

**Министерство образования и науки, молодежи и спорта Украины  
Государственное ВУЗ "Национальный горный университет"**

Кафедра систем электроснабжения

**Конспект лекций**  
по дисциплине  
*"Основы проектирования"*

Разраб.: проф. Разумный Ю.Т.,  
доц. Рухлов А.В.

Днепропетровск  
2012

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О ПРОЕКТЕ И ПРОЦЕССЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ .....	3
1.1. Среда обитания человека .....	3
1.2. Проект и процесс проектирования .....	5
1.3. Этапы и стадии проектирования .....	17
1.4. Краткие сведения о литературных источниках по проектированию .....	22
2. ОРГАНИЗАЦИЯ И СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ .....	30
2.1. Организация проектных работ .....	30
2.2. Структура системы обеспечения процесса проектирования .....	40
2.3. Кадровое обеспечение проектирования .....	41
2.4. Роль науки в проектировании .....	47
2.5. Нормативно-методическое обеспечение .....	58
2.6. Техническое и программное обеспечение .....	61
3. ТИПЫ ПРОЕКТНЫХ ЗАДАЧ И ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ИХ РЕШЕНИЯ .....	82
3.1. Начальные положения о проектных задачах .....	82
3.2. Некоторые подходы принятию решений .....	84
4. ИНВЕСТИЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС В ПРОЕКТИРОВАНИИ	88
4.1. Сведения об инвестициях .....	88
4.2. Формы инвестиций и этапы проектного цикла .....	90
4.3. Оценка эффективности инвестиционных проектов .....	95
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	101
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Список основных нормативных документов, используемых в проектировании .....	106
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Методические рекомендации к выполнению контрольной работы .....	114

# 1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О ПРОЕКТЕ И ПРОЦЕССЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

## 1.1. Среда обитания человека

Мир, в котором мы живем, состоит из естественной природной среды и искусственной. Между ними существует принципиальное различие. Первая создана природой в процессе длительной эволюции. Искусственная среда создана человеком в результате его революционных действий и оказывает влияние на эволюционную последовательность природной среды своими качественными изменениями в развитии явлений природы. Искусственная среда относится к объектам будущего, которые недоступны непосредственному восприятию, за исключением ранее уже созданных человеком. Однако существовал период, когда объектов искусственной среды не было. Таким образом, издавна появилась необходимость "планировать" создание каких либо объектов, нужных человеку. Появилась отрасль человеческой деятельности по созданию искусственной среды будущего мира путем выполнения (разработки) проектов.

Мир естественной Природы, созданный мудро и целесообразно, под воздействием потребительского отношения к нему человека претерпел резкие преобразования своего естественного материала в синтетические материалы искусственных объектов, предметов и вещей. Процесс развития человеческой цивилизации является процессом переработки естественного в искусственное или процессом создания человеком второго, синтетического мира, подчиненного удовлетворению его потребностей.

Создавая этот мир сознательно, человек неизменно прибегал и прибегает к использованию изображений как универсального инструмента созидания материальных и духовных ценностей. В зависимости от их характера, люди, занимающиеся изобразительной деятельностью, делятся на художников и проектировщиков. Первые изображают преимущественно то, что уже существует и вызывает к себе равнодушное отношение, вторые, как правило, изображают то, чего нет, но что должно быть создано. Поэтому конечным продуктом художника является картина или собственно изображение, а конечным продуктом проектировщика является изображенный им объект или предмет.

Окружающий нас противоречивый, постоянно изменяющийся мир материален и объективен, существует вне нас и независимо от нашего сознания. Он дан нам в ощущениях и познании с целью его использования и преобразования для наших нужд и потребностей. Живое созерцание этого мира дает нам представление о нем как о непрерывном единстве природных, естественных объектов и явлений с объектами искусственными, созданными руками и волей человека, а также с явлениями, вызванными функционированием этих объектов.

Абстрактное осмысление этого единства приводит к мысли, что все искусственные объекты как бы выкристаллизовались из материала природы под воздействием целенаправленной, созидательной деятельности человека. Другими словами, искусственное есть результат преобразования естественного. Между естественными и искусственными объектами существует принципиальное различие. Первые являются непосредственно данными, они есть и созданы природой в процессе длительной эволюции. Изучаются естественными науками, фундаментальные достижения которых являются теоретической основой научно-технического и культурного прогресса, реализующего себя в создании различных искусственных объектов, удовлетворяющих различным материальным и духовным потребностям общества.

Отличительной особенностью искусственных объектов является то, что их созданию обязательно предшествует конструирование или проектирование, т.е. сложный мыслительно-действенный процесс, завершающийся исполнением проекта создания объекта. Из всех видов искусственных объектов наиболее материалоемкими и, пожалуй, самыми необходимыми для человека являются объекты строительства – здания и сооружения, а также их предметное окружение и наполнение. Объекты строительства были в прошлом, есть в настоящем и будут в будущем.

Достаточно ли естественного Мира для всерастущей потребности в материале для создания искусственного Мира? Этими проблемами в мировом масштабе занимаются многие ученые, проектировщики, футурологи, экологи и другие специалисты, в том числе и ученые Римского клуба<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Римский клуб – группа интеллигентов, бизнесменов, ученых, которая организует и финансирует исследования так называемых глобальных проблем.

## 1.2. Проект и процесс проектирования

Проект в переводе с латинского – брошенный вперед. До недавнего времени под проектом понимали совокупность документов (расчетов, чертежей, схем и др.) для создания какого-либо сооружения или изделия. Современное понимание проекта – это все то, что преобразует наш мир: строительство зданий и сооружений, разработка новой технологии, техники, создание производств, реконструкция предприятий, создание программ научно-исследовательских работ, сооружение кораблей и другой техники военного и гражданского назначения, развитие региона и многое другое. Характерно, что в современном мире под проектом понимают не только и не столько документацию на строительные-монтажные работы, а в значительной мере технические, технологические, эргономические, технико-экономические, экологические и другие показатели действующего предприятия или какого-либо изделия на всем времени его функционирования, иногда в режиме мониторинга. На рис. 1.1 представлена одна из возможных схем связей сфер деятельности при создании объекта будущего.

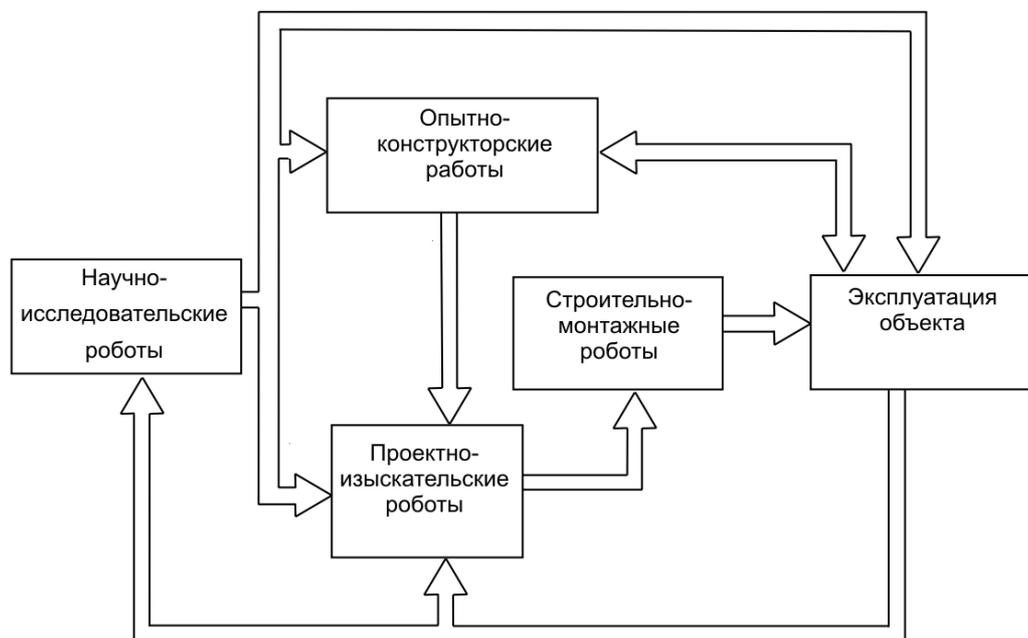


Рис. 1.1. Схема связей сфер деятельности при создании объекта будущего

В последние годы, начиная с 2000 г, появились новые направления, связанные с проектами, получившие названия "Инвестиционный

анализ", "Проектный анализ", "Методы оценки инвестиционных проектов", "Управление инвестиционными проектами", "Управление проектами" и другие. Управление проектом – это искусство управления людскими и материальными ресурсами на протяжении жизненного цикла проекта, осуществляемое с помощью системы современных методов и техники управления с целью достижения определенных проектом результатов по составу и объему работ, стоимости, времени, качеству и удовлетворению участников проекта. В этой связи появилась новая терминология, ознакомиться с которой можно в специальной литературе.

Процесс проектирования, т.е. выполнение проекта, формально можно определить как процесс разработки проекта, прототипа, образа предполагаемого или возможного объекта или его состояния.

Процесс проектирования базируется на профессиональных знаниях, достижения науки, техники и технологии, математических методах решения инженерных задач, искусства, экономики, ценовой политики, изобретательской деятельности, нормативах, законах и мн. др. Начало проектирования определяется наличием основных положений о предполагаемом объекте и источнике его финансирования. В этой связи, как правило, перед разработкой проекта выполняется технико-экономическое обоснование инвестиций и других документов. Действуют соответствующие правила прохождения проектов с учетом проведения тендеров на их выполнение и заканчивая утверждением документации. Процесс проектирования обеспечивается многочисленными системами, а совокупностью знаний о проектировании должен обладать любой инженер как одной из сфер его возможной деятельности.

Процесс проектирования не следует путать ни с искусством, ни с естественными науками, ни с математикой. Это сложный вид деятельности, в котором успех зависит от правильного сочетания всех этих трех (может быть и более) средств познания: очень мала вероятность добиться успеха путем отождествления проектирования с одним из них (даже отличные знания естественных наук не могут дать посредственных результатов). Основное различие связано с временными отношениями. Специалисты в области искусства и науки имеют дело с физическим миром (реальным или символическим) в том виде, в каком он существует в настоящее время, а математики оперируют с абстрактными отношениями, независимыми от времени. Проектировщики всегда вынуждены считать реальным то, что существу-

ет в воображаемом будущем, и искать пути претворения в жизнь предвидимых объектов.

В зависимости от вида и назначения объектов проектировщики делятся на архитекторов, инженеров, технологов, конструкторов и художественных конструкторов или дизайнеров. Неотъемлемой чертой их профессионального мышления является его креативность, определяющая творческий характер работы. Умение работать творчески определяет способность к изобретательству, т.е. к принятию новых, нетрадиционных и оригинальных проектных решений. Являясь высшим уровнем развития мышления, уровень творчества включает в свою орбиту все духовные и душевные силы мастера [1].

Сродство или генетическая предрасположенность к изобразительной деятельности является обязательным условием преобразования обывательского мышления человека, пожелавшего стать проектировщиком, в его профессиональное конструктивно-композиционное мышление. Успех такого преобразования обеспечивается приобретением высшего образования, всесторонне постигающего системную природу проектируемых объектов. Обязательное отображение этого понимания в изобразительном содержании проекта является одной из его главных качественных характеристик.

Необходимость такого понимания диктуется его естественностью, раскрывающей природу любых объектов, независимо от их происхождения, как систем взаимосвязанных и поэтому взаимодействующих элементов. Альтернативы такому пониманию не существует, так как опыт познавательного отношения представителей самых разных наук к предметам своих исследований убеждает их в его справедливости. Это обстоятельство возводит идею системности в один из основных мировоззренческих принципов познавательной и созидательной деятельности человека.

Современной вершиной такой деятельности является возникновение и развитие кибернетики как науки об общих законах получения, хранения, передачи и переработки информации, на основе которой традиционное проектирование получило мощный интеллектуальный инструмент повышения качества проектного продукта при значительном сокращении сроков его исполнения, в виде соответствующих компьютерных технологий.

Успех плодотворного использования этих технологий обеспечивается системным мышлением проектировщика, однозначно соответствующим их системной природе. Такое мышление направлено на

"... всеобъемлющий анализ ситуации, учет всех факторов, действующих на объект, детальный учет всех взаимодействий между факторами и элементами объекта и создание на этой основе целостного проектного решения, органично сочетающего внешний (материальный) облик объекта с его внутренней сущностью". Такое мышление лежит в основе системного проектирования как целостной проектной деятельности.

Основной подсистемой этой деятельности является "наука", поэтому научно-исследовательские работы определяют первый этап применения метода системного проектирования. Выполнение этого этапа начинается с описания и декомпозиции объекта проектирования, установления связей между его элементами [2]. Поэтому проектное пространство и все его элементы являются интеллектуальными продуктами труда проектировщика.

Принцип системного понимания природы любых объектов и явлений как проявление философского принципа их всеобщей взаимосвязи является одним из основных факторов современного развития науки и техники. Согласно этому принципу объект считается изученным, если он понят как некоторая непрерывная система взаимосвязанных и взаимодействующих элементов [3]. Общая теория систем утверждает, что объект или процесс любой природы является системным. Это означает, что системное содержание имеют не только материальные образования естественного или искусственного происхождения, но и всякого рода их изоморфные концептуальные модели, т.е. мысленные образы, локализованные в сознании человека.

Любая система имеет свое строение, устройство, конструкцию или структуру, т.е. совокупность связей и отношений между ее элементами, осуществляющую их интеграцию в единое целое. Понимание того, из каких элементов состоит объект и каким образом они взаимосвязаны и взаимодействуют, является основой формирования четкого представления о конструктивной природе изучаемого существующего или проектируемого объекта. Творческим результатом такого представления является интеллектуальный продукт, архитектурный, дизайнерский или инженерный проект как сложная система логически взаимосвязанных рабочих чертежей, выполненных в различных видах проекций. Форма изобразительной части любого проекта регламентируется строгим соблюдением государственных стандартов на ее графическое оформление, а ее содержание должно удовлетворять требованиям полноты передачи позиционной и метрической ин-

формации о структуре объекта, определяющей особенности его формы. При этом позиционная информация определяет качественную и эстетическую характеристики будущего объекта, а метрическая – его количественную или экономическую характеристику.

Цель проектировщика заключается в том, чтобы разработать проект, который получил бы одобрение клиента, и дать необходимые указания изготовителю. Из определения проектирования как процесса, который является началом изменения в искусственной среде, следует, что должны существовать какие-то другие цели, достижимые до окончания и даже до начала разработки проекта. Если объект разрабатывается для того, чтобы вызвать определенные изменения в мире, то проектировщик должен предвидеть конечный результат осуществления своего проекта и определить меры, необходимые для достижения этого результата. Проектирование оказывается все меньше направленным на сам разрабатываемый объект и все больше – на те изменения, которые должны претерпеть производство, сбыт, потребитель и общество в целом в ходе освоения и использования нового объекта.

Главная трудность заключается в том, что проектировщик должен на основании современных данных прогнозировать некоторое будущее состояние, которое возникнет только в том случае, если его прогнозы верны. Предположения о конечном результате проектирования приходится делать еще до того, как исследованы средства для его достижения. Проектировщик вынужден проследивать события в обратном порядке, от следствий к причинам, от ожидаемого влияния данной разработки на мир – к началу той цепочки событий, в результате которой и возникнет это влияние. Часто случается, что в ходе такого проследивания на одной из промежуточных ступеней обнаруживаются непредвиденные трудности или открываются новые, более благоприятные возможности. При этом характер исходной проблемы может коренным образом измениться, и разработчик будет отброшен на исходную позицию [4].

Тесные связи между далеко отстоящими друг от друга этапами существования изделия заставляют разработчика широко прибегать к проследиванию зависимостей между следствиями и их отдаленными причинами. Чтобы избежать неувязок между отдельными этапами, проектировщик, используя свой главный козырь – воображение, – заменяет свои исходные цели другими, которые легче увязываются друг с другом, оставаясь столь же приемлемыми с точки зрения по-

ставленной задачи. Такая сильная зависимость целей проектирования от конкретных частных решений очень затрудняет, если вообще делает невозможным, решение задач проектирования чисто логическими способами; однако она не препятствует человеческому мозгу с его колоссальной адаптивностью справиться с такими проблемами.

Интересно сопоставить подходы, методы и критерии, используемые в естественных науках, в искусстве и в математике. Цель ученого – точно описать и объяснить наблюдаемые явления. Для его подхода характерны профессиональный скептицизм и сомнения. Его главная методика – тщательно поставленный эксперимент, призванный опровергнуть гипотезу, доказав истинность обратного утверждения. Художник – скажем живописец или скульптор – тоже не связан в своей деятельности с будущим, его больше всего интересует настоящее. Его цель состоит в обработке (с испытываемым при этом удовлетворением) материала, существующего одновременно с его деятельностью. Конечно есть художники, которые пользуются эскизами, моделями, наборами мелодий и т.д., планируя тем самым свою работу, но при этом они прибегают к методу сознательного предвидения, типичному для проектировщика, отходя от свойственной художнику импульсивности и непосредственности. Художник культивирует в себе уверенность, готовность действовать при полном или почти полном отсутствии внешних свидетельств, на которые могло бы опереться его воображение. Он действует в "реальном времени", в полной мере используя высокоразвитую способность своей нервной системы остро реагировать на интуитивно схваченную картину реального мира.

Математика рассматривает не физический мир, а мир отношений, точный и вневременной. Любая задача, существование которой постулировано и которую можно представить в символической форме, принимается как таковая, не требуя научных сомнений и пояснений. Для постановки задачи не приходится обрабатывать какой бы то ни было физический материал. Для математика задача существует с того момента, как он ее поставил, и нужно лишь логическим путем найти ее решение. Это решение, которое может быть выражено в абстрактных символах, обязано быть абсолютно верным, но может, помимо того, быть еще и "изящным".

Конструктор создает изделие, состоящее из десяти деталей, и если каждую деталь можно выполнить десятью различными способами, то общее число вариантов конструкции равно десяти миллиардам

( $10^{10}$ ), из которых он должен выбрать какой-то один. Если же он использует чертеж для выбора одного комплекса из десяти геометрически совместимых друг с другом деталей, его задача сводится лишь к десятикратному выбору среди десяти тысяч решений [4].

Когда же конструктор от внутренней увязки нового изделия переходит к его согласованию с внешними условиями, чертеж становится уже бесполезным, и разработчику приходится опираться в основном на свой опыт и воображение и, в меньшей степени, на расчет и испытание тех параметров, которые считаются наиболее важными для работы изделия. Высказывание "опираться на свой опыт и воображение" не так уж и много поясняет нам про эту загадочную и, несомненно, важную сторону проектирования.

Почти все авторы единодушно отмечают следующие три факта, представляющие большой интерес для нашего исследования:

1. Очень часто человек, стоящий на пороге оригинального решения, в течение длительного периода, как кажется, только впитывает информацию, сравнительно бесплодно работает над, казалось бы, тривиальными задачами, увлекается посторонними делами. Этот период известен как "вынашивание идеи".

2. Решение трудной задачи или возникновение оригинальной идеи зачастую происходит совершенно неожиданно ("озарение") и носит характер резкого изменения формулировки задач (смены "установки"). В результате такой трансформации сложная задача нередко становится простой.

3. Врагами оригинальности являются негибкость мышления и склонность принимать желаемое за действительное. Эти свойства проявляются в том, что человек ведет себя гораздо более "упорядоченно", чем того требует ситуация, или же неспособен заметить факторы внешней среды, которые воспрепятствуют осуществлению его идей.

Для преодоления трудностей и разрешения конфликтов путем такого преобразования задачи необходимо, во-первых, чтобы проектировщик мог достаточно глубоко и точно судить о том, как изменится формулировка задачи при внесении в конструкцию тех или иных существенных изменений, и, во-вторых, чтобы никакие субъективные или объективные препятствия не мешали проектировщику мыслить и действовать нестандартно.

Пожалуй, самым явным признаком того, что нам нужны более совершенные методы проектирования и планирования, является на-

личие в промышленно развитых странах крупных неразрешенных проблем, возникших в связи с применением искусственно созданных предметов. Примерами могут служить транспортные заторы, проблема парковки автомобилей, несчастные случаи на дорогах, теснота в аэропортах, шум самолетов, проблемы развития больших городов и хронический дефицит таких социальных услуг, как медицинское обслуживание, образование, пресечение и раскрытие преступлений. 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 проектируемых человеком изделий.

Если внимательно рассмотреть расширение процесса проектирования при включении в него помимо вопросов создания изделий также и задач проектирования систем (т.е. связей и отношений между изделиями), мы увидим, что при этом к иерархии предметов, относящихся к традиционной сфере деятельности проектировщика, добавляется еще одна ступень. В настоящее время этот уровень лежит вне сферы традиционного проектирования и в то же время ниже уровня эффективной деятельности социальной сферы.

Очевидно, что проектировщики будущего найдут неведомые ныне отправные точки. Их задача будет заключаться в том, чтобы воплотить в жизнь новые идеи, отбросив при этом физические и организационные основы старых. Задача проектирования уже не состоит в увеличении стабильности искусственной среды; она состоит в изменении (на благо или во вред) того, что определяет направление развития этой среды.

Пожалуй, труднее всего будет приспособиться именно к этой неустойчивости настоящего перед лицом технических изменений, которые были запланированы в прошлом и должны сбыться в будущем.

Существует множество сложных объектов, таких, как автомобили, больницы или ракетные системы, при проектировании которых принципиальные решения принимались коллективно и не могли быть приняты единолично. Межличностные трудности проектирования можно преодолеть, если найти способ объединения усилий бригады проектировщиков, и что эти трудности сильно возрастают, если необходимое изменение проекта идет вразрез с интересами тех, кто призван сотрудничать в этом деле. Для преодоления этой трудности 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?

Основной вывод из этого анализа отношения различных людей к новаторской деятельности заключается в том, что на всех этапах, кроме самого первого и самого последнего, существует внутреннее сопротивление таким радикальным переменам на уровне систем, какие представляются необходимыми для решения крупных современных проблем проектирования и планирования. Самое трудное в любом проектировании – это преодоление сложностей поиска в обширном пространстве с миллионами возможных комбинаций отдельных узлов и деталей [4].

Все эти методы направлены на то, чтобы заставить проектировщика "думать вслух", позволить другим людям ознакомиться с процессами мышления, которые до сих пор протекали у него в голове, объективировать процесс проектирования. В одних случаях это достигается с помощью слов, в других – в форме математических символов, но почти всегда используется какая-нибудь схема, позволяющая разделить задачу проектирования на части и указать взаимные связи между этими частями. Естественно, что в основе всегда лежит стремление добиться большего контроля над процессом проектирования, особенно на уровне систем. Основное преимущество такого обдумывания проекта "в открытую" заключается в том, что другие люди, например потребители, могут следить за происходящими событиями и участвовать в них, сообщая проектировщику те сведения и оценки, которые выходят за пределы его знаний и опыта.

Необходимо оценить их с трех точек зрения: насколько они способствуют творчеству, насколько они логичны и насколько они позволяют управлять процессом проектирования. Каждую из этих трех точек зрения на проектирование можно символически представить в виде некоторой кибернетической модели проектировщика. С точки зрения исследования творчества проектировщик представляет собой черный ящик, на выходе которого возникает загадочное творческое озарение; с точки зрения логики проектировщик – это прозрачный ящик, в котором происходит логический процесс, до конца поддающийся объяснению; с точки зрения управления проектировщик является самоорганизующейся системой, которая способна отыскивать кратчайшие пути на неведомой территории. Последняя, наименее

привычная точка зрения, прямой дорогой ведет нас к вопросу о практической ценности теории проектирования и о дальнейших шагах в разработке эффективных методов проектирования. Самая важная часть процесса проектирования совершается в голове проектировщика, в определенной мере даже в области, неподотчетной сознанию. Отстаивая такую точку зрения, теоретики "творческого подхода" противопоставляют себя сторонникам взглядов на проектирование как на логический процесс и находят поддержку со стороны многих практиков. Несмотря на такое допущение об "алогичности" творческого процесса, взгляд на проектировщика как на "черный ящик" можно вполне убедительно выразить на языке кибернетики или физиологии; можно сказать, что проектировщик, как и все живые существа, способен получать на выходе решения, которым он доверяет и которые часто оказываются удачными, хотя сам он не может объяснить, каким образом ему удалось прийти к этим решениям.

Творческий взгляд на проектирование, в соответствии с которым проектировщик – это маг, является поэтическим описанием того, что лежит в основе действий человека и любого живого организма, обладающего нервной системой. Поэтому было бы логично считать, что управление сложными действиями осуществляется неосознанно, и нелогично предполагать, что проектирование можно до конца объяснить логическим путем.

Как мы увидим ниже, сеанс "мозговой атаки" – это беседа, каждый участник которой свободно выдвигает предложения, а критика запрещена. Можно считать, что этот метод снимает социальные запреты, налагаемые каждым человеком на свои высказывания в обычном разговоре. Если считать человека "черным ящиком", разумно предположить, что устранение фильтров на выходе по меньшей мере увеличит количество выходных сигналов, если не повысит их качество. В рамках той же концепции "черного ящика" можно рассматривать метод, как передачу выходного сигнала "черного ящика" по цепи обратной связи снова на его вход, причем для преобразования выходного сигнала во входной используются тщательно отобранные типы аналогий [4].

В большинстве своем методы проектирования преследуют цель объективирования процесса и результатов мышления, поэтому они исходят из логических, а не каких-либо мистических предположений. Считается, что процесс проектирования может быть объяснен до

конца, даже если проектировщики-практики и не в состоянии убедительно обосновать каждое из принимаемых ими решений.

Логическое или систематическое поведение проектировщика напоминает работу вычислительной машины: он пользуется только той информацией, которая в него введена, и действует по заданной схеме, проводя анализ, синтез, оценку и повторение циклов до тех пор, пока не найдет наилучшее из всех возможных решений. Такое предположение, несомненно, справедливо в случае оптимизации переменных в хорошо известной ситуации проектирования, но оно лежит также в основе таких системных методов проектирования, как морфология и системотехника, которые призваны дать человеку возможность решать непривычные для него задачи проектирования "машинными" приемами.

При применении методов "прозрачного ящика" коренным вопросом является возможность расчленения или декомпозиции задачи на отдельные части, которые можно затем решать последовательно или параллельно. Когда задача поддается расчленению, решению каждой частной подзадачи можно уделить больше внимания, что позволяет резко сократить сроки проектирования. Конечно, крупные задачи проектирования всегда на том или ином этапе удастся расчленить, чтобы распределить работу между многими проектировщиками, но этап, на котором это расчленение становится возможным, очень сильно зависит от типа изделия.

Многие задачи проектирования, как крупные так и мелкие, вообще не поддаются или лишь с трудом поддаются такого рода расчленению без ущерба для рабочих характеристик, стоимости, массы, внешнего вида или других показателей, что требует компромиссных решений для сбалансирования различных деталей друг с другом. Такие ситуации возникают при проектировании зданий, автомобилей, станков и других объектов, в которых функции не связаны со специализированными узлами, а сложным и непредсказуемым образом распределены по всему изделию.

Ясно, что основной целью методологии проектирования является уменьшение цикличности и увеличение линейности проектирования. Наличие цикличности предполагает, что важнейшие частные задачи остаются незамеченными до поздних этапов работы, а когда они обнаруживаются, требуется пересмотр решений, положенных в основу проекта, или даже полное прекращение работы. Линейность же предполагает, что все важнейшие проблемы можно обнаружить с са-

мого начала, а риск того, что на более поздних этапах большие затраты труда разработчиков придется списывать в убытки почти или совсем исчезает.

Методы "черного" и "прозрачного ящика" позволяют расширить область поиска при решении задач проектирования. В методах "черного ящика" это достигается путем снятия ограничений, накладываемых на выходные реакции нервной системы проектировщика, или путем стимулирования ее к выработке более разнообразных выходных реакций. В методах "прозрачного ящика" выходная реакция нервной системы обобщается на языке внешних символов с таким расчетом, чтобы она включала альтернативы, одной из которых является замысел проектировщика. Основным недостатком в обоих этих случаях является то, что проектировщик вырабатывает множество неизученных альтернатив, слишком большое для того, чтобы его можно было исследовать медленным способом сознательного осмысливания.

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 стадии не всегда образуют единую универсальную стратегию, состоящую из еще более дробных 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 [4].

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. Это определение обозначает расширение границ про-

ектной ситуации с целью обеспечения достаточно обширного и достаточно плодотворного пространства для поиска решения.

Такова стадия создания принципов и концепций, пора высокого творчества, вдохновенных догадок и озарений – всего, что создает радость творческого труда при проектировании. Это же и сама ответственная стадия, когда совершаются крупные ошибки, когда могут восторжествовать необузданный оптимизм или узость мышления, когда необходимы большой опыт и здравомыслие, что бы 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.

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 разрешить второстепенные противоречия до тех пор, пока из многих возможных альтернативных конструкций не останется одна – окончательное решение, которое и получит "путевку в жизнь" [4].

### **1.3. Этапы и стадии проектирования**

Стадии проектирования:

1. Для технически несложных объектов, а также объектов с использованием проектов массового и повторного применения I и II категорий сложности проектирование выполняется:

- в одну стадию – рабочий проект (РП);
- в две стадии – для объектов гражданского назначения – эскизный проект (ЭП), а для объектов производственного назначения – технико-экономический расчет (ТЭР) и для обоих – рабочая документация (Р).

2. Для объектов III категории сложности проектирование осуществляется в две стадии:

- проект (П);
- рабочая документация.

3. Для объектов IV и V категории сложности, технически сложных относительно градостроительных, архитектурных, художественных и экологических требований, инженерного обеспечения, внедрения новых строительных технологий, конструкций и материалов, проектирование выполняется в три стадии:

- для объектов гражданского назначения – ЭП, а для объектов производственного назначения – технико-экономическое обоснование (ТЭО);

- проект;

- рабочая документация.

Проектировщики при разработке проектной документации несут ответственность и обеспечивают:

- соответствие архитектурным и градостроительным требованиям и высокое архитектурно-художественное качество;

- соответствие требованиям действующих нормативных документов;

- охрану окружающей природной среды, экологическую безопасность и рациональное использование природных ресурсов согласно ДБН А.2.2-1;

- соответствие требованиям по энергосбережению;

- эксплуатационную надежность;

- эффективность инвестиций;

- патентную чистоту принятых технических решений и примененного оборудования;

- соответствие проектных решений исходным данным и разрешительным документам.

Руководители юридических лиц-проектировщиков должны назначать соответствующими приказами (или соглашениями авторов) главных архитекторов проектов (ГАП) для объектов гражданского назначения и главных инженеров проектов (ГИП) для объектов производственного назначения – на разработку всех стадий проектирования и предпроектных работ, которые являются ответственными лицами за архитектурно-технические, экономические, экологические, санитарно-гигиенические качества проекта в целом. При проектировании технически сложных объектов могут назначаться ГАП и ГИП. При этом ведущая роль возлагается на одного из них.

Отдельные разделы или части проектной документации, выполненные субподрядными проектировщиками, входят в состав проектной документации как ее составляющие, а ответственность за качест-

во их разработки возлагается как на самих разработчиков, так и на генерального проектировщика.

При разработке проектной документации по поручению заказчика в случае необходимости могут выполняться за отдельную оплату научно-исследовательские работы, в том числе исторические и археологические исследования.

#### *Эскизный проект*

ЭП разрабатывается для принципиального определения требований к градостроительным, архитектурным, художественным, экологическим и функциональным решениям объекта, подтверждения возможности создания объекта гражданского назначения. В составе ЭП для обоснования принятых решений по заданию заказчика могут дополнительно выполняться инженерно-технические разработки, схемы инженерного обеспечения объекта, расчеты сметной стоимости и обоснования эффективности инвестиций, при проектировании объекта в квартале существующей застройки – градостроительное обоснование размещения объекта. ЭП разрабатывается на основании задания на проектирование и исходных данных.

ЭП после согласования органами градостроительства и архитектуры, одобрения (при трехстадийном проектировании) или утверждения (при двухстадийном проектировании) инвестором является основанием для разработки следующей стадии.

#### *Технико-экономическое обоснование*

#### *Технико-экономический расчет*

ТЭО разрабатывается для объектов производственного назначения, требующих детального обоснования соответствующих решений и определения вариантов и целесообразности строительства объекта. ТЭР применяется для технически несложных объектов производственного назначения. ТЭО и ТЭР разрабатываются на основании задания на проектирование и исходных данных.

ТЭО (ТЭР) обосновывает мощность производства, номенклатуру и качество продукции, если они не заданы директивно, кооперацию производства, обеспечение сырьем, материалами, полуфабрикатами, топливом, электро- и теплоэнергией, водой и трудовыми ресурсами, включая выбор конкретного участка для строительства, расчетную стоимость строительства и основные технико-экономические показатели. При подготовке ТЭО (ТЭР) должна осуществляться всесторонняя оценка воздействий планируемой деятельности на состояние окружающей среды (ОВОС); рекомендуемые решения ТЭО (ТЭР)

должны обосновываться результатами ОВОС; материалы ОВОС, оформленные в виде специальной части (раздела) документации, являются обязательной частью ТЭО или ТЭР. В ТЭО (ТЭР) должно рассматриваться соответствие его решений архитектурным, энерго-сберегающим и другим требованиям согласно заданию на проектирование. ТЭР выполняется в сокращенном объеме по сравнению с ТЭО соответственно характеру объекта и требованиям задания.

ТЭО после согласования, одобрения (при трехстадийном проектировании) или утверждения ТЭР (при двухстадийном проектировании) в установленном порядке является основанием для разработки следующей стадии проектирования.

### *Проект*

Проект разрабатывается для определения градостроительных, архитектурных, художественных, экологических, технических, технологических, инженерных решений объекта, сметной стоимости строительства и технико-экономических показателей. Проект разрабатывается на основании задания на проектирование, исходных данных и одобренной при трехстадийном проектировании предыдущей стадии.

Разделы проекта необходимо подавать в четкой и лаконичной форме без излишней детализации в составе и объеме, достаточном для обоснования проектных решений, определения объемов основных строительно-монтажных работ, потребностей в оборудовании, строительных конструкциях, материальных, топливно-энергетических, трудовых и других ресурсах, положений по организации строительства, а также определения сметной стоимости строительства. Материально-технические ресурсы отдельных конструктивных элементов могут быть определены по соответствующим аналогам без выполнения конструктивных расчетов.

При необходимости выполнения научно-исследовательских, экспериментальных работ в процессе проектирования и строительства в проектной документации следует приводить их перечень с краткой характеристикой и обоснованиями необходимости их выполнения. Проект после согласования и утверждения является основанием для разработки следующей стадии проектирования.

### *Рабочий проект*

РП разрабатывается для определения конкретных градостроительных, архитектурных, художественных, экологических, технических, технологических, инженерных решений объекта, расчетной стоимости строительства, технико-экономических показателей и вы-

полнения строительно-монтажных работ (рабочие чертежи). РП применяется для технически несложных объектов, а также объектов с использованием проектов массового применения. РП разрабатывается на основании задания на проектирование и исходных данных.

РП является интегрирующей стадией проектирования и состоит из двух частей – утверждаемой части и рабочих чертежей. Первая часть подлежит согласованию, экспертизе и утверждению, а рабочие чертежи разрабатываются для строительства объекта. Утверждаемая часть состоит из пояснительной записки, выполненной в сокращенном относительно проекта объеме, определенном в зависимости от вида строительства и функционального назначения объекта, сметной документации, раздела организации строительства и чертежей. В состав пояснительной записки должен входить раздел ОВОС в соответствии с ДБН А.2.2-1. Для строительства выдаются рабочие чертежи в полном объеме в соответствии с договором. В зависимости от объема и содержания проектной документации разделы пояснительной записки по специальностям могут выполняться на листах общих данных соответствующих разделов РП.

#### *Рабочая документация*

Стадия Р разрабатывается для выполнения строительно-монтажных работ на основании утвержденной предыдущей стадии. В состав Р для строительства должны входить:

- рабочие чертежи, разрабатываемые в соответствии с требованиями нормативных документов;
- паспорт отделочных работ;
- сметная документация;
- спецификации оборудования, изделий и материалов по ДСТУ Б А.2.4-10 (ГОСТ 21.110);
- опросные листы и габаритные чертежи на соответствующие виды оборудования и изделий;
- исходные требования по разработке конструкторской документации на оборудование индивидуального изготовления (включая нетиповое и нестандартизированное оборудование), по которому исходные требования на предыдущих стадиях не разрабатывались.

После утверждения П, ЭП, ТЭР по решению заказчика рабочие чертежи могут разрабатываться подрядчиком или другим проектировщиком, которые получили в установленном порядке право на соответствующий вид деятельности, с привлечением авторов или по их письменному согласию на выполнение рабочих чертежей другими

исполнителями с соблюдением авторских решений утвержденного П, ЭП, ТЭР и соблюдением авторских прав.

Государственные стандарты, чертежи типовых конструкций, изделий и узлов, на которые есть ссылки в рабочих чертежах, а также проекты массового применения временных зданий и сооружений в состав рабочей документации не входят и проектировщиком заказчику не передаются.

#### **1.4. Краткие сведения о литературных источниках по проектированию**

В настоящее время существуют многочисленные книги (монографии, учебники, учебные пособия и др.) по проектированию различных конкретных объектов и изделий. Ниже в качестве примера рассмотрены только некоторые литературные источники, главным образом, по горным предприятиям [5 – 46]. Для предприятий других отраслей промышленности все рассматриваемые вопросы идентичны.

Работа [5] известных ученых и специалистов по проектированию предприятий горной промышленности посвящена одной из актуальнейших проблем развития отрасли в условиях реструктуризации угольной промышленности. Авторы знакомят читателей с современными достижениями в области проектирования предприятий угольной промышленности, опирающимися на теорию проектирования освоения недр и строительную геотехнологию, описывают уникальные возможности создания шахт, разрезов и обогатительных фабрик нового поколения на основе использования результатов исследований в этой области.

В работе рассмотрены методология проектирования, организация подготовки и строительства предприятий отрасли в современных условиях, изложены основные руководящие материалы и нормативные документы для проектирования и освещены принципиальные направления дальнейшего повышения качества проектов. Книга предназначена для инженерно-технических работников проектных, научных и шахтостроительных организаций и экспертных органов, научных работников, преподавателей и студентов горных ВУЗов и факультетов.

Строительство или расширение, реконструкцию или техническое перевооружение горного предприятия, горнокапитальные работы по поддержанию мощностей – любую инвестиционную деятель-

ность нельзя осуществлять без проекта, т.е. прототипа или прообраза будущего предприятия, объекта, процесса или сооружения. Проект – это полный комплект технической и экономической документации, которая содержит все необходимые технологические, объемно-планировочные, конструктивные, организационно-экономические и другие решения, обеспечивающие строительство объекта и его эффективное функционирование с заданными параметрами, а также определяет стоимость строительства и технико-экономические показатели эксплуатации в конкретных условиях.

Разработка проектов составляет содержание особого вида деятельности, которая носит название "проектирование", и обеспечивает решение комплекса взаимосвязанных задач технико-технологического, архитектурно-строительного, социально-экономического и экологического характера.

Проектирование горных предприятий (ГП) включает: определение целей и оценку эффективности реализации проекта, конструирование целесообразных (в конкретных горно-геологических условиях) эколого-приемлемых вариантов технологической схемы ГП, оптимизацию их параметров, расчет производительности производственных процессов и пропускной способности технологических звеньев, детальное описание и графическое изображение всех рассматриваемых и окончательно принятых к воплощению решений на основе использования нормативов, исходной информации и научно-производственных знаний.

Проектирование является решающим звеном в цикле "наука – производство", что определяет его особую роль в обществе, как необходимого этапа научно-технического прогресса, технической и экономической политики государства. В широком смысле под проектом подразумевают весь комплекс многостадийных научно-исследовательских, проектных, конструкторских, строительномонтажных, опытно-промышленных и внедренческих работ, осуществляемых по единой программе коллективом тесно взаимодействующих разработчиков с целью решения крупномасштабной проблемы. По своей объективной природе и целям реализации крупные проекты становятся базисными звеньями структурных радикальных перестроек народного хозяйства, необходимых для его долгосрочного эффективного развития.

К числу объективных особенностей любого крупного проекта ГП относятся:

- большая потребность в денежных и материальных ресурсах и длительные сроки реализации проекта;

- сложность надежной оценки конечной эффективности (особенно экономической) проекта с позиций ближайшего краткосрочного периода и необходимость расчетов эффекта с позиций долговременной перспективы;

- убывающая по годам надежность прогнозирования будущих экономических характеристик объекта и высокая величина риска;

- особая роль и большие масштабы эффектов и ущербов социального и экологического характера, которые могут возникнуть в перспективе;

- повышенная зависимость экономики проекта от условий внешней среды, т.е. от прогнозируемых величин потребностей в продукции, динамики рыночных цен, экологических и других ограничений.

От качества проектов непосредственно зависит технический и экономический уровень создаваемых объектов, сроки и стоимость их строительства, качество и стоимость выпускаемой продукции, материалоемкость и трудоемкость строительства и эксплуатации, рациональное использование ресурсов. Именно поэтому экономичность работы и развития шахт, разрезов, обогатительных фабрик определяется тем, насколько полно в проектах будут учтены передовые достижения горной науки, техники и технологии. Качество проектных решений, в конечном счете, оказывает непосредственное влияние на конкурентоспособность предприятия в рыночной среде.

В теоретическом плане проектируемые ГП принято рассматривать как большие системы, прежде всего из-за большой масштабности и структурной сложности современного горного производства. Наиболее существенными особенностями шахт как больших систем являются [5]:

- наличие единой цели функционирования для всех элементов системы (процессов и объектов горного производства), несмотря на их многообразие и разную природу. Например, на шахтах очистные и подготовительные работы, транспорт и подъем, работа людей и машин подчинены единой цели – обеспечить максимальную добычу угля при наилучшем уровне технико-экономических показателей, безопасности и комфортности условий труда. Вместе с тем, наличие общей (глобальной) цели работы технологических звеньев шахты не исключает их собственных (локальных) целей. Так, подготовитель-

ные работы направлены на скорейшее и экономическое обеспечение фронта очистных работ; очистные – на производительную, безопасную и экономичную выемку угля; проветривание – на обеспечение забоев шахты достаточным количеством воздуха для создания безопасной, благоприятной шахтной атмосферы и т.д.;

- иерархичность структуры, многообразие связей между элементами и большое разнообразие состояний, которые система может принимать под воздействием внешней среды или внутренних причин. В связи с этим эффективность и качество работы шахт должны оцениваться множеством показателей (технологических звеньев, процессов и ГП в целом), иногда имеющих противоречивый характер;

- недостаточная определенность исходной (прежде всего горно-геологической) информации, которая требует уточнения в процессе строительства и эксплуатации объектов.

Упомянутые особенности горных предприятий объясняют сложность, многоплановость их изучения и проектирования, требуют участия специалистов различных отраслей знаний, богатого арсенала математических методов, методических приемов и средств вычислительной техники.

Проектирование шахт, разрезов, обогатительных фабрик представляет собой процесс переработки информации и сводится к выполнению комплекса информационно взаимосвязанных процедур, которые обеспечивают принятие (в соответствии с поставленной целью) соответствующих проектных решений и выпуск проектной документации в заданном объеме и форме. Принятие решения в общем случае состоит в выборе его из множества вариантов по некоторым критериальным показателям. Это наиболее ответственный этап проектирования, от которого решающим образом зависит технический уровень и качество проекта. Поэтому решение задач проектирования, связано всегда с проблемой оптимизации, т.е. поиском наилучших в том или ином смысле проектных решений, выбором одной из конкурирующих альтернативных технологических схем, одной из значений параметров, вариантов перспективного развития.

Таким образом, принятие проектных решений осуществляется на разных иерархических уровнях и требует совместного рассмотрения и учета влияния многочисленных природных, экономических, социальных, технических, технологических и иных факторов не только на отдельные звенья горного производства, но и на предприятие в целом, а также на элементы инфраструктуры, отрасли про-

мышленности, окружающую природную среду. Одним из наиболее универсальных инструментов принятия решений является математическое моделирование и системы автоматизированного проектирования (САПР) [5].

В каждом проекте необходимо искать пути снижения капитальных затрат и себестоимости продукции, сокращения сроков строительства, повышения производительности труда и рентабельности производства, ориентируясь на новейшую технику, передовую технологию и организацию работ. При этом важно обеспечить улучшение условий работы трудящихся, безопасность всего предприятия, а также более рациональное и комплексное использование запасов полезных ископаемых и охрану окружающей природной среды [7].

В проектах должно быть предусмотрено более широкое применение природоохранных мероприятий, способов комплексного изучения и эксплуатации месторождений, ресурсосберегающей, малоотходной и безотходной технологии и техники новых поколений.

Проектная организация – институт-проектировщик, выполнив обоснования и расчеты, согласовывает с соответствующими организациями намечаемые решения по выбору площадки в части места разработки и размеров площадки для строительства, производственного и хозяйственного кооперирования, возможности использования местных трудовых и материальных ресурсов, прокладки новых трасс, внеплощадочных коммуникаций и мест присоединения к существующим транспортным комплексам, источникам и трассам сетей электроснабжения, связи, теплоснабжения, газоснабжения, водоснабжения и места спуска сточных вод, их очистки, других мероприятий по охране окружающей природной среды, приведения земельного участка в состояние, пригодное для использования по назначению. Осуществляется также согласование условий и места присоединения железнодорожных путей предприятий к железнодорожным путям регионального масштаба.

Для выбора площадки министерством, ведомством-заказчиком создается комиссия, в которую входят представители заказчика проекта, проектной организации – генпроектировщика, территориальной проектной строительной организации, субподрядчика (проектной и изыскательской организации), административного органа, министерства-подрядчика или по его поручению строительной организации, государственного надзора, штабов военных округов и штабов гражданской обороны и других заинтересованных организаций.

Акт о выборе площадки для строительства утверждается министерством, ведомством-заказчиком в установленном порядке и является документом о согласовании принятых решений и условий на присоединение предприятий к источникам снабжения, инженерным сетям и коммуникациям, а также намеченных мероприятиях по охране окружающей природной среды. При реконструкции эти согласования также необходимо осуществлять, если реконструкция предусматривает соответствующие изменения. Сроки действия акта не должны быть больше предусмотренных нормами сроков проектирования и строительства объекта.

Ходатайство о предоставлении земельного участка для строительства предприятия и его отводе возбуждается заказчиком в порядке, предусмотренном земельным законодательством и требованиями административного органа, на территории которого намечается данное строительство.

Разрабатываются ТЭО кондиций проектными или специализированными научно-исследовательскими институтами по заказу геолого-разведочных организаций с учетом ТЭО целесообразности детальной разведки, материалов (результатов) детальной разведки, генеральной схемы развития отрасли, перспективных схем развития отдельных районов, перспектив развития горнодобывающих отраслей промышленности и др.

Для комплексных месторождений в ТЭО кондиций должны быть предусмотрены разработка и использование основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых, а также содержащихся в них компонентов и отходов производства.

В качестве исходных материалов должны также использоваться предварительные сведения о возможности получения земельного отвода для горного предприятия и о величине затрат, связанных с отводом (на перенос зданий сооружений и коммуникаций, возмещение стоимости нарушаемых посевов, садов и огородов, на освоение новых земель, возмещение других видов ущерба) [7].

Проектирование становится все более творческим процессом, синтезирующим целый комплекс новых решений. Многие авторы, например, американец П. Хилл в книге "Теория и искусство проектирования", рассматривают проектирование как создание новых решений на уровне изобретений и как прогноз (поиск) путей новых изобретений. Поэтому проектировщик должен уметь не только использовать все известные современные достижения науки и техники, но и

быть способным искать и находить совершенно новые технические и технологические решения. Не менее важно также быть способным разъяснять и защищать новые идеи, заложенные в проекте. Защищать наглядно и доходчиво даже самые сложные вещи, иначе может случиться задержка в рассмотрении, утверждении проекта и его реализации. Особенно в случаях, если в проектах предусматриваются оригинальные нестандартные решения, значительно опережающие средний уровень современных достижений техники и технологий.

В работе [10] приведены сведения по методологии проектирования горнодобывающих предприятий, данные об исходных материалах, необходимых для проектирования, о важнейших директивах и нормативных документах. Рассмотрены методики составления типовых и экспериментальных решений и составления сметной документации. Освещены вопросы инженерной подготовки строительного производства, методологии составления проектов, рациональной организации работ подготовительного периода.

Исходные данными для проектирования ГП являются: общие сведения, задание на проектирование, геологические материалы, общестроительные материалы, инженерно-геологические исходные данные, данные по электроснабжению, внешнему транспорту, водоснабжению, канализации, теплоснабжению, отоплению и вентиляции, основные положения на строительное проектирование.

Структура системы автоматизированного проектирования угольных предприятий следующая: цели и основные принципы создания САПР; архитектура САПР; характеристика процесса автоматизированного проектирования; требования и принципы формирования основных видов обеспечения САПР; организация создания и внедрения САПР; планирование разработки, эффективность создания и внедрения САПР.

В работе [9] изложены вопросы проектирования зданий и сооружений на поверхности ГП. Указаны основные принципы и современные тенденции строительного проектирования. Отражена специфика и унификация проектных решений зданий и сооружений ГП. Рассмотрены существующие и перспективные объемно-планировочные и конструктивные решения. Приведены современные методы расчета строительных конструкций, включая инженерные методы определения внутренних усилий и нормативные рекомендации по подбору сечений конструкций, проиллюстрированные примерами расчета. Рассмотрены конкретные примеры проектирования горно-

технических сооружений, а также отдельных зданий энергетического, транспортного, административного и другого назначения. Содержание книги согласовано с действующими нормативными документами.

Весьма оригинальные вопросы рассматриваются в монографии [12], которая посвящена проблемам моделирования технологии подземных горных работ на стадии проектирования и управления действующими горнодобывающими предприятиями. Изложена методология и принципы системного моделирования технологических процессов. Представлены результаты имитационного моделирования различных технологических подсистем и методики машинных экспериментов (на ЭВМ) при имитации процесса отработки участка месторождения. Разработаны математические модели, позволяющие оптимизировать и прогнозировать эффективность различных управляющих решений на стадии планирования горных работ.

## **2. ОРГАНИЗАЦИЯ И СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

### **2.1. Организация проектных работ**

Проектирование является одним из неотъемлемых звеньев общего инвестиционного процесса, основными участниками (субъектами) которого являются: инвесторы, заказчики, строительные организации (подрядчики) и проектные организации.

Инвесторы осуществляют капитальные вложения с использованием собственных и (или) привлеченных средств в соответствии с действующим законодательством. Инвесторами могут быть физические и юридические лица, создаваемые на основе договора о совместной деятельности и не имеющие статуса юридического лица, объединения юридических лиц, государственные органы, органы местного самоуправления, а также иностранные субъекты предпринимательской деятельности.

Заказчики – уполномоченные инвесторами физические и юридические лица, которые осуществляют реализацию инвестиционных проектов. При этом они не вмешиваются в предпринимательскую и (или) иную деятельность других субъектов инвестиционной деятельности, если иное не предусмотрено договором между ними. Заказчиками могут быть инвесторы.

Заказчик, не являющийся инвестором, наделяется правами владения, пользования и распоряжения капитальными вложениями на период и в пределах полномочий, которые установлены договором и (или) государственным контрактом в соответствии с действующим законодательством.

Подрядчики – физические и юридические лица, которые выполняют работы по договору подряда и (или) государственному контракту, заключаемому с заказчиком.

Проектные организации осуществляют по заданию заказчиков разработку предпроектной и проектной документации. Проектные организации и их должностные лица несут ответственность за экономичность, надежность, безопасность, полноту и эффективность предусмотренных в проектах мероприятий по охране здоровья трудящихся и окружающей среды, за соблюдение нормативных требований при проектировании [5].

Утвержденный проект является основанием для финансирования строительства, заказа основного оборудования, а также заключения договора подряда на капитальное строительство.

Проектная организация осуществляет авторский надзор за строительством предприятия, соответствием мощностей и других технико-экономических показателей их проектным значениям, а также решает все связанные с проектированием вопросы, которые возникают в процессе строительства, приемки объектов в эксплуатацию и освоения их проектных мощностей.

В зависимости от объема и характера выполняемых проектных работ формируется численность и структура проектных организаций. Основными структурными подразделениями проектной организации являются специализированные производственные отделы или группы проектировщиков. В ряде случаев для выполнения проектных работ могут создаваться временные творческие коллективы.

Проектная организация по каждому проектируемому предприятию назначает главного инженера проекта, который является техническим руководителем проекта и осуществляет увязку всех частей проекта, выполняемых в производственных подразделениях и в субподрядных проектных организациях.

Основной объем проектирования предприятий угольной промышленности осуществляют проектные институты. Существует внутриотраслевая специализация проектных организаций:

- по виду проектируемых объектов (угольные шахты, разрезы, обогатительные фабрики и брикетные фабрики, машиностроительные заводы, ремонтные базы, предприятия стройиндустрии и стройбазы);
- по районам размещения предприятия – каждый технологический проектный институт, как правило, на протяжении ряда лет специализируется в проектировании объектов определенных угольных бассейнов и объединений.

Основным документом, фиксирующим отношение участников инвестиционного процесса, является контракт (договор) на научно-технические и экономические исследования, проектирование, строительство, поставку материалов, монтаж оборудования и выполнение других работ. Взаимоотношения между участниками инвестиционной деятельности могут строиться только как партнерские, взаимовыгодные, основанные на высоком профессионализме исполнителей.

Заказчик проекта заключает договор с проектной организацией, выдает ей утвержденное задание на проектирование и необходимые

исходные материалы, следит за ходом проектирования и соблюдением сроков работ, принимает от проектной организации проектно-сметную документацию.

Заказчик самостоятельно определяет проектную организацию, генерального проектировщика и на договорной основе возлагает на нее контроль и координацию проведения всех проектно-исследовательских и других работ по проектируемому объекту.

При этом в договоре указываются права и обязанности, возлагаемые на генпроектировщика и нередко оговаривается, что выполнение проектных, конструкторских, исследовательских и других работ по объекту по прямым договорам между заказчиком и специализированными субподрядными организациями без согласия генпроектировщика не допускается.

В новых условиях инвестиционной деятельности укрепляется тенденция передачи министерствами и ведомствами некоторых своих функций предпринимательским структурам. Министерства и ведомства, выступающие в качестве государственных заказчиков по строительству промышленных объектов, могут заключать договора на инженеринговые услуги с акционерными обществами, концернами, корпорациями, передая им тем самым функции организации строительства и проектирования.

Существенные преобразования в системе организации и управления проектной деятельностью, появление новых организационных форм проектирования, расширение самостоятельности проектных и исследовательских организаций поставили ряд новых, нетрадиционных для отечественной практики проблем. К их числу, в первую очередь, относится проблема введения в сферу организации и управления проектной деятельностью новых механизмов, обеспечивающих защиту рынка от некачественной проектной продукции и "настройку" проектного комплекса на максимальное удовлетворение запросов потребителей. Особенно важно предотвратить непрофессиональные действия при проектировании горных предприятий, как потенциально опасных объектов, последствия аварий на которых могут выходить за пределы их объектов и создавать угрозу жизни и здоровья людей.

В соответствии с законом участники инвестиционной деятельности, выполняющие соответствующие виды работ, должны иметь лицензию или сертификат на право их осуществления. При этом для защиты прав и интересов заказчиков (потребителей) от недоброкачественной проектной продукции к лицензируемым видам строитель-

ной деятельности (наряду с выполнением строительно-монтажных работ и инженерных изысканий, изготовлением строительных материалов, изделий и конструкций) отнесены проектные работы и экспертиза проектной документации.

В условиях рыночной экономики происходят существенные изменения в организационных структурах участников инвестиционного процесса, а взаимоотношения между ними приобретают разнообразные формы, что находит отражение в многообразии договоров (контрактов). Получает распространение выдача заданий на проектирование на конкурсной основе, привлечение заказчиком к разработке проектов временных творческих коллективов, отдельных высококвалифицированных творческих коллективов науки и производства. Иногда инвесторы берут на себя осуществление некоторых функций проектировщиков, подрядчиков и заказчиков [5].

Характерной особенностью является тенденция к интеграции проектных и строительных организаций, вплоть до создания проектно-промышленно-строительных (проектно-строительных) объединений и фирм, в состав которых в зависимости от специфики выполняемых работ могут входить предприятия по производству строительных изделий и конструкций, строительно-монтажные и другие организации.

В отечественной практике проектные и другие специализированные организации, разрабатывающие проектно-сметную документацию, обобщенно называют проектировщиком; организацию, ответственную за выполнение всего комплекса работ, – генеральным подрядчиком (генподрядчиком). За рубежом лицо или организация, имеющая право профессионально на основе лицензии разрабатывать проектно-сметную документацию, спецификации, требования к проведению торгов (тендеров), а иногда и осуществлять общее управление проектом, называется архитектором, а физическое или юридическое лицо, имеющее лицензию на занятие инжинирингом – комплексом инженерно-консультационных услуг коммерческого характера по обслуживанию строительства, подготовке и обеспечению процесса производства и реализации продукции, эксплуатации промышленных и других объектов, – инженером.

#### *Зарубежный опыт проектирования*

По данным прошлых лет в США насчитывалось 26856 мелких проектных фирм без наемных работников и 21953 фирмы с наемными работниками, в том числе 6483 корпорации, 3814 товариществ и

11656 фирм в единичном владении. В этих проектных организациях занято примерно 260 тыс. человек [47].

Обращает на себя внимание большое количество мелких проектных фирм с численностью работников, измеряемой единицами или несколькими десятками человек, которые выполняют существенную долю общего объема проектных работ. Объясняется это тем, что получив заказ на проектирование, фирма-подрядчик не обязательно производит разработку проекта целиком своими силами. Иногда фирма-подрядчик передает весь объем проектных работ соответствующим компетентным организациям, но в этом случае ответственность перед заказчиком продолжает нести фирма-подрядчик, а другие фирмы сотрудничают с ней, выполняя функции субподрядчиков.

К числу крупнейших следует отнести 442 проектные фирмы США. К ним, например, относится фирма "Гавард Нидес и Бергендорф" с численностью инженерно-технических работников свыше 1200 чел., которая входит в группу фирм с годовым объемом работ от 20 до 24,9 млн долл.

Тридцать третье место в числе этих крупнейших проектных фирм занимает архитектурно-инженерная фирма "Смит, Хинутан Криллс Инкорпорейтед", в которой работает более 500 чел. Годовой объем ее работ колеблется в пределах от 10 до 15 млн долл.

К числу проектных фирм относятся и консультационные. Так, в числе указанных 442 крупнейших фирм можно назвать инженерно-консультационную фирму "Тойк, Ниман и Хейс" с численностью работников порядка 70 чел. (состав меняется в зависимости от характера и количества принятых заказов) [47].

Нагрузка на одного инженерно-технического работника проектных организаций непрерывно повышается, что объясняется главным образом совершенствованием техники проектирования, широким применением электронно-вычислительной и другой современной техники. Например, с 1965 по 1970 г., т.е. в период, когда в проектировании особенно увеличилось использование новых методов и современной техники, производительность труда в архитектурных, архитектурно-инженерных и инженерно-консультационных фирмах увеличилась в среднем на 32%.

Во всех проектных организациях оплата труда производится по повременной системе. Характерной особенностью процесса проектирования в США является его непрерывность и частичное совмещение по времени выполнения проектных работ со строительством. При

этом стоимость проектирования довольно высокая и составляет в среднем 5% стоимости строительства, а в отдельных случаях достигает 8%, что намного выше, чем в отечественной практике.

Второй отличительной особенностью проектирования является широкое осуществление на различных его стадиях инженерно-экономических расчетов с целью сокращения расходов, связанных со строительством и последующей эксплуатацией объектов. Объясняется это тем, что осуществление таких расчетов требует незначительных дополнительных затрат, которые вполне оправдывают себя, если учесть размеры экономии, которая может быть получена.

По установившейся практике, кроме инженерно-экономических расчетов на первой стадии проектирования, о чем будет указано ниже, эти расчеты часто осуществляются дополнительно после получения заявок на торгах и завершения основных проектных работ (преимущественно до завершения рабочих чертежей), когда анализ проектной сметы расходов позволяет выявить все вопросы, связанные с размером стоимости строительства.

Такие расчеты представляют определенный интерес. До последнего времени группы инженерно-экономических, инженерно-консультационных, сметно-консультационных или других фирм собирали и анализировали необходимую документацию: планы, спецификации, сводки проектных данных, подвергали изучению планы работ, а затем представляли заказчику окончательные предложения.

В настоящее время метод инженерно-экономических расчетов, как правило, сводится к следующему. После определения объема и целей анализа группа инженерно-экономических исследований проводит работу по нескольким стадиям. На первой стадии (стадии информации) собираются сведения и документы, касающиеся данного строительства, в частности требования заказчика к архитектору и проектировщику, планы и спецификации, смета расходов, проектные данные, применяемые нормы, стандарты, данные о предполагаемых ремонтах и эксплуатационных расходах будущего объекта. На этой стадии группа производит оценку сметы расходов для обеспечения соответствия проекта имеющимся финансовым ресурсам; функциональную оценку отдельных элементов проекта для выполнения неэффективных с экономической точки зрения принятых в них решений.

На следующей стадии (стадии обсуждения) группа проводит обзор всего проекта и вырабатывает предварительный перечень идей и предложений по увеличению экономии для представления заказчику.

Эти идеи и предложения подвергаются затем всестороннему обсуждению с представителями заказчика и проектной фирмы. На основе решений заказчиков составляется окончательный перечень предложений (идей). В результате группа представляет заказчику доклад для передачи проектной организации и уже пересмотренную смету расходов. При решении вопросов, связанных с осуществлением любого намеченного строительства, большое внимание уделяется технико-экономическим обоснованиям его целесообразности. Принятая в США организация проектирования обычно предусматривает две последовательные стадии: предварительный проект и окончательный проект (рабочие чертежи).

Однако до начала разработки предварительного проекта проводятся предпроектные работы, которые в свою очередь делятся на два этапа: первый – планирование, или так называемый "доконцептуальный период", и второй – "концептуальный период".

Первый период предпроектных работ ("доконцептуальный") включает такие виды работ, как разработка принципиальных предложений и функциональной цели нового строительства, выбор площадки и проведение обсуждения намечаемого строительства.

Второй период предпроектных работ ("концептуальный") включает такие виды работ, как уточнение функциональной программы объекта, его мощности и технологических процессов, определение потребного количества площадей, анализ площадки строительства, уточнение условий подключения объекта к транспортным и инженерным коммуникациям, оценка мероприятий по защите окружающей среды, определение объемов работ и сравнение с аналогами строительной и эксплуатационной стоимости объекта, определение принципиальных объемно-планировочных и конструктивных решений зданий и сооружений, предварительное решение вопроса приобретения земельного участка, подготовка топографических данных.

В период предпроектных работ особое внимание уделяется вопросам экономической целесообразности осуществления намечаемого строительства, выявлению (если это промышленное предприятие) спроса на его продукцию, ее стоимости, а следовательно, конкурентоспособности. В связи с этим тщательно определяются не только необходимые средства на строительство предприятия, но и эксплуатационные расходы, сроки окупаемости вкладываемых средств [47].

Период предпроектных работ обычно составляет от одного до двенадцати месяцев, но в зависимости от сложности объекта и усло-

вий площадки строительства он может потребовать значительно большего времени. На основании предпроектных работ окончательно принимается решение о целесообразности проектирования объекта.

В связи с тем, что в отечественной практике разработкой проектов занимаются крупные проектные организации и вполне очевидна нецелесообразность создания мелких организаций с численностью в несколько десятков человек, каких много в США, процесс разработки проектной документации рассматривается на примере работы мощной проектно-строительной фирмы "Бехтель Корпорейшн" (далее – фирма "Бехтель"). Опыт ее работы представляет определенный интерес в связи с тем, что она – по существу крупное объединение, занимающееся проектированием и строительством предприятий различных отраслей промышленности, жилых и гражданских зданий, транспортных и других сооружений.

Фирма "Бехтель" – одна из самых крупных проектно-строительных фирм в США, в которой занято свыше 20 тыс. высококвалифицированных инженеров и техников, а для строительства непосредственно на площадке привлекается свыше 50 тыс. рабочих. При этом 95% всего объема работ фирма выполняет по комплексным подрядам и несет полную ответственность перед заказчиком за проектирование, поставку оборудования и строительство.

Фирма "Бехтель" осуществляет, например, строительство нефтеперерабатывающих заводов, обустройство нефтяных и газовых месторождений и прокладку различных магистральных трубопроводов для транспортирования нефти, газа, воды, различных суспензий, твердых пород, занимается строительством химических, нефтехимических, бумажно-целлюлозных, горнодобывающих, металлургических, пищевых, цементных и других предприятий. В круг ее деятельности входит строительство различных энергетических объектов (гидростанций, атомных электростанций, ядерных установок и линий электропередачи, транспортных сооружений, морских портов, аэропортов, железнодорожных линий и сооружений) и объектов связи. В районах промышленного строительства она также занимается возведением жилых и гражданских зданий.

В составе управления имеется отдел научного развития фирмы, состоящий из 75 квалифицированных инженеров и техников, возглавляемый одним из вице-президентов. Когда фирма "Бехтель" является автором проекта и осуществляет строительство, на объекте создается управление во главе с управляющим строительством, кото-

рый несет всю ответственность перед руководством компании "Бехтель" и заказчиком за качество и сроки проектирования, поставку оборудования, стоимость, продолжительность и качество строительства. На крупных строительных площадках с объемом работ более 20 млн долл. имеются специалисты по вопросам найма рабочей силы.

Успех фирмы "Бехтель" объясняется главным образом тем, что она решает комплексно все вопросы строительства. На составление предварительного проекта самыми квалифицированными работниками затрачивается времени год и более. По мнению специалистов США, время и средства, затрачиваемые на более глубокое и многовариантное исследование на первой стадии проектирования, полностью окупаются. После одобрения заказчиком проекта сразу начинается разработка рабочих чертежей, а примерно через 6 месяцев приступают к строительству. Таким образом, значительно сокращаются сроки ввода объекта в эксплуатацию.

Рабочие чертежи выполняются, как правило, в крупных масштабах с большой детализацией с неполным заполнением листов с той целью, чтобы строители не испытывали затруднений при их использовании.

Привлечение специализированных строительных и монтажных субподрядных фирм для разработки детальных рабочих чертежей производится и в промышленном строительстве. Основные технические решения регламентируются специальными нормами и правилами. Эти нормы, которые называются в США "Коуд", разрабатываются государственными и частными компетентными организациями. Крупным научно-исследовательским центром, работающим в этой области, является Национальное бюро стандартов Министерства торговли (г. Вашингтон), в котором работает 3,5 тыс. специалистов [47].

Обращает на себя внимание высокая инженерная оснащенность труда проектировщиков, особенно в крупных фирмах. Практически все сложные расчеты производятся с использованием электронно-вычислительных машин. В ряде крупных фирм используются автоматические системы проектирования с устройством ввода в ЭВМ и вывода графиков, сопровождаемых необходимыми расчетами. Имеется ряд автоматизированных систем, позволяющих осуществлять с помощью ЭВМ и дополнительных устройств строительное проектирование объектов средней сложности: одноэтажных промышленных зданий, многоэтажных жилых зданий и других объектов.

Весьма широко используются электромеханические устройства вывода графической информации. Более совершенным считается устройство, представляющее собой экран электронно-лучевой трубки, снабженной пультом управления и световым пером. На экране проектировщик может вычертить изображение, увеличить или уменьшить его, переместить по экрану и размножить полученный чертеж.

Отличительной чертой оборудования фирмы "Компьютервижэн" является программная и техническая оснащенность, а также весьма высокая скорость ввода и вывода графической информации с помощью графических дисплеев.

Организационная структура и функции, выполняемые американскими фирмами, занимающимися вопросами строительства, весьма различны и далеко не стабильны. Стремление заказчиков сдавать подряды на комплексное выполнение работ привело к созданию большого количества генподрядных, а также специализированных фирм, которые выполняют заказы, включающие проектно-изыскательские и строительно-монтажные работы.

Практика строительства в США подтвердила целесообразность выполнения работ фирмами, принимающими комплексные заказы, так как при этом сокращаются сроки проектирования и строительства. Имеется много примеров, когда в результате параллельного выполнения проектных и строительных работ достигается сокращение сроков строительства сложных объектов на 4 – 5 месяцев. Создание проектно-строительных фирм считается в США одним из важных мероприятий, направленных на сближение проектирования и строительства [47].

Наряду с проектно-строительными существуют и такие фирмы, которые в зависимости от объема и характера работ эффективно выполняют узкий круг обязанностей, т.е. занимаются отдельными вопросами проектирования или строительства. К их числу относятся инженерно-геологические фирмы, ведущие инженерные изыскания, архитектурные, занимающиеся архитектурным проектированием, проектные, выполняющие комплексно-строительное и технологическое проектирование, и др. В большинстве своем это мелкие фирмы. Тем не менее многие руководители фирм и особенно видные экономисты США считают, что в ближайшей перспективе (10 – 20 лет) крупные проектные и проектно-строительные фирмы будут выполнять подавляющий объем проектных и строительных работ.

В практике строительства США каждый вопрос становится предметом тщательного изучения с целью выбора наиболее технически рациональных и экономически эффективных проектных решений и способов производства работ. В связи с этим появилась сеть таких фирм, как инженерно-консультационные, сметно-консультационные и др. Их количество в последний период времени быстро увеличивается. Консультационные фирмы по инженерным и сметным вопросам оказывают заказчикам, проектным и строительным организациям квалифицированную помощь на всех стадиях проектирования и строительства, начиная с предпроектных работ. Ориентировочно проектированием и строительством занимается свыше 900000 фирм и других организаций [47].

На текущий период в Украине также появились частные предприятия, которые занимаются проектированием отдельных узкопрофильных технических объектов и систем. Существуют различные тенденции в проектировании и внедрении в производство комплектных установок и сложных систем посредством инжиниринговых роботов, выполняемых зарубежными фирмами, заводами-изготовителями и другими организациями. Все это связано с бизнесом и рыночными отношениями. Вместе с тем, широкомасштабные работы должны выполняться на основе использования систем обеспечения процесса проектирования с учетом применения новых технологий и принятия научно обоснованных решений.

## **2.2. Структура системы обеспечения процесса проектирования**

К системам обеспечения процесса проектирования относятся:

- Кадровое – проектная организация должна быть укомплектована соответствующими кадрами, владеющими непосредственно как предметом проекта, так и междисциплинарными знаниями;
- Информационное – обеспечение совокупностью технической и экономической информации об оборудовании, технологиях, аппаратах, фирмах-изготовителях, а также возможных научно-исследовательских институтах, проектных, строительных и других организациях, достижениях науки и техники, справочники, каталоги и многое другое;
- Нормативно-методическое – обеспечение организации соответствующими государственными стандартами (ГОСТ), санитар-

ными нормами и правилами (СНИП), государственными строительными нормами (ДБН), методиками, распоряжениями и т.п.;

- Техническое и программное – обеспечение организации компьютерной, офисной и периферийной техникой, а также необходимым для проектирования программным обеспечением;

- Сервисное – обеспечение электронной почтой, Интернет, средствами разговорной связи, техническими сервисными службами для ремонта и технического обслуживания оборудования, транспортное обеспечение и др.

Условием обеспечения проектирования для любой структуры должна быть лицензия. Лицензия выдается региональными и главными государственными лицензионными организациями и центрами. Такой порядок объясняется ответственностью за выполнение работ и получения конечного продукта, изделия, объекта. Лицензия выдается при наличии системы обеспечения процесса проектирования.

Проектирование выполняется на основании договора (контракта) с заказчиком. Обязательными являются техническое задание, где указываются все исходные сведения об объекте проектирования, и источник финансирования. В последующих подразделах подробнее рассмотрим некоторые составляющие системы обеспечения процесса проектирования.

### **2.3. Кадровое обеспечение проектирования**

Кадровое обеспечение процесса проектирования формируется посредством образования людей и достижения ими соответствующего профессионального уровня. Здесь образование следует рассматривать как процесс и результат усвоения систематизированных знаний, умений и навыков. Это необходимое условие подготовки человека к жизни и труду. Основные аспекты системы образования обуславливаются требованиями производства, личностными качествами, общественными отношениями, состоянием науки, техники и культуры. Большое значение в образовании имеет также самообразование.

Поэтому проектировщиками люди не рождаются. Они ими становятся в результате реализации осознанного к тому желания, природной наблюдательности и большого трудолюбия, целеустремленности и обязательной генетической предрасположенности к изобразительной работе, а также специальной подготовки в стенах высших учебных заведений. В итоге их первоначальное обывательское созна-

ние преобразуется в конструктивно-композиционное, проектное или системное мышление как основу для достижения в работе творческих результатов [1].

При этом исполнителям этих результатов следует понимать меру огромной ответственности за достоверность закодированной точками и линиями информации как основы предсказания достоинств и недостатков будущего объекта.

Для того чтобы быть спокойным и уверенным в достоверности своих "предсказаний будущего", проектировщик должен прекрасно представлять пространственную структуру проектируемого объекта во всем многообразии связей и отношений между его элементами, которые абстрактно являются геометрическими, и уметь графически грамотно изобразить объект как систему со всеми его подсистемами. Последнее обстоятельство актуализирует важность грамотности, высокий уровень которой, наряду с соблюдением прочих условий, гарантирует высокое качество принимаемых проектных решений.

Достижению этого высокого уровня предшествуют годы увлеченного познания в дошкольном и младшем школьном возрасте, изучения инженерной, проектной и архитектурной графики, комбинаторики, объемно-пространственной композиции, моделирования, макетирования, формообразования и архитектурного проектирования.

Среди звеньев этой длинной цепочки наиболее слабыми являются школьные уроки геометрии и черчения, тесно взаимосвязанные своей системной природой. Несмотря на то, что такие естественные школьные дисциплины как физика, химия, ботаника, биология, астрономия, география и др. интуитивно понимают предметы своего исследования как системы взаимосвязанных элементов, так как изучают их строение, устройство или структуру, школьная педагогика не раскрывает системной природы объектов искусственного происхождения, в основе создания которых лежат геометрия и черчение. Ведь геометрия концептуальна и объективна, локализована в пространстве знаний левого полушария головного мозга, а графика перцептуальна, по большей части чувственна и локализована в "пространстве чувств и умений" его правого полушария. Но так как оба полушария работают совместно, то мысленные образы проектируемых объектов возникают в сознании как синтез знаний, чувств и умений. Поэтому чем богаче содержание обеих пространств, тем богаче содержание производимых ими образов как "натуры", подлежащей изображению в различных видах проекций. Другими словами, геометрия и черчение или

графика лежат в основе интеллектуального развития человека как творческой личности. Ведь геометрия как дедуктивная наука, учит логически рассуждать, анализировать, доказывать, делать выводы и получать результаты, а графика – визуализировать мысли и чувства ее исполнителя. Поэтому устранение вольной или невольной недооценки этих двух дисциплин в системе образования является скрытым резервом повышения его эффективности.

Ведь познать объект, а тем более его создать, означает представить, из каких элементов он состоит, и какие связи интегрируют их в единое целое. Поэтому системная концепция образования должна быть мировоззренческой.

Просвещение и образование, как важнейшие части общечеловеческой культуры, в процессе развития цивилизации претерпевают постоянные изменения, которые обусловлены стремлением их мыслителей создать наиболее совершенные педагогические технологии воспитания всесторонне развитой личности. По своей сути просвещение и образование являются процессами постоянного взаимодействия тех людей, которые знают и умеют (учителей школ и преподавателей ВУЗов) с теми, кто должен знать и уметь (учениками и студентами). Эти процессы называются учебно-воспитательными.

Организация и содержание учебной половины этих процессов должны обеспечивать высокое качество передачи учебной информации учителями и преподавателями учащимся и студентам. Эффективность этой передачи определяется уровнем усвоения последними передаваемых знаний и приобретения практических навыков. В итоге молодые люди в школе начинают формировать преимущественно рациональный или аналитический склад ума, а в ВУЗе закладывают основы научного или концептуального мышления.

Организация и содержание воспитательной части этих процессов должны обеспечивать пробуждение и благоприятствующее развитие творческих способностей молодых людей к различным видам искусств и спорта, приобретения наблюдательности, деловитости, порядочности, честности, целеустремленности и начал профессионализма. В результате у них формируется эмоционально-чувственное восприятие познаваемых законов Природы и Общества как основа образного мышления [1].

При оптимальном сочетании объемов и содержаний этих двух взаимосвязанных подсистем формирующейся в школе и развивающейся в ВУЗе системы становления образованного мышления моло-

дого человека, он становится гармонично развитой творческой личностью. Такова идеальная парадигма "интеллектуализации" человека.

Просвещение как процесс, "проливающий свет" школьнику на законы Природы и Общества, передает эстафету образованию, т.е. процессу дальнейшего, уже профессионально ориентированного формирования "образов", познанных в школе и познаваемых в ВУЗе объектов и явлений той же Природы и того же Общества. При этом "принцип эстафеты" предусматривает передачу школой "фундамента" знаний и умений, на котором ВУЗ "строит" здание интеллектуального развития бывших школьников. К сожалению, это далеко не всегда имеет место.

Такая картина отражает общепризнанное кризисное состояние системы среднего и высшего образования в глобальных масштабах. Суть этого кризиса, как писал директор Международного института планирования образования Ф.Г. Кумбс, заключается в "... разрыве между существующей системой образования и реальными условиями жизни общества" [48]. Остро встает вопрос о необходимости воспитания нового типа мировоззрения современного человека, который мог бы гармонично взаимодействовать как с природой, так и с людьми. Решение этого вопроса считается главным заданием современного образования, выполнение которого немислимо без соответствующего критического анализа и философского обоснования. Нет сомнения в важности и необходимости всех видов знаний и умений, но для тех специалистов, которые создают материальные и духовные ценности посредством проектирования.

Учитывая изложенное, в работе [49] акцентируется внимание на том, что вопросы инженерного образования в области технологий проектирования активно обсуждаются уже многие годы. С одной стороны, быстро стареет штат инженеров, обладающих знаниями и опытом, с другой стороны, в западных странах в профессию приходит все меньше инженеров и конструкторов. Это вызывает серьезное беспокойство по поводу "разрыва поколений" профессиональных инженеров. Частью сегодняшней фундаментальной проблемы является то, что приходящие на машиностроительные предприятия молодые специалисты не занимались инженерным делом с ранних лет и не обладают навыками, выходящими за пределы часто устаревающего учебного плана, что не позволяет им четко увидеть перспективы карьерного роста.

Понимая это, компания Siemens PLM Software недавно начала Академическую программу Solid Edge, целью которой является не только предоставление студентам и преподавателям современного программного обеспечения (а именно Solid Edge и Femap), но и поддержка сотрудничества с промышленными предприятиями, направленная на развитие у студентов реально востребованных навыков. Именно здесь на сцену выходят заказчики Siemens PLM Software.

Компания призывает своих клиентов делиться знаниями из реальной инженерной практики, чтобы помочь удовлетворить растущий спрос машиностроительной отрасли на высококвалифицированных специалистов. В результате будет обеспечен непрерывный поток выпускников, обладающих практическим опытом использования современных систем автоматизированной разработки изделий.

"Наши заказчики, использующие продукты Solid Edge и Velocity Series, выпускают ряд самых инновационных в мире изделий. Они хорошо знают, насколько трудно найти выпускников технических ВУЗов, обладающих такими навыками и опытом, которые быстро дадут отдачу в ходе разработки изделий", – отмечает Карстен Ньюбери, старший вице-президент и генеральный управляющий по продуктам Velocity Series и Solid Edge компании Siemens PLM Software. И добавляет: "Поэтому столь важно работать в тесном сотрудничестве со специалистами, которые прекрасно понимают не только современные технологии проектирования изделий, но и способы их применения при решении реальных производственных задач, с инженерами, способными предлагать уникальные и творческие решения, которые дают наибольший эффект для заказчиков. Разработка учебных планов на основе этих знаний предоставляют значительные преимущества учебным заведениям, студентам, машиностроительной отрасли и, разумеется, нашим клиентам".

Компания David Brown, ведущий поставщик редукторов и технических услуг, уже свыше 150 лет передает свои знания и опыт предприятиям многих отраслей во всем мире. "Мы четко представляем себе будущее и стремимся сохранять и использовать наш колоссальный опыт в области производства редукторов, а также передавать его тем, кто будет создавать это будущее", – отмечает Грэхем Пеннинг, главный инженер группы компаний David Brown. "Непосредственная работа с местными школами и колледжами с целью более углубленной инженерной подготовки на основе реальных ситуаций и данных позволила нам заметно увеличить вложения в будущее компании.

Например, все наши предприятия реализуют учебно-познавательную программу Gear Academy. Будучи многолетними пользователями Solid Edge, мы очень рады перспективам, которые открывает Академическая программа Solid Edge".

Данная инициатива Siemens PLM Software создана в рамках хорошо известной программы GO PLM, которая лидирует в отрасли по количеству выданных грантов на предоставление учебным заведениям программного обеспечения. Ежегодно по программе GO PLM программные продукты общей стоимостью 4 млрд долл. предоставляются более чем миллиону студентов, обучающимся почти в 11 тыс. учебных заведений во всем мире. Это программное обеспечение применяется в учебном процессе всех уровней – от средней школы до аспирантуры по инженерным направлениям.

Если вы заинтересованы принять участие в программе и считаете возможным оказать содействие компании Siemens PLM Software в подготовке следующего поколения инженеров, свяжитесь с офисом Siemens PLM Software на сайте: [www.siemens.com/plm](http://www.siemens.com/plm).

На завершающем этапе обучения в ВУЗе студент выполняет соответствующую квалификационную работу и защищает ее. Дипломное проектирование необходимо для закрепления и систематизации знаний, полученных при изучении специальных дисциплин, для более углубленного изучения всех вопросов разработки с учетом специализации в соответствии с темой проекта, а также для того, чтобы привить студентам навыки самостоятельной работы, навыки пользования технической литературой и т.д. На основании рассмотрения дипломного проекта оценивается степень подготовленности студента и государственная экзаменационная комиссия решает вопрос о присвоении ему квалификации бакалавра, специалиста или магистра [7].

Дипломный проект отличается от промышленного проекта объемом и содержанием с учетом того, что диплом выполняет один человек в довольно ограниченные сроки, в то время как промышленный проект выполняется большим числом разных специалистов и даже институтов. Дипломные проекты составляются применительно к реальным условиям действующего предприятия на основе материалов производственной и преддипломной практик.

Одним из важнейших положений каждого дипломного проекта должна быть увязка задач проекта с общими экономическими задачами. Студент должен показать в проекте знание материалов, регла-

ментирующих проектирование, строительство предприятий и развитие соответствующих отраслей, экологические аспекты и др.

Дипломная работа выполняется для присуждения квалификации магистра в соответствии с методическими указаниями и другими требованиями ВУЗа.

## **2.4. Роль науки в проектировании**

Необходимость решения методологических проблем общенаучного и специально-научного характера отмечается в целом ряде областей промышленной деятельности, таких как административное управление, технология производства, бухгалтерский учет, сбыт, а также во многих сферах, не связанных с промышленностью: в театре, изобразительном искусстве, музыке, литературе, философии, естественных науках, библиотечном деле, общественной деятельности, педагогике, военном деле. Такой интерес к методологическим проблемам обусловлен прежде всего объективными процессами научно-технической революции.

В этой связи показательна история становления системного подхода – направления методологии специально-научного познания и социальной практики, в основе которого лежит исследование совокупностей объектов как систем. Системный подход неразрывно связан с фундаментальными идеями материалистической диалектики, что нередко признают и многие ученые Запада. Системный подход и анализ, получившие широкое распространение в 50 – 60-е годы XX столетия, во многом определили разработку в этот же период новых методов проектирования. Они имеют много общего и с проблемой принятия решения, которая порождена развитием человеческой деятельности в условиях неопределенности и конфликта.

Интерес к методологическим проблемам общенаучного и специально-научного характера обычно резко возрастает в период наступления кризисных явлений в развитии той или иной сферы профессиональной творческой деятельности. Наряду с традиционными появились различные по своему содержанию виды проектирования:

- проектирование как процесс разработки не отдельных предметов, а целых систем (аэропорты, транспорт, супермаркеты, радиопрограммы, программы обучения, банковские системы, компьютеры);

- проектирование как соучастие, как включение общества в процесс принятия решения;

- проектирование как творчество, потенциально присущее каждому;
- проектирование как учебная дисциплина, синтезирующая искусство и науку и, возможно, идущая дальше, чем то и другое порознь;
- проектирование без объекта как процесс или образ самой жизни [4].

Главное требование состоит в том, чтобы всякий, кто вступает в междисциплинарное сотрудничество, достаточно ясно понимал критерии, которыми руководствуются в своих решениях его коллеги. Новые методы проектирования и призваны способствовать коллективному творчеству. Важный момент заключается в том, что такие методы позволяют сотрудничать до возникновения концепции, сформулированной идеи, случайного эскиза, до появления "проекта".

Указанное требование и пути его решения осуществляются методом синектики (англ. Synectics – совмещение разнородных элементов) – методом исследования, основанным на социально-психологической мотивации коллективной интеллектуальной деятельности, предложенным В.Дж. Гордоном. Синектика является развитием и усовершенствованием метода мозгового штурма.

При синектическом штурме допускается критика, которая позволяет развивать и видоизменять идеи. Этот штурм ведет постоянная группа, члены которой постепенно привыкают к совместной работе, перестают бояться критики, не обижаются, когда кто-то отвергает их предложения.

В методе применимы четыре вида аналогий – прямая, символическая, фантастическая, личная:

- при прямой аналогии рассматриваемый объект сравнивается с более или менее похожим аналогичным объектом в природе или технике;
- символическая аналогия требует в парадоксальной форме сформулировать фразу, буквально в двух словах отражающую суть явления;
- при фантастической аналогии необходимо представить фантастические средства или персонажи, выполняющие то, что требуется по условиям задачи;
- личная аналогия (эмпатия) позволяет представить себя тем предметом или частью предмета, о котором идет речь в задаче. Такое

перевоплощение значительно уменьшает инерцию мышления и позволяет рассматривать задачу с новой точки зрения.

Проектировщики не осознают, что им надо научиться отличать утверждение, которое они считают истиной, от утверждения, истинность которого может быть доказана, а ученые в области естественных наук, математики и другие специалисты не сознают, что задача, которая кажется им четко сформулированной, может утратить смысл в новых ситуациях, которые непрерывным потоком проходят перед мысленным взором любого опытного проектировщика.

Трудно ожидать, чтобы невидимые, но сложные барьеры между разными профессиями и специальностями можно преодолеть одной лишь методологией. Главное требование состоит в ясном понимании критериев всеми, кто вступает в междисциплинарное сотрудничество. Тогда на смену взаимному непониманию узких специалистов придут обширные и во многом совпадающие интересы специалистов широкого профиля. Только так можно преодолеть межличностные барьеры и использовать богатство человеческого опыта и знаний для осуществления все более насущной и актуальной задачи планирования и проектирования искусственной среды будущего [4].

С точки зрения науки для проектирования искусственной среды будущего следует использовать пожалуй без исключения все ее разделы и направления, включающие результаты теоретических и экспериментальных исследований. Например, так как техническим расчетом определяются особенности широкого круга таких искусственных систем, как кузова автомобилей, рабочие органы дорожных и строительных машин, корпуса кораблей, поверхности летательных аппаратов, лопатки турбин и многое другое, вплоть до изделий бытовой техники, одежды, обуви, мебели, малых и больших архитектурных форм и т.п., то именно этот класс поверхностей является основным предметом познания и творческих устремлений конструкторов, дизайнеров и проектировщиков.

С другой стороны, изучая морфологию существующего объекта, естествоиспытатель прибегает к его непосредственному восприятию, а также к инструментальному исследованию при помощи микроскопа, лазера, томографа, телескопа и т.д. В итоге он получает объективную информацию о том, из каких конкретных элементов состоит этот объект и какими связями и отношениями эти элементы объединяются в единое целое, интегрируя собой форму той локальной части пространства, которую они занимают [1].

Имеются парадоксальные примеры. Так, в 1961 году ученый-метеоролог Эдвард Лоренц, используя компьютер в предсказаниях погоды, пришел к выводу, что даже минимальное изменение начальных условий в любом непериодическом процессе приводит к непредсказуемым результатам. Он сформулировал следующий "эффект бабочки": "Движение крыла бабочки в Перу через серию непредсказуемых и взаимосвязанных событий может усилить движение воздуха и, в итоге, привести к урагану в Техасе" [50]. Об этом же писал знаменитый математик Анри Пуанкаре: "Совершенно ничтожная причина, ускользающая от нас по своей малости, вызывает значительное действие, которое мы не можем предусмотреть" [51]. Эти ситуации являются разновидностями причинности как одной из форм всеобщей взаимосвязи явлений объективного мира, где под причиной понимается явление, которое так связано с другим явлением-следствием, что они взаимно обуславливают существование друг друга. Только они становятся явлениями хаоса, когда в содержании причины не учитываются ее ничтожно-малые элементы, что приводит к неожиданным или непредсказуемым последствиям. Этим объясняются различного рода техногенные и экологические катастрофы, вызываемые ошибками в расчетах, не учитывающих малозаметные, но реально существующие факторы воздействия на конструкцию (обрушение купола в Истре из-за его низкой морозоустойчивости или покрытия спортивно-развлекательного центра "Трансвааль" в Москве из-за недооценки величины снеговой нагрузки и др.). Взрыв 4-го энергоблока Чернобыльской АЭС был вызван несовершенством автоматики, обеспечивающей его безопасность, а колоссальное количество выхлопных газов разрушает озоновый слой Земли и вызывает глобальное потепление с его непредсказуемыми последствиями. Поэтому ничего случайного нет. Лоренц в своей модели погоды кроме хаотичности обнаружил некий порядок, выдающий себя за случайность, который предстоит познать.

Процесс постижения сути природных объектов и явлений основан на взаимосвязи мысленных и натуральных экспериментов. Первые вырабатывают научные концепции, вторые подтверждают или опровергают их истинность. История научной мысли иллюстрирует цепь этих подтверждений и опровержений.

Теория хаоса революционна, основана на "возможностях" Канта и никогда не прекращающихся изменениях Гераклита. Хаос свидетельствует, что нелинейное мышление приводит к более точному по-

ниманию нестандартных ситуаций, что законы природы являются гибкими, а не строгими, и это позволяет исследователям сосредотачивать внимание на особенностях процесса, а не на его содержании, так как они при этом имеют возможность учитывать и использовать те данные, которыми классическая наука пренебрегала как случайными.

Теория хаоса опровергает прежние традиционные взгляды ученых на Вселенную. Ее старый "часовой механизм" неадекватен реальности. Прежние законы оказались вероятностными. Ранее считалось, что, зная все первоначальные условия, можно делать точные прогнозы на будущее, так как Вселенной управляют неизменные законы. Однако оказалось, что в силу своего саморазвития, являясь всеобщими, такие законы значительно более свободны. Как считает крупнейший физик Пол Дэвис, у природы "нет детального плана, а только набор законов, обладающих встроенной возможностью приводить в действие интересные механизмы. Вселенная вольна создавать себя по мере своего развития. Предначертана общая схема развития, но не детали. Таким образом, существование разумной жизни на определенном этапе неизбежно – оно прописано, так сказать, в законах природы" [52].

Действительно, зная законы природы, мы можем точно предсказать смену времен года, продолжительность каждого светового дня в году, время наступления солнечных и лунных затмений, парадов планет, звездопадов и комет, но не можем точно предсказать погоду на неделю, особенно в условиях наступающего глобального потепления.

Одним из инструментов теории хаоса, используемых для изучения природных объектов, хаотичных с точки зрения евклидовой геометрии и линейной математики, является теория фракталов, способная описать эти объекты. Фракталы встречаются везде, где отсутствуют объекты с евклидовой структурой. Объекты же Гераклитовой природы, не описываемые евклидовой геометрией, описываются геометрией фрактальной.

Понятие фрактал (от лат. *fraktus* – расколотый, раздробленный, состоящий из фрагментов), ввел в 1975 г. бельгийский ученый польского происхождения Бенуа Мандельброт для обозначения нерегулярных, но самоподобных природных структур. В своей работе он использовал работы таких ученых, как Пуанкаре, Жюлиа, Кантора, Хаусдорфа и других, работавших в 1875 – 1925 гг. в этой области. Поначалу такие структуры воспринимались как патологии в природе

и известный математик Шарль Эрмит окрестил их "монстрами". Но Мандельброт, заинтересовавшись ими, стал исследовать их появление и свойства. Он отыскивал нишу для имевших дурную репутацию множеств Кантора, кривых Пеано, функций Вейерштрасса и их многочисленных разновидностей, которые считались нонсенсом. Он и его ученики открыли много новых фракталов, в частности, фрактальное броуновское движение для компьютерного моделирования лесного и горного ландшафтов, облаков, морских волн и легкого представления любых неевклидовых объектов, образы которых весьма похожи на природные [1].

Одним из основных свойств фракталов является их самоподобие. В самом простом случае небольшая часть фрактала содержит информацию обо всем фрактале.

Рождение фрактальной геометрии связано с выходом в 1977 г. книги Мандельброта "Фрактальная геометрия природы", в которой автор дает определение фрактала как "структуры, состоящей из частей, которые в каком-то смысле подобны целому" [53]. Но бесконечное дробление и подобие мельчайших частей целому – это принцип "устройства" природы. Мандельброт объясняет сущность этого процесса на примере вычисления длины береговой линии или любой национальной границы.

По Евклиду длина береговой линии вообще неизмерима. Если бы линия побережья, допустим, Норвегии, имела закономерную евклидову форму, то ее длина определялась бы точно. Но в природе эта горизонтальная плоская линия, изрезанная фигурами фьордов, имеет совершенно незакономерную, т.е. фрактально-хаотическую форму.

По мнению Мандельброта, результат измерения длины береговой линии зависит от величины единицы измерения. Ведь процесс измерения чего бы то ни было является процедурой сопоставления длины измеряемого элемента с длиной единицы измерения. Если такой единицей будет метр или фут, то результат получится менее точным в сравнении с результатом измерения миллиметрами или дюймами. Но и в последнем случае из поля внимания измеряющего исчезнут такие элементы береговой линии, как мелкая галька и песчинки в неисчислимом количестве, и результат измерения окажется приблизительным. Другими словами, чем меньше цена деления мерительного инструмента, тем большее число сопоставимых с ней элементов объекта можно измерить. Но проблема в том, что природные объекты дробятся до бесконечности и процесс измерения бесконечно-

большого количества бесконечно малых элементов бесконечно-малыми единицами измерения займет бесконечно-большое время и выдаст бесконечно-большой интегральный результат.

Таким образом, береговая линия является представителем класса объектов, имеющих бесконечную длину в конечном пространстве.

Слово "синергетика" происходит от греческого "*sinergia*" – содействие, сотрудничество. Синергизм означает совместное функционирование органов и систем. В широкое употребление термин "синергетика" ввел в 70-е годы XX века немецкий физик Г. Хакен, определив ее как науку о саморазвитии или самоорганизации нелинейных систем.

Классическая наука базировалась на лапласовском детерминизме, т.е. на полном исключении неопределенности, на простоте и линейности, что с современной точки зрения несовершенно, т.к. из рассмотрения исключается ряд важных факторов, и в первую очередь время и случайность. На этой основе сформировался линейный тип научного мышления, понимавший хаос как деструктивное начало мира, исключавшее из научных теорий случайность как второстепенный фактор, воспринимавший неравновесность и неустойчивость как досадные неприятности, подлежащие преодолению и т.п. При этом развитие понималось как линейное, поступательное, без альтернатив, и, в силу детерминистской парадигмы – однозначно предсказуемым. Вместе с бурным развитием статистических исследований линейный тип научного мышления стал переходить к вероятностному стилю. Квантовая механика завершила коренной поворот к новой картине мира, в котором вероятность, а значит и случайность, приобрели статус важных категорий, т.к. было осознано, что случайность и неопределенность коренятся в самой природе вещей.

К очередному изменению научного мышления ведет интенсивное развитие системных исследований и кибернетики. Новый системный стиль мышления не отвергает вероятностное видение мира, но дополняет его такими важнейшими элементами как сложность, структурность, целенаправленность. Современная наука непосредственно соприкасается с системно-структурным подходом, с идеями системного анализа, в ходе развития которого разрабатываются обобщающие идеи, имеющие значение для современной теории познания: идеи уровней, иерархии, субординации во внутреннем строении и детерминации материальных систем, их автономности относи-

тельной независимости, неопределенности и случайности в поведении и функционировании [54].

Синергетику можно рассматривать как современный этап развития идей кибернетики и системных исследований. При этом кибернетика имеет абстрактно-математический характер, т.к. абстрагируется от конкретных материальных форм, а синергетика – менее формализованный характер, т.к. занимается исследованием физических основ формирования структур [55].

Основными для кибернетики и общей теории систем являются понятия "информации" и "информационного подхода", а в центре внимания синергетики – представления о механизмах организации и самоорганизации материальных нелинейных систем. Ведь в нелинейном мире справедливы иные принципы формирования объединения и развития структур, их ускорения и эволюции, которые не могут быть раскрыты за счет расширения классических подходов.

Поэтому синергетика, понимающая общую теорию систем как теорию возникновения, существования, преобразования и развития систем природы, общества и мышления, обращает особое внимание на понятие развития и связанные с ним понятия саморазвития и самоорганизации открытых неравновесных систем, о выборе направлений дальнейшей эволюции в так называемых точках бифуркации (точках принятия решений), о существенной и конструктивной роли случайности в этих процессах [56].

В сравнении с кибернетикой, которая оценивает количество информации, синергетика определяет качество информации или ее ценность. Синергетика изменяет многие привычные представления, подвергая радикальной критике стереотипы линейного классического мышления. Она учит видеть мир по-другому, поражает необычными идеями и представлениями, "поворачивая магический кристалл знания иной гранью" [57].

Еще М. Хайдеггер писал: "Когда рушится все, наступает час философии". Картина мира, которая строилась на протяжении столетий развития классической и неклассической (квантовой и релятивистской физики) наук, как до эволюционная парадигма сейчас существенно меняется. Вновь всплывают и оказываются в фокусе философские, общекультурные и даже мифологические смыслы чисто внутри научных проблем.

Синергетический стиль мышления представляет собой современное состояние пост неклассического системного и кибернетиче-

ского мышления, многие элементы которого подвергаются существенной переделке. Для того, чтобы сформулировать его основные принципы, необходимо погрузить синергетику в среду наследия человеческой культуры, "высветить синергетический кристалл знания под разнонаправленным светом культурных и мировоззренческих традиций Востока и Запада, чтобы сделать понятными и доступными основные ее идеи и представления" [57].

Несмотря на всю свою новизну, синергетика как способ видения мира и стиль мышления выросла на почве предыдущих стилей научного мышления – детерминистского и вероятностного, и несет в себе элементы того и другого. Синергетический стиль мышления представляет собой некоторый синтез позитивных элементов детерминистской и вероятностной картин мира. Действительно, динамичность как однозначная предопределенность и статичность или, в синергетике, стохастичность, случайность, – это характеристики двух различных уровней развития и самоорганизации системных объектов, т.е. уровня системы как целостности и уровня его элементного строения. Динамичность – фундаментальное качество развития системы как целого, ибо оно связано с однонаправленностью, однозначной детерминированностью развития открытых и неравновесных систем между точками бифуркации или точками выбора путей эволюции. А статичность (стохастичность, случайность) – такое же фундаментальное качество системы, но относящееся к уровню ее элементного строения.

В точках бифуркации в состоянии неустойчивости системы возникающие флуктуации, т.е. мгновенные отклонения величин от их средних значений, приобретают макроскопические величины. Тогда хаотические процессы на микроуровне (уровне элементов системы) как бы "пробиваются" на ее макроуровень и приобретают значимость для всей системы в целом. Флуктуации вносят в картину развития системы определенный элемент неопределенности, определяя выбор одного направления эволюции из целого спектра возможных направлений.

В свою очередь, крупнейшие ученые современности И. Пригожин, Б. Мандельброт, С. Смейл и Г. Хакен обнаружили, что на границе между конфликтами противоположных сил стоит не рождение хаотических структур, как считалось ранее, а происходит спонтанное возникновение самоорганизации порядка более высокого уровня. Более того, структура этой самоорганизации не статична, а постоянно изменяется.

Синергетика позволяет снять некие психологические барьеры, страх перед сложными системами благодаря тому пониманию, что сложные социоприродные системы являются открытыми и нелинейными и могут описываться небольшим числом фундаментальных идей и образов, а также математических уравнений, определяющих общие тенденции разворачивания процессов в них.

Синергетика показывает, что открытые и нелинейные системы способны к самоорганизации. Их открытость означает наличие в них источников обмена веществом и энергией с окружающей средой. Их нелинейность, описываемая математически системой нелинейных уравнений, приобретает физический смысл соответствия множеству их решений множества путей эволюции исследуемой системы.

Основная движущая идея Людвиг фон Берталанфи, основателя общей теории систем, состояла в том, чтобы сделать достояния разных научных дисциплин доступными и сравнимыми, взаимно обогащающими друг друга. Современная наука в лице синергетики идет именно этим путем [1].

Современная наука стала развиваться со времен великого Ньютона, когда "научный метод", унаследованный от Аристотеля и провозглашенный Ф. Бэконом, стал общепризнанным методом научных исследований и открытий. Крупные ученые, опираясь на этот метод, исследовали Природу и, экспериментируя, получали новые результаты, однако не все из них поддавались разумному объяснению.

Кроме знаний, полученных на основе материалистической науки и приборном эксперименте, наша цивилизация имеет многотысячелетний опыт получения знаний на основе мысленного эксперимента, проводимого в состоянии глубокой медитации. Информация, получаемая таким образом, преобразовывалась сознанием адепта в слуховую, визуальную, кинестетическую форму, которая затем трансформировалась в произведения искусства, философскую доктрину, физическую или математическую теорию или в разновидность общественной деятельности.

Фактически вся ортодоксальная наука была создана также на базе той информации, которые такие ученые, как Галилей, Ньютон, Максвелл, Менделеев, Эйнштейн, Бор, Гейзенберг, Мальденброт и др. получали из информационного поля Вселенной и преобразовывали в конкретные физико-математические конструкции. Многие из полученных знаний удалось подтвердить экспериментально, но далеко не все. Поэтому наука подошла к XX столетию с большим количест-

вом наработанного, но необъяснимого (в рамках старой парадигмы) материала. XX век вошел в историю науки благодаря трем фундаментальным открытиям, полностью изменившим наше представление о мире. Это теория относительности, квантовая механика и теория хаоса, которая включает в себя информатику, кибернетику, голографию, нелинейную динамику и фрактальную геометрию.

В истории науки ничто не предвещало создания теории относительности. Ученых занимали четыре элемента, которые считались не связанными друг с другом: масса, энергия, пространство и время. Заслужкой Эйнштейна является его идея о единстве пространства и времени и о взаимобратимости вещества и энергии, которые не различаются между собой [50].

Эти идеи привели к овладению атомной энергией и коренному изменению научных представлений о мире. Вывод Эйнштейна о скорости света в 300000 км/сек. как о предельной величине скорости материи в пространстве был опровергнут квантовой механикой. Оказалось, что электрон, двигаясь с невероятной скоростью, превышающей скорость света, может находиться одновременно в двух местах, что противоречит логике Аристотеля.

Реальный мир элементарных частиц и Вселенной оказался не подчиняющимся классическим законам, полным парадоксов, которые следовало разрешить. В 1965 г. Джон Стюард Белл опубликовал теорему "О нелокальности причин", которая гласит, что отдельные причины различных событий не могут быть изолированы друг от друга, что все во Вселенной взаимосвязано, что изолированных систем не существует и что вся система, подсистемы которой разделены огромными расстояниями, между которыми отсутствуют сигналы, поля, силы, энергии и т.д., функционирует как Единая Система.

Американский исследователь Давид Бом пошел дальше Белла. По его утверждению, реальность едина и представляет собой неделимую целостность, лежащую в основе материи и сознания, поставляющую исходный материал для всех проявленных сущностей и событий. Она, как самоорганизующаяся система, порождает, поддерживает и контролирует все, в ней происходящее путем постоянной связи со всем в глубинной структуре целого [50]. То есть, по Бому, все во Вселенной не только взаимосвязано, но в действительности является одной и той же сущностью.

Изложенные краткие сведения из науки свидетельствуют о неразрывной ее связи с проектированием. По сути, наука на основе ре-

шаемых в проектировании проблем разрабатывает методологию по созданию искусственного мира.

Интенсификация научно-технического труда и сокращение затрат по всему циклу "исследование – проектирование – подготовка производства" является жизненно важным условием ускорения темпов и повышения эффективности научно-технического прогресса, куда входит также автоматизация обработки данных и планирование экспериментальных исследований, автоматизированное проектирование новых технических средств, включая конструирование и технологическую подготовку производства.

Наука является наиболее эффективной сферой капиталовложений. В мировой практике принято считать, что прибыль от капиталовложений в нее составляет 100 – 200%, что намного выше прибыли любых отраслей. По данным зарубежных экономистов, на один доллар затрат на науку прибыль в год составляет 4 – 7 долл. и больше. В нашей стране эффективность науки также высокая. На 1 грн, затраченную на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, прибыль составляет 3 – 8 грн.

## **2.5. Нормативно-методическое обеспечение**

Нормативы (нормы) относятся к законодательным документам, устанавливающим порядок и соответствующие требования к выполнению каких-либо работ, строительству зданий и сооружений, изготовлению изделий, комплектующих и др. Эти документы разрабатываются на государственном уровне либо для различных отраслей промышленности. Методики (иногда инструкции) относятся к выполнению каких-либо расчетов, учитывающих различные требования нормативных документов. Методические и инструктивные документы могут носить рекомендательный характер. Разрабатываются они на уровне отраслей промышленности, как правило, научно-исследовательскими или проектными институтами.

Технический комитет (ТК) Украины "Будтехнормування" ежегодно публикует официальное издание "Перечень действующих в Украине нормативных документов в отрасли строительства" (далее – Перечень), который ежегодно пересматривается. В составе Перечня приведены сокращения, по которым можно представить объем информационного массива только по строительству (см. табл. 2.1). Кроме этого, для отраслей промышленности действуют: междуна-

родные стандарты; единая система конструкторских документов (ЕСКД); система стандартов безопасности труда (ССБТ); единая система технологических документов (ЕСТД); система показателей качества продукции (СПКП); государственная система измерений (ГСИ); отраслевые стандарты (ОСТ); технические регламенты (ТР); технические условия (ТУ); регламенты Кабинета Министров (РКМ); различные нормативные акты (НА), например, по паспортизации (положения, правила, методики, рекомендации) – 15 наименований, по лицензированию – 11 наименований, нормативные акты органов надзора – 31 наименование; санитарные нормы (СН); ведомственные нормы – 348 наименований (Гражданстрой – 14, Минтрансстрой – 62, Водстрой – 13, Миннефтегаз – 25, Минэнерго – 84, Минобороны – 17 и др.); "Порядок разработки, согласования и утверждения норм технического проектирования" – 23 наименования; "Положение о проектной организации – генеральном проектировщике" – 28 наименований; 151 наименование различных пособий к нормативным документам и многие другие материалы.

Общее количество нормативных документов (правил, инструкций, ГОСТов и др.) исчисляется десятками тысяч наименований. Издания последнего периода представляются на электронных носителях. Для управления массивами нормативных документов в проектных организациях, конструкторских учреждениях, научно-исследовательских институтах создаются специальные подразделения (отделы, группы). На эти подразделения возлагаются также задачи информационного обеспечения процесса проектирования.

Проблема состоит не в огромном информационном массиве, а в постоянном его изменении, дополнении и ликвидации отдельных документов. К сожалению, в настоящее время еще пока действуют различные нормативные документы со времен уже несуществующего СССР. Однако, может быть, все это не так трагично. Дело в том, что организация выполняет функции, относящиеся не к проектированию вообще, а к каким-то конкретным объектам. Например, ДП "Днепрогипрошахт" проектирует угольные шахты, поэтому для него определены основные нормативные документы в количестве только 168 наименований (смотри приложение А). Это не означает, что такому коллективу специалистов не потребуется другая информация, однако она уже будет приобретаться дополнительно.

Таблица 2.1

**Условные сокращения, приведенные в "Перечне действующих в Украине нормативных документов в отрасли строительства"**

<b>Сокращение</b>	<b>Наименование документа</b>
МГС	Межгосударственный Совет по стандартизации, метрологии и сертификации
МНТКС (укр. – МНТКБ)	Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве
МСН	Межгосударственные строительные нормы (межгосударственный НД)
МРД	Межгосударственный руководящий документ (межгосударственный НД)
ПМГ	Правила по межгосударственной стандартизации (межгосударственный НД)
ДБН	Державні (національні) будівельні норми України
ВБН	Відомчі будівельні норми України
ДСТУ	Державний (національний) стандарт України
ДСТУ-Н (П)	Державний (національний) стандарт України (Н – настанова, П – пробний)
СОУ	Стандарт організації України
ГСТУ	Галузевий стандарт України (різних відомств)
КНД	Керівний нормативний документ (різних відомств) України
КДП	Керівний документ-положення (колишнього Держжитлокомунгоспу) України
ГІД	Галузевий інформаційний документ Мінпаливенерго України
ГКД	Галузевий керівний документ (різних відомств) України
ГНД	Галузевий нормативний документ (різних відомств) України
НД	Нормативний документ (галузевий) Мінтрансу України
СНиП (укр. – СНіП)	Строительные нормы и правила (НД бывшего СССР)
РНиП	Реставрационные нормы и правила (НД бывшего СССР)
СН	Строительные нормы (НД бывшего СССР, в т.ч. бывшей РСФСР)
РСН	Республиканские строительные документы (НД бывших УССР, РСФСР)
ВСН	Ведомственные строительные нормы (ведомственные НД бывшего СССР, в т.ч. УССР, РСФСР)
ГОСТ	Государственный стандарт (аббревиатура обозначающая как государственный стандарт бывшего СССР, так и современный международный стандарт)
ГОСТ Р	Государственный стандарт Российской Федерации
СТ СЭВ (укр. – СТ СЕВ)	Стандарт Совета Экономической Взаимопомощи (НД бывшего СССР)
РСТ	Республиканский стандарт (НД бывшего СССР)
РД	Руководящий документ (НД бывшего СССР, в т.ч. РСФСР)
РУ	Руководящие указания (НД бывшего Минэнерго СССР)
ОНТП	Общесоюзные нормы технологического проектирования (НД бывшего СССР)
ВНТП	Ведомственные нормы технологического проектирования (ведомственный НД бывшего СССР / сучасний відомчий НД України)
ГР	Галузеві рекомендації Мінпромполітики України
ПУЭ (укр. – ПУЕ)	Правила устройства электроустановок (НД бывшего Минэнерго СССР)
НПАОП (ДНАОП)	Нормативно-правовий акт з питань охорони праці України
НАПБ	Нормативно-правовий акт з питань пожежної безпеки України

Сокращение	Наименование документа
стандарт ISO	Міжнародний стандарт (Міжнародної організації з стандартизації – ISO)
стандарт EN	Європейський стандарт (Європейського комітету з стандартизації – CEN)
стандарт NF	Національний стандарт Франції
БСТ	"Бюллетень строительной техники" (периодическое официальное издание бывшего Госстроя СССР)
ИУС	"Информационный указатель стандартов" (периодическое официальное издание бывшего Госстандарта СССР)
ПС	Інформаційний покажчик "Стандарти" (періодичне офіційне видання Державного комітету України з питань технічного регулювання та споживчої політики)
ІБ МРБУ; ІБ ДУ; ІБ МБУ	Інформаційний бюлетень Мінрегіонбуду України (раніше – Держбуду, Мінбуду)
БіС	Інформаційно-аналітичний огляд – журнал "Будівництво і стандартизація"
БУ	Виробничо-технічний журнал "Будівництво України"

## 2.6. Техническое и программное обеспечение

К настоящему времени (2012 г.) разработаны и используются многочисленные технические устройства, комплексы и программные продукты, предназначенные для проектирования. В качестве примера ниже приведены некоторые технические устройства и программы, используемые при проектировании различных объектов и изделий.

### *Технологии сканирования*

В последние годы разрабатывается огромное количество проектов реконструкции и модернизации производства. Многие заводы и объекты энергетики были запроектированы и построены в советские времена. Практически на всех реконструируемых предприятиях, заводах, объектах электроэнергетики по самым разным причинам отсутствует актуальная и достоверная информация о строительных конструкциях, инженерных коммуникациях, кабельных каналах и т.п. Но для проектов реконструкции такая информация нужна! Разумеется, можно решить задачу традиционными методами: вывести на промплощадку геодезистов и попросить их сделать съемку текущего состояния. Если задача сводится к выполнению десятка замеров – это, наверное, лучший выход. Но что делать, когда таких замеров требуются тысячи, а то и десятки тысяч? Традиционные методы не годятся – работа растянется на годы. Для подобного рода ситуаций существуют современные методы наземного лазерного сканирования, которые минимизируют затраты на полевые работы и позволяют получить наиболее достоверную информацию об объекте реконструкции или

модернизации. Но и здесь есть проблемы: результатом сканирования являются точки – много точек, миллионы точек. И чтобы превратить эти миллионы точек в качественные исходные данные для проектов реконструкции необходимо преобразовать их в трехмерную модель. Причем не в простую, а в такую, где каждый объект будет нести информацию о себе. Кроме того, должна быть возможность специфицировать эту модель и получить чертежи. Именно такая технология воссоздания трехмерной модели была внедрена в ЗАО "Геостройизыскания". Эта технология объединила лазерное сканирование и трехмерное моделирование средствами Model Studio CS [58].

Интеллектуальные трехмерные модели представляют собой информационную систему, основанную на трехмерной модели проектируемого или действующего производства, выполненной в Model Studio CS с набором необходимой информации. Другими словами, это модели, объединяющие графику и атрибутивную информацию по каждому элементу в составе модели, а также дополнительную информацию в виде чертежей, текстовых и табличных документов, без данных, электронных фотографий и т.д.

При использовании Model Studio CS интеллектуальная модель проектируемого производства может быть получена автоматически. Если же требуется построение достоверной и актуальной трехмерной интеллектуальной модели уже существующих производств, то лучшим решением является использование технологий лазерного сканирования, принятых как основа всего процесса.

Технология основана на системе лазерного сканирования с постобработкой результатов сканирования средствами интерактивного трехмерного моделирования Model Studio CS (разработчик этого программного комплекса – компания CSoft Development). Совмещение современных методов наземного лазерного сканирования с инструментальными средствами Model Studio CS позволило получить высококачественную трехмерную модель существующего объекта.

Современные инновационные технологии лазерного сканирования и трехмерного интерактивного моделирования оказываются особенно ценными при модернизации действующего производства, на этапе подготовки проектов реконструкции, при ремонтных работах, разработке проектов демонтажа и утилизации сложных технологических установок и производств, а также в комплексных проектах новых производств в условиях сложного окружения. Высокая достоверность лазерного сканирования в сочетании с прекрасными средства-

ми моделирования позволяет получить за беспрецедентно короткий срок высококачественные исходные данные для проектирования самых современных производств.

Для построения трехмерной модели поверхности рельефа и автоматизированного получения высококачественных топографических планов, генеральных планов и других документов, необходимо использование специальных программных средств. В арсенале CSoft Development имеется целая линейка программных продуктов для обработки данных изысканий и формирования документации – серия GeoniCS. В процессе реконструкции или модернизации промышленного объекта роль такой модели трудно переоценить: при заменах оборудования, новых компоновочных решениях и других изменениях проекта она обеспечивает возможность оценить изношенность конструкции и ее несущую способность, что позволяет принять адекватные и обоснованные инженерные и экономические решения.

При совместном использовании Model Studio CS и инструментов обработки "облака точек" значительно упрощается работа даже с такими сложными для измерения объектами, как трубопроводы. По облаку точек автоматизировано строятся осевые трубопроводы, которые затем могут быть преобразованы в трубопровод Model Studio CS, после чего происходит насыщение деталями: уточнение положения арматуры, деталей, швов и т.п. На основе полученной интеллектуальной модели можно сгенерировать чертежи и спецификации, проверить эргономику, выполнить анализ текущего состояния трубопровода средствами программ прочностного расчета, а также использовать модель для создания информационных систем.

Технология лазерного сканирования и средства обработки модели могут в полном объеме применяться для всех типов систем: водоснабжения, канализации, отопления, вентиляции и других (при условии, что системы находятся в зоне видимости сканера). Технология обработки модели ничем не отличается от технологии сканирования оборудования и систем трубопроводов.

Лазерное сканирование, применяемое при формировании моделей кабельных конструкций, позволяет значительно сократить время прокладки кабелей по реконструируемым или новым кабельным конструкциям. После создания кабельных конструкций можно, используя средства Model Studio CS, автоматически проложить новые или перепроложить существующие связи на виртуальной модели и получить кабельный журнал.

Построение интеллектуальных трехмерных моделей действующих подстанций и открытых распределительных устройств сопряжено с опасностями, связанными с наличием высоковольтного оборудования. Соответственно, требуется минимизировать этап полевых измерений. Кроме того, при традиционной съемке на таких объектах существуют проблемы доступа к многочисленным проводам и тропам, а зрительное восприятие результатов съемки затруднено. В то время как интеллектуальные трехмерные модели используются на различных этапах жизненного цикла промышленных объектов [58].

#### *Консолидация графических станций*

Компания DEPO Computers в настоящее время является крупнейшим производителем графических станций в России. Корпоративный рынок движется в направлении консолидации и виртуализации систем, "облачных" сервисов. Первоначально технология виртуализации и консолидации систем была реализована на обычных пользовательских персональных компьютерах (ПК). Идея заключалась в том, чтобы перенести все основные вычислительные ресурсы и приложения в центры обработки данных (ЦОД) и предоставлять доступ к ним пользователям с применением "тонких клиентов" или различного рода терминалов. Данная идея весьма логична, поскольку консолидация и виртуализация вычислительных ресурсов – это удобства обслуживания и максимальная эффективность их использования, поскольку такие технологии предоставляют возможность перераспределения вычислительных ресурсов в зависимости от потребности.

С точки зрения пользователя консолидированная система выглядит совершенно прозрачно, то есть пользователь работает точно так же, как если бы это была обычная графическая станция. Различие заключается лишь в том, что на столе пользователя стоит только миниатюрный "тонкий клиент", а сама графическая станция удалена от пользователя и располагается в ЦОД, который может быть как локальным, то есть в рамках сети предприятия, так и удаленным, и тогда доступ к нему реализуется через Интернет.

Самая главная составляющая решения для консолидации графических станций – это технология, позволяющая работать с удаленной графической станцией через терминал точно так же, как если бы это была локальная станция [59].

#### *Численное моделирование*

Производители испытывают серьезную потребность в сокращении сроков выпуска изделий на рынок. Компьютерное численное мо-

делирование позволяет рассмотреть больше вариантов конструкции за меньшее время. Данная методика зарекомендовала себя в качестве эффективной альтернативы испытаниям реальных опытных образцов. Предприятия стараются расширить сферу применения численного моделирования, внедряя его на самых разных этапах процесса разработки.

В ходе проектирования компании стремятся как можно быстрее получить конструкторский проект, по которому затем изготавливаются опытные образцы, испытываемые и оцениваемые на соответствие изделия заданным характеристикам. В результате в проект вносятся множество изменений, а ошибки конструктора часто не выявляются до момента испытания опытного образца. Это приводит к отставанию от графика проектных работ, резкому росту себестоимости, несоответствию изделий ожиданиям рынка и требованиям бизнеса, что, в свою очередь, приводит к росту риска неудовлетворенности заказчика и/или отзыва готовых изделий.

Во многих случаях конструкторы и расчетчики работают практически независимо друг от друга. Раньше это было вызвано тем, что расчетчики привлекались к работе только в том случае, если на испытаниях что-то ломалось, либо они выполняли окончательные расчеты на этапе утверждения конструкции перед выходом изделия на рынок. Даже при выполнении численного моделирования на более ранних этапах исполнители работают с множеством специализированных и не связанных друг с другом систем. При этом возникают избыточные данные и непроизводительные процессы, что в конечном счете приводит к росту временных затрат на проведение расчетов.

Подобный процесс является не только медленным и запутанным, но и создает прецеденты появления конструкций типа "и так сойдет". Такой подход явно устарел, поэтому предприятиям нужно переходить на новый уровень разработки изделий, более глубоко встраивая численное моделирование в процессе конструкторской подготовки производства. Это стало возможным благодаря внедрению более функциональных и лучше синхронизированных инструментов, предназначенных как для конструкторов, так и для расчетчиков. Подобные инструменты должны поддерживать параллельные процессы конструирования и численного моделирования [60].

Цель этого подхода – достичь такого уровня, когда численное моделирование будет выполняться синхронно с конструированием, в ряде случаев управляя им, а результаты расчетов будут влиять на все

принимаемые проектные решения. Необходима подготовка расчетных моделей (например, конечно-элементных) с точностью, требуемой на конкретном этапе проектирования.

В настоящее время в процессе подготовки производства используется широкий спектр программных средств. У конструкторов есть множество САД-систем, а у расчетчиков – целый ряд САЕ-приложений, в том числе поддерживающих параллельные расчеты различных физических явлений, электромагнетизма, газогидродинамики, прочностные расчеты методом конечных элементов, анализ усталостной прочности и разрушений, акустическое прогнозирование и оптимизацию конструкций. При проектировании на основе численного моделирования инженеры получают доступ к мощным средствам редактирования геометрии, например, к инструментам прямого моделирования и размерного проектирования. Новейшее достижение в этой области – уникальная синхронная технология, объединяющая скорость и гибкость прямого моделирования с точностью размерного проектирования. Эти инструменты позволяют инженерам легко редактировать модели и получать необходимую для численного моделирования идеализированную геометрию, не дожидаясь, пока данную задачу выполнят конструкторы. Таким образом, удастся быстро реагировать на изменения в конструкции, а также предлагать такие изменения на основе результатов расчетов.

Поскольку моделями и данными легко обмениваться, подобный уровень интеграции вселяет уверенность в принимающих проектные решения специалистов. Кроме того, им предоставляются единый пользовательский интерфейс и набор элементов модели, что размывает границы между конструктором и инженером-расчетчиком. Столь высокий уровень согласованности действий конструкторов и расчетчиков достигается при внедрении полнофункционального набора средств автоматизации, например NX от Siemens PLM Software. Продукт NX – это мощный набор интегрированных и управляемых систем конструирования, численного моделирования и технологического проектирования, помогающий предприятиям добиться роста производительности на всех этапах жизненного цикла изделий. Однако внедрение основанного на численном моделировании подхода требует перестройки всей культуры проектирования [60].

#### *Инжиниринговая деятельность*

Программный продукт CADElectro Energy – это инструмент, который позволяет существенно ускорить процесс подготовки конст-

рукторской документации, а также значительно сократить число ошибок при проектировании. Собственная графическая платформа обеспечивает лаконичность, понятность, простоту в освоении, быстрое обучение и внедрение. CADElectro Energy позволяет разрабатывать следующие конструкторские документы:

- "Схема электрическая принципиальная";
- "Перечень элементов";
- "Схема расположения";
- "Спецификация";
- "Таблицы соединений";
- "Кабельные журналы";
- "Ведомость драгоценных металлов";
- "Ведомость покупных изделий".

При этом используется постоянно пополняемая база данных условных графических обозначений (УГО), аппаратов, проводов, кабелей, клемм (свыше 25 тыс. наименований). Поддерживается возможность самостоятельного расширения базы данных компонентов с помощью специализированного редактора для внесения информации об электроаппаратах, а также свободного обмена каталогами между компаниями-пользователями.

"Схема электрическая принципиальная" представляет собой виртуальную логическую модель проектируемого изделия. На этапе проектирования принципиальной схемы производится ввод основной информации, описывающей аппараты и связи между ними. При этом все аппараты, клеммы и разъемы выбираются из библиотеки УГО.

Работа над "Схемами расположения" заключается в том, чтобы разместить электроаппараты и клеммные наборы в местах установки (на конструктивном устройстве). При этом типоразмеры аппаратов берутся из базы данных, где хранится реальное изображение аппарата. Автоматическая трассировка проводов происходит на основе анализа принципиальной схемы, расположения аппаратов, клеммных рядов и трасс. Система сама рассчитывает кратчайший маршрут, а вся информация отражается в таблице соединения и спецификации.

"Таблицы соединений" формируются в автоматическом режиме на основе данных схемы электрической принципиальной и схемы расположения оборудования [61].

#### *Линии электрических передач*

Программный продукт Model Studio CS ЛЭП – сертифицированное решение для расчета и выпуска полного комплекта докумен-

тов при проектировании воздушных линий электропередач (ЛЭП) всех классов напряжений (0,4 – 750 кВ) и воздушных оптоволоконных линий связи (ВОЛС) на стадиях строительства, реконструкции и ремонта. Программный комплекс разработан с учетом принятой технологии проектирования ЛЭП, поэтому, получив от изыскателей чертежи продольного профиля трассы, проектировщик, располагающий этим программным комплексом, может безошибочно и быстро выполнить на продольном профиле расстановку опор в заданном масштабе [62].

Программа позволяет производить любые операции с опорами: передвигать их, удалять, добавлять новые, изменять тип и марку и т.д. Все необходимое оформление осуществляет специализированная интеллектуальная система. В процессе расстановки опор выполняется механический расчет проводов и тросов. При этом учитываются не только свойства провода и климатические нагрузки, но и нагрузки от арматуры крепления, гирлянд и прочего оборудования. Кривая моделируется уравнением цепной линии, что позволяет повысить точность результатов расчета, например расчета больших переходов. Предусмотрена возможность добавления дополнительных расчетных режимов либо корректировки существующих.

Программный комплекс Model Studio CS ЛЭП позволяет оценить необходимость установки гасителей вибрации, определить точки их крепления на проводе и грозозащитном тросе. База данных имеет встроенную систему классификаторов и выборок, которые помогают быстро найти оборудование, изделия и материалы, ознакомиться с их характеристиками и разместить на модели.

В проектах могут применяться гирлянды, состав которых отличается от представленного в базе данных, поэтому для упрощения работы проектировщика предусмотрен специальный инструмент "Конструктор гирлянд". Он позволяет быстро создать новую гирлянду (с нуля или на основе существующей) с учетом степени загрязнения и напряжения линии.

Программный комплекс оснащен мощным инструментом проверки допустимых расстояний между объектами: опорами и пересечениями, проводами и пересечениями, проводами и грозотросом. При проверке модели на основе настроек, регламентирующих расстояния, осуществляется анализ коллизий между объектами и диагностируется факт нарушения допустимого расстояния.

Для удобства работы с моделью предусмотрен виртуальный спецификатор – специальное диалоговое окно, которое всегда доступно для просмотра и отображает состав модели в виде таблицы заданной формы. Будучи современной системой проектирования, Model Studio CS ЛЭП позволяет формировать и выпускать комплект проектной документации: чертежи, табличные документы в форматах MS Word, MS Excel и AutoCAD, адаптируемых под стандарт проектной организации, – с рамками, штампами, эмблемами и т.п.

Программный комплекс Model Studio CS позволяет проектировать трубопроводы внутриплощадочных, внутрицеховых и межцеховых систем, в том числе технологические трубопроводы, трубопроводы пара и горячей воды, системы водо- и газоснабжения, отопления, канализации и др.

Пакет "Открытые распределительные устройства" предназначен для разработки компоновочных решений в трехмерном пространстве подстанций, открытых распределительных устройств, выполнение расчетов гибкой ошиновки, выпуска проектной и рабочей документации (чертежей, спецификаций и т.д.), проектирования молниезащиты зданий, сооружений и открытых территорий промышленного и гражданского назначения.

Пакет "Кабельное хозяйство" предназначен для трехмерной компоновки кабельных конструкций любой сложности, трехмерной раскладки кабелей различных типов и различного назначения [62]. Рассмотрим этот пакет более подробно.

#### *Раскладка кабельных линий*

Все, кто сталкивался с кабельной раскладкой, согласятся, что от правильного решения этой важной и непростой задачи зависят надежность, безопасность и стабильность работы любого промышленного объекта. Самая большая сложность, знакомая любому проектировщику, занимающемуся кабельной раскладкой, – это наличие на промышленном объекте большого количества коммуникаций, технологического оборудования, канализации и вентиляции, имеющих приоритет перед кабельными конструкциями. Часто возникают ситуации, когда для кабельных конструкций на проектируемом объекте просто не остается места, приходится придумывать различные способы компоновки сооружений под раскладку кабелей, искать нестандартные решения или полностью менять направление трассы [66].

Главным и несомненным достоинством программы Model Studio CS Кабельное хозяйство является наличие всех предыдущих уни-

кальных функций, дополненных специализированными командами и функциями для раскладки кабелей, компоновки кабельных конструкций, получения и оформления разрезов и планов. Основное назначение программы – трехмерная компоновка кабельных конструкций и реальная раскладка кабелей различного назначения по этим конструкциям. Слово "реальная" хочется подчеркнуть особо: кабель трассируется и раскладывается в реальных размерах с учетом радиуса изгиба, при этом трехмерная визуализация процесса позволяет проектировщику оценить, как именно расположились кабели на кабельной конструкции. До сих пор далеко не всегда можно было с уверенностью утверждать, что именно происходит на поворотах, спусках, подъемах и в других сложных местах кабельных конструкций при прохождении по ним кабелей.

Проектирование кабельных конструкций осуществляется очень легко. Достаточно выбирать нужные детали из базы данных и размещать их на модели. Все кабельные конструкции представляют собой параметрические объекты. Например, достаточно потянуть лоток за "ручку" – и он растянется на требуемую длину, аналогично ведут себя и кабельные эстакады. Все это и ряд других уникальных функций обеспечивают максимальное удобство и скорость при проектировании кабельных трасс. Еще один важный момент: кабельные конструкции Model Studio CS можно копировать, перемещать, поворачивать – на них распространяются все функции и команды AutoCAD.

После того, как трассы проложены, спецификацию на кабельные конструкции можно вывести в требуемый формат выходного документа. Перечень и количество примененных изделий можно в реальном времени просмотреть непосредственно в программе – для этого предназначен специализированный инструмент, называемый спецификатором.

При условии, что проект компоновки оборудования выполнен, например, в Model Studio CS Трубопроводы или Model Studio CS ОРУ, трассировка и раскладка кабелей не займет много времени. Объясняется это тем, что все технологическое высоковольтное оборудование, размещаемое в программе, уже имеет специальные контакты для подключения кабелей. Но даже если такого проекта нет, компоновку оборудования можно выполнить средствами Model Studio CS Кабельное хозяйство, используя при этом либо трехмерную модель AutoCAD, либо обычный план расположения оборудования.

Все кабели подразделяются на группы; каждая из этих групп имеет свои условия раскладки, которые могут быть изменены проектировщиком. Достаточно выбрать из базы данных кабель, указать шкаф и оборудование, которое подключается к шкафу, а затем нажать "ОК". Программа определяет кратчайший путь по трассам от одного объекта до другого. На поиск пути действуют разного рода ограничения, такие как наличие на данной трассе ранее проложенных кабелей, тип, группа и марка проложенных кабелей, имеющееся место на полке или трассе для укладки кабеля, резервный или резервируемый кабель раскладывается и т.д. Можно раскладывать кабели последовательно, один за другим, отслеживая процесс их укладки, а можно выделить группу объектов и проложить сразу несколько кабелей. Программа содержит ряд функций корректировки и редактирования проложенных кабелей. Например, можно выбрать на модели кабель и переложить его на другую трассу или полку, либо запустить команду "Переложить", но при этом запретить прохождение данного кабеля по указанным трассам. Программа будет выдавать оптимальный результат, что позволит получить наилучшее проектное решение.

Кабельный журнал и спецификацию на кабели можно отслеживать в реальном времени или вывести в требуемый формат выходного документа. Получение плана кабельных конструкций и сечений по кабельным конструкциям с выносками, обозначениями, подписями также не составляет труда. Создается план, указываются места сечений, при этом программа автоматически проставляет выноски с позициями кабелей, проложенных в данном месте. По каждому сечению можно получить отдельный чертеж, разрез, на котором будут отображены кабельные конструкции и кабели.

Решение задачи кабельной раскладки сводится к решению именно инженерной задачи: как именно расположить кабельные конструкции, как разложить кабель и учесть все требования ПУЭ. При этом подсчет длины, количества конструкций и материалов программа Model Studio CS Кабельное хозяйство выполнит автоматически. Она берет на себя составление спецификаций – это довольно изнурительный и длительный процесс, который не требует творческих усилий, но всегда отнимает большую часть драгоценного времени инженера [66].

#### *Расчеты систем электроснабжения*

Одной из наиболее трудоемких задач при проектировании сетей ниже 1000 В является определение электрических нагрузок, расчет-

ных токов и токов коротких замыканий в сильно разветвленных цепях, что связано с разработкой нескольких вариантов схем для выбора лучшего по принятому критерию.

Для решения этих задач были опробованы инструменты программного комплекса EnergyCS Электрика, разработанного группой компаний CSoft. Внимательное изучение его возможностей на предмет внедрения программы в систему проектирования энергетических объектов позволило установить ряд существенных преимуществ [63]:

- EnergyCS Электрика позволяет получать качественное графическое изображение расчетной схемы с нанесенными результатами расчета;

- программный комплекс обеспечивает получение расчетных токов и мощностей, а также токов короткого замыкания, причем расчеты выполняются в единой модели;

- гибкость программного комплекса позволяет в довольно короткий срок просчитать разные варианты схем;

- имеется возможность вносить в справочник новые виды оборудования, кабелей и аккумуляторных батарей;

- при необходимости возможно документирование исходных данных и результатов расчетов в MS Word и AutoCAD;

- постоянное обновление программного комплекса и внесение в него дополнительных возможностей.

Проектирование конструктивно-силовых схем (КСС) представляет собой задачу структурно-параметрического синтеза, включающую синтез схемного решения и определение оптимальных параметров элементов схемы, а также является неотъемлемой частью общего процесса компоновки, например, самолета. Ее решение должно быть получено уже на ранних этапах, до начала крупномасштабной разработки конструкции, поскольку именно на этой стадии принимается большинство конструктивно-технологических решений. До сих пор поиск схемного решения нередко проводится эвристическими методами на основе субъективных мнений и опыта. Если при этом используются только упрощенные расчетные модели, то точность и достоверность выполняемых расчетов является невысокой [64].

Произошедшие в последнее время усложнение конструктивно-силовых схем и рост требований рынка к качеству проектирования привели к необходимости применения для решения этой задачи метода конечных элементов (МКЭ). Этот метод позволяет корректно смоделировать работу сложных конструкций, автоматизировать эле-

менты синтеза схемного решения, но в силу высокой трудоемкости и большой продолжительности подготовительно-заключительного цикла использовался широко лишь на более поздних стадиях проектирования.

Для формирования конструктивно-силовых схем высокой геометрической и топологической сложности в ОАО "ОКБ Сухого" создан специализированный программный комплекс, позволяющий широко использовать МКЭ благодаря автоматизации его базовых технологических процессов.

Программный комплекс представляет собой автоматизированную технологическую оболочку для решения задачи проектирования КСС, оснащенную набором программных средств разносторонней оптимизации параметров проектируемой конструкции. Такая организация позволяет пользователю легко оперировать необходимым набором оптимизационных алгоритмов, которые привлекаются к решению с использованием одних и тех же базовых подходов к моделированию конструкции, единых алгоритмов прочностных расчетов, единых подходов к обработке потоков входной и выходной информации.

Под автоматизированной технологической оболочкой понимается двухкомпонентная система, включающая:

- средства описания объектов (моделирующие средства) – структуры данных, позволяющие описывать объект проектирования таким образом, чтобы при этом реализовывалась максимальная возможность для автоматизации процесса решения задачи и снижения его трудоемкости;

- исполнительные средства – алгоритмы и программные модули, реализующие процедуры формирования и анализа КСС.

Ключевым компонентом моделирующих средств комплекса являются средства для описания структурного образа конструкции, определяющего внутренний состав объекта проектирования и способы соединения различных структурных звеньев (звеньев конструкции) между собой в единое целое. Являясь по сути своего рода каталогом звеньев конструкции, он определяет структуру остальных разделов моделирующих средств. Организация этого компонента в процессе проектирования позволяет:

- использовать любую требуемую степень детальности описания структуры объекта в соответствии с глубиной его проработки в процессе проектирования;

- оперативно отслеживать состояние структуры объекта.

С его помощью структура моделируемого объекта может быть построена на тех же уровнях иерархии, на которых базируется и структура реальной конструкции: детали, узлы, отсеки и агрегаты. Ее конфигурация для каждого конкретного объекта проектирования формируется индивидуально и может определяться как принципом конструктивно-технологического членения конструкции, так и другими соображениями. В зависимости от технологических потребностей процесса формирования КСС моделирующие средства позволяют наряду с перечисленными возможностями производить формирование "надструктурных" образований – вариантов конструкции и ее фрагментов. Таким образом, организация структуры носит сетевой характер, сочетая в себе признаки как иерархической подчиненности, так и функционального участия ее звеньев в различных вариантах конструкции. В целом она обеспечивает проведение всех необходимых мероприятий по проектированию объектов, включая действия по осуществлению структурных изменений, формированию разного рода выборок по оперируемым зонам в целях выполнения процедур оптимизации параметров конструкции, а также обеспечения процесса обработки результатов.

Базовыми элементами формирования КСС являются процессы, связанные с выполнением многочисленных расчетов линейного напряженно-деформированного состояния (НДС) конструкций, такие как построение расчетных конечно-элементных моделей (КЭМ), непосредственно расчеты и обработка результатов. Поскольку в настоящее время имеются готовые надежные средства, реализующие процедуру расчета, основными объектами автоматизации при разработке программного комплекса стали процессы построения расчетных КЭМ и обработки результатов расчета. Как известно, в МКЭ исследуемая конструкция моделируется системой конечных элементов, соединенных между собой в определенных точках – узлах модели, в которых выполняется условие совместности деформаций.

Исходными для построения КЭМ являются данные, которые по отношению к процессу формирования КСС можно разделить на две группы. Первая группа (внешние данные) – включает те данные, которые формируются вне процесса формирования КСС средствами сопредельных с ним процессов, в частности аэродинамической и объемно-весовой компоновки. Поскольку для решения этих задач используются различные автоматизированные средства; то их результа-

ты, как правило, представляются в виде файлов данных (исходные модели).

Ко второй группе (внутренние данные) относятся те данные, которые определяются непосредственно в процессе формирования КСС. Это могут быть различные параметры, задающие конфигурацию и положение основных силовых элементов, а также информация, локально переопределяющая внешние данные.

Для формирования конечно-элементных моделей реализован способ на основе применения промежуточной технологической модели конструкции – конструктивно-силовой модели. Идея привлечения промежуточной модели заключается в том, что ее вид выбран таким образом, чтобы при одних и тех же исходных данных были соблюдены следующие условия:

- трудоемкость процесса ее построения была бы существенно меньше, чем трудоемкость процесса построения КЭМ;
- переход от промежуточной модели к конечно-элементной мог быть автоматизирован;
- обеспечивалась бы достаточная идентичность процесса ее автоматизированного построения реальному процессу формирования КСС и при этом достигалась бы достаточная адекватность моделирования проектируемой конструкции.

Поскольку принятая система моделирования объектов универсальна и не зависит от конфигурации проектируемой конструкции, все методики по формированию конструктивно-силовых схем, положенные в основу программного комплекса, могут быть использованы при проектировании объектов различных классов и размеров [64].

#### *Проветривание шахт и рудников*

Обеспечение проветривания и необходимого теплового режима шахт и рудников является важным условием создания безопасных и комфортных условий труда горнорабочих. Создание эффективных систем вентиляции, подготовки и кондиционирования рудничного воздуха невозможно без разработки средств моделирования сложных аэро-, газо- и термодинамических процессов, происходящих в атмосфере шахт и рудников. Особый интерес представляют следующие физические процессы:

- аэродинамические, характеризуемые полями скоростей и давлений на участках сложной геометрии вентиляционных сетей шахт и рудников;

- термодинамические и теплообменные, характеризующиеся полями температур, тепловых полей и фронтов фазовых переходов в рудничной атмосфере и горном массиве;

- массообменные, характеризующиеся полями концентраций и диффузионных потоков аэрозольных и газовых примесей, распространяющихся в рудничной атмосфере и горном массиве.

Кроме того, основные элементы систем вентиляции, подготовки и кондиционирования воздуха являются очень энергоемкими – суммарные мощности достигают нескольких десятков мегаватт и составляют значительную часть (до 70%) от конечной себестоимости добытого полезного ископаемого. В связи с этим наиболее актуальной сегодня является задача минимизации энергопотребления наиболее ресурсоемких элементов систем, что требует математического моделирования аэро-, газо- и термодинамических процессов [65].

До недавнего времени количественный анализ перечисленных процессов проводился аналитическим либо экспериментальным путем. К недостаткам аналитического анализа можно отнести его сложность и введение существенных ограничений, сужающих область применения его результатов. Недостатками экспериментального анализа являются трудоемкость и сложность проведения, невозможность охватить явление в целом – исследовать картину зависимости полученных результатов от того или иного параметра задачи.

Горная инженерная практика в России и странах СНГ традиционно опирается на проведение экспериментальных исследований, что при их правильном планировании обычно обеспечивает высокую надежность. Единственный, но существенный в современных условиях недостаток таких исследований – их высокая стоимость и необходимость достаточно большого количества времени на подготовку и проведение таких исследований.

С учетом современных достижений вычислительной математики и техники широкое распространение получает анализ физических процессов при помощи численного моделирования. В частности, в области рудничной аэрогазодинамики все большее распространение получают так называемые CFD-методы (вычислительная гидродинамика).

Естественно, расчеты должны выполняться с помощью оптимального программного обеспечения, базирующегося на достаточно адекватных математических моделях, учитывающих физические явления, которые обеспечивают выполнение всей совокупности необ-

ходимых расчетов за приемлемое количество времени с достаточной точностью.

Как показал опыт решения задач в области проветривания шахт и рудников, таким программным обеспечением является ANSYS CFX, позволяющий решать все многообразие задач рудничной вентиляции практически в сколь угодно сложной постановке. Ускоренное освоение и внедрение данного программного инструмента стало возможным благодаря качественному обучению, проведенному официальным представителем корпорации ANSYS.

Аэродинамические сопротивления по характеру создаваемого падения давления принято разделять на два вида: линейные (потери, распределенные по длине выработки) и местные (локальные, резкие падения давления). Последние возникают в характерных участках вентиляционной сети – в местах сужений-расширений, поворотов и смешиваний потоков воздуха, а также при процессах обтекания тел. Сегодня при расчетах воздухораспределения в рудничных вентиляционных сетях местные сопротивления не учитывались или учитывались косвенно, как некоторая часть линейных сопротивлений выработок. И это можно считать оправданным, так как чаще всего их величина по сравнению с величинами сопротивлений по длине невелика, а кроме того, это в значительной мере упрощает расчеты. Однако ситуация может изменяться, если имеются выработки большого сечения или же участки вентиляционной сети с большими скоростями движения воздуха, так как потери давления на местных сопротивлениях пропорциональны квадрату скорости движения воздуха. К таким участкам практически всегда относятся выработки, соединяющие главную вентиляторную установку (ГВУ) с остальной частью шахтной вентиляционной сети (канал ГВУ, вентиляционный ствол при всасывающем способе проветривания, сопряжения выработок со стволом). Эти выработки также имеют характерные местные сопротивления. Так, выход канала ГВУ в атмосферу происходит из диффузора с предварительным резким поворотом. Падение давления (депрессия), происходящее на таком местном сопротивлении, с учетом больших скоростей движения воздуха может достигать значительных величин относительно всей величины общешахтной депрессии, тем самым увеличивая энергозатраты на проветривание рудника в целом. Поэтому задача минимизации местных сопротивлений в рудничных вентиляционных сетях является актуальной.

Важнейшим и окончательным этапом представленной задачи является проведение численного эксперимента с использованием современных программно-вычислительных комплексов. Это дает ряд преимуществ – в первую очередь обеспечивает точность расчетов и возможность моделирования аэродинамических сопротивлений любой геометрии и сложности. В итоге на основании результатов численных экспериментов методом сравнения вариантов выбирается тот, который показал наименьшее значение аэродинамического сопротивления.

В результате проведенных расчетов и анализа результатов численных экспериментов можно сделать вывод, что применение программного модуля CFX при проектировании систем вентиляции позволяет более эффективно подобрать геометрические параметры важных узлов вентиляционной сети рудника и минимизировать энергопотребление ГВУ.

Большинство существующих систем обогрева шахтных стволов имеет значительный процент износа и требует полного капитального ремонта. Однако восстановление таких систем воздухоподготовки с запроектированными в 50-е годы XX столетия технологиями нагрева и подачи воздуха в ствол абсолютно бессмысленно. Дело в том, что принципы, на которых основывался подход к разработке калориферных установок, сегодня являются морально устаревшими и слабо проработанными как в научном, так и в проектном планах. Нормативная документация и пособия по калориферам содержат много спорных положений. Основной целью реконструкции систем воздухоподготовки должна быть разработка схем и технологий подготовки атмосферного воздуха и управления микроклиматическими параметрами рудничного воздуха для обеспечения здоровых условий труда в воздухоподающих стволах, околоствольных дворах и прилегающих к ним горных выработок. Для этого необходимо грамотное моделирование и расчет как отдельно каждого технологического узла в системе воздухоподготовки, так и всей системы в целом [65].

Под расчетом основных технологических узлов понимается:

- расчет теплогенерирующего оборудования (калориферов, газовых теплогенераторов и т.д.);
- расчет распределения воздушных потоков в помещении калориферной, образующихся между калориферами и теплогенераторами с учетом гидростатического давления;

- расчет калориферных каналов или группы вертикально или горизонтально расположенных каналов с учетом конвективных воздушных потоков;
- расчет копра и средств его герметизации с учетом технологии оборудования подъема;
- расчет надшахтного здания с определением возможных тепловых утечек и способов их сокращения;
- расчет влияния технологического оборудования ствола (скипов, клетей и т.д.) на качество работы системы воздухоподготовки;
- расчет мест слияния воздушных потоков с различными термодинамическими параметрами, определение качества перемешивания этих струй и эффективности обогрева шахтного ствола.

Проветривание тупиковых забоев заключается в подаче в забой свежего воздуха по выработке на расстояние в несколько десятков, а иногда и сотен метров, причем одна и та же выработка служит и для подачи, и для отвода воздуха. Свежий воздух должен обеспечивать удаление вредных и опасных примесей из призабойного пространства и из внутреннего объема выработки в целом, обеспечивая безопасные и комфортные условия труда горнорабочих. В противном случае возможно образование очагов скопления вредных и горючих газов.

Численное решение задачи было выполнено методом конечных объемов в программном комплексе вычислительной гидродинамики ANSYS CFX. В расчете применена тетраэдральная сетка с призматическим слоем, построенная с помощью CFX-Mesh, физическая среда моделировалась бинарной смесью несжимаемого воздуха с идеальным газом  $CH_4$ , при расчете была принята модель турбулентности SST (Shear Stress Transport). Для моделирования процесса выноса пыли из забоя горной выработки была принята модель переноса "Лагранжевых частиц".

Основные полученные результаты можно сформулировать следующим образом:

- выявлены зоны интенсивного массообмена и установлены основные зависимости параметров этих зон от условий проветривания;
- определены параметры проветривания тупиковых забоев при применении нагнетательного и всасывающего способов, обеспечивающие наибольшую эффективность выноса вредных примесей из тупикового забоя горной выработки;

- аэродинамические особенности применения всасывающего и комбинированного (то есть нагнетательно-всасывающего) способов проветривания тупиковых выработок.

Таким образом, численное моделирование процессов выноса вредных примесей рудничной атмосферы при проветривании тупиковых забоев позволяет более эффективно подбирать схемы проветривания с учетом геометрических и горно-геологических условий [65].

#### *Оцифровка графиков при решении прикладных задач*

Имеются различные решения прикладных задач при помощи Activex. Современные средства проектирования, методы и способы инженерного анализа позволяют моделировать поведение конструкций при разных способах нагружения или воздействия. Однако зачастую результаты работы даже опытного пользователя-расчетчика не совпадают с результатами многолетнего использования накопленного опыта в виде экспериментальной кривой. Проблема интеграции "ручной" технологии и современных средств автоматизации заключается в том, что многие исходные данные, полученные в ходе лабораторных измерений и экспериментов, существуют в виде бумажной копии "кривой" на миллиметровке или ксерокопии в каком-либо отчете.

Рассмотрим поэтапно весь процесс от получения и обработки растрового изображения до создания скрипта, векторизации кривой и экспорта значений во внешний файл. В качестве примера возьмем отсканированное изображение графиков аэродинамического расчета воздушного винта [67].

В первую очередь изображение с графиком требуется отсканировать и сохранить без потери качества. В зависимости от типа носителя и размера изображения необходимо подобрать оптимальное разрешение, желательно не ниже 300 dpi и не выше 600 dpi. Режим сканирования выбирается исходя из цветовой гаммы и наличия фона на изображении. В некоторых случаях при сканировании в монохромном режиме не удастся добиться четкости и однородности кривой линии графика. В этом случае лучше произвести сканирование в градациях серого или в индексированном режиме (палитра), а затем программным способом в Spotlight выделить нужные объекты на монохромный слой. Это можно осуществить при помощи команды "Бинаризация и Адаптивная бинаризация" (при наличии неоднородного градиентного фона). Программа Spotlight позволяет векторизовать объекты на любом цветовом типе растра, но гораздо проще и более корректно производить векторизацию на монохромном изображении.

Прежде чем приступить к векторизации, необходимо убедиться, что на изображении отсутствуют деформации. При их наличии можно применить один из следующих инструментов:

- "Устранение перекоса" – компенсирует угол перекоса для устранения искажений при сканировании на планшетном сканере;

- "Корректировка по четырем точкам" – устраняет нелинейные деформации на растре. Для этого следует задать известные точные габариты прямоугольной рамки и указать соответствующие четыре точки на растровом изображении. Данный метод эффективен, когда изображение содержит габаритный прямоугольник с заранее известными размерами;

- "Калибровка" – инструмент, позволяющий компенсировать сложные нелинейные искажения. Данные для команды могут быть заданы по произвольному набору точек или по опорной сетке.

Для привязки изображения к системе координат можно создать пользовательскую систему координат по точке, указав начало в "нуле", и задать нужное направление осей. Масштабный коэффициент осей можно будет установить и позже: в скрипте при выгрузке точек с графика или при обработке выгруженных значений [67].

Техническое и программное обеспечение проектирования, краткие сведения о которых приведены в подразделе 2.6, в основном направлены на интеллектуализацию самого процесса и интеграцию науки с проектированием.

В приложении Б приведены "Методические рекомендации к выполнению контрольной научно-исследовательской работы по дисциплине "Основы проектирования", в соответствии с вариантами которых студенты всех форм обучения выполняют контрольную работу по указанной дисциплине.

### 3. ТИПЫ ПРОЕКТНЫХ ЗАДАЧ И ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ИХ РЕШЕНИЯ

#### 3.1. Начальные положения о проектных задачах

В некоторых печатных работах, изданных в середине прошлого века (1930 – 1960 гг.), проектные задачи классифицируются на расчетные, логические и графические. В последующие годы в литературных источниках такие толкования стали встречаться значительно реже. По-видимому, так классифицировать проектные задачи некорректно. Прежде всего логика – это наука о способах доказательств и опровержений, совокупность научных теорий. Логика как наука включает множество толкований, объяснений, понятий, такие как логика высказываний, логика классов, логическая функция и мн. др.

Логическая функция –  $n$ -местная функция, определенная на множестве истинных значений и принимающая значения в этом множестве. Такие логические функции используются в математической логике как аналог понятия предиката. В свою очередь логика предикатов – это раздел математической логики, изучающий логические законы, общие для любой области объектов исследования с заданными на этих объектах предикатами, т.е. свойствами и отношениями. Следует порекомендовать читателю обратиться к подразделам 2.2, 2.3, 2.4 и 2.6, где он обнаружит совершенно другие задачи проектирования. По обобщенному пониманию, нам следует решать задачу выбора решения, которое было бы лучшим относительно других. Однако выбор решения должен осуществляться по какому-то критерию или критериям. Однокритериальные задачи решаются значительно проще, а многокритериальные задачи – сложнее.

Научный метод выработки количественно обоснованных рекомендаций по принятию решений можно найти в книгах по исследованию операций. Важность количественного фактора в таких работах и целенаправленность вырабатываемых рекомендаций позволяют определить исследование операций как теорию принятия оптимальных решений. Такая теория способствует превращению искусства принятия решений в научную, и притом математическую дисциплину.

Интересна историческая справка появления термина "исследование операций". Он возник в результате буквального перевода выражения "operations research", введенного в конце 30-х гг. XX столетия как условное наименование одного из подразделений британских

военно-воздушных сил, занимавшегося вопросами использования радиолокационных установок в общей системе обороны. Первоначально исследование операций было связано с решением задач военного содержания, но уже с конца 40-х гг. XX столетия оно используется для решения как чисто технических, так и технико-экономических задач, а также задач управления на различных уровнях [69]. К сожалению, студенты технических ВУЗов такую нужную дисциплину, как "Исследование операций", не изучают. Это большой недостаток в подготовке инженерного образования.

Содержательно всякая задача исследования операций является оптимизационной и состоит в выборе среди некоторого множества допустимых (т.е. допустимых обстоятельствами дела) решений, которые можно в том или ином смысле квалифицировать как оптимальные. При этом допустимость каждого решения понимается в смысле возможности его фактического осуществления, а оптимальность – в смысле его целесообразности [70].

Одним из наиболее серьезных недостатков современных методов исследования операций является то, что все они предполагают оценку качества решения по одному скалярному критерию эффективности. Однако в большинстве задач выбора решений имеется несколько критериев (многокритериальная задача) и все они должны учитываться при выборе оптимального решения. В связи с этим в исследовании операций возникла проблема выбора решений в случае нескольких критериев – проблема векторной оптимизации. Ее сложность обуславливается в первую очередь противоречивостью критериев и необходимостью использования некоторой схемы компромисса, позволяющего гармонично повышать качество решения по всем локальным критериям. Поэтому в задачах выбора решений, формализуемых в виде модели векторной оптимизации, первым естественным шагом следует считать выделение области компромиссов (или решений, оптимальных по Парето). Таким образом, область компромиссов – это область потенциально оптимальных решений.

В практике проектирования опытный проектировщик рассматривает несколько вариантов решений конкретной задачи и определяет финансовые затраты на их реализацию. По всем вариантам определяются: ежегодные расходы на эксплуатацию, прибыль от реализации, сроки окупаемости, рентабельность и другие показатели. По указанным показателям принимается решение о рекомендации варианта к практической реализации. Доминирующими показателями для при-

нятия решения являются максимальная прибыль и минимальный срок окупаемости. Однако могут быть и другие показатели или ограничения, которые следует учитывать при принятии решения. К ним можно отнести: степень воздействия на окружающую среду, объемы и источник финансирования капитального строительства, реальные условия погашения кредита в установленные договором сроки, риски различного характера, реальная реализация продукции (сбыт) для получения прибыли, наличие трудовых ресурсов и мн. др. Все эти и другие вопросы оговариваются в бизнес-плане или другом документе при разработке инвестиционного проекта.

### **3.2. Некоторые подходы к принятию решений**

Любой объект, который создается проектировщиком, предназначается для выполнения определенных полезных функций. Необходимо и важно заранее определить, насколько функции, выполняемые объектом (изделием), соответствуют стоимости их осуществления, можно ли те же функции реализовать иначе с меньшими затратами, либо при тех же затратах, но с большей эффективностью. Изучением и оптимизацией соотношения между степенью важности функции и стоимостью ее реализации занимается функционально-стоимостной анализ (ФСА).

Метод принятия решений – это выбор из множества решений одного (двух, реже трех и более) решения, удовлетворяющего цели и содержанию ФСА. Пример выбора одного и более решения приведен на рис. 3.1, где представлены четыре граничные функции 1-2; 1-4; 3-2; 3-4. Под термином "граничной" функции понимается, что ниже функции 1-2 и выше функции 3-4 не существует каких-либо других функций, а между ними существует множество аналогичных кривых. Не следует рассматривать приведенные функции со скептицизмом. Дело в том, что исследование операций позволяет при работе с различными функциями выполнять аппроксимирование по расчетным или экспериментально полученным точкам, осуществлять суммирование, перемещение, "сшивки" и другие операции. Главное то, что на заключительном этапе принятия решения следует учесть выполненные изменения (если они существенны), в том числе и дисперсии, имевшие место при аппроксимации точек.

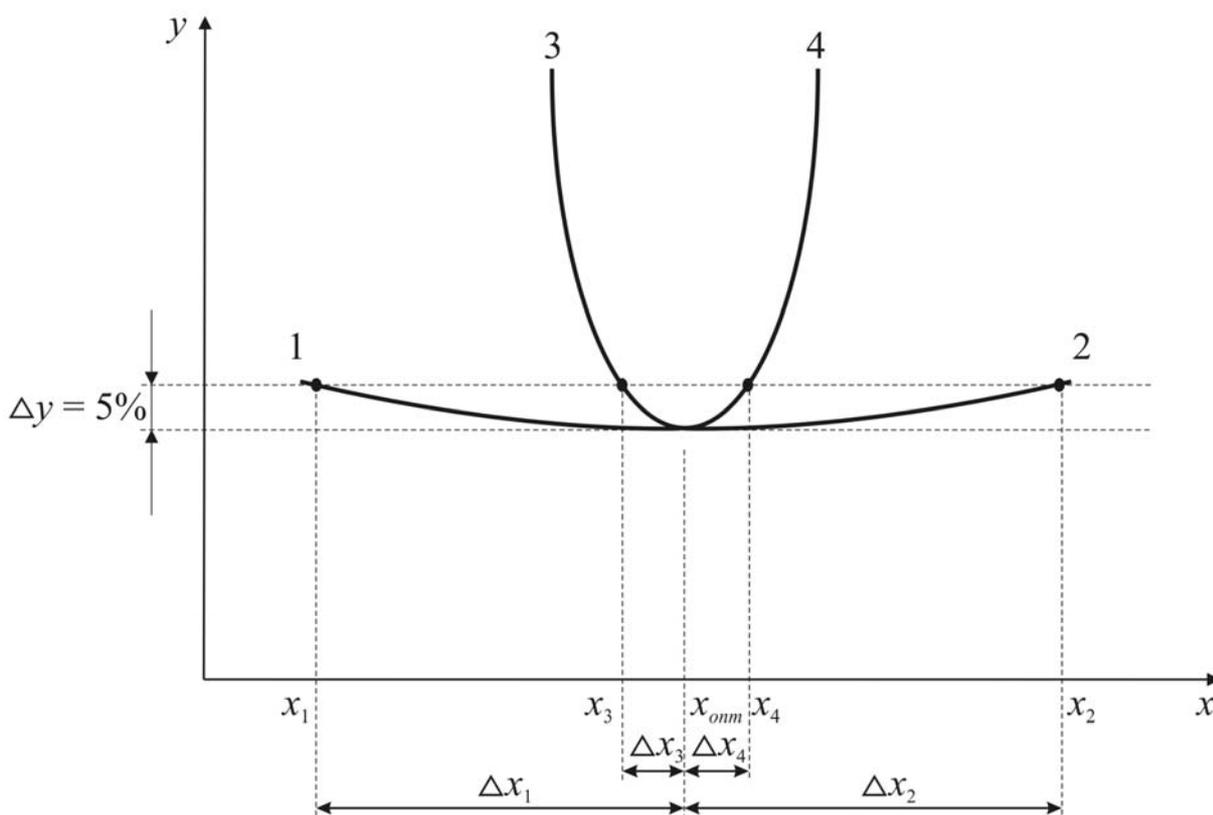


Рис. 3.1. Пример выбора одного и более решения

Из рис. 3.1 видно, что при погрешности полученных функций в пределах  $\Delta y = 5\%$ , для функции 1-2 отклонения  $\Delta x_1$  и  $\Delta x_2$  от оптимального значения  $x_{opt}$  значительно больше соответствующих отклонений  $\Delta x_3$  и  $\Delta x_4$  для функции 3-4. При этом  $\Delta x_1 = \Delta x_2 > \Delta x_3 = \Delta x_4$ . Для функций 1-4 и 3-2 отклонения составляют соответственно  $\Delta x_1 > \Delta x_4$  и  $\Delta x_2 > \Delta x_3$ . Такой анализ полезен для принятия решения.

Имеются другие задачи, связанные с изучением ФСА и принятием решений: систематизация, декомпозиция с применением кластерного анализа и др.

Например, сложная сеть, изображенная на левом рис. 3.2, становится намного проще, если ее узлы перераспределить в другом порядке, как показано на правом рисунке. Это равносильно "смене установки", которая иногда позволяет решить до того неразрешимую задачу.

На рис. 3.3 представлена гипотетическая зависимость (кривая 1) повышения эффективности работы (например, в виде прибыли) от изменения какого-то параметра  $x$ . Увеличение прибыли, как правило, требует дополнительных расходов на аппаратное оснащение, трудовые ресурсы и др., направленные на совершенствование процесса. Тогда интегральная зависимость прибыли за вычетом расходов на со-

вершенствование процесса (кривая 3) может быть представлена кривой 2, которая принимает максимальное значение  $y_{\max}$  при  $x_{\max}$ . Дальнейшее увеличение затрат приведет к уменьшению интегральной прибыли, что повлечет снижение эффекта от масштаба. При решении этой задачи необходимо снижать затраты на совершенствование процесса (кривая 3'). В результате получим функцию реальной прибыли производству, которая представлена кривой 2', с максимальным значением  $y'_{\max}$ .

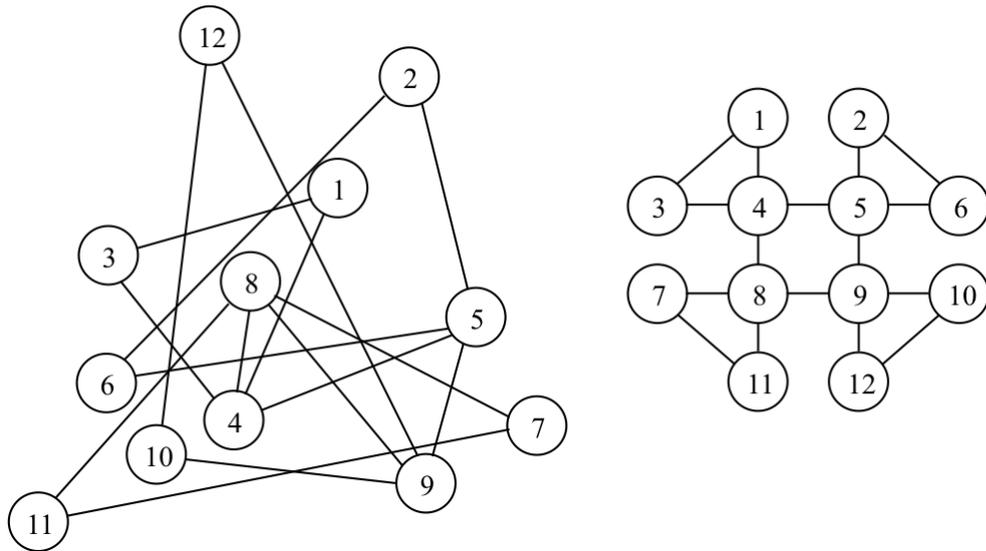


Рис. 3.2. Пример применения систематизации

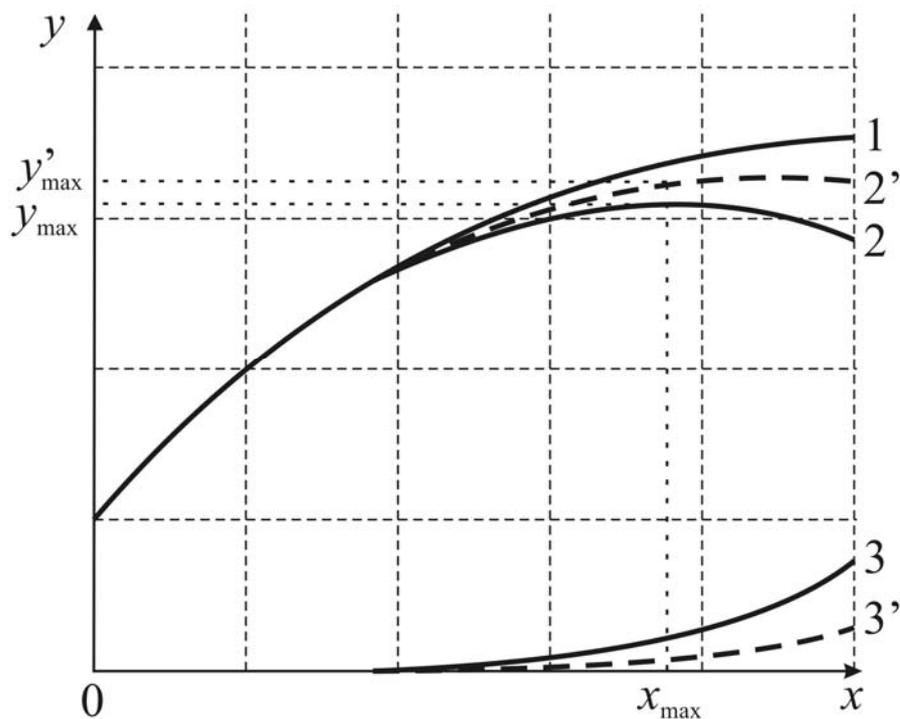


Рис. 3.3. Повышение эффективности

Рассмотрим другой пример. В двумерном пространстве получены расчетные (или статистические) данные об эффективности в зависимости от параметра  $x$ . По приведенным на рис. 3.4 данным не представляется возможным принятие решения. Под эффективностью можно принять удельные расходы электроэнергии или топлива, а также технические характеристики крепей для горных выработок в зависимости от условий  $x$ .

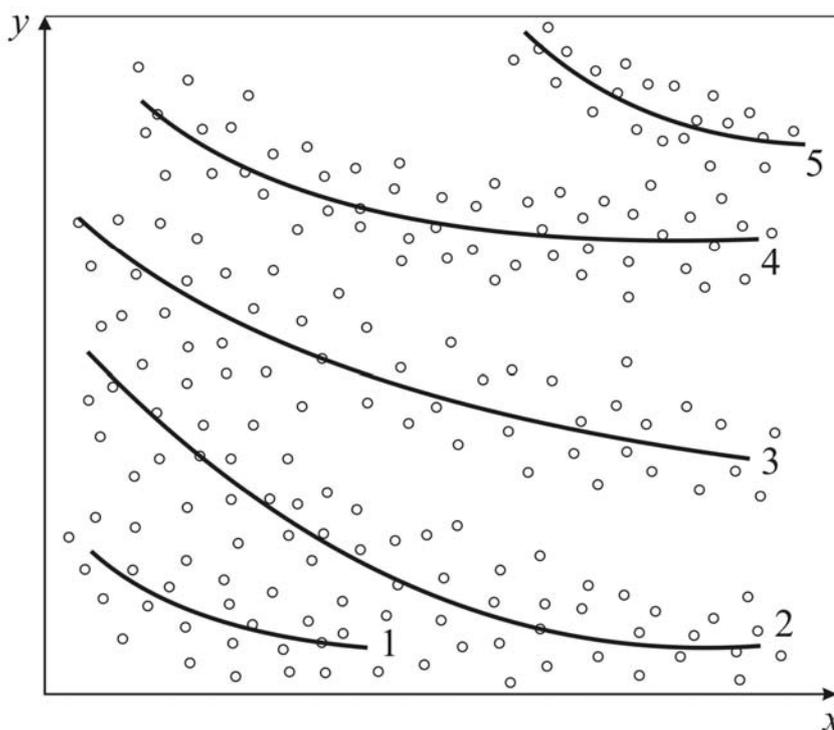


Рис. 3.4. Пример применения декомпозиции

Для таких неопределенных задач следует проводить декомпозицию, которая заключается в переборе и замене интегральных параметров  $y = f(x_i)$  на другие  $y_j = f(x_i)$  и применения кластеризации. В результате можно получить семейство кластеризованных функций, как это показано на рис. 3.4, которые для определенных областей и условий дают хорошие результаты для принятия решения.

Из приведенных примеров видно, что в способности проектировщика сводить сложные задачи к простым проявляется не только понимание этим человеком реальностей внешнего мира, но и его представление о том, что хорошо и что плохо, что красиво и что уродливо, что приносит радость и вызывает скуку. Поэтому неудивительно, что необходимость внести в проект изменения вызывает эмоциональную и явно нелогичную реакцию со стороны специалистов, которые не относятся к проектировщикам.

## 4. ИНВЕСТИЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС В ПРОЕКТИРОВАНИИ

### 4.1. Сведения об инвестициях

В задании на выполнение проекта один из первых вопросов, на который следует ответить – источник финансирования. Действительно, для осуществления намерения по созданию объекта будущего необходимы финансы (деньги). Они могут быть получены за счет накопления или займа.

Накопления (частные, государственные, отраслевые и др.) образуются за счет полученной прибыли или отчислений организаций, предприятий в инновационный фонд, направляемый на новые разработки (инновации). Заемные деньги получают от инвестора. Инвесторами могут выступать: международные финансовые организации – Всемирный банк, Международный валютный фонд, Европейский банк реконструкции и развития и др., банки Украины, организации и частные лица. Инвестиции – долгосрочные вложения капитала.

Для привлечения инвестиций в развитие отдельных отраслей или предприятия потенциальному инвестору необходимо представить инвестиционный проект. Поскольку мы знакомимся с основами проектирования, то "Инвестиционный проект" должен входить в наши планы. Тем более, что инвестиции могут быть выполнены как в рамках полного научно-технического и производственного цикла создания продукции, так и в объеме отдельных его элементов, таких, например, как исследования, проектно-конструкторские работы, расширение и реконструкция действующего производства, организация нового производства или выпуск новой продукции, рециклинг, утилизация и т.д.

В законе Украины "Об инвестиционной деятельности" инвестиции тракуются как все виды имущественных и интеллектуальных ценностей, которые вкладываются в объекты предпринимательской и других видов деятельности, в результате которых создается прибыль (доход) или достигается социальный эффект.

К началу окончательного установления рыночных отношений в очень большом количестве появились публикации [6, 71 – 77], посвященные инвестиционному процессу, относящемуся, главным образом, к проектированию. К сожалению, в настоящее время (2012 г.) объемы проектирования значительно снизились как в капитальном строительстве промышленных предприятий так и в машинострои-

тельном конструировании. Это, безусловно, отражается на экономике страны.

Под инвестиционным проектом следует понимать пакет документов, в которых описаны условия реализации и содержание комплекса взаимосвязанных мероприятий, предназначенных для достижения определенных целей, одной из которых обязательно является получение прибыли или социального эффекта от инвестиций, в течение заданного периода времени и при установленных финансовых ограничениях.

Инвестиционный проект разрабатывается с помощью методологии и методов проектного анализа на стадии подготовки. Масштаб проекта определяется влиянием результатов его реализации. Различают:

- крупномасштабные проекты – реализация которых существенно влияет на экономическую, социальную или экологическую ситуацию в стране;

- проекты регионального, городского (отраслевого) масштаба – реализация которых существенно влияет на экономическую, социальную или экологическую ситуацию в регионе, городе (отрасли);

- локальные проекты – реализация которых не оказывает существенного влияния на экономическую, социальную или экологическую ситуацию в регионе, на уровень или структуру цен на товарных рынках.

К числу фундаментальных понятий рыночной экономики относится и понятие инвестиций. В крупнейшей работе по рыночной экономике [78] излагается, что "инвестиции (investment) – это затраты на производство и накопление средств производства и увеличение материальных запасов".

Инвестиции – один из наиболее важных и дефицитных ресурсов любой национальной экономики. Реализация инвестиционных программ позволяет совершенствовать производство, улучшать качество поставляемых на продажу товаров, увеличивать количество рабочих мест, повышать занятость населения и в конечном счете способствует повышению его уровня жизни [74].

Выход отечественной экономики из кризиса связан с непременным повышением инвестиционной активности предприятий. Этим объясняется внимание к проблемам инвестиционного проектирования и управления инвестиционными проектами.

Для предприятий, не имеющих возможности значительного обновления основных фондов и повышения технического уровня производства в годы кризиса, наиболее актуальной является проблема увеличения капиталобразующих инвестиционных проектов, направленных на достижение данной цели. В связи с этим возникает необходимость выработки последовательного комплекса мер, обеспечивающих процесс управления инвестиционными проектами, основанного на изучении общемирового опыта в данном направлении [75].

## **4.2. Формы инвестиций и этапы проектного цикла**

Формы инвестиций:

- денежные средства и их эквиваленты;
- земля;
- здания, сооружения, машины и оборудование, любое другое имущество;
- имущественные права.

Инвестиции используются для предпринимательского проекта, который направлен на дело, деятельность, мероприятие, предполагающее осуществление комплекса каких-либо действий, направленных на достижение цели.

В состав инвестиционного проекта входит "бизнес-план" – форма представления инвестиционного проекта как основная его часть. Представляется структура бизнес-плана, которая является рекомендуемой, а не жестко регламентированной:

- меморандум о конфиденциальности;
- резюме;
- описание предприятия и отрасли;
- описание продукции;
- план маркетинга;
- инвестиционный план;
- производственный план;
- организационный план;
- финансовый план и показатели эффективности;
- анализ рисков;
- выводы;
- приложения.

Разработка инвестиционного проекта (от первоначальной идеи до эксплуатации предприятия) может быть представлена в виде цик-

ла, состоящего из трех основных фаз – преинвестиционной, инвестиционной и эксплуатационной, которые, в свою очередь, подразделяются на стадии. Стадия инвестиционного проекта – логически завершенный этап, после которого следует принятие решения о дальнейшем развитии проекта. Рассмотрим этапы проектного цикла:

*I фаза* – преинвестиционная, включающая следующие стадии:

- формирование инвестиционного замысла (идеи);
- исследование инвестиционных возможностей;
- предварительное технико-экономическое обоснование (ПТЭО);
- технико-экономическое обоснование (ТЭО), оценочное исследование;

*II фаза* – инвестиционная, включающая следующие стадии:

- подготовка контрактной документации и заключение контрактов;
- инженерно-техническое проектирование;
- строительно-монтажные работы;
- производственный маркетинг;
- обучение персонала;

*III фаза* – эксплуатационная, включающая стадии:

- эксплуатация объекта;
- мониторинг экономических показателей.

Рассмотрим приведенные стадии I фазы цикла инвестиционного проекта более подробно.

Формирование инвестиционного замысла предусматривает:

- выбор и предварительное обоснование замысла;
- инновационный, патентный, экологический, анализ технического решения;
- проверку необходимости выполнения сертификационных требований;
- предварительное согласование инвестиционного замысла с федеративными, региональными и отраслевыми приоритетами;
- предварительный отбор организационно-правовой формы для реализации проекта;
- подготовку информационного меморандума реципиента (получатель платежа, информации).

Исследование инвестиционных возможностей включает:

- предварительное изучение спроса на продукцию и услуги с учетом экспорта и импорта;

- оценку базовых, текущих и прогнозных цен на продукцию;
- подготовку предложений по организационно правовой форме реализации проекта и составу участников;
- оценку предполагаемого объема инвестиций по укрепленным нормативам и предварительную оценку их коммерческой эффективности;
- подготовку исходно-разрешительной документации;
- подготовку предварительных оценок по разделам ТЭО проекта, оценка эффективности проекта;
- утверждение результатов обоснования инвестиционных возможностей;
- подготовку контрактной документации на проектно-изыскательские работы;
- подготовку инвестиционного предложения для потенциального инвестора (решение о финансировании работ по подготовки ПТЭО или ТЭО проекта).

Основные цели ПТЭО заключаются в определении степени выполнения следующих положений:

- все возможные альтернативы проекта рассмотрены;
- концепция проекта оправдывает проведение детального анализа с помощью ТЭО;
- все аспекты проекта имеют важное значение с точки зрения его осуществимости и признания необходимости глубокого изучения путем функциональных исследований, таких как анализ рынка, лабораторные или опытно-промышленные испытания;
- идея проекта должна быть определена либо как нежизнеспособная, либо достаточно привлекательная для отдельного инвестора или группы инвесторов;
- экологическая ситуация на участке планируемого строительства и предполагаемое воздействие на нее разрабатываемого производственного процесса соответствует проекту.

На стадии ПТЭО должен быть выполнен детальный анализ возможных альтернатив в следующих основных областях исследования:

- стратегия проекта и его рамки;
- рынок и концепция маркетинга;
- сырье, основные и вспомогательные материалы;
- месторасположение, участок и окружающая среда;
- проектирование и технология;
- организация и накладные расходы;

- трудовые ресурсы, управленческие кадры, затраты на оплату рабочей силы, потребность в профессиональном обучении и затраты на него;

- график осуществления проекта и составления бюджета.

Иногда хорошо выполненные исследования инвестиционных возможностей могут служить обоснованием и без ПТЭО. Если экономика проекта вызывает сомнения, ПТЭО выполняется в обязательном порядке.

ТЭО проекта предусматривает:

- проведение маркетингового исследования (спрос и предложение, сегментация рынка, цены, эластичности спроса, основные конкуренты, маркетинговая стратегия, программа удержания продукции на рынке и т.п. );

- подготовку программы выпуска продукции;

- подготовку пояснительной записки, включающей в себя данные предварительного обоснования инвестиционных возможностей;

- подготовку исходно-разрешительной документации;

- разработку технических решений, в том числе: генерального плана; технических решений (анализ состояния технологии, состава оборудования, загрузка действующих производственных мощностей, закупка зарубежной технологии, энергоресурсы и др.);

- градостроительные и строительные решения;

- мероприятия по охране окружающей среды и гражданской обороне;

- описание организации строительства;

- описание системы управления предприятием, организации труда рабочих и служащих;

- сметно-финансовую документацию, в том числе: оценку издержек производства, расчет капитальных издержек, расчет готовых поступлений от деятельности предприятия, расчет потребности в оборотном капитале, проектируемые и рекомендуемые источники финансирования проекта (расчет), предполагаемые потребности инвестиций, выбор конкретного инвестора, оформление соглашения;

- оценку рисков, связанных с осуществлением проекта;

- планирование сроков осуществления проекта;

- оценку коммерческой эффективности проекта;

- анализ бюджетной и экономической эффективности проекта;

- формирование условий прекращения реализации проекта.

При этом под "маркетингом" понимается система управления производственной и сбытовой деятельностью, основанная на комплексном анализе рынка и направленная на решение проблемы реализации продукции путем целенаправленного формирования спроса на продукцию и услуги. Менеджмент – совокупность принципов, методов, средств и форм управления производством, разработанных и применяемых с целью повышения эффективности производства и увеличения прибыли.

Каждое ТЭО проходит вневедомственную, экологическую и другие виды экспертиз, после чего следует его утверждение и принятие инвестиционного решения. Инвестиционные проекты могут проходить через тендерную систему, которая представляет собой отбор лучших из них.

Экономическое обоснование эффективности инвестиций позволяет сравнивать возможные варианты вложения средств в технические, технологические, организационные и другие мероприятия, разработанные в каждом конкретном проекте. Оценка и обоснование финансовых результатов, их эффективности позволяет разработчикам проектов и менеджерам быть более компетентными в вопросах конкретного предложения (инвестиционного проекта), принимать лучшее решение из возможных.

Вместе с тем, даже правильно и детально рассчитанные затраты и результаты не могут служить гарантией высокого качественного уровня проекта. Для того, чтобы сделать проект работающим, а следовательно, инвестиции реальными, на каждой стадии необходим анализ экономической целесообразности его создания и реализации.

В зарубежной и отечественной литературе по инвестиционному проектированию нередко можно встретить высказывания о полной тождественности и даже взаимозаменяемости ТЭО и бизнес-плана инвестиционного проекта. Однако многие экономисты придерживаются иного мнения – бизнес-план крупного проекта, требующего значительных денежных затрат и материальных ресурсов, должен составляться после детального ТЭО и представляться отечественным или иностранным экспертам, партнерам и инвесторам [6].

Содержанием инвестиционного проекта часто является выполнение исследований, анализа и разработок, касающихся охраны окружающей среды, а также направленных на создание научно-технических новшеств, приобретение и практическое использование технологий в производстве, реализацию той или иной продукции, ра-

бот, услуг. Такие проекты наряду с общими характеристиками, присущими всем инвестиционным объектам, имеют и ряд специфических особенностей.

Проектирование является одним из звеньев осуществления капитального строительства, связывающих науку с производством. От качества технологического обоснования и уровня проектных решений во многом зависят эффективность инвестиций, сметная стоимость строительства объекта инвестирования, сроки его выполнения. В процессе проектирования решаются основные вопросы строительства будущего объекта с тем, чтобы он соответствовал лучшим эксплуатационным требованиям, а его реализация была экономичной – осуществлялась в кратчайшие сроки с наименьшими затратами труда, материальных и денежных средств.

Проект предприятия или сооружения включает технологическую, строительную и экономическую части; проект жилого здания, объекта культурно-бытового назначения – строительную и экономическую. Расчеты, позволяющие сделать выбор места строительства, определить мощность и состав предприятия, уровень производительности труда его работников, содержатся в экономической части проекта. В ней обосновывается обеспеченность проектируемого предприятия кадрами, сырьем, топливом и энергией, водой, а также определяются районы сбыта, себестоимости продукции и т.д. В проекте на основе смет и сметно-финансовых расчетов устанавливается сметная стоимость строительства.

Началу проектирования предшествует важная предпроектная разработка. Прежде всего изучаются возможности наращивания производственных (проектных) мощностей за счет реконструкции, расширения или модернизации действующих предприятий, а затем экономически обосновывается целесообразность строительства новых производственных объектов.

### **4.3. Оценка эффективности инвестиционных проектов**

Оценка эффективности инвестиционных проектов – это способы определения целесообразности долгосрочного вложения капитала в различные объекты (проекты, мероприятия) с целью оценки перспектив их прибыльности и окупаемости. Инвестиционные проекты, включая предложения по разработке новой конструкции машин и оборудования, технологии, новых материалов и другие мероприятия,

должны подвергаться детальному анализу с точки зрения конечных результатов и критерия оптимальности – показателя, выражающего предельную меру экономического эффекта принимаемого решения для сравнительной оценки возможных альтернатив и выбора из них наилучшей.

Критериями для обоснования эффективности инвестиционного проекта могут быть: максимум прибыли или доходности, минимум трудовых затрат, времени достижения цели, доля рынка, качество продукции, безубыточность и др.

Инвестиционные проекты могут быть оценены различными способами, но, по-видимому, при использовании любого из них (кроме экологических, социальных и некоторых других проектов) важно знать уровень дохода, который обеспечат инвестиции, и размер дополнительной прибыли, который они принесут.

Оценку инвестиционных проектов можно осуществлять с учетом лизинга. Европейская федерация национальных ассоциаций по лизингу оборудования (Евролиз) определяет лизинг как договор аренды завода, промышленных товаров, оборудования, недвижимости для использования их в производственных целях арендатором, в то время как товары покупаются арендодателем и он сохраняет за собой право собственности.

Хотя лизинг во многих странах мира давно получил широкое распространение и считается более целесообразной формой предпринимательской деятельности в условиях кризиса, когда многие предприятия не могут осуществлять крупных вложений финансовых средств в техническое обновление и интенсификацию производства, стала очевидной необходимость значительного повышения роли лизингового бизнеса, позволяющего привлечь дополнительные частные инвестиции для развития производственной сферы и поддержки отечественного производства всех форм собственности, в первую очередь занятых малым и средним предпринимательством [77].

В детально разработанном инвестиционном проекте для учета всех составляющих в экономической части должны быть рассмотрены риски, которые классифицируются на [76]:

- политические;
- технические;
- производственные;
- финансовые;
- отраслевые;

- инновационные;
- транспортные.

К транспортным перевозкам и их страхованию относятся:

- морские перевозки (страхование каско или карго);
- воздушные перевозки;
- автоперевозки;
- страхование контейнеров;
- минимизация убытков при транспортировке застрахованных

грузов.

Производственные риски и промышленная безопасность производства включают в себя следующие категории:

- организация управления производственным риском;
- риски в производственном предпринимательстве;
- риски неисполнения хозяйственных договоров (контрактов);
- риски усиления конкуренции;
- риски возникновения непредвиденных расходов и снижения

доходов;

- риски потери имущества предпринимательской организации;
- факторы риска невостребованности продукции;
- управление рисками в промышленности.

Учет неопределенности в подходах к оценке рисков включает в себя:

- анализ и оценку рисков;
- методы анализа рисков;
- резервирование средств на покрытие непредвиденных расходов;
- учет рисков при финансировании проекта;
- страхование рисков;
- уклонение от риска;
- проверка партнеров по бизнесу и условий заключения сделки;
- бизнес-планирование;
- подбор персонала предпринимательской организации;
- защиту коммерческой тайны на предприятии.

Оценка экономической эффективности инвестиционных проектов осуществляется с помощью системы показателей и различных критериев, имеющих одну важную особенность – используемые при их определении расходы и доходы рассредоточены во времени, а поэтому приходится приводить их к одному (базовому) моменту. И

причина в этом – неодинаковая ценность денежных средств во времени [6].

В качестве примера приведем следующий расчет.

Предприятию выдан кредит в сумме 100 тыс. долл. сроком на 4 года под простые проценты, составляющие 10% годовых. В этом случае оно будет три года выплачивать по 10 тыс. долл. в год, а сумма, возвращаемая им в конце четвертого года, составит 110 тыс. долл. (100 тыс. долл. – тело кредита, 10 – проценты, которые начисляются пропорционально периоду времени, на который был выдан кредит).

Отсюда сумму средств, начисленную по простым процентам  $K_n$ , можно определить по выражению

$$K_n = K t E,$$

где  $K$  – сумма кредита;  $t$  – количество лет (месяцев и т.д.), на которые выдан кредит;  $E$  – процентная ставка.

Возвращаемая сумма кредита вместе с процентами за последний год может быть найдена из выражения  $K(1 + E)$ .

В экономическом и финансовом анализе для измерения текущей и будущей стоимости (денежной суммы) проекта используют специальный прием, называемый дисконтированием, – это способ определения исходных (начальных) сумм затрат (или конечных результатов) посредством использования коэффициента дисконтирования (дисконта, дисконтирующего множителя), позволяющего приводить будущие денежные поступления к текущей, сегодняшней стоимости.

Для определения стоимости, которую будут иметь инвестиции через несколько временных периодов (лет, кварталов, месяцев), применяют следующую формулу:

$$P = K(1 + E)^t,$$

где  $P$  – будущая величина стоимости (будущая, конечная стоимость инвестиций через  $t$  лет);  $K$  – текущая (современная) величина суммы, инвестируемой ради получения дохода в будущем, ее обозначают как  $PV$  (англ. present value);  $t$  – число стандартных периодов времени, в течение которых инвестиции будут участвовать в коммерческом обороте (порядковый номер года, число кварталов или месяцев при ежеквартальном или ежемесячном начислении процентов).

В процессе дисконтирования и оценки эффективности инвестиций используют такие понятия, как будущая и текущая стоимость денег. Это вызвано тем, что инвестирование является длительным процессом, при котором приходится сравнивать стоимость средств в начале и при их возврате в виде будущей прибыли, амортизации и т.п.

Будущая стоимость денег – это их стоимость, инвестированная в настоящий момент, но которую они (средства, деньги) будут иметь через определенное время с учетом ставки процента.

Текущая (современная, настоящая) стоимость денег – это сумма будущих денежных поступлений, приведенных к текущему периоду с использованием дисконтной ставки (ставки процента).

Метод оценки эффективности инвестиционных проектов основан на определении чистой текущей стоимости или чистого дисконтированного дохода (чистого приведенного дохода *NPV* (от англ. net present value)), на которую может увеличиться ценность (стоимость) предприятия (объекта) в результате реализации проекта.

Чистая текущая стоимость – это стоимость, полученная путем дисконтирования отдельно на каждый временной период разности всех оттоков и притоков доходов и расходов, накапливающихся за весь период функционирования объекта инвестирования при фиксированной, заранее определенной процентной ставке (норме процента). Его суть в том, что для каждого периода величина чистого потока годовой наличности приводится к году начала осуществления проекта, что в сумме и представляет собой чистую текущую стоимость или чистый дисконтированный доход (как разность между дисконтированными потоками доходов и расходов).

Таким образом, чистая текущая стоимость характеризуется расщепленными по периодам времени затратами и доходами, а поэтому для правильной оценки альтернативных вариантов инвестиций учитывают стоимость денег во времени.

Широкое использование метода чистой текущей стоимости (дисконтированного дохода) обусловлено его преимуществами по сравнению с другими методами оценки эффективности проектов, которые строятся на использовании периода возмещения затрат или годовой нормы поступлений, поскольку он учитывает весь срок функционирования проекта и график потока наличностей.

Внутренняя норма прибыли – это норма доходности, при которой дисконтированная стоимость притоков наличности (реальных денег) равна дисконтированной стоимости оттоков, т.е. коэффициент,

при котором дисконтированная стоимость чистых поступлений от инвестиционного проекта равна дисконтированной стоимости инвестиций, а величина чистой текущей стоимости (чистого дисконтированного дохода) – нулю.

Метод внутренней нормы прибыли как и метод чистой текущей стоимости использует концепцию дисконтирования стоимости. Он сводится к нахождению такой ставки дисконтирования, при которой текущая стоимость ожидаемых от проекта доходов будет равна текущей стоимости необходимых инвестиций.

Метод расчета срока окупаемости инвестиций (англ. payback period) заключается в определении необходимого для возмещения инвестиций периода времени, за который ожидается возврат вложенных средств за счет доходов, полученных от реализации инвестиционного проекта. Более точно под сроком окупаемости понимается продолжительность периода времени, в течение которого сумма чистых доходов, дисконтированных на момент завершения проекта, равна сумме инвестиций.

Известны два подхода к расчету срока окупаемости. Первый заключается в том, что сумма первоначальных инвестиций делится на величину годовых (лучше среднегодовых) поступлений. Его применяют в случаях, когда денежные поступления равны по годам. Второй подход расчета срока окупаемости предполагает нахождение величины денежных поступлений (дохода) от реализации инвестиционного проекта нарастающим итогом, т.е. как кумулятивной величины [6].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ткач Д.И. Системная начертательная геометрия. – Д.: изд-во "ПГАСА", 2011. – 356 с.
2. Глаголев Н.А. Начертательная геометрия. – М.: ГИТТЛ, 1953. – 212 с.
3. Золокей С.В. Архитектурное проектирование, эксплуатация объектов, их связь с окружающей средой: пер. с англ. – М.: Стройиздат, 1984. – 180 с.
4. Джонс Дж.К. Методы проектирования: Пер. с англ. – 2-е изд., доп. – М.: Мир, 1986. – 326 с.
5. Еремеев В.М. и др. Проектирование угольных шахт, разрезов и обогатительных фабрик. – М.: Недра, 2000. – 312 с.
6. Золотогоров В.Г. Инвестиционное проектирование: Учеб. пособие. – Мн.: ИП "Экоперспектива", 1998. – 463 с.
7. Шестаков В.А. Проектирование горных предприятий: Учебник для студ. вузов. – 2-е издание, переработ. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 1995. – 508 с.
8. Бакка М.Т., Іськов С.С. Основи проектування гірничих підприємств. Лабораторний практикум для студентів, що навчаються за спеціальністю 7.090301 "Розробка родовищ корисних копалин": Навчальний посібник. – Житомир: ЖДТУ, 2006. – 173 с.
9. Баклошов І.В., Антонов Г.П., Борисов В.Н. Проектирование зданий и сооружений горных предприятий. М.: Недра, 1979. – 365 с.
10. Методология проектирования горных предприятий: Справочник / Ред. кол.: И.К. Станченко (гл. ред.) и др. – М.: Недра. – 429 с.
11. Бизов В.Ф. Проектування гірничих підприємств. Т. XIV. Підручник для студентів вищих навчальних закладів за напрямком "Гірництво". – Кривий Ріг: Мінерал, 2003. – 341 с, з іл.
12. В.И. Штеле. Имитационное моделирование развития подземных горных работ. – Новосибирск: Наука, 1984. – 154 с.
13. Горштейн К.М. Экономическое обоснование проектов железорудных предприятий. – М.: Недра, 1978. – 139 с.
14. Гузеев А.Г. Проектирование и строительство горных предприятий. – М.: Недра, 1987. – 232 с.
15. Паненков Ю.Н. и др. Определение размера капитальных затрат на подземные горные выработки при проектировании горных предприятий. – М.: Мир, 1975. – 47 с.

16. Михеев О.В., Желевский Ю.А. Методы инженерного проектирования. – М.: Мир, 1985. – 68 с.
17. Агошков М.И., Козаков Е.М. Учет фактора времени в горно-экономических расчетах // Вопросы экономики. – 1985. – №11. – С. 72–78.
18. Теория и практика открытых работ / Под общей ред. Н.В. Мельникова. – М.: Недра, 1973. – 636 с.
19. Хронин В.В. Проектирование карьеров. – М.: Недра, 1993. – 447 с.
20. Проектирование и комплексная оптимизация параметров шахт / Под ред. А.С. Бурчакова. – М.: Недра, 1987. – 230 с.
21. Андрушкевич С.Г., Зубов В.И. Стоимостные параметры при проектировании шахт. – Л.: Энергия, 1980. – 68 с.
22. Шестаков В.А. Проектирование рудников. – М.: Недра, 1987. – 230 с.
23. Проектирование предприятий с подземным способом добычи полезных ископаемых / Под ред. А.С. Бурчакова. – М.: Недра, 1991. – 399 с.
24. Липкович С.М. Основы проектирования угольных шахт. – М.: Недра, 1967. – 224 с.
25. Именитов В.Р. Проектирование рудников. – М.: Недра, 1981. – 47 с.
26. Станченко И.К. и др. Проектирование организации строительства угольных шахт. – М.: Недра, 1979. – 366 с.
27. Безрукова Л.Г., Малкин А.С. Экономическая оценка решений при проектировании и развитии шахт. – М.: Недра, 1979. – 231 с.
28. Особенности проектирования горных предприятий при комплексном освоении рудных месторождений. – М.: Недра, 1988. – 171 с.
29. Нормы технологического проектирования горнодобывающих предприятий черной металлургии с подземным способом разработки. – Л.: Энергия, 1970. – 262 с.
30. Андрушкевич С.Г., Васильев А.В. Формирование на ЭВМ исходной модели шахты. – Санкт-Петербург: Энергия, 1991. – 55 с.
31. Бурчаков А.С. и др. Проектирование шахт. – М.: Недра, 1985. – 399 с.
32. Кучерявенко І.А. Проектування підземних рудників. – К., 1995. – 248 с.

33. Котюхин В.Я. и др. Определение технико-экономических показателей в проектах угольных шахт. – М.: Недра, 1980. – 161 с.
34. Митейко А.И., Уманский П.Я., Каганович М.Н. Автоматизация составления сметной документации при проектировании угольных шахт. – М.: Недра, 1988. – 280 с.
35. Агошков М.И. Малахов Г.М. Подземная разработка рудных месторождений. – М.: Недра, 1966. – 340 с.
36. Горное дело: Терминологический словарь. – М.: Недра, 1990. – 693 с.
37. Грабчак Л.Г., Брылов С.А., Камашенко В.И. Проведение горноразведочных выработок и основы разработки месторождений полезных ископаемых. – М.: Недра, 1988. – 565 с.
38. Анистратов Ю.И. Проектирование карьеров. – М.: Изд-во МГИ, 1983. – 71 с.
39. Научные основы проектирования карьеров / Под общей редакцией В.В. Ржевского и др. – М.: Недра, 1971. – 597 с.
40. Мещеряков А.И. Основы проектирования карьеров. – Днепропетровск, 1959. – 248 с.
41. Северьянов Н.Н. Справочник по изысканиям, проектированию и строительству карьеров. – М.: Недра, 1964. – 459 с.
42. Кумачев К.А., Маймина В.Я. Проектирование железорудных карьеров. – М.: Недра, 1972. – 463 с.
43. Хохряков В.С. Проектирование карьеров. – М.: Недра, 1980. – 336 с.
44. Хохряков В.С., Шелест А.Г. Проектирование карьеров. – М. Недра, 1969. – 216 с.
45. Винецкий А.П., Кадырбаев Э.Р., Лепелкин А.М. Отработка глубоких карьеров. – М.: Цветметинформация, 1977. – 83 с.
46. Томаков П.И., Наумов И.К. Технология, механизация и организация открытых горных работ. – М.: Недра, 1978. – 292 с.
47. Ганичев И.А. Строительство в США. – М.: Стройиздат, 1979. – 333 с.
48. Каган В.Ф. Основания геометрии: часть II. – М.: ГИТТЛ, 1956. – 231 с.
49. Мастраков Н. Устранение "разрыва поколений" в инженерной профессии и поддержка будущих инженеров / САПР и графика. – 2011. – №11. – С. 72–76.
50. Фролов С.А. Начертательная геометрия. – М.: Машиностроение, 1978. – 185 с.

51. Раушенбах В.В. Пространственные построения в живописи. – М.: Наука, 1980. – 154 с.
52. Вильямс Б. Новые измерения в биржевой торговле: как извлечь прибыль из хаоса: Пер. с англ. – М.: Аналитика, 2000. – 136 с.
53. Волошин А.В. Об эстетике фракталов и фрактальности искусства. – М.: Прогресс-Традиция, 2002. – 123 с.
54. Ткач Д.И. Дерево системной начертательной геометрии / Сборник трудов IV международной научно-практической конференции "Современные проблемы геометрического моделирования" // Мелитополь: ТГАТА, 1997. – С. 132–139.
55. Джонс Дж.К. Инженерное и художественное конструирование: Пер. с англ. – М.: Мир, 1976. – 237 с.
56. Чистяков П.П. Письма, записные книжки, воспоминания (1832–1919). – М.: Искусство, 1953. – 184 с.
57. Лутай В.С. Філософія сучасної освіти. – К.: центр "Магістр-S", 1996. – 203 с.
58. Воробьев С. Интеллектуальные трехмерные модели для реконструкции и модернизации объектов ТЭЖ на основе технологий лазерного сканирования и Model Studio CS / САПР и графика. – 2011. – №10. – С. 27–30.
59. Шустиков И. Консолидация графических станций как новый класс решений на рынке САПР / САПР и графика. – 2011. – №12. – С. 24–25.
60. Парссон Я. Проектирование на основе численного моделирования / САПР и графика. – 2011. – №12. – С. 34–35.
61. Янченко В., Корневич В. CADElectro Energy – основа успеха инжиниринговой деятельности вашей компании / САПР и графика. – 2011. – №12. – С. 44–45.
62. Воробьев С., Песков А. Model Studio CS ЛЭП: Надежность и эффективность / САПР и графика. – 2011. – №12. – С. 80–81.
63. Ильичев Н., Долотов В., Мастраков Н., Жилеткин И. Опыт применения программного комплекса Energy CS Электрика при проектировании электроэнергетических объектов в ОАО "Ивэлектронладка" / САПР и графика. – 2011. – №7. – С. 80–81.
64. Пеньков Е. Моделирование в задаче автоматизированного проектирования сложных конструктивно-силовых схем / САПР и графика. – 2011. – №6. – С. 72–74.
65. Левин Л.Ю., Газизуллин Р.Р., Зайцев А.В. Использование программного модуля ANSYS CFX при решении научно-

производственных задач проветривания шахт и рудников / САПР и графика. – 2011. – №10. – С. 64–66.

66. Воробьев С. Model Studio CS Кабельное хозяйство: решение задач раскладки кабелей различного назначения / САПР и графика. – 2011. – №11. – С. 23–25.

67. Шустиков И., Хитров И. Оцифровка графиков в Spotlight. Пример решения прикладных задач при помощи ActiveX / САПР и графика. – 2011. – №10. – С. 90.

68. Кузминский Д., Порхунов С. Solid Works как основа для проектирования / САПР и графика. – 2011. – №11. – С. 97–99.

69. Математический энциклопедический словарь: гл. ред. Ю.В. Прохоров. – М.: "Советская энциклопедия", 1988. – 847 с.

70. Борисов В.И. Проблемы векторной оптимизации. Сб. "Исследование операций. Методологические аспекты". – М.: Наука, 1972. – 136 с.

71. Ковалев В.В. Методы оценки инвестиционных проектов. – М.: "Финансы и статистика", 1999. – 144 с.

72. Вербa В.А., Загородіх О.А. Проектний аналіз: підручник. – К.: КНЕУ, 2000. – 322 с.

73. Тяг Р.Б., Холод Б.І., Ткаченко В.А. Управління проектами: Навчальний посібник. – Д., 2000. – 224 с.

74. Богатин Ю.В., Швандар В.А. Инвестиционный анализ: Учебное пособие для вузов. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 286 с.

75. Швандар В.А., Базилевич А.И. Управление инвестиционными проектами: Учеб. пособие для вузов. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 208 с.

76. Тэпман Л.Н. Риски в экономике: Учеб. пособие для вузов / Под ред. проф. В.А. Швандара. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. – 380 с.

77. Уварин Н.Л. Лизинг. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2001. – 83 с.

78. Кэмпбелл Р. Макконелл, Стэнли Л. Брю. Принципы, проблемы и политик. – М.: "Республика", 1992. – 388 с.

**ПЕРЕЧЕНЬ  
основных нормативных документов, используемых  
в проектировании, по состоянию на 01.12.2011 г.**

№	Обозначение	Наименование нормативного документа	Примечание
<b>1 Строительные нормы и правила</b>			
1	СНиП 1.04.03-85	Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений	
2	СНиП 2.01.14-83	Определение расчетных гидрогеологических характеристик	
3	СНиП 2.02.05-87	Фундаменты машин с динамическими нагрузками	
4	СНиП 2.03.03-85	Армоцементные конструкции	
5	СНиП 2.03.09-85	Асбестоцементные конструкции	
6	СНиП 2.03.11-85	Защита строительных конструкций от коррозии	
7	СНиП 2.04.01-85	Внутренний водопровод и канализация зданий	
8	СНиП 2.04.02-84	Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.	
9	СНиП 2.04.03-85	Канализация. Наружные сети и сооружения.	
10	СНиП 2.04.05-91	Отопление, вентиляция и кондиционирование	
11	СНиП 2.05.06-85	Магистральные трубопроводы	
12	СНиП 2.05.07-91	Промышленный транспорт. Инструкция по устройству и обслуживанию поездов	
13	СНиП 2.06.05-84*	Плотины из грунтовых материалов	
14	СНиП 2.06.08-87	Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений	
15	СНиП 2.09.02-85*	Производственные здания	
16	СНиП 2.09.03-85	Сооружения промышленных предприятий	
17	СНиП 3.02.03-84	Подземные горные выработки	
18	СНиП II-23-81*	Стальные конструкции <b>Розділи 15-19 діють до 01.01.2013 року</b>	
19	СНиП II-35-76	Котельные установки	
20	СНиП II-89-80	Генеральные планы промышленных предприятий.	
21	СНиП II-94-80	Подземные горные выработки	
22	СНиП III-42-80	Магистральные трубопроводы	
23	СНиП III-44-77	Тоннели железнодорожные, автодорожные и гидротехнические. Метрополитены	
25	СН 174-75	Инструкция по проектированию электрооборудования промышленных предприятий	
25	СН 452-73	Нормы отвода земель для магистральных трубопроводов	
26	СН 456-73	Нормы отвода земель для магистральных водоводов и канализационных коллекторов	
27	СН 461-74	Нормы отвода земель для линий связи	
28	СН 462-74	Нормы отвода земель для сооружения геологоразведочных скважин	
29	СН 468-74	Нормы отвода земель для железных дорог	

№	Обозначение	Наименование нормативного документа	Примечание
30	СН 515-79	Инструкция по проектированию зданий и сооружений, приспособляемых под лечебные учреждения	
<b>2 Ведомственные строительные нормы</b>			
1	ВБН В.2.2-45-1-2004	Проектування телекомунікацій. Лінійно-кабельні споруди	
2	ВБН В.2.3-218-002-95 Укравтодор	Проектування і будівництво основ та покриттів автомобільних доріг із кам'яних матеріалів, промислових відходів і ґрунтів, укріплених цементом	
3	ВСН 12.25.003-80 МУП СССР	Инструкция по проектированию электроустановок угольных шахт, разрезов и обогатительных фабрик	Справочный материал
4	ВСН 33-2.2.12-87 Водстроя СССР	Мелиоративные системы и сооружения. Насосные станции. Нормы проектирования	
5	ВСН 60-89 Госкомархитектура	Устройства связи, сигнализации и диспетчерского инженерного оборудования жилых и общественных зданий	
6	ВСН 111-83 Минобороны СССР	Ведомственные нормы проектирования складов для хранения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей (нефтепродуктов)	
7	ВСН 333-87 Минсвязи СССР	Проводные средства связи и почтовая связь. Производственные и вспомогательные здания	
8	ВСН 359-76 ММСС ССР	Нормы технологического проектирования тяговых сетей и подстанций для промышленного железнодорожного транспорта нормальной колеи, в том числе для северной строительного-климатической зоны	
9	ВСН 600-81 Минсвязи СССР	Инструкция по монтажу сооружений и устройств связи, радиовещания и телевидения	
10		Тимчасова протипожежна інструкція по проектуванню автозаправних станцій, розташованих на території Дніпропетровської області	
<b>3 Нормы технологического проектирования</b>			
1	ОНТП 18-86 концерн «Росстром»	Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий нерудных строительных материалов	
2	ВНТП 1-86 Минуглепрома СССР	Нормы технологического проектирования угольных и сланцевых шахт	
3	ВНТП 3-86 Минуглепрома СССР	Нормы технологического проектирования углеобогатительных фабрик	
4	ВНТП 4-86 Минуглепрома СССР	Нормы технологического проектирования поверхности угольных и сланцевых шахт, разрезов и обогатительных фабрик	
5	ВНТП 26-82 Минуглепрома СССР	Инструкция по проектированию зданий и сооружений шахт, разрезов, обогатительных и брикетных фабрик	
6	ВНТП 27-82 Минуглепрома СССР	Инструкция по проектированию пожарной защиты зданий и сооружений поверхности шахт, разрезов и обогатительных фабрик	
7	ВНТП 40-84	Нормы технологического проектирования уголь-	

№	Обозначение	Наименование нормативного документа	Примечание
	Минуглепрома СССР	ных и сланцевых разрезов. Раздел «Складское хозяйство»	
8	ВНТП 111-86 Минсвязи СССР	Гипросвязь. Станции междугородные телефонные	
9	ВНТП 113-86 Минсвязи СССР	Гипросвязь. Станции и узлы телеграфные и передачи данных	
10	ВНТП 114-86 Минсвязи СССР	Станции проводного вещания	
11	ВНТП 213-86 Минсвязи СССР	Радиорелейные линии передачи прямой видимости	
<b>4 Государственные строительные нормы</b>			
1	ДБН А.2.1-1-2008	Інженерні вишукування для будівництва.	
2	ДБН А.2.2-1-2003	Проектування. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. Основні положення проектування	
3	ДБН А.2.2-2-96	Проектування. Технічний захист інформації. Загальні вимоги до організації проектування і проектної документації для будівництва.	
4	ДБН А.2.2-3-2004	Проектування. Склад, порядок розроблення погодження та затвердження проектної документації для будівництва	
5	ДБН А.2.2-4-2003	Положення про авторський нагляд за будівництвом будинків і споруд	
6	ДБН А.3.1-5-2009	Організація будівельного виробництва	
7	ДБН А.3.1-7-96	Управління, організація і технологія. Виробництво бетонних і залізобетонних виробів	
8	ДБН А.3.1-8-96	Управління, організація і технологія. Проектування підприємств по виробництву залізобетонних виробів	
9	ДБН А.3.2-2-2009	Охорона праці і промислова безпека у будівництві	
10	ДБН Б.2.4-3-95	Планування і забудова сільських поселень. Генеральні плани сільськогосподарських підприємств	
11	ДБН В.1.1-3-97	Захист від небезпечних геологічних процесів. Інженерний захист території, будинків і споруд від засувів і обвалів. Основні положення.	
12	ДБН В.1.1-5-2000	Захист від небезпечних геологічних процесів. Будинки та споруди на підроблюваних територіях і просідаючих ґрунтах	
13	ДБН В.1.1-7-2002	Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва	
14	ДБН В.1.1-12:2006	Захист від небезпечних геологічних процесів. Будівництво у сейсмічних районах України	
15	ДБН В.1.1-24-2009	Захист від небезпечних геологічних процесів. Основні положення проектування.	
16	ДБН В.1.1-25-2009	Інженерний захист територій та споруд від підтоплення та затоплення.	
17	ДБН В.1.2-14-2009	Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд,	

№	Обозначение	Наименование нормативного документа	Примечание
		будівельних конструкцій та основ	
18	ДБН В.1.2-15-2009	Навантаження та впливи. Мости та труби	
19	ДБН В.2.1-10-2009	Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування	
20	ДБН В.2.2-1-95	Будинки і споруди. Будівлі і споруди для тваринництва.	
21	ДБН В.2.2-2-95	Будинки і споруди. Теплиці і парники	
22	ДБН В.2.2-5-97	Будинки і споруди. Захисні споруди цивільної оборони	
23	ДБН В.2.2-8-98	Будинки і споруди. Підприємства, будівлі і споруди по зберіганню та переробці зерна	
24	ДБН В.2.2-9-2009	Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення.	
25	ДБН В.2.2-15-2005	Житлові будинки. Основні положення	
26	ДБН В.2.2-17-2006	Доступність будинків і споруд для маломобільних груп населення	
27	ДБН В.2.2-28-2010	Будинки адміністративного та побутового призначення	
28	ДБН В.2.3-4-2007	Споруди транспорту. Автомобільні дороги	
29	ДБН В.2.3-5-2001	Вулиці та дороги населених пунктів	
30	ДБН В.2.3-7-2003	Метрополітени	
31	ДБН В.2.3-14-2006 крім глав 1.2 та додатків В, Д, Ж, К, Л, М, П, Р, С, Ψ	Мости і труби. Правила проектування	
32	ДБН В.2.3-15-2007	Споруди транспорту. Автостоянки і гаражі для легкових автомобілів	
33	ДБН В.2.3-16-2007	Споруди транспорту. Норми відведення земельних ділянок для будівництва (реконструкції) автомобільних доріг	
34	ДБН В.2.3-18-2007	Трамвайні та тролейбусні лінії. Загальні вимоги до проектування	
35	ДБН В.2.3-19-2008	Залізничні колії 1520 мм. Норми проектування	
36	ДБН В.2.3-22-2009	Мости та труби. Основні вимоги проектування	
37	ДБН В.2.4-1-99	Меліоративні системи та споруди	
38	ДБН В.2.4-3-2010	Гідротехнічні споруди. Основні положення	
39	ДБН В.2.4-4-2010	Полігони зі знешкодження та захоронення токсичних відходів. Основні положення проектування	
40	ДБН В.2.5-16-99	Инженерное оборудование внешних сетей. Определение размеров земельных участков для объектов электрических сетей	
41	ДБН В.2.5-20-2001	Газопостачання	
42	ДБН В.2.5-23-2010	Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення	
43	ДБН В.2.5-27-2006	Инженерне обладнання будинків і споруд. Захисні методи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд	
44	ДБН В.2.5-28-2006	Природне і штучне освітлення	
45	ДБН В.2.5-39-2008	Теплові мережі	
46	ДБН В.2.5-56-2010	Системи протипожежного захисту	

№	Обозначение	Наименование нормативного документа	Примечание
47	ДБН В.2.6-14-97	Конструкції будинків та споруд. Покриття будівель і споруд	
48	ДБН В.2.6-31:2006	Теплова ізоляція будівель	
49	ДБН В.2.6-98:2009	Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення.	
50	ДБН В.2.6-161:2010	Дерев'яні конструкції. Основні положення	
51	ДБН В.2.6-162:2010	Кам'яні та армокам'яні конструкції. Основні положення	
52	ДБН В.2.6-163:2010	Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу	
53	ДБН В.3.1-1-2002	Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій та основ промислових будинків і споруд	
54	ДБН Д.1.1-7-2000	Ценообразование в строительстве. Правила определения стоимости проектно – изыскательных работ для строительства, осуществляемого на территории Украины	
55	ДБН 360-92	Містобудування. Планування та забудова міських і сільських поселень	
56	ДБН 362-92	Оцінка технічного стану сталевих конструкцій виробничих будинків і споруд, що експлуатуються.	
<b>5 Государственные стандарты</b>			
1	ДСТУ Б А.2.4-3:2009	Правила виконання робочої документації автоматизації технологічних процесів	
2	ДСТУ Б А.2.4-4:2009	СПДБ. Основні вимоги до проектної та робочої документації.	
3	ДСТУ Б А.2.4-6:2009	СПДБ. Правила виконання робочої документації генеральних планів	
4	ДСТУ Б А.2.4-7:2009	СПДБ. Правила виконання архітектурно-будівельних робочих креслень.	
5	ДСТУ Б А.2.4-10:2009	СПДБ. Правила виконання специфікації обладнання, виробів і матеріалів.	
6	ДСТУ Б А.2.4-11:2009	СПДБ. Правила виконання ескізних креслень загальних видів нетипових виробів.	
7	ДСТУ Б А.2.4-18:2008	Електричне освітлення території промислових підприємств. Робочі креслення.	
8	ДСТУ Б А.2.4-21:2008	Силове електрообладнання. Робочі креслення	
9	ДСТУ Б А.2.4-24:2008	Внутрішнє електричне освітлення. Робочі креслення.	
10	ДСТУ Б А.2.4-29:2008	Автомобільні дороги. Земляне полотно і дорожній одяг. Робочі креслення	
11	ДСТУ Б А.2.4-33:2008	Колії залізничні. Робочі креслення	
12	ДСТУ Б А.2.4-35:2008	Нормоконтроль проектної документації.	
13	ДСТУ Б А.2.4-42:2009	Телекомунікації. Проводові засоби зв'язку. Робочі креслення.	
14	ДСТУ Б В.1.2-3:2006	Прогини і переміщення. Вимоги проектування	
15	ДСТУ Б В.2.5-29:2006	Системи газопостачання. Газопроводи підземні сталеві. Загальні вимоги до захисту від корозії	
16	ДСТУ Б В.2.5-30:2006	Трубопроводи сталеві підземні систем холодного і	

№	Обозначение	Наименование нормативного документа	Примечание
		гарячого водопостачання. Загальні вимоги до захисту від корозії	
17	ДСТУ Б В.2.5-38:2008	Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд	
18	ДСТУ Б В.2.6-145:2010	Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Загальні технічні вимоги	
19	ГОСТ 2.105-95	ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.	
20	ГОСТ 2.106-96	ЕСКД. Текстовые документы.	
21	ГОСТ 2.301-68	ЕСКД. Форматы.	
22	ГОСТ 2.303-68	ЕСКД. Линии.	
23	ГОСТ 2.304-81	ЕСКД. Шрифты чертежные.	
24	ГОСТ 2.316-68	ЕСКД. Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц	
25	ГОСТ 9238-83	Габаритные приближения строений и подвижного состава железных дорог колеи 1520 (1524)мм	
<b>6 Отраслевые руководящие документы</b>			
1	ГКД341.004.001-94 Міненерго України	Норми технологічного проектування підстанцій змінного струму з вищою напругою 6-750кВ	
2	ГКД341.004.002-94 Міненерго України	Норми технологічного проектування повітряних ліній електропередачі 0,38-750кВ. Проводи лінії електропередачі 35-750кВ	
3	ГКД341.004.003-94 Міненерго України	Норми технологічного проектування електричних систем та електричних мереж 35кВ та вище	
4	КД12.00.011-97	Основні положення відомчої мережі зв'язку вугільної промисловості України	
5	КД12.00.012-96	Правила безпеки при експлуатації та ремонті засобів зв'язку вугледобувних підприємств	
6	КД12.00.013-96	Інструкція з технічної експлуатації засобів зв'язку вугледобувних підприємств	
7	КД12.01.401-96	Эндогенные пожары на угольных шахтах Донбасса. Предупреждение и тушение.	
<b>7 Нормативно-правовые акты по охране труда</b>			
1	НПАОП 00.0-1.01-85	Единые правила охраны недр при разработке месторождений твердых полезных ископаемых.	
2	НПАОП 0.00-1.07-94	Правила будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском	
3	НПАОП 0.00-1.17-92	Єдині правила безпеки при вибухових роботах	
4	НПАОП 0.00-1.36-03	Правила будови і безпечної експлуатації підйомників	
5	НПАОП 0.00-1.20-98	Правила безпеки систем газопостачання	
6	НПАОП 0.00-1.33-94	Правила безпеки при розробці родовищ корисних копалин відкритим способом	
7	НПАОП 10.0-1.01-10	Правила безпеки у вугільних шахтах. Збірник інструкцій до правил безпеки у вугільних шахтах. Том 1, том 2.	
8	НПАОП 10.0-7.08-93	Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт.	
9	НПАОП 40.1-1.32-01	Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок	

№	Обозначение	Наименование нормативного документа	Примечание
10	НПАОП 74.2-1.02-90	Правила безпеки на геологорозвідувальних роботах	
<b>8 Стандарти Министерства энергетики и угольной промышленности Украины</b>			
1	СОУ 10.1-00174088.001-2000	Дегазація вугільних шахт. Вимоги до способів та схем дегазації	
2	СОУ 10.1-00185790.002-2005	Правила технічної експлуатації вугільних шахт	
3	СОУ10.1.00174088.007-2005	Типове положення про дільницю вентиляції і техніки безпеки шахти	
4	СОУ 10.1.00174088.008-2005	Правила ведення робіт у вугільних шахтах України, небезпечних за нафтогазопроявами	
5	СОУ 10.1.00174088.011-2005	Правила ведення гірничих робіт на пластах, схильних до газодинамічних явищ	
6	СОУ 10.1.00174125.003-2004	Санітарно-захисних зон (СЗЗ) підприємств вугільної промисловості. Методика розрахунку.	
7	СОУ 10.1.00174125.004-2004	Концентрація і об'єми шкідливих забруднюючих речовин (в тому числі газу метану), що викидаються в атмосферу вугільними шахтами Методика розрахунку	
8	СОУ 10.1.00174131.003-2006	Правила повторного використання металевого кріплення в гірничих виробках	
9	СОУ 10.1.00174131.004-2006	Підземні гірничі виробки вугільних шахт Правила виконання робіт	
10	СОУ 10.1.05400632.1-2004	Проект ліквідації вугільних шахт України	
11	ГСТУ 10.1.00174125.001-2002	Правила технічної експлуатації при розробці вугільних родовищ відкритим способом	
12	ГСТУ 45.016-2000	Споруди зв'язку підземні. Загальні вимоги до захисту від корозії	
13	ГСТУ101.00159226.001-2003	Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом.	
<b>9 Нормативно-правовые акты пожарной безопасности</b>			
1	НАПБ А.01.001-2004	Правила пожежної безпеки в Україні	
2	НАПБ Б.01.009-2004	Правила пожежної безпеки для підприємств вугільної промисловості	
3	НАПБ Б.03.002-2007	Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою	
4	НАПБ Б.06.004-2005	Перелік однотипних за призначенням об'єктів, які підлягають обладнанню автоматичними установками пожежогасіння та пожежної сигналізації.	
5	НАПБ В.01.053-2000/520	Правила пожежної безпеки в галузі зв'язку	
6	НАПБ 05.031-2001 (ГКД 343.004.003.001-2001)	Інструкція з пожежної безпеки та захисту автоматичними установками водяного пожежогасіння кабельних споруд	
<b>10 Прочие нормативные акты</b>			

№	Обозначение	Наименование нормативного документа	Примечание
1	Головне управління з питань радіо при КМУ, наказ №39 від 05.09.1995	Правила взаємодії місцевих телефонних мереж загального користування з місцевими телефонними мережами відомств та інших власників	
2	ПУЭ	Правила устройства электроустановок. Переиздание с изменениями	
3	Ленинград, 1986	Инструкция по выбору рамной, металлической податливой крепи горных выработок	Справочный материал
4	Ленинград, 1972	Методические указания по определению углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров	Справочный материал
5	Постановление НКРЭ № 928 от 22.08.2002	Правила пользования электрической энергией	
6	Госстрой, Минтруда Украины, Госнадзор-охраны труда, 1999	Нормативные документы по вопросам обследования, паспортизации, безопасной и надежной эксплуатации производственных зданий и сооружений	
7	ISSNO132-5280	Руководящие указания по релейной защите. Выпуски 11, 13А, 13Б. Энергоатомиздат, 1985	
8	Постанова КМУ №135 від 29.01.96	Правила охорони лінії зв'язку	
9	РТМ 07.05.001-85	Защита от коррозии оборудования и сооружений на предприятиях угольной промышленности	Справочный материал
10	РТМ 12.25.002-84	Электроснабжение угольных шахт с обособленным питанием подземных электроприемников	Справочный материал
11	№1127-XIV від 06.10.1999 (зі змінами)	Гірничий закон України	
12	РД 12.13.036-87	Нормы продолжительности строительства объектов в составе предприятий угольной промышленности	Справочный материал
13	ДСП 3.31.095-2002	Державні санітарні правила та норми підприємств вугільної промисловості	Изм. 2004г.
14	ДСП 6.074.120-01	Основные санитарные правила противорадиационной защиты Украины	
15	ДСН 3.3.6.037-99	Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку	
16	ДСН 3.3.6.039-99	Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації	
17	ДСН 3.3.6.042-99	Санитарные нормы микроклимата производственных помещений	
18	ГСанПиН 2.2.7.029-99	Гигиенические требования к поведению с промышленными отходами и определение их класса опасности для здоровья населения	

## **Приложение Б**

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України  
Державний ВНЗ "Національний гірничий університет"

### **Методичні вказівки**

до виконання контрольної науково-дослідної роботи  
з дисципліни "Основи проектування" для студентів напрямів  
підготовки 050701 Електротехніка та електротехнології  
та 050702 Електромеханіка

Рекомендовано до видання навчально-методичною комісією кафедри  
систем електропостачання

Дніпропетровськ  
Державний ВНЗ "НГУ"  
2011

Методичні вказівки до виконання контрольної науково-дослідної роботи з дисципліни "Основи проектування" для студентів напрямів підготовки 050701 Електротехніка та електротехнології та 050702 Електромеханіка / Упорядн.: Ю.Т. Разумний, А.В. Рухлов. – Дніпропетровськ: Державний ВНЗ "Національний гірничий університет", 2011. – 10 с.

Упорядники:

Ю.Т. Разумний, д-р техн. наук, проф.,

А.В. Рухлов, канд. техн. наук, доц.

Відповідальний за випуск заст. завідувача кафедри систем електропостачання С.І. Випанасенко, д-р техн. наук, проф.

## 1. Загальні відомості

Світ, в якому ми живемо, складається з природного і штучного середовища. Між природним і штучним середовищами існує принципова відмінність. Перше створене природою в процесі тривалої еволюції. Штучне середовище створено людиною в результаті його революційних дій і робить вплив на еволюційну послідовність природного середовища своїми якісними змінами в розвитку явищ природи. Штучне середовище відноситься до об'єктів майбутнього, які неприступні безпосередньому сприйняттю, за виключенням раніше вже створених людиною. Проте існував період, коли об'єктів штучного середовища не було. Таким чином, відвіку з'явилася необхідність "планувати" створення будь-яких об'єктів, потрібних людині. З'явилася галузь людської діяльності зі створення штучного середовища майбутнього миру шляхом виконання (розробки) проектів.

**Проект** в перекладі з латинського – кинутий вперед. До недавнього часу під **проектом** розуміли сукупність документів (розрахунків, креслень, схем тощо) для створення якої-небудь споруди або виробу. Сучасне розуміння **проекту** – все те, що перетворить наш Світ: будівництво будівель і споруд, розробка нової технології, техніки, створення виробництв, реконструкція підприємств, створення програм науково-дослідних робіт, споруда кораблів та іншої техніки військового і цивільного призначення, розвиток регіону тощо. Характерно, що в сучасному світі під **проектом** розуміють не тільки і не стільки документацію на будівельно-монтажні роботи, а значною мірою технічні, технологічні, ергономічні, техніко-економічні та інші показники діючого підприємства або якого-небудь виробу на всьому часі його функціонування, іноді в режимі моніторингу.

Контрольна науково-дослідна робота відноситься до дисципліни "Основи проектування" і виконується студентами, які навчаються за напрямами підготовки 050701 Електротехніка та електротехнології та 050702 Електромеханіка.

Проектування як учбова дисципліна синтезує пізнання науки, мистецтва, математики і йде далі, ніж вказані пізнання окремо взяті. Це складний вид діяльності, в якому успіх залежить від правильного поєднання всіх цих засобів пізнання. Трудність полягає ще і у тому, що пропорції поєднань кожного разу змінюються залежно від типу і складності задачі, що вирішується.

У практиці проектування необхідно виконати вимоги замовника, дотриматися вимог законів і нормативів та виконати ряд інших умов. У результаті проект повинен бути привабливим для інвестора. Привабливість будь-якого проекту визначається часто суперечливими показниками – одноразовими і щорічними витратами, прибутком і терміном реалізації проекту, кредитними ставками і терміном повернення кредиту, наявністю стійких ринків збуту і ціновою політикою та іншими показниками.

Рішення вказаних задач проектування не відносяться до фахівців з електротехніки та електромеханіки. У більшій мірі рішенням таких задач займаються технологи, економісти, менеджери та інші фахівці. Разом із тим фахівці в області електротехнічних систем електроспоживання, енергетичного менеджменту і гірничої електромеханіки беруть участь у формулюванні та визначенні показників, що відносяться до привабливості проекту. Тому зазначені фахівці повинні володіти міжспеціальними знаннями, що є результатом синтезу різних засобів пізнання.

Однією з численних проектних електротехнічних задач може бути представлена у роботі задача вибору і розкладки кабельних з'єднань. В реальних умовах для цеху або установки промислового підприємства кількість кабелів сягає декількох сотень, а іноді й тисяч. Правильне трасування при прокладці кабелів є складною і громіздкою задачею, тому вона розв'язується за допомогою існуючих програмних засобів.

Методичними вказівками пропонується вирішити тривіальну задачу з вибору і прокладці контрольних кабелів з метою досягнення розуміння її складності за наявності більшої кількості кабелів.

## **2. Постановка задачі й вихідні дані**

В цеху розміщено п'ять електроустановок, які сполучені між собою контрольними кабелями марки КВРГ перетином  $2,5 \text{ мм}^2$ . При цьому кожна електроустановка має з'єднання зі всіма іншими електроустановками. Прокладка кабелів здійснюється по периметру внутрішньої сторони будівлі цеху. Виконати вибір кабелів та їх прокладку, а також навести їх витратну оцінку для двох варіантів.

Перший варіант прокладки кабелів відноситься до формального виконання з'єднань всіх електротехнічних установок, тобто кожна установка повинна мати чотири кабелі що відходять, як це показано на

рис.1. Другий варіант прокладки кабелів представляє з'єднання установок шляхом систематизації трас прокладки з урахуванням кількості жил кабелів.

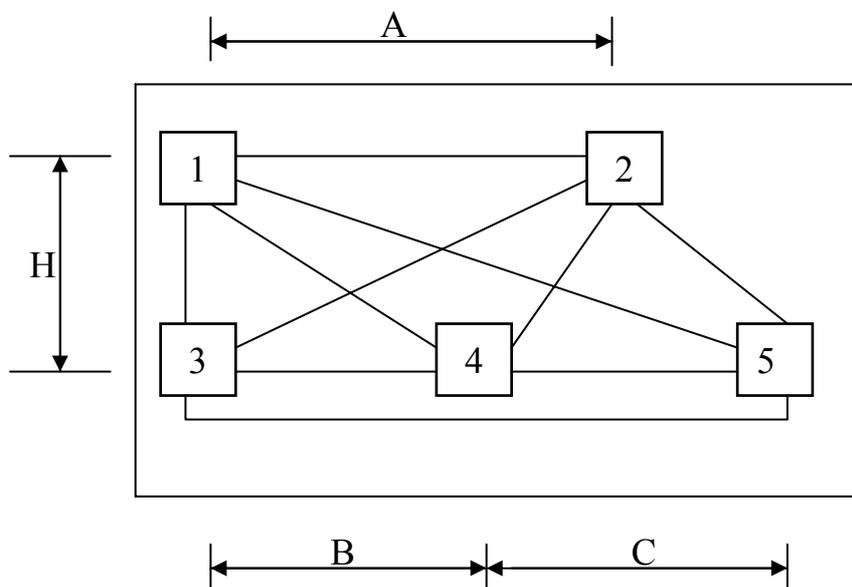


Рис.1. Розміщення електроустановок і кабельні зв'язки

Кількість зв'язків визначається як  $n_z = n_{ey} - 1$ , де  $n_z, n_{ey}$  – відповідно кількість зв'язків і електроустановок.

У табл.1 наведені відстані між електроустановками за варіантами завдання.

Таблиця 1

Позначення	Відстані між електроустановками, м	
	Варіанти	
	1	Наступні
H	300	$300 + 5N$
A	400	$400 - 5N$
B	300	$300 + 5N$
C	300	$300 - 5N$

Примітка: за базовий прийнятий перший варіант, наступні розраховуються за залежностями. Наприклад, для варіанту №10:

$$H = 300 + 5 \cdot 10 = 350 \text{ м}; A = 400 - 5 \cdot 10 = 350 \text{ м};$$

$$B = 300 + 5 \cdot 10 = 350 \text{ м}; C = 300 - 5 \cdot 10 = 250 \text{ м}.$$

У табл.2 наведено кількість необхідних жил кабелю по варіантах, що практично відображає кількість фізичного провідного зв'язку між електроустановками.

Таблиця 2

## Кількість необхідних жил в кабелі по варіантах

Зв'язки кабельні між електроустановками	Варіанти	
	1	Наступні
1–2	4	} $n_{жб} + 0,5N$
1–3	5	
1–4	6	
1–5	7	
2–3	26	} $n_{жб} - 0,5N$
2–4	27	
2–5	28	
3–4	30	
3–5	34	
4–5	38	

Примітка: дробні значення округляються до найближчого цілого числа;  $n_{жб}$  – кількість використовуємих жил кабелю для варіанту №1,  $N$  – номер варіанту завдання. Наприклад, для зв'язку між електроустановками 2–5 для варіанта №1 повинно бути 28 жил в кабелі. Тоді кількість жил в кабелі між електроустановками 2–5 для варіанту №10 складе  $28 - 0,5 \cdot 10 = 23$ . Проте кабелю з кількістю жил 23 не існує. Необхідно прийняти найближче більше значення 27 (див. табл.3).

Таблиця 3

Кількість жил і вартість контрольного кабелю КВРГ перетином  $2,5 \text{ мм}^2$ , долл./м

Вартість кабелю при кількості жил											
4	5	7	10	13	17	21	27	32	37	42	51
3,4	4,0	5,0	6,3	7,4	8,4	9,6	11,0	12,0	13,0	13,8	15,0

Вартість монтажу кабелю складає 15% від вартості відповідного кабелю. Наприклад, 1 метр кабелю з кількістю жил 32 коштує 12 долл., а вартість його монтажу визначається множенням  $12 \cdot 0,15 = 1,8$  долл. за монтаж 1 метра. У вартість монтажу кабелю входить оброблення всіх жил кабелю з двох сторін, підключення до відповідних апаратів або пристрою (клемнику), кріплення кабелю і маркування приєднаних жил кабелю.

### 3. Порядок виконання контрольної науково-дослідної роботи

Порядок виконання контрольної науково-дослідної роботи наведений на спрощеному прикладі. На рис.2 представлений варіант №1, за яким виконано формальне з'єднання трьох електроустановок.

Шляхом додаткової установки клемних з'єднань на відповідних електроустановках та поєднання жил кабелів (1-3)  $13 \times 2,5 \text{ мм}^2$  і (1-2)  $10 \times 2,5 \text{ мм}^2$  у один кабель (1-2)  $27 \times 2,5 \text{ мм}^2$ , а також кабель (2-3)  $7 \times 2,5 \text{ мм}^2$  на кабель з кількістю жил  $21 \times 2,5 \text{ мм}^2$ , схему з'єднання електроустановок для варіанту №1 (див. рис.2) можна замінити іншою схемою, представленою на рис.3.

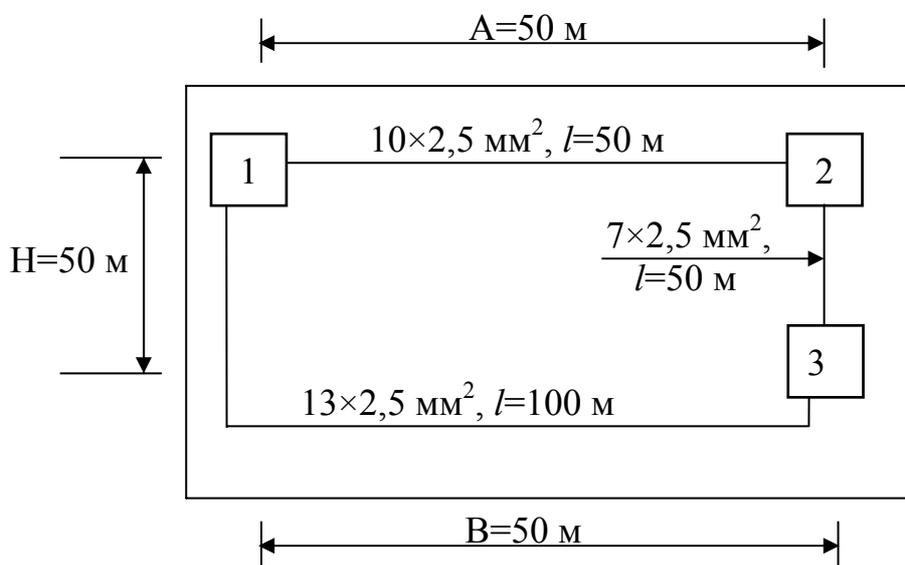


Рис.2. Приклад варіанту №1

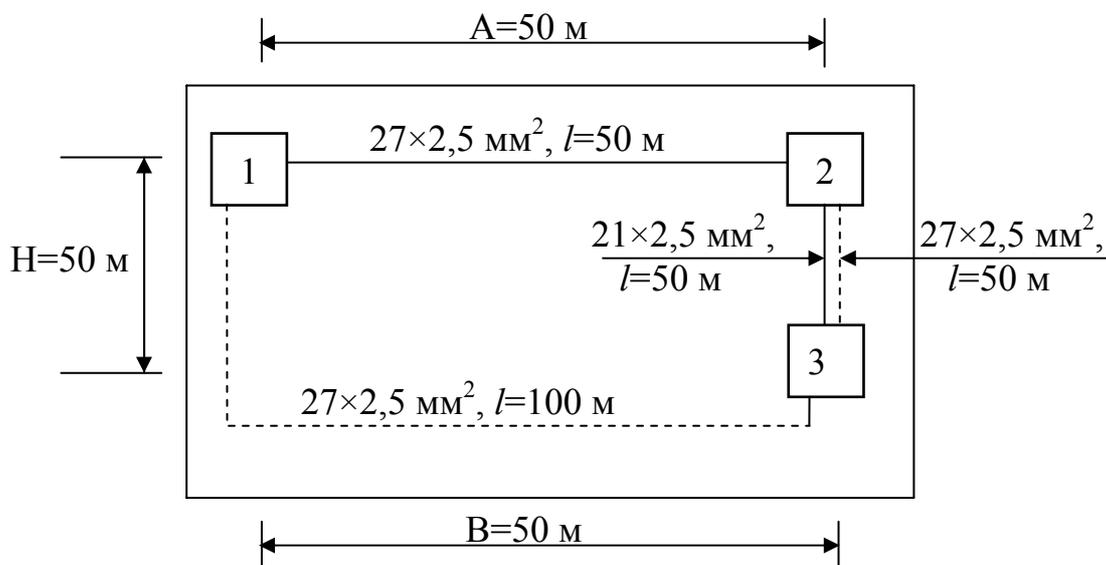


Рис.3. Приклад варіанту №2

Схема кабельних з'єднань електроустановок варіанту №2 має два виконання: перше показане на рис.3 сплошними лініями, а друге – пунктирними. Для варіантів і виконання, що розглядаються, за формою табл.4 складається кабельний журнал.

За даними кабельного журналу (табл.4), використовуючи вартість кабелю (див. табл.3) виконаємо розрахунки витрат для варіантів і представимо їх у табл.5. Тут показано, що не у всіх випадках систематизований варіант (варіант №2, виконання 2) може бути кращим за витратами, тому він надалі не розглядається.

Кількість клем за варіантами: варіант №1 – 60 шт., варіант №2 виконання 1 – 96 шт. Вартість 1 клеми орієнтовно складає 1 долл. Таким чином, загальні витрати по варіантах складуть:

- варіант №1 –  $Z_1 = 1500,75 + 60 = 1560,75$  долл.;

- варіант №2 –  $Z_2 = 1184,5 + 96 = 1280,5$  долл.

Економія складе:  $E_3 = Z_1 - Z_2 = 1560,75 - 1280,5 = 280,25$  долл.

Таблиця 4

Кабельний журнал

№ кабелю за розкладкою	Прокладка кабелю від електроустановки N до N + i	Марка кабелю	Кількість жил і перетин	Довжина кабелю, м
Варіант №1				
1	1 – 2	КВРГ	10×2,5	50
2	1 – 3	–  –	13×2,5	100
3	2 – 3	–  –	7×2,5	50
				200
Варіант №2, виконання 1				
1	1 – 2	КВРГ	27×2,5	50
2	2 – 3	–  –	21×2,5	50
				100
Варіант №2, виконання 2				
1	1 – 3	КВРГ	27×2,5	100
2	2 – 3	–  –	27×2,5	50
				150

Таблиця 5

## Витрати за варіантами

Кількість жил і перетин	Вартість одиниці, долл.	Довжина кабелю, м	Вартість кабелю, долл.	Вартість монтажу кабелю, долл.	Загальна вартість, долл.
Варіант №1					
10×2,5	6,3	50	315	47,25	362,25
13×2,5	7,4	100	740	111,0	851,0
7×2,5	5,0	50	250	37,5	287,5
Разом			1305	197,75	1500,75
Варіант №2, виконання 1					
27×2,5	11,0	50	550	82,5	632,5
21×2,5	9,6	50	480	72,0	552,0
Разом			1030	154,5	1184,5
Варіант №2, виконання 2					
27×2,5	11,0	150	1650	247,5	1897,5

#### 4. Зміст контрольної науково-дослідної роботи

- Загальні відомості про проектування об'єктів будівництва електротехнічних установок.

Тут необхідно висловити принципові питання залучення інвестицій і пошук варіанту, що задовольняє умовам привабливості проекту.

- Постановка задачі на виконання контрольної роботи.

Висловлюється суть задачі та наводяться всі вихідні дані для її вирішення. Рисунок з розміщення електроустановок необхідно виконати в масштабі.

- Рішення задачі з кабельних з'єднань електроустановок.

Виконується відповідно до завдання і представляється у двох варіантах. Виконання завдання необхідно супроводжувати поясненнями і заповненням відповідних таблиць, а також показати на рисунках прокладки кабелю та їх з'єднання на електроустановках з урахуванням з'єднань на відповідних клеммах і їх витрат.

- Висновки.

Тут необхідно навести всі отримані результати, проаналізувати їх та сформулювати необхідні висновки щодо виконаної роботи.

## Список рекомендованої літератури

1. Разумный Ю.Т., Рухлов А.В. Конспект лекций по дисциплине "Основы проектирования". – Д.: НГУ, 2007. – 15 с.
2. Верба В.А., Загородніх О.А. Проектний аналіз: Підручник. – К.: КНЕУ, 2000. – 322 с.
3. Загородній А.Г., Стадницький Ю.І. Менеджмент реальних інвестицій: Навч. посіб. – К.: Т-во "Знання", КОО, 2000. – 209 с.
4. Тянь Р.Б., Холод Б.І., Ткаченко В.А. Управління проектами: Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: Дніпропетровська академія управління, бізнесу та права, 2000. – 224 с.
5. Ковалев В.В. Методы оценки инвестиционных проектов. – М.: Финансы и статистика. 1999. – 144 с.
6. Райсберг Б.А., Фатхутдинов Р.А. Управление экономикой: Учебник. – М.: ЗАО "Бизнес-школа "Интел-Синтез"". 1999. – 784 с.
7. Джонс Дж.К. Методы проектирования. – М.: Мир, 1986. – 326 с.
8. Ганичев И.А. Строительство в США. – М.: Стройиздат, 1979. – 333 с.
9. Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 648 с.

**Упорядники:**

Юрій Тимофійович Разумний  
Артем Володимирович Рухлов

**Методичні вказівки**

до виконання контрольної науково-дослідної роботи з дисципліни  
"Основи проектування" для студентів напрямів підготовки  
050701 Електротехніка та електротехнології  
та 050702 Електромеханіка

Кафедра систем електропостачання

**Державний ВНЗ "НГУ"**

49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.