

ЛЕКЦИЯ 4. СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

4.1. 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 – представляющее собой совокупность технической и экономической информации об оборудовании, технологиях, аппаратах, фирмах-изготовителях, возможных научно-исследовательских институтах, проектных, строительных и других организациях, достижениях науки и техники, а также справочники, каталоги и многое другое;
- нормативно-методическое – совокупность соответствующих государственных стандартов (ГОСТ), санитарных норм и правил (СНИП), государственных строительных норм (ДБН), методик, распоряжений и т.п.;
- техническое и программное – новейшая компьютерная, офисная и периферийная техника, а также необходимое для проектирования программное обеспечение;
- сервисное – электронная почта, Интернет, средства разговорной связи, технические сервисные службы для ремонта и технического обслуживания оборудования, транспортное обеспечение и др.

Условием обеспечения процесса проектирования для любой структуры должна быть лицензия, которая выдается региональными и главными государственными лицензионными организациями и центрами. Такой подход объясняется ответственностью за выполнение работ и получение 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.

4.2. Кадровое обеспечение процесса проектирования

Кадровое обеспечение процесса проектирования формируется путем получения соответствующей профессиональной подготовки, когда образование следует рассматривать как процесс и результат усвоения систематизированных знаний, умений и навыков. Это необходимое условие для подготовки человека к трудовой деятельности. Основные аспекты системы образования обуславливаются требованиями производства, личностными качествами, общественными отношениями, состоянием современной науки, техники и культуры. Большое значение в жизни людей отводится самообразованию.

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 итоге их первоначальное обывательское сознание преобразуется в конструктивно-композиционное, проектное или системное мышление как основу для достижения в работе творческих результатов [1].

При этом исполнителям следует усвоить, какую меру ответственности они несут за достоверность закодированной точками и линиями информации как основы предсказания достоинств и недостатков будущего объекта.

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

Достижению такого 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 другие интуитивно подсказывают предмет 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 чувствительна и локализована в "пространстве чувств и умений" 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 обоих 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 ее 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.

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, данную профессию избирает все меньше молодых людей. Это вызывает серьезные опасения по поводу "разрыва поколений" профессиональных инженеров. Частью сегодняшней фундаментальной проблемы является то, что приходящие на машиностроительные предприятия молодые специалисты не увлекались в свое время инженерным делом, а полученные в вузе знания не всегда соответствуют новому уровню подготовки, что не позволяет им четко увидеть перспективы карьерного роста.

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

Компания David Brown, ведущий поставщик редукторов и технических услуг, уже больше 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".

На завершающем этапе обучения в вузе студент выполняет соответствующую квалификационную работу и защищает ее. Дипломный проект выполняется с целью закрепления и систематизации знаний, полученных при изучении специальных дисциплин, приобретения навыков самостоятельного решения конкретных вопросов и умений пользоваться технической литературой и т.д. На основании выполненной работы оценивается степень подготовки студента и государственная экзаменационная комиссия решает вопрос о присвоении ему квалификации бакалавра, специалиста или магистра [7].

4.3. Нормативно-методическое обеспечение

Нормативы (нормы) относятся к законодательным документам, устанавливающим порядок и соответствующие требования к выполнению каких-либо работ, связанных со строительством зданий и сооружений, изготовлением изделий, комплектуемых и др. Эти документы разрабатываются на государственном уровне либо для различных отраслей промышленности. В основе методики (иногда инструкции) лежит полный расчет параметров, 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 официально издает перечень действующих в Украине нормативных документов в отрасли строительства (далее – Перечень), который постоянно пересматривается. В составе Перечня приведены сокращения, по которым можно представить объем информационного массива только по строительству (см. таблицу). Кроме того, для отраслей промышленности действуют: международные 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, по лицензированию – 11, нормативные акты органов надзора – 31; санитарные нормы (СН); ведомственные нормы – 348 (Гражданстрой – 14, Минтрансстрой – 62, Водстрой – 13, Миннефтегаз – 25, Минэнерго – 84, Минобороны – 17 и др.); инструкции по разработке, согласованию и утверждению норм технического проектирования" – 23; положение о проектной организации – генеральном проектировщике – 28; различных пособий к нормативным документам и многие другие материалы – 151.

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), которые занимаются вопросами 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, касающиеся не проектирования вообще, а каких-то конкретных объектов. 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 потребуются другая информация, однако она уже будет приобретаться дополнительно.

4.4. 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 рассмотрены некоторые технические устройства и программы, используемые при проектировании различных объектов и изделий.

Технологии сканирования

В последние годы разрабатывается огромное количество проектов, связанных с реконструкцией и модернизацией 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: пригласить на промплощадку геодезистов и попросить их сделать съемку текущего состояния объекта. 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 займет 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 составить спецификацию на 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].

Современные технологии лазерного сканирования и трехмерного интерактивного моделирования оказываются 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, находящихся в сложных окружающих условиях. Высокая досто-

верность лазерного сканирования в сочетании со средствами моделирования позволяет получить за короткий срок точные исходные данные для проектирования самых современных производств.

Для построения трехмерной модели поверхности рельефа и получения соответствующих топографических планов, генеральных планов и других документов необходимо использовать специальные программные средства. 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 замене оборудования, новых компоновочных решениях и других изменениях проекта она дает возможность оценить изношенность конструкции и ее несущую способность, что позволяет принять адекватные и обоснованные инженерные и экономические решения.

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 персональных компьютерах (ПК). Идея заключалась в том, чтобы перенести все основные вычислительные ресурсы и приложения в центры обработки данных (ЦОД) и предоставлять пользователям доступ к ним с применением "тонких клиентов" или различного рода терминалов. Данная идея весьма логична, поскольку консолидация и виртуализация вычислительных ресурсов – это удобство обслуживания и максимальная эффективность их использования, поскольку такие технологии предоставляют возможность перераспределения вычислительных ресурсов в зависимости от потребности [59].

Численное моделирование

В ходе проектирования компании стремятся как можно быстрее получить конструкторский проект, по которому затем изготавливаются опытные образцы, испытываемые и оцениваемые на соответствие заданным характеристикам. В результате в проект вносится 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 качества изделий ожиданиям рынка и требованиям бизнеса, что, в свою очередь, вызывает неудовлетворенность заказчика и/или способствует возврату 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 при выходе изделия на рынок. Даже при выполнении численного моделирования на более ранних этапах исполнители работают с множеством специализированных и несвязанных друг с другом систем. При этом появляются избыточные данные и непроизводительные процессы, что и приводит к росту временных затрат на выполнение 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 проектов, эффективно внедряя численное моделирование в процесс конструкторской подготовки производства. Это стало возможным благодаря применению более функциональных и лучше синхронизированных инструментов, предназначенных как для конструкторов, так и для расчетчиков. Такие подходы должны поддерживать параллельно процессы конструирования и численного моделирования, причем 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 [60].

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, газогидро-динамики, 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 мощные инструменты позволяют инженерам и расчетчикам легко редактировать модели и получать необходимую для численного моделирования идеализированную геометрию, не дожидаясь, пока данную задачу выполнят конструкторы. Таким образом удается быстро реагировать на изменения параметров конструкции, а также вносить поправки на основе результатов расчетов.

Поскольку моделями и данными легко обмениваться, то подобный уровень интеграции вселяет уверенность специалистам, принимающим проектные решения. Кроме того, им предоставляются единый пользовательский интерфейс и набор элементов модели, что устраняет границу 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, помогающих 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 конструкторской документации, а также значительно уменьшить число ошибок при проектировании. Собственная графическая платформа обеспечивает лаконичность, понятность, простоту в освоении, быстрое обучение и внедрение.

CADElectro Energy позволяет разрабатывать следующие конструкторские документы [61]:

- схема электрическая принципиальная;
- перечень элементов;
- схема расположения;
- спецификация;
- таблицы соединений;
- кабельные журналы;
- ведомость драгоценных металлов;
- ведомость покупных изделий.

Линии электрических передач

Программный продукт Model Studio CS "ЛЭП" – сертифицированное решение для расчета и выпуска полного комплекта документов 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].

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, выполнения расчетов гибкой ошиновки, выдачи проектной и рабочей документации (чертежей, спецификаций и т.д.), проектирования молниезащиты зданий, сооружений и подготовки открытых площадок под промышленное и гражданское строительство.

Пакет *кабельное хозяйство* предназначен для трехмерной компоновки кабельных конструкций любой сложности, трехмерной раскладки кабелей различных типов и различного назначения [62].

Расчеты систем электроснабжения

Одной из наиболее трудоемких задач при проектировании сетей ниже 1000 В является определение электрических нагрузок, расчетных токов и токов коротких замыканий в сильно разветвленных цепях, что связано с разработкой нескольких вариантов схем для выбора лучшего.

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 на нее результатами расчета;
- программный комплекс обеспечивает возможность получения 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 типы 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.

Проветривание шахт и рудников

Обеспечение проветривания и необходимого теплового режима шахт и рудников – одно из важнейших условий обеспечения безопасных и комфортных условий работы горняков. 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, характеризуемые полями температур, тепловых полей и фронтов фазовых переходов в рудничной атмосфере и горном массиве;
- массообменные, характеризуемые полями концентраций и диффузионных потоков аэрозольных и газовых примесей, распространяющихся в рудничной атмосфере и горном массиве.

Как показал опыт расчета показателей в области проветривания шахт и рудников, таким программным обеспечением является пакет 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 [65].

Оцифровка графиков при решении прикладных задач

Прикладные задачи можно решать разными способами. Один из них – это при помощи пакета Activex. Современные средства проектирования, методы и способы инженерного анализа позволяют моделировать поведение конструкций

при разных способах нагружения или воздействия на них. Однако зачастую результаты, полученные опытным пользователем-расчетчиком, 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 [67].

Техническое и программное обеспечение проектирования, краткие сведения о которых приведены в лекции №4, в основном направлены на интеллектуализацию самого процесса и интеграцию науки с проектированием.