинаковых функциональных групп, а для элементов в графе «Кол.» - количество элементов, входящих в одно устройство (функциональную группу).

Ниже наименования устройства (функциональной группы) оставляют одну свободную строку, выше – не менее одной свободной строки.

Схема соединений (Э4)

Схема соединений определяет конструктивное выполнение электрических соединений элементов в изделии. На схеме изображают все устройства и элементы, входящие в состав изделия, их входные и выходные элементы (соединители, платы, зажимы и т.д.) и соединения между ними. Устройства изображают в виде прямоугольников или упрощенных внешних очертаний, элементы – в виде УГО, установленных в стандартах ЕСКД. Внутри изображают элементы, допускается помещать их УГО, а для устройств – их структурные, функциональные или принципиальные схемы.

Входные и выходные элементы изображают УГО. Расположение изображений входных и выходных или выводов внутри УГО устройств и элементов должно примерно

соответствовать их действительному расположению в устройстве или элементе.

Допускается взамен УГО входных и выходных элементов помещать таблицы с характеристиками цепей и адресами внешних подключений.

Расположение графических обозначений устройств и элементов на схеме должно примерно соответствовать их действительному размещению в изделии. Допускается на схеме не отражать расположение устройств и элементов в изделии, если схему выполняют на нескольких листах или размещение устройств и элементов на месте эксплуатации неизвестно.

Элементы, используемые в изделии частично, допускается изображать на схеме не полностью.

Около УГО устройств и элементов указывают позиционные обозначения, присваиваемые им на принципиальной схеме. Около или внутри УГО устройств допускается указывать его наименование и тип или обозначение документа, на основании которого устройство применено.

На схеме следует указывать обозначения выводов (контактов) элементов (устройств), нанесенные на изделие или установленные в документации изделия.

Разрешается применять таблицы с указанием подключения контактов и помещать их около изображения соединения на поле схемы или на последующих листах схемы.

На поле схемы, над основной надписью допускается помещать необходимые технические указания: величины минимально допустимых расстояний между проводами, жгутами и кабелями; данные о специфичности их прокладки и защиты; о недопустимости совместной прокладки некоторых проводов, жгутов и кабелей и т.д.

Схема подключения (Э5)

Схема показывает внешние подключения изделия. На схеме должны быть изображены изделие, его входные и выходные элементы и подводимые к ним концы проводов и кабелей внешнего монтажа, около которых помещают данные о подключении изделия (характеристики внешних цепей, адреса).

На схеме изделия и их составные части изображают в виде прямоугольников, а входные и выходные элементы – в виде УГО. Допускается изображать изделие, а также входные и выходные элементы в виде упрощенных внешних очертаний.

Входные и выходные элементы внутри графического обозначения изделия размещают в соответствии с их действительным расположением в изделии и указывают их позиционные обозначения, присваиваемые им на принципиальной схеме изделия.

Вводные элементы, через которые проходят провода или кабели, изображают в виде УГО.

На схеме следует указывать обозначения входных, выходных или внешних элементов, нанесенные на изделие.

Разрешается около УГО соединений указывать их наименования или обозначения документов, на основании которых они применены.

Провода и кабели на схеме показывают отдельными линиями.

На схеме допускается указывать марки и сечения проводов, их расцветку, марки кабелей, количество и занятость жил, их сечение. Если для этого используются условные обозначения, они должны быть расшифрованы на поле схемы.

Общая схема (Э6)

На схеме изображают устройства и элементы, входящие в комплекс, а также соединяющие их провода, жгуты и кабели. Устройства и элементы изображают в виде прямоугольников. Допускается изображать элементы в виде УГО или упрощенных внешних очертаний, а устройства – в виде упрощенных внешних очертаний. Расположение графических обозначений на схеме должно примерно соответствовать действительному расположению устройств и элементов в изделии.

Около изображения каждого устройства и элемента указывают его наименование и тип или обозначение документа, на основании которого они применены. При большом количестве устройств и элементов сведения о них записывают в перечень элементов.

Входные, выходные и вводные элементы изображают на схеме в виде УГО, установленных в стандартах ЕСКД с учетом их действительного расположения внутри устройства. Допускается не учитывать действительное размещение элементов в изделии, если требуется обеспечить наглядность изображения электрических соединений в сложных схемах. В этом случае на поле схемы должно быть помещено соответствующее пояснение.

Разрешается взамен УГО входных и выходных элементов помещать таблицы с указанием подключения контактов.

На схеме указывают обозначения входных, выходных и вводных элементов, нанесенные на изделие. Провода, жгуты и кабели показывают отдельными линиями и обозначают порядковыми номерами в пределах изделия. Номера проводов проставляют около концов их изображений. Короткие провода допускается нумеровать около середины изображения. Номера кабелей проставляют в окружностях, помещенных в разрывах изображений, а номера жгутов – на полках линий-выносок.

Около изображений одножильных проводов и кабелей указывают марку, сечение, количество жил кабеля, а для проводов, кабелей жгутов, изготовленных по чертежам, принимаются обозначение основного конструкторского документа. Для одножильных проводов при необходимости указывают расцветку.

Схема расположения

Схема расположения определяет относительное расположение составных частей изделия, а при необходимости - проводов, кабелей. На схеме изображают составные части изделия и при необходимости связи между ними, а также конструкцию, помещение или местность, на которой эти части расположены. Составные части изделия изображают в виде упрощенных внешних очертаний или УГО, которые располагают в соответствии с действительным размещением частей изделий в конструкции или на местности.

Провода, жгуты и кабели изображают в виде отдельных линий или упрощенных внешних очертаний.

Около изображений устройств и элементов помещают их наименование и типы (или) обозначения документа, на основании которого они применены. При большом количестве составных частей изделия эти сведения записывают в перечень элементов. В этом случае составным частям изделия присваивают позиционные обозначения.

Схемы расположения могут быть выполнены на разрезах конструкций, разрезах или планах зданий или в аксонометрии.

Схемы цифровой вычислительной техники

Схемы изделий цифровой вычислительной техники выполняются в соответствии с правилами, установленными ГОСТ 2.708-81, и с требованием ГОСТ 2.701-84, ГОСТ 2.702-75, гост 2.721-74.

УГО выполняют по ГОСТ 2.743-84 «ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Элементы цифровой техники».

Условные буквенно-цифровые обозначения в электрических схемах

Элементы (устройства, функциональные группы), входящие в изделие, на схеме должны иметь буквенные, буквенно-цифровые или цифровые обозначения.

Буквенно-цифровые обозначения предназначены для записи в сокращенной форме сведений об элементах, устройствах и функциональных группах в документации на изделие или для нанесения непосредственно на изделие.

Типы условных буквенно-цифровых обозначений и правила их построения устанавливает ГОСТ 2.710-81.

Для построения обозначений используют прописные буквы латинского алфавита, арабские цифры и квалифицирующие символы. Обозначения записываются в виде последовательности букв, цифр и знаков в одну строку без пробелов. Количество знаков в обозначении стандартом не устанавливается.

Для учебных целей приняты следующие обозначения, приведенные ниже.

В первой части позиционного обозначения указывается буквенный код вида элемента (см. табл. 4.1), во второй части – буквенный код функции элемента. Буквенные коды ряда видов элементов приведены в таблице 4.2

Таблица 4.1

Код вида элемента

Код	Функциональное назначение	Код	Функциональное назначение
A	Вспомогательный	P	Пропорциональный
B	Направление движения	Q	Состояние (старт, стоп, ограничение)
C	Считывающий	R	Возврат, сброс
D	Дифференцирующий	S	Запоминание, запись
F	Защитный	T	Синхронизация, задержка
G	Испытательный	V	Скорость (ускорение, торможение)
H	Сигнальный	W	Сложение
I	Интегрирующий	X	Умножение
K	Толкающий	Y	Аналоговый
M	Главный	Z	Цифровой
N	Измерительный		

Таблица 4.2

Буквенные коды

Первая буква	Группа видов элементов	Примеры видов элемента	Двухбуквенный код
1	2	3	4
A	Устройства (общее обозначение)	Усилители, приборы телеуправления, лазеры, мазеры	

Продолжение таблицы 4.2.

1	2	3	4
B	Преобразователи неэлектрических величин в электрические или, наоборот, аналоговые или многоуровневые преобразователи или датчики для указания или измерения	Громкоговоритель Сельсин-приемник Телефон Сельсин-приемник Тепловой датчик Фотоэлемент Микрофон Датчик давления Пьезоэлемент Тахогенератор Датчик скорости	BA BE BF BC BK BL BM BP BQ BR BV
C	Конденсаторы		
D	Схемы интегральные, микросхемы	Схема интегральная аналоговая	DA DD
E	Элементы разные (осветительные устройства, нагревательные элементы)	Нагревательный элемент Лампа осветительная	EK EL
F	Разрядники, предохранители. устройства защитные	Дискретный элемент защиты мгновенного действия Дискретный элемент защиты по току инерционного действия Предохранитель плавкий Дискретный элемент защиты по напряжению, разрядник	FA FP FU FV

Продолжение таблицы 4.2.

1	2	3	4
G	Генераторы, источники питания, кварцевые осциллографы	Батарея	
H	Устройства индикационные и сигнальные	Прибор звуковой сигнализации Индикатор символный Прибор световой сигнализации	HA HG HL
K	Реле, контакторы, пускатели	Реле токовое Реле указательное Реле электротепловое Контактор, Магнитный пускатель Реле времени Реле напряжения	KA KH KK KM KT KV
L	Катушки индуктивности, дроссели	Дроссель люминесцентной лампы	LL
M	Двигатели постоянного и переменного тока		
P	Приборы, измерительное оборудование Примечание: Сочетание PE не применять	Амперметр Счетчик импульсов Частотомер Счетчик активной энергии Счетчик реактивной энергии	PA PC PF PI PK

Продолжение таблицы 4.2.

1	2	3	4
		Омметр Регистрирующий прибор Часы Вольтметр Ваттметр	PR PS PT PV PW
Q	Выключатели и разъединители в силовых цепях (электрооборудование, питание оборудования и т.д.)	Выключатель автоматический Короткозамыкатель Разъединитель Отделитель	QF QK QS QN
R	Резисторы	Терморезистор Потенциометр Шунт измерительный Варистор	RK RP RS RU
S	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерения. Примечание: Обозначение SF применяют для аппаратов, не имеющих контактов силовых цепей	Выключатель или переключатель Выключатель кнопочный Выключатель автоматический Выключатели, срабатывающие от различных воздействий: уровня; давления; положения (путевой); частоты вращения; температуры	SA SB SF SL SP SQ SR SK

Продолжение таблицы 4.2.

1	2	3	4
T	Трансформаторы и автотрансформаторы	Трансформаторы тока Трансформаторы напряжения	ТА ТН
U	Устройства связи	Модулятор	UB
V	Приборы электровакуумные и полупроводниковые	Диод, стабилитрон Прибор электровакуумный Транзистор Тиристор	VD VL VT VS
W	Линии и элементы СВЧ Антенны	Ответвитель Короткозамыкатель Вентиль Трансформатор, неоднородность, фазовращатель Аттенюатор Антенна	WE WK WS WT WU WA
X	Соединения контактные	Токосъемники, контакт скользящий Штырь Гнездо Соединение разборные Соединитель высокочастотный	XA XP XS XT XW
Y	Устройства механические с электромагнитным приводом	Электромагнит Тормоз с электромагнитным приводом Муфта с электромагнитным приводом Электромагнитный патрон или плита	YA YB YC YN

Продолжение таблицы 4.2.

1	2	3	4
Z	Устройства оконечные, фильтры Ограничители	Ограничитель Фильтр кварцевый	ZL ZQ

Обозначение цепей в электрических схемах

Обозначение цепей в электрических схемах проводится по ГОСТ 2.709-72, устанавливающему систему обозначения и правила нанесения обозначений цепей (силовых, управления, защиты, сигнализации, автоматики, измерения) в электрических схемах изделия всех отраслей промышленности и энергетических сооружений.

Обозначение участков цепи служит для их опознания и может отражать их функциональное назначение в электрической схеме.

Участки цепи, разделенные контактами аппаратов, обмотками реле, приборов, машин, резисторами и другими элементами, должны иметь разное обозначение, а участки, проходящие через разъемные, разборные или неразборные контактные соединения – одинаковое обозначение. Для различия участков цепи допускается к обозначению добавлять через знак «дефис» последовательные числа или обозначения устройств. Участкам цепи, проходящим через разъемные контактные соединения, допускается присваивать разные обозначения.

Цепи в схемах обозначают независимо от нумерации входных и выходных элементов машин, аппаратов и приборов, соблюдая последовательность обозначения от ввода источника питания к потребителю. Разветвляющиеся участки обозначают сверху вниз и в направлении слева направо.

Для удобства пользования схемой допускается при обозначении цепей оставлять резервные номера или же пропускать номера.

Для обозначения используются прописные буквы латинского алфавита и арабские цифры, буквы и цифры, входящие в обозначение, выполняются одним размером шрифта.

Для силовых цепей переменного тока приняты обозначения L1, L2, L3 и N и последовательные числа. Участок цепи первой фазы L1 обозначают L11, L12, L13 и т.д., участок цепи второй фазы L2 – L21, L22, L23 и т.д., третьей фазы L3 – L31, L32, L33 и т.д. Допускается, если это не вызовет ошибочного подключения, обозначить фазы соответственно буквами А, В, С.

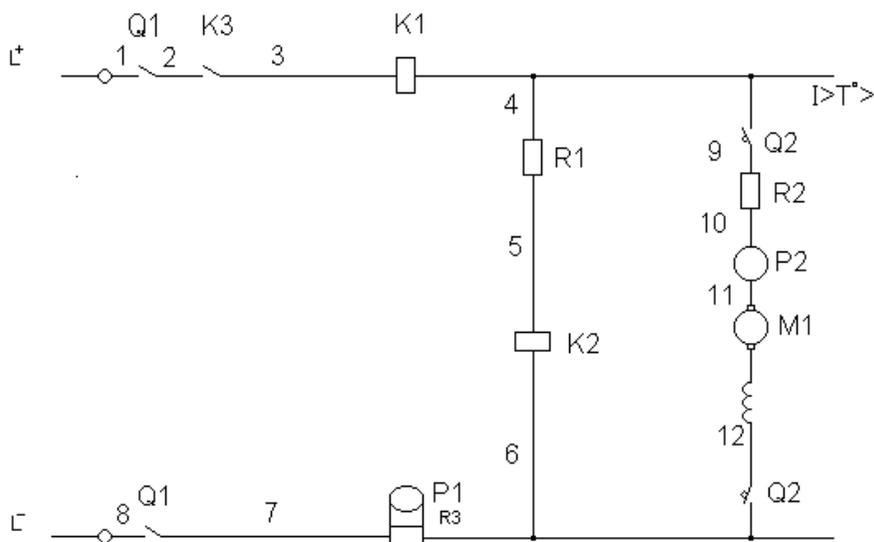


Рис. 4.11

Силовые цепи постоянного тока обозначают: участки цепей положительной полярности – нечетными числами, отрицательной полярности – четными числами.

Цепи управления, защиты, сигнализации, автоматики, измерения обозначают последовательными числами в пределах изделия.

Входные и выходные участки цепи обозначают с указанием полярности плюс “L⁺” и минус “L⁻” (см. рис. 4.11). Допускается применять только знаки “+” и “-”. Средний проводник обозначают буквой М.

Допускается обозначать цепи последовательными числами.

Допускается в обозначении цепи включать обозначения, характеризующие функциональное назначение цепи. В этом случае последовательность чисел допускается устанавливать в пределах функциональной цепи.

Допускается в обозначении цепей управления, защиты, сигнализации, автоматики, измерения обозначения фаз, например, А 401, С 401. А также в однофазных (фаза-нуль) и двухфазных (фаза-фаза) не силовых цепях переменного тока участки цепей обозначать четными и нечетными числами.

Обозначение проставляют около концов или в середине участка цепи: при вертикальном расположении цепей – слева от их изображения, при горизонтальном – над изображением цепи. В качестве обозначения могут быть использованы адреса присоединений участка цепи. В качестве адресов используют буквенно-цифровые обозначения элемента, устройства или функциональной группы по ГОСТ 2.270-81.

Правила выполнения схем обмоток и чертежей изделий с электрическими обмотками

Для обмоток и изделий с обмотками (трансформаторов, электрических машин и т.д.) структурные, принципиальные, соединения, подключения и расположения выполняют в соответствии с ГОСТ 2.702-75, а схемы соединения и расположения – ГОСТ 2.702-75 и ГОСТ 2.705-70 «ЕСКД».

Правила выполнения электрических схем обмоток и изделий с обмотками».

Элементы обмоток изображают в соответствии с требованиями ГОСТ 2.723-68 «ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы и магнитные усилители».

Чертежи изделий с электрическими обмотками выполняют в соответствии с ГОСТ 2.415-68 «ЕСКД. Правила выполнения чертежей изделий с электрическими обмотками».

Выполнение конструкторской документации изделий с электрическим монтажом

Выполнение конструкторской документации изделий с электрическим монтажом осуществляется по ГОСТ 2.413-72 «ЕСКД. Правила выполнения конструкторской документации изделий, изготовляемых с применением электрического монтажа».

Условные графические обозначения в схемах

Стандарты ЕСКД устанавливают основной состав условных графических обозначений в схемах и УГО является средством передачи информации о функции и строении схем и передает информацию о функциональных свойствах элементов и устройств.

УГО строится в виде схематического знака (графического символа), форма которого может не соответствовать изображению реальной конструкции элемента (устройства) и не должно содержать текстовую часть, допускать различные толкования или пониматься двусмысленно, быть идентично с другим обозначением, значение которого уже определено.

Для обеспечения единообразия и простоты УГО следует для построения применять основную фигуру А. Простые

геометрические элементы основной фигуры – квадраты, окружности, треугольники, прямые линии – должны быть связаны между собой не только геометрически, но и математически.

УГО выполняют с помощью основной фигуры, используя простые геометрические элементы.

Размер УГО определяется модулем основной фигуры и в качестве модуля принимается длина стороны основного квадрата. Модуль основной фигуры согласовывается с размером шрифта 3,5 5 7 10 14 20 28 40. (рис. 4.12)

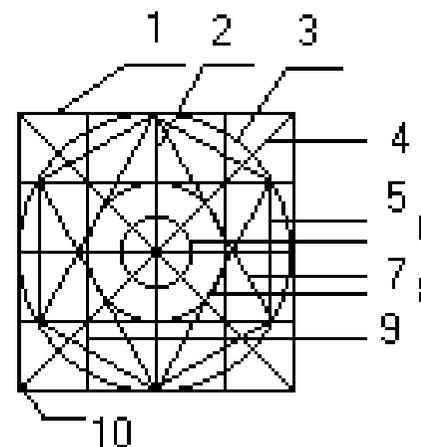


Рис. 4.12. Основной модуль фигуры

- 1 – основной квадрат, с длиной сторон, равной модулю;
- 2 – крест средних линий;
- 3 – основной круг диаметром, равный модулю;
- 4 – диагональный крест;
- 5 – шестиугольник в основном круге;

- 6 – круг диаметром, равным $2/4$ модуля;
- 7 – два равносторонних треугольника в основном круге;
- 8 - круг диаметром, равным $1/2$ модуля;
- 9 – растровые линии с расстоянием, равным $1/4$ модуля;
- 10 – точка начала координат

Список использованной литературы

1. Джонс Дж.К. Методы проектирования: Пер. с англ. – 2-е изд, доп.-М.:Мир, 1986
2. Усатенко С.Т., Каченюк Т.К., Терехова М.В. Выполнение электрических схем по ЕСКД: Справочник, -М.: Изд-тво стандартов, 1991.
3. Стандарт Предприятия. Дипломный и курсовой проекты. Требования к оформлению пояснительной записки и чертежей. ВСТИ СТП 009-0303-83. Зонхоев Г.Б., Буянтуев С.Л., Шальшкин О.Л.
4. ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам
5. ГОСТ 2.201.-80 ЕСКД. Обозначение изделий и конструкторских документов
6. ГОСТ 2.301.- 68 ЕСКД. Форматы.
7. ГОСТ 2.102 – 68 ЕСКД. Виды и комплекты конструкторских документов.
- 8 ГОСТ 2.104-68 ЕСКД. Основные надписи.
9. ГОСТ 2.302.-68 ЕСКД. Масштабы.
10. ГОСТ 2.109.-73 ЕСКД. Определение масштабов чертежей.

Приложения

Приложение III

Коды дисциплин по кафедре ЭСПиСХ

Наименование дисциплины	Код
1	2
Электроснабжение промышленных предприятий	1
Электрические станции	2
Переходные процессы	3
Релейная защита	4
Информатика	5
Компьютерные технологии в электроэнергетике	6
Типовой электропривод	7
Экономика и маркетинг электроснабжения	8
Эксплуатация систем электроснабжения	9
Электрические сети	10
ПТЭ и ПТБ	11
ТОЭ	12
Основы метрологии	13
Электрические машины	14
Материаловедение	15
Эксплуатация и защита от перенапряжений высоковольтного электрооборудования	16
Проектирование и технология систем электроснабжения	17
Электротехнологические установки	18
Общая энергетика	19
Электроэнергетика	20
Автоматика систем электроснабжения промышленных предприятий	21
САПР ЭСПП	22
Теплоснабжение	23
Технические системы	24
Технология проектирования	25
Электрификация производственных процессов	26
Электрическое освещение	27

Продолжение

1	2
Электромеханика	28
Электропривод	29
Энерго- и электропитающие системы отраслевых объектов	30
Безопасность жизнедеятельности	31
Информационно-измерительная техника и электроизмерение	32
Исследования и эксперимент в системах электроснабжения	33
Алгоритмы задач энергетики	34
Дальние электропередачи сверхвысокого напряжения	35
Электроэнергетические системы и сети	36
АСДУ и оптимизация режимов энергосистем	37
Эксплуатация электрических систем	38
Экономика энергетики	39
САПР и модели оптимизации развития ЭЭС	40
Автоматика ЭЭС	41
Специальные вопросы электроэнергетики	42
Инженерные исследования	43

Выбор метода проектирования

1. Требуется Дано	2 Исследование исходной проектной ситуации	3 Анализ и преобразование структуры задачи	4 Определение границ, описание промежуточных решений и выявление конфликтов	5 Комбинирование промежуточных решений и вариантов проекта	6 оценка вариантов проекта и выбор окончательного варианта
1 Составление технического задания	3.1. Формулирование задач 3.2. Поиск литературы 3.3. Визуальное несоответствие 3.4. Интервьюирование потребителей 3.10. Мозговая атака	3.2 Поиск литературы 3.3. Визуальное несоответствие 3.4. Интервьюирование потребителей 3.10. Мозговая атака 3.11. Синектика	3.3. Визуальное несоответствие 3.10. Мозговая атака 3.13. Морфологические карты	3.3. Визуальное несоответствие 3.10. Мозговая атака 3.11. Синектика	3.34. Переключение стратегий 3.35. Фундаментальный метод Мэтчетта
2 Исследование исходной проектной ситуации		3.1. Формулирование задач 3.9. Накопление в свертывание данных 3.14. Матрица взаимодействий 3.15. Сеть взаимодействия 3.21. Классификация проектной информации 3.25. Составление технического задания		3.17. Трансформация системы 3.19. Проектирование новых функций 3.20. Метод Александра	
3 Анализ и преобразование структуры задачи	3.2 Поиск литературы 3.5. Анкетный опрос 3.6. Исследование поведения потребления 3.7. Системные испытания 3.8. Выбор шкалы измерений 3.9. Накопление в свертывании данных		3.7. Системные испытания 3.10. Мозговая атака 3.13. Морфологические карты 3.23. Выбор критериев 3.24. Ранжирование и взвешивание 3.25. Составление технического задания 3.31. Поиск границ	3.10. Мозговая атака 3.11. Синектика 3.17. Трансформация системы 3.18. Смещение границ	3.27. Упорядоченный поиск 3.28. Стоимостной анализ 3.29. Системотехника 3.30. Системы “человек-машина” 3.31. Поиск границ 3.32. Коммулятивная стратегия Пейджа 3.33. CASA
4 Определение границ, описание промежуточных решений и выявление конфликтных ситуаций		3.11. Синектика 3.12. Ликвидация тупиковых ситуаций 3.16. AIDA 3.17. Трансформация системы 3.18. Смещение границ 3.19. Проектирование новых функций 3.20. Метод Александра		3.10. Мозговая атака 3.11. Синектика 3.12. Ликвидация тупиковых ситуаций 3.16. AIDA	3.16. AIDA
5 Комбинирование промежуточных решений и вариантов					3.5. Анкетный опрос 3.6. Исследование поведения потребления 3.7. Системные испытания 3.8. Выбор шкалы измерений 3.9. Накопление в свертывание данных 3.22. Контрольные перечни 3.23. Выбор критериев 3.24. Ранжирование и взвешивание 3.25. Составление технического задания 3.26. Индекс надежности по Квирку 3.28. Стоимостной анализ
6 Оценка вариантов проекта и выбор окончательного варианта					

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	3
1. СОВРЕМЕННЫЕ ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ТРАДИЦИОННЫЕ. НЕОБХОДИМОСТЬ НОВЫХ МЕТОДОВ	3
1.1. Стратегии проектирования	13
1.2. Критерии управления проектными работами	19
2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАК ТРЕХСТУПЕНЧАТЫЙ ПРОЦЕСС	21
2.1. Дивергенция	22
2.2. Трансформация	25
2.3. Конвергенция	28
2.4. Последствия акта расчленения	31
2.5. Перспективы восстановления единства проектирования	34
3. МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ДЕЙСТВИИ	36
3.1. Как выбрать метод проектирования	37
3.2. Упорядоченный поиск	41
3.3. Стоимостной анализ	43
3.4. Системотехника	45
3.5. Проектирование систем человек – машина	47
3.6. Поиск границ	49
3.7. Кумулятивная стратегия Пейджа	51
3.8. Стратегия коллективной разработки гибких архитектурных проектов (CASA - Collaborative Strategy for Adaptable Architecture)	54
3.9. Переключение стратегий	58
3.10. Фундаментальный метод проектирования Мэтчетта	60
3.11. Формирование задач	61
3.12. Поиск литературы	63
3.13. Выявление визуальных несоответствий	65
3.14. Интервьюирование	66
3.15. Анкетный опрос	68

3.16. Исследование поведения потребителей	69
3.17. Системные испытания	72
3.18. Выбор шкал измерений	73
3.19. Накопление и свертывание данных	75
3.20. Мозговая атака	80
3.21. Синектика	82
3.22. Ликвидация тупиковых ситуаций	85
3.23. Морфологические карты	87
3.24. Матрица взаимодействий	89
3.25. Сеть взаимодействий	91
3.26. Анализ взаимосвязанных областей (AIDA)	92
3.27. Трансформация системы	93
3.28. Проектирование нововведений путем смещения границ	95
3.29. Проектирование новых функций	97
3.30. Определение новых компонентов по Александру	99
3.31. Классификация проектной информации	101
3.32. Контрольные перечни	104
3.33. Выбор критериев	106
3.34. Ранжирование и взвешивание	108
3.35. Составления технического задания	111
3.36. Индекс надежности по Квирку	113
4. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ТЕКСТОВЫМ ДОКУМЕНТАМ	115
4.1. Оформление пояснительной записки	115
4.2. Обозначение учебных документов	135
4.3. Общие правила выполнения схем	139
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	168
ПРИЛОЖЕНИЯ:	
Приложение П1	169
Приложение П2	171