

ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СКВОЗНОГО ЦИФРОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В РАМКАХ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ И АСПИРАНТОВ

Гончаров К.О., Романова Е.А., Кулагин А.Л., Романов А.Д.

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева, 600950 г. Нижний Новгород, ул. Минина д 24, e-mail: nil_st@nntu.nnov.ru

Одна из основных задач сегодня — это сокращение времени цикла от разработки до готового изделия, минимизация доработок и, соответственно, уменьшение временных и трудовых затрат. 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. В статье представлен опыт Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева по внедрению сквозного цифрового проектирования по схеме «идея – 3D-модель – расчет – прототип – готовое изделие». Приведен пример успешной реализации при выполнении научно-исследовательской работы молодежным коллективом.

Ключевые слова: сквозное цифровое проектирование, управление проектами, обучение, студент, новые технологий, 3D принтер, 3D сканер, роботизированный фрезерный комплекс.

INTRODUCTION OF TECHNOLOGY OF THROUGH DIGITAL DESIGN WITHIN RESEARCH WORK OF STUDENTS AND GRADUATE STUDENTS

Goncharov K.O., Romanova E.A., Kulagin A.L., Romanov A.D.

The Nizhny Novgorod state technical university of R. E. Alekseev, 603950, Nizhny Novgorod, Minin st. 24, e-mail: nil_st@nntu.nnov.ru

One of the main objectives today — this reduction of time of a cycle from development to a finished product, minimization of completions and, respectively, reduction of time and labor expenditure. Systems of through digital design, at the present stage, include not only systems of computer modeling, but also possess possibility of fast implementation of design and technological decisions with application of technologies of fast prototyping. Realization of the principle of through design is based on use of three-dimensional models at all stages of technological preparation, it allows to exclude the mistakes which are inevitably arising at the translation of information from one format in another and reduces influence of a human factor. Through digital design allows to reduce product cost, to increase efficiency and quality, to provide through management of the project in the conditions of group work. Experience of the Nizhny Novgorod state technical university of R. E. Alekseev on introduction of through digital design according to the scheme "idea-a 3D model-calculation-a prototype-a finished product" is presented in article. The example of successful realization when performing research work as youth collective is given.

Keywords: through digital design, management of projects, training, student new technologies, 3D printer, 3D scanner, robotizirovanny milling complex.

В соответствии с современной концепцией сквозного цифрового проектирования предполагает выполнение всех проектных и технологических работ в едином информационном пространстве, оптимизация технологий и конструкторская проработка проекта ведется одновременно и параллельно. Параметрические функции автоматически обеспечивают идентичность размеров во всех электронных документах и файлах связанных с

конкретным трехмерным построением, позволяют быстро и точно изменять чертежи, конструкторскую и технологическую документацию, когда в нее вносятся изменения [1].

Кроме того в настоящий момент становится крайне актуальным управление жизненным циклом объектов. Причиной активного развития CALS технологии (Continuous Acquisition and Life Cycle Support, непрерывная поддержка закупок и жизненного цикла) стало то, что разработчики средств автоматизации формировали свои собственные модели, которые нередко оказывались несовместимыми у партнеров по производству и эксплуатации техники. Термин CALS всегда носил военный оттенок, в гражданской сфере широкое распространение получила концепция Product Life Management (управление жизненным циклом или PLM) [2 - 3].

В качестве примера успешной реализации концепции можно привести спуск на воду в октябре 2011 года SSN California четвертую подводную лодку подсерии Block II. Субмарины сдали заказчику на восемь месяцев ранее оговоренного контрактом срока. Это произошло благодаря специальной программе Tango Bravo, разработанной ВМС США и судостроительными предприятиями в целях сокращения издержек и сроков строительства атомной подводной лодки.

Основными преимуществами сквозного проектирования являются:

- автоматически корректируемая объектно-ориентированная 3D модель, доступная для всех приложений, включая линейные, статические, тепловые, прочностные, усталостные расчеты и визуализацию;
- модельные испытания, включая доработку геометрии с учетом испытаний, параметрическое задание технологических данных;
- повышение качества конструирования и достоверности передаваемой в производство информации: модель техпроцесса; управляющая программа для станков с ЧПУ, подготовка технологических карт, расчет материальных и трудовых затрат;
- сокращение сроков и снижение стоимости вывода на рынок новой продукции;
- обеспечение полноты, согласованности, контролируемости, доступности информации о состоянии объекта;
- обеспечение информационной поддержки принятия управленческих решений с учетом всех этапов жизненного цикла продукции;
- поддержка основных бизнес-процессов, электронный документооборот, управление изменениями, поддержка актуальной технологической информации.

На сегодняшний день в организациях и на предприятиях широко применяются современные CAD/CAM системы и различного рода приложения на ее базе. Универсальные, так называемые «тяжелые» CAD/CAM системы: CATIA, EDS Unigraphics, Euclid, Solid Works, Parametric Technology и др. В классе систем ERP/MRP используются Baan, SAP/R3, Symex, Oracle Application, а в классе PDM — Windchill, Microsoft Project, Time Line, Artemis Project, Prestige, Primavera Project Planner, Cresta Project Manager и др. В разделе «технология моделирования композитов» существуют различные программные продукты: FiberSim (Vistagy / Siemens PLM Software), Digimat (e-Xstream / MSC Software Corp.), Helius (Firehole Composites / Autodesk), ANSYS Composite PrepPost, ESAComp (Altair Engineering) и др. При этом практически все специализированное программное обеспечение, применяемое при конструировании армированных композиционных материалов различных компаний, имеет возможность интеграции с системами CAD высокого уровня – Creo Elements/Pro, Siemens NX, CATIA. Причем, так как в настоящее время на предприятиях, создающих композитные изделия, применяют в основном ручной труд формовщиков и для облегчения ручной выкладки ткани и сокращения отходов применяются раскройные машины для автоматической резки ткани/препрега, лазерные проекторы LAP и LPT для контурной проекции при выкладке на технологическую оснастку, выполненную роботизированными фрезерными комплексами по 3D модели [4 - 5].

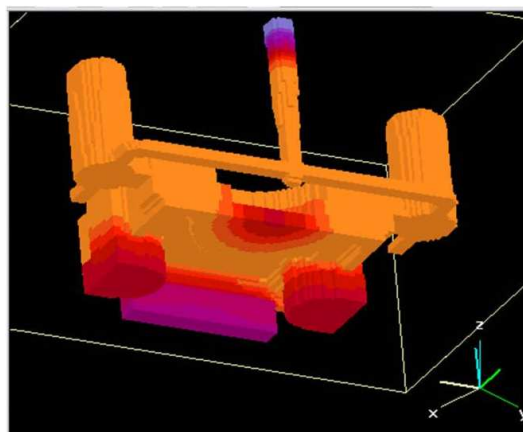


Рис. 1. Результаты моделирования усадочных дефектов по объему отливки

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.). Для оценки достоверности разработанной CAD-модели с точки зрения литейной технологии применяется математическое моделирование тепловых и гидравлических процессов. Для этого используется программная среда - CAE LVMFlow CS. 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 [6 - 7].

Основным функциональным назначением данного программного комплекса является возможность получения распределения температурно-фазовых полей в отливке и литейной форме, определение количества незатвердевшей жидкой фазы, полей скоростей и давлений, и места предполагаемых образований усадочных раковин и микропористости. Полученные результаты моделирования используются при проектировании оснастки, что значительно снижает сроки и повышает качество ее изготовления и готового изделия.

Принципиально важная и труднопреодолимая 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. Отсутствие достоверных сведений о теплофизических свойствах всех составляющих техпроцесса объясняют неудачу, постигшую американскую программу SolidCast при расчете дефектов отливки [8]. Месторасположение, размеры и характер реально выявленных дефектов оказались совсем 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 [6].

Кроме того при внедрении сквозного проектирования также 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 [9].

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.

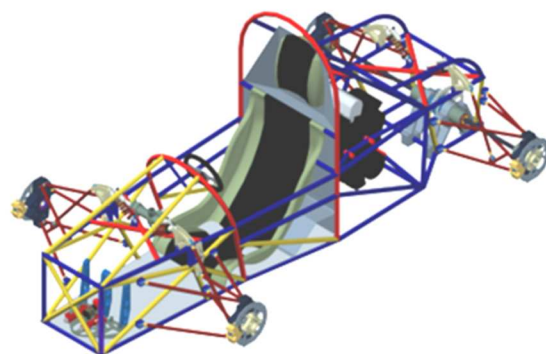


Рис. 2. Трехмерная модель спортивного автомобиля

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 [10 - 11].

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 [12 - 13].

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 «KUKA» с установленным фрезерным комплексом для пространственной фрезерной обработки заготовок «KUKA Milling». 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. 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).



Рис. 3. Спортивный автомобиль класса «Формула Студент»

Заключение

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 [14 - 15].

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. Управление проектами: Основы профессиональных знаний, Национальные требования к компетентности специалистов. – М.: ЗАО «Проектная практика», 2010. -256 с.
2. Локк Д. Основы Управления Проектами. Пер. с англ. - М.: "НИРРО", 2004. - 253 с.
3. Полковников А.В. Управление проектами. Полный курс МВА. А.В. Полковников, М.Ф. Дубовик. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2013. – 552 с.
4. CAE – технологии в 2012 году: обзор достижений и анализ рынка. CAD/CAM/CAE Observer #4 (80) / 2013
5. Чернышов Е.А., Романов А.Д. Современные технологии производства изделий из композиционных материалов. // Современные наукоемкие технологии.- 2014. - № 2. - С. 46-51.
6. Чернышов Е.А., Романов А.Д. Внедрение в учебный процесс подготовки кадров технологий быстрого прототипирования. // Литейные процессы. - 2012. - № 11. - С. 280-281.

7. Леушин И.О., Решетов В.А., Романов А.Д., Большаков А.А. Применение гр-технологии для изготовления малогабаритной оснастки в мелкосерийном производстве литья. // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. - 2013. - Т. 2. № 2. - С. 229-232.
8. 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
9. Г. М. Пономаренко, С.М. Глебов, В.Ю. Пирайнен Практические вопросы компьютерного моделирования. // Литейное производство - № 8 - 2008 - с 29-31
10. 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.
11. Тумасов А.В., Грошев А.М., Костин С.Ю., Саунин М.И., Трусков Ю.П., Дыгало В.Г. Исследование свойств активной безопасности транспортных средств методом имитационного моделирования. // Журнал Автомобильных Инженеров. - 2011. - № 2. - С. 34.
12. 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.
13. Имитация условий аварийного нагружения каркаса спортивного автомобиля класса «ФОРМУЛА СТУДЕНТ» Гончаров К.О., Кулагин А.Л., Тумасов А.В., Орлов Л.Н. // Современные проблемы науки и образования. - 2012. - № 6. - С. 96.
14. Чернышов Е.А., Романов А.Д. Повышение качества подготовки кадров металлургической промышленности с использованием новых технологий. // Металлург. 2013. - № 10. - С. 9-11.
15. Чернышов Е.А., Романов А.Д. Об опыте обучения студентов инженерных специальностей основам управления проектами. // Международный журнал экспериментального образования. - 2014. - № 1. - С. 54-57.

Рецензенты:

Беляков В.В., д.т.н., профессор, Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, г.Нижний Новгород;

Лоскутов А.Б., д.т.н., профессор, Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, г.Нижний Новгород.