

7. **За математическое** образование инженера / И. Г. Александров // Техника. – 1932. – № 118.

8. **Фрагментарные** воспоминания академика О. А. Маддисона о времени его пребы-

вания в ИИПС студентом, преподавателем и профессором за промежуток с 1899 по 1921 г. – Таллин, 1958. – 18 с. Рукопись, библиотека ПГУПС.

УДК 004.94

А. П. Ледяев, В. П. Быков, Я. С. Ватулин, А. А. Мигров

Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В настоящее время на предприятиях наблюдается значительный дефицит квалифицированных специалистов, знающих современные правила и технологии информационной поддержки производства, для его устранения необходима трансформация инженерного образования. С помощью современных систем автоматизированного проектирования (САПР) представляется возможным осуществить переход на новый качественный уровень подготовки инженерных кадров в соответствии с высокими требованиями, предъявляемыми промышленностью к молодым специалистам.

В статье описано, как решаются вопросы изучения средств автоматизации проектирования в Петербургском университете путей сообщения.

информационные технологии, системы автоматизированного проектирования, учебный процесс, подготовка специалистов, исследовательское проектирование.

Введение

Информационные технологии в современном мире являются одной из основ развития любой производственной деятельности, ее эффективности и безопасности. Во всех ведущих индустриальных странах создаются международные кооперации, объединяющие поставщиков, производителей и потребителей продукции. Производители сходных видов продукции создают так называемые виртуальные предприятия и технопарки. Отставание отечественных предприятий от западных в области применения современных информационных технологий делает проблемным их участие в международной кооперации и снижает конкурентоспособность производимой продукции, что является причиной потери определенных сегментов рынка. В настоящее время предприятия испытывают значительный дефицит квалифи-

цированных специалистов, которые бы знали современные правила и технологии информационной поддержки производства. Для устранения этого дефицита необходимо трансформировать инженерное образование [1].

1 Автоматизация исследовательского проектирования

В последнее время довольно часто можно встретиться с понятием наукоемкое изделие. Оно характеризует объекты, воплощающие достижения науки. Для создания таких объектов используются наукоемкие технологии, включая технологии проектирования, базирующиеся на достижениях многих классических и постклассических наук, включая синергетику. В современном проектировании значительное место занимают информационные технологии вплоть до технологий, ими-

тирующих мыслительную деятельность человека. В них используются нечеткая логика, нейронные сети, применяются системы для работы со знаниями, для принятия решений в сложных ситуациях и для интеллектуальной обработки данных. Все это имеет место при проектировании, связанном с проведением научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок (НИОКР), предваряющих осуществление проекта, а также при определении перспектив развития техники при выполнении процедур на ранних стадиях проектирования. Однако для создания наукоемкого продукта необходимы исследования на всех этапах проектирования. Учитывая, что автоматизация стала неотъемлемой чертой современного проектирования, дальнейшее развитие систем автоматизированного проектирования (САПР) можно увидеть в Системе Автоматизированного Исследовательского Проектирования (САИП) [2].

Какие же процедуры на стадиях проектирования в современных условиях оказываются связанными с исследованиями? Для составления технического задания необходимо исследование рынка и анализ требований научно-технической, экономической, конкурентной, социальной сфер и заказчика. На основе этих исследований формируются цели проектирования, определяются признаки объекта. Все это требует системного анализа.

На стадии технического предложения приходится исследовать состояние соответствующей объекту проектирования отрасли техники, прогнозировать пути ее развития, заниматься поиском технических решений, принимать решение на многокритериальной основе, анализировать принятое решение.

На стадиях конструирования объекта (эскизный и технический проекты, рабочая документация) применительно к машиностроению проводятся структурный, кинематический и динамический анализы, выполняются проекторочные и поверочные расчеты, на моделях (физических, математических, виртуальных) оцениваются работоспособность, управляемость, эргономичность, эстетичность, безопасность. Все этапы анализа служат для оптимизации параметров

объекта. Прямое обращение к научно-исследовательской работе происходит в процессе испытания опытного образца объекта. На научной основе разрабатывается методика проведения экспериментов: планирование, организация, обработка полученных данных. Исследования необходимы для разработки эксплуатационной документации. Они могут включать анализ опыта эксплуатации аналогичных изделий и их составных частей. На основании исследований разрабатывают и ремонтную документацию. К исследованиям следует отнести и определение безотказности, ремонтпригодности, долговечности, сохраняемости изделия. Таким образом, практически все процедуры проектирования связаны с исследованиями и дело лишь в том, в какой мере они проводятся и проводятся ли вообще. Для создания наукоемких изделий исследования нужны в полной мере. Исследовательский характер имеют практически все проекторочные и поверочные расчеты, в частности расчеты на прочность методом конечных элементов.

Какие же программные средства поддерживают исследовательское проектирование? Начнем с технического задания. Главное в нем – установить требования к объекту со стороны всех сфер его окружения. Процесс формирования требований и управления ими закладывает основу успешного создания современных сложных систем и изделий. Нередко даже одно плохо сформулированное требование может привести к не соответствующему первичной потребности заказчика результату. Законченные требования позволяют сформулировать цели проектирования, определяющие, в свою очередь, необходимые свойства (признаки) будущего объекта. Наиболее распространенной в мире, занимающей более 60% рынка аналогичных программных продуктов является система IBM Rational DOORS. Она нашла применение при разработке новых моделей автомобилей, самолетов, различных устройств авиационной техники, приборов, индикаторов, навигаторов. Что же касается других процедур на стадии технического задания: выбора и оптимизации целей проектирова-

ния, определения признаков будущих объектов, отвечающих поставленным целям, – то здесь пока нет общепризнанных программных средств.

На стадии технического предложения из готовых программных продуктов пока можно использовать базы данных в соответствующей объекту проектирования области техники. Для принятия решения о выборе оптимального варианта существуют программные средства для оценки альтернатив. Одним из таких средств, используемых в ПГУПС, является программа «Свирь», созданная под руководством профессора С. В. Микони. Современные компьютерные технологии позволяют уже на стадии технического предложения исследовать объект проектирования с помощью виртуальных моделей. Для этого могут быть использованы программы ADAMS, Универсальный механизм (UM), ModelVision Studium (MVS) и другие. Хуже обстоит дело с поддержкой поиска технических решений, для этого создаются системы работы со знаниями, экспертные системы, но они пока не вышли за пределы лабораторий.

Для конструирования объектов существуют многочисленные программные средства, включая интегрированные (CAD/CAM/CAE), предназначенные для графических и расчетных работ, для всех видов анализа с возможностью оптимизации параметров на всех стадиях от эскизного проекта до рабочей документации и подготовки производства.

САИП включает все средства обеспечения САПР: техническое, математическое, информационное, программное, лингвистическое, методическое. Кроме того, автоматизированное исследовательское проектирование тесно связано с автоматизированной системой научных исследований (АСНИ).

Для того чтобы в полной мере использовать уже имеющиеся средства и выполнять исследовательское проектирование, нужны квалифицированные специалисты [3]. Подготовка таких специалистов только на профилирующих кафедрах недостаточно. Несмотря на то, что все кафедры высших учебных заведений в настоящее время ис-

пользуют информационные технологии и обучают этому студентов, общую, единую для разных специальностей, концепцию автоматизированного исследовательского проектирования должна представлять отдельная кафедра. В ПГУПС такой кафедрой является «Автоматизированное проектирование». На ней в содружестве с кафедрой «Подъемно-транспортные, путевые и строительные машины» ведутся работы по развитию методического обеспечения САПР и САИП. Создан и используется в учебной работе Программно-методический комплекс для начальных стадий проектирования.

2 Организация учебного процесса на кафедре «Автоматизированное проектирование» для подготовки специалистов, отвечающих современным требованиям наукоемкого производства

В настоящее время наблюдается неполная согласованность концепции и балансировки учебных планов подготовки бакалавров и инженеров по отдельным направлениям и специальностям. Причина этого – недостаточный учет значимости междисциплинарных связей в формировании профессиональных навыков и умений обучающихся. Необходимо на разных стадиях подготовки специалиста использовать унифицированные педагогические технологии и приемы для представления различных дидактических материалов. Таким образом, учащийся может приступать к изучению новой информации, четко представляя себе все этапы процесса, поскольку методика уже неоднократно использовалась им ранее.

Освоение учащимся на младших курсах технологии информационной поддержки процесса конструирования изделий может стать стержнем, на основе которого системно формируются профессиональные навыки будущего специалиста.

В основу инфраструктуры учебного процесса с применением PLM-технологий положены принципы построения информацион-

ных систем с архитектурой открытого типа, обеспечивающие переносимость данных и технологических приемов между различными специальностями, их взаимодействие за счет использования стандартных интерфейсов между программными компонентами информационных систем и работы в едином информационном пространстве.

В настоящее время структура учебного процесса построена по многоуровневому принципу. Для бакалавриата и специалитета в качестве базовых программных САД/САЕ функционалов используются средства инженерного уровня [4]:

– Для специальностей механического направления – SolidWorks (Система автоматизированного проектирования, инженерного анализа и подготовки производства изделий любой сложности и назначения), а также «Программно-методический комплекс для начальных стадий проектирования», созданный на кафедре «Подъемно-транспортные, путевые и строительные машины» ПГУПС.

– Для строительных специальностей – AutoCAD Revit, AutoCAD Civil 3D, Autodesk Robot Structural Analysis (архитектурные решения в строительстве, статические, динамические, тепловые и др. расчеты конструкции, картография, изыскания и землеустройство).

Подготовка специалистов высшей квалификации осуществляется с привлечением систем автоматизированного проектирования более высокого класса, например: Creo Parametric 2.0 (Pro/ENGINEER) или Sofistik. Creo Parametric 2.0 (Pro/ENGINEER) – это приложение для сбора и управления требованиями к изделию, а также для анализа соответствия изделия нормам и экологическим требованиям (в т. ч. требованиям государственных и отраслевых стандартов). Программный комплекс Sofistik предназначен для высококвалифицированных инженеров-расчетчиков конструкций и может использоваться для создания шаблонов, решения сложных расчетных и исследовательских задач различных видов конструкций.

С целью укрепления междисциплинарных связей, решения проблем стыковки и преемственности дисциплин на младших курсах в учебный процесс включены вопро-

сы изучения различных средств автоматизации процесса проектирования. В дальнейшем учащийся может значительно сократить время, оптимизировать трудозатраты на усвоение нового материала, поскольку рутинные вычислительные и оформительские процедуры выполняются компьютером.

Машинная графика систем автоматизированного проектирования может использоваться в учебном процессе уже на начальном этапе (дисциплина «Инженерная графика»), когда рассматриваются вопросы представления графической информации, введение в систему единой конструкторской документации. На следующем этапе обучения (дисциплина «Теория механизмов машин») применяются средства графических решателей SolidWorks Motion, которые позволяют проводить исследования взаимного перемещения элементов конструкции на теоретическом уровне, когда элементы представлены условным изображением (блоками) [4].

Встроенная интерактивная справочная система и лабораторные работы позволяют пользователю самостоятельно выполнять конструктивное исполнение деталей, создавать собственные сборочные решения в процессе курсового проектирования по курсу «Детали машин».

Подготовка учащихся на общеобразовательных кафедрах завершается изучением технологий инженерного анализа разработанной конструкции (дисциплина «Компьютерный инжиниринг»). На занятиях изучаются вопросы предварительного определения размеров компонентов сборки методом конечно-элементного анализа, осуществляются статические и динамические расчеты на прочность в линейном и нелинейном приближении, расчеты на устойчивость, решение контактных задач.

Описанный методологический подход справедлив при проектировании любых образцов техники и, следовательно, может быть использован при обучении проектированию не только инженеров-механиков, но и студентов электротехнических, информационных и других специальностей.

На специализированных кафедрах учащийся может решать поставленные тех-

нические задачи на уже значительно более высоком профессиональном уровне: это комплексный кинематический и динамический анализы узлов и агрегатов, моделирование технологического процесса на основе PLM-технологий [5], – а также выносить решения об экономической целесообразности проекта в целом.

Таким образом, в рамках перехода на новые образовательные и отраслевые стандарты обучения дипломированных бакалавров и магистров представляется возможным с помощью современных САПР осуществить переход на новый качественный уровень подготовки инженерных кадров в соответствии с самыми высокими требованиями, предъявляемыми промышленностью к молодым специалистам.

Вопросы построения учебного процесса в ВУЗе, разработку актуальных для производства тем курсовых и дипломных проектов целесообразно решать с привлечением компаний – разработчиков программного обеспечения. В сотрудничестве с такими лидерами промышленного развития, как корпорация SolidWorks Russia [6], компания ПСС (Gold Partner Autodesk АЕС), компания АСКОН, Parametric Technology Corporation (РТС) определяется структура учебного процесса в вузе, корректируются пути его дальнейшего совершенствования.

Задания на проектирование устанавливаются представителями профильных предприятий, заинтересованных в квалифицированных специалистах, которые знают современные правила и технологии информационной поддержки производства. Таким образом, учащиеся получают практический опыт работы над выполнением реального проекта в команде разработчиков, взвешенно выбирают направление дальнейшего обучения в магистратуре, проходят проверку на достаточность имеющихся у них знаний для успешной работы в отрасли.

Заключение

В заключение приведем высказывание из книги «Синергетика и прогнозы будущего»:

«Чтобы у страны было будущее, ее институты и университеты не должны отражать реалии государства, отбрасываемого в третий мир. Разумно действовать, следуя принципам «опережающего отражения» или «генерации будущего», планируя возрождение России. Следует действовать, имея в виду, прежде всего, потребности «информационного общества» и «постиндустриальной эпохи»*.

Именно на это должна быть направлена трансформация инженерного образования в подготовке специалистов, владеющих автоматизированным исследовательским проектированием. И возглавить такую подготовку сможет кафедра «Автоматизированное проектирование», имеющая для этого общую для всех специальностей методологическую базу.

Библиографический список

1. **Трансформация** инженерного образования / А. П. Ледяев, И. Г. Морчиладзе, М. М. Соколов, А. П. Кузнецов. – Москва : ВИНТИ РАН, 2012. – 448 с.
2. **Исследовательское** проектирование в машиностроении / В. В. Быков, В. П. Быков. – Москва : Машиностроение. 2011. – 256 с.
3. **Проектирование** в машиностроении на современном уровне / В. П. Быков // Вестник машиностроения. – 2012. – № 12. – С. 67–70.
4. **Автоматизированное** проектирование в ИПИ-технологиях : учеб. пособие / Я. С. Ватулин, С. Г. Подклетнов, В. В. Свитин и др. – Санкт-Петербург : ПГУПС, 2010. – 126 с.
5. **Синергетика** и прогнозы будущего / С. П. Капица, С. П. Курдюмов, Г. Г. Малинецкий. – Москва : Наука, 1997. – С. 285.
6. **Моделирование** и техническая визуализация в 3DStudio Max : учеб. пособие / Я. С. Ватулин. – Санкт-Петербург : ПГУПС, 2011. – 40 с.
7. **Практикум** по SolidWorks : метод. указ. / Я. С. Ватулин, М. С. Коровина, Ю. В. Попов. – Санкт-Петербург : ПГУПС, 2011. – 17 с.

* Синергетика и прогнозы будущего / С. П. Капица, С. П. Курдюмов, Г. Г. Малинецкий. – Москва : Наука, 1997. – С. 285.