

Опыт внедрения технологии сквозного цифрового проектирования в  
НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Е.Д. Романова

Нижегородский государственный технический университет им.  
Р.Е.Алексеева, г. Нижний Новгород, Россия

*Аннотация:* В статье приведен пример успешной реализации внедрения сквозного цифрового проектирования при выполнении научно-исследовательской работы молодежным коллективом в Нижегородском государственном техническом университете им. Р.Е. Алексеева.

Системы сквозного цифрового проектирования, на современном этапе, включают в себя не только системы компьютерного моделирования, но и обладают возможностью быстрой реализации конструкторских и технологических решений с применением технологий быстрого прототипирования. Реализация принципа сквозного проектирования базируется на использовании трехмерных моделей на всех стадиях технологической подготовки, это позволяет исключить ошибки, неизбежно возникающие при переводе информации из одного формата в другой, и снижает влияние человеческого фактора. Сквозное цифровое проектирование позволяет снизить себестоимость продукции, повысить эффективность и качество, обеспечить сквозное управление проектом в условиях групповой работы.

*Ключевые слова:* сквозное цифровое проектирование, студент, 3Д принтер, 3Д сканер, роботизированный фрезерный комплекс

В соответствии с современной концепцией сквозного цифрового проектирования предполагается выполнение всех проектных и технологических работ в едином информационном пространстве, причем оптимизация технологий и конструкторская проработка проекта ведется одновременно и параллельно. Это позволяет быстро и точно изменять конструкторскую и технологическую документацию.

Основными преимуществами сквозного проектирования являются:

- 3D модель, доступная для всех приложений, включая линейные, статические, тепловые, прочностные, усталостные расчеты, визуализацию, доработку геометрии с учетом испытаний;
- повышение качества конструирования и достоверности передаваемой в производство информации;
- обеспечение согласованности, контролируемости, доступности информации о состоянии объекта, информационной поддержки принятия управленческих решений с учетом всех этапов жизненного цикла продукции;
- сокращение сроков и снижение стоимости вывода на рынок новой продукции;

- поддержка актуальной технологической информации.

При внедрении сквозного проектирования зачастую возникает не финансовая проблема - острый дефицит высококвалифицированных специалистов, владеющих современными технологиями, способных разрабатывать и внедрять конкурентоспособную технику и технологии. Основным противоречием российского высшего технического образования сегодня является несоответствие профессиональных компетенций, приобретаемых выпускниками технических вузов в процессе обучения и возросшим требованиям высокотехнологичных предприятий, проектных и научных организаций. Учитывая это, становится актуальным термин «опережающие технологии», под которыми понимают принципиально новые технологии, обеспечивающие лидерство на мировом рынке и новое инженерное образование должно обгонять «опережающие технологии». Знания, полученные в учебных заведениях, стремительно устаревают, возрастает необходимость их существенного обновления. В США существует понятие "период полураспада компетентности", этот термин означает продолжительность времени со дня окончания вуза, в течение которого компетентность специалистов вследствие появления новой информации и знаний снижается на 50% и этот период постоянно сокращается.

При этом специалист, занимающийся разработкой технологических процессов с применением компьютерного моделирования, должен быть инженером-технологом. Так как проще обучить инженера работе с программным обеспечением, чем программиста – основам той или иной технологии. От умения специалиста правильно оценить результаты моделирования и находить оптимальные технические решения зависит не только эффективность работы системы технологической подготовки производства, но и целесообразность применения компьютерных технологий [1, 2].

В настоящее время практически все специализированное программное обеспечение, применяемое при конструировании, имеет возможность интеграции с системами САД высокого уровня – Creo Elements/Pro, Siemens NX, CATIA. Это позволяет например обеспечить создание технологической оснастки, выполненную роботизированными фрезерными комплексами по 3D модели и выкладку на ней препегов или ткани с использование лазерных проекторов [3].

Применительно к металлургии и литейному производству САД приложения позволяют оптимизировать модель детали и литниковой системы в целях оптимального расположения точки (точек) постановки питающей прибыли по результатам конечно-элементного моделирования процесса кристаллизации и затвердевания металла залитого в форму, геометрических характеристик питающей прибыли, определения оптимальной точки подвода литниково-питающей системы к литниковой модели, выбрать оптимальный тип литниково-питающей системы ее геометрии, технологические параметры литейной технологии (время и скорость заливки, оптимальная температура заливки и т.п.). В качестве методики моделирования используется метод

конечных элементов, который базируется на уравнениях тепломассопереноса в интегральном виде. На рисунке 1 представлены результаты моделирования в LVMFlow CS одного из возможных вариантов технологии изготовления отливки корпус подшипника [4].

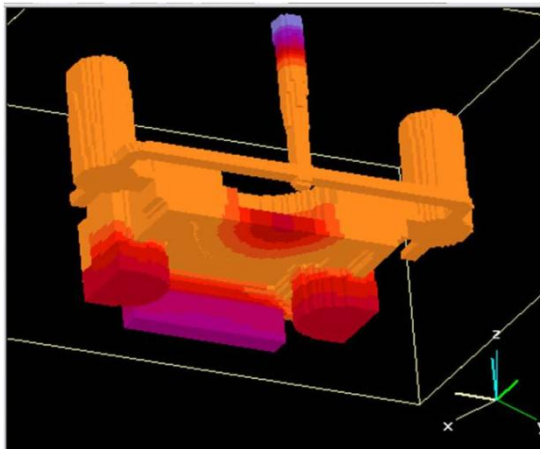


Рис. 1. Результаты моделирования усадочных дефектов по объему отливки

Принципиально важная и трудно преодолимая проблема компьютерного моделирования – достоверность используемой базы данных, поскольку точность прогнозов полностью зависит от моделей поведения материалов, заложенных в расчет. Важно правильно задать механические и теплофизические свойства применяемых материалов. В статье [5] приведен пример, в котором месторасположение, размеры и характер реально выявленных дефектов оказались не такими, как в компьютерных расчетах.

В конструкторской практике прочность рассчитывают в предположении равномерного распределения механических свойств и нулевого уровня исходных остаточных напряжений в нагружаемой конструкции. Вместе с тем, любая технология изготовления привносит свою специфику в структуру и свойства детали. Особенностью литой детали является неравномерное распределение двух важнейших параметров, определяющих прочность, а именно плотность металла и размер зерна. Оба параметра в значительной степени зависят от обеспечения направленности и скорости затвердевания. Наибольшее снижение прочности происходит в тепловых узлах, где при кристаллизации формируются более крупные зерна и за счет усадочных дефектов снижается плотность металла, которую невозможно устранить при последующей термообработке.

В Нижегородском государственном техническом университете им. Р.Е. Алексеева внедряется в процесс подготовки студентов, магистров и аспирантов полный цикл технологий сквозного цифрового проектирования. Одним из примеров могут служить работы, выполняемые в рамках международного технического проекта «Formula SAE», инженерных соревнований по созданию спортивных автомобилей, проводимых Ассоциацией инженеров-механиков (ImechE), обществом автомобильных инженеров США (SAE) и Ассоциацией инжиниринга и технологий (I&T), входящие в Серию Студенческих Инженерных соревнований (Collegiate Design Series) SAE.

В рамках реализации данного проекта были изготовлены различные элементы спортивного автомобиля с использованием технологий сквозного цифрового проектирования и применения цифровых технологий производства и быстрого прототипирования. Проект был построен на основе взаимодействия студентов, магистров, аспирантов - участников проекта «Formula SAE» с преподавательским составом, а также взаимодействия с ведущими предприятиями Нижнего Новгорода.

Проектирование и оценка прочности и безопасности элементов конструкции спортивного автомобиля класса «Формула Студент» НГТУ им. Р.Е. Алексеева (Рис. 2) проводились на основе применения расчетных методов и программных пакетов конечно-элементного моделирования. Полученные результаты послужили основой для реализации последующих этапов сквозного проектирования и материализации элементов спортивного автомобиля [6].

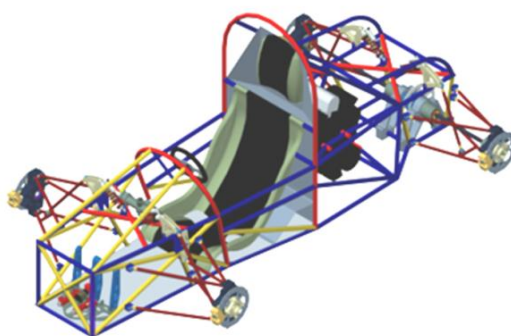


Рис. 2. Трехмерная модель спортивного автомобиля

Ключевым этапом в используемой технологии и технологическом оборудовании стало создание трехмерной компьютерной (CAD) модели будущего изделия. Данный этап позволяет с минимальными затратами на ресурсы и небольшой трудоемкостью процесса создать трехмерную модель изделия, оценить эргономику и дизайн, провести компьютерный анализ аэродинамических и прочностных характеристик, а также при необходимости внести корректирующие изменения в конструкцию, нацеленные на увеличение функциональности рабочей модели [7].



Рис. 3. Спортивный автомобиль класса «Формула Студент»

Примерами выполненных работ с использованием сквозного цифрового проектирования являются полученные элементы модельной оснастки для изготовления стеклопластиковых панелей аэродинамического обвеса. Для производства модельной оснастки аэродинамического обвеса спортивного автомобиля класса «Формула Студент» применялся промышленный робот

«КУКА». Данный комплекс предназначен для решения различных задач, связанных с изготовлением производственной оснастки из легкообрабатываемых материалов: древесина, пластик, гипс. Таким образом оказывается возможным в достаточно короткие сроки и с минимальными ресурсными и трудовыми затратами получить изделие с достаточной точностью, погрешностью в 0,1 мм. Полученные модели на всех этапах проектирования позволили детально представить компоновочную структуру узлов спортивного автомобиля и оценить функциональные кинематические возможности. В результате проведенных работ, полученная модельная оснастка послужила пуансоном для ручной выкладки стеклотканью (армирующим материалом), предварительно пропитанной полиэфирной смолой.

Для изготовления отдельных элементов конструкции применялись технологии цифрового производства с изготовлением прототипов деталей на 3D принтере из пластиковых материалов. Так например, были изготовлены детали коромысел передней и задней подвески, модель поворотного кулака, главного тормозного цилиндра, крепление цифрового сервопривода системы переключения скоростей и др. На основе полученных трехмерных моделей элементов спортивного автомобиля были изготовлены литейные песчаные формы, используемые для заполнения алюминиевым сплавом. Полученные заготовки подвергались дополнительной механической обработке и интегрировались в конструкцию спортивного автомобиля (Рис. 3).

### **Выводы**

Успешная реализация проекта показывает, что внедрение сквозного цифрового проектирование в настоящее время доступно даже в условиях молодежного коллектива в высшем учебном заведении за сравнительно короткий срок. При этом комплексный подход с использованием современного оборудования позволяет подготовить квалифицированных специалистов для промышленности, которые на практике осваивают полный цикл изготовления сложных изделий, способных после окончания института сразу приступить к работе с современным наукоемким оборудованием и передовыми технологиями [8].

В перспективе на базе центра коллективного пользования научным оборудованием НГТУ, институтом транспортных систем и институтом физико-химических технологий и материаловедения планируется проведение образовательных программ для обучения как студентов, так и инженеров работе с новыми технологиями, а также обеспечение проведения НИОКР научными коллективами области.

### **Список литературы**

1. Чернышов Е.А., Романов А.Д. Об опыте обучения студентов инженерных специальностей основам управления проектами. // Международный журнал экспериментального образования. - 2014. - № 1. - С. 54-57.

2. Г. М. Пономаренко, С.М. Глебов, В.Ю. Пирайнен Практические вопросы компьютерного моделирования. // Литейное производство - № 8 - 2008 - с 29-31 (2)
3. Чернышов Е.А., Романов А.Д. Современные технологии производства изделий из композиционных материалов. // Современные наукоемкие технологии.- 2014. - № 2. - С. 46-51.
4. Чернышов Е.А., Романов А.Д. Внедрение в учебный процесс подготовки кадров технологий быстрого прототипирования. // Литейные процессы. - 2012. - № 11. - С. 280-281.
5. С.В. Мартыненко, О.М. Огородникова, В.М. Грузман. Использование компьютерных методов для повышения качества крупногабаритных тонкостенных отливок. // Литейное производство - №11. - 2009 - с 21-26
6. Кулагин А.Л., Гончаров К.О., Тумасов А.В., Орлов Л.Н. Исследование свойств пассивной безопасности пространственного каркаса рамы спортивного автомобиля класса «ФОРМУЛА СТУДЕНТ» // Современные проблемы науки и образования. - 2012. - № 6. - С. 94.
7. Орлов Л.Н., Тумасов А.В., Герасин А.В. Сравнительная оценка результатов компьютерного моделирования и испытаний рамы легкого коммерческого автомобиля на прочность. // Известия высших учебных заведений. - Машиностроение. - 2013. - № 10. - С. 63-68.
8. Чернышов Е.А., Романов А.Д. Повышение качества подготовки кадров металлургической промышленности с использованием новых технологий. // Металлург. 2013. - № 10. - С. 9-11.