

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра технологии машиностроения,  
металлообрабатывающих станков и комплексов

И.Д. Белоновская, Е.М. Езерская

# **ПРОТОТИПИРОВАНИЕ КАК ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ В ЦЕЛЕВОМ ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по программам высшего образования по направлениям подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств и 24.03.04 Авиастроение

Оренбург  
2017

УДК 378:005.93  
ББК 74.58+65.291.21

Б 35

Рецензент – доктор технических наук, профессор А.И. Сердюк

**Белоновская, И. Д.**

Б 35 Прототипирование как педагогическая технология в целевом обучении студентов инженерно-технических направлений подготовки: методические указания / И.Д. Белоновская, Е.М. Езерская: Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2017. – 33 с.

Рассмотрены методики использования инновационных профессионально-ориентированных технологий в целевом обучении будущих инженеров. Даны основные определения и классификации в области педагогических технологий в инженерно-техническом образовании. Исследован опыт зарубежных и отечественных вузов по внедрению в учебный процесс методов прототипирования. Даны характеристики этих методов как педагогических технологий целевого обучения. Рекомендуются преподавателям, студентам, магистрантам и аспирантам инженерно-технических и педагогических направлений подготовки.

**Методические указания подготовлены в рамках реализации проектов по развитию системы подготовки кадров для оборонно-промышленного комплекса («Новые кадры ОПК–2016»).**

УДК 378:005.93  
ББК 74.58+65.291.21

© Белоновская И.Д.,  
Езерская Е.М., 2017  
© ОГУ, 2017

## Содержание

1	Целевое обучение в современном инженерном образовании .....	6
2	Целевое обучение студентов в рамках гранта «Новые кадры для ОПК» ...	10
3	Информационные технологии инженерного образования .....	12
4	Технология прототипирования в инженерной деятельности.....	14
5	Прототипирование как технологии профессионального образования .....	20
6	Образовательная реализация технологий прототипирования в вузах .....	24
	Заключение .....	31
	Список использованных источников .....	32

## Введение

Целевое обучение будущих инженеров ориентировано на запросы конкретных современных производств. Значительную долю обучения составляют практикоориентированные образовательные модули, обеспечивающие освоения промышленной инноватики, методов и технологий наукоемких производств. Процесс целевого обучения основан на методологии компетентностного подхода и реализуется технологическим подходом. По определению ЮНЕСКО педагогическая технология – это системный метод создания, применения и определения всего процесса преподавания и усвоения знаний с учетом технических и человеческих ресурсов и их взаимодействия, ставящий своей задачей оптимизацию форм образования. К достоинствам и отличительным особенностям технологического подхода относятся предсказуемость и повторяемость достижения результата обучения, возможности управления образовательным процессом, научно-обоснованного анализа и систематизации имеющегося практического опыта, комплексность решения образовательных и социально-воспитательных проблем, оптимальное использование ресурсов образовательной организации.

В инженерном образовании технологический подход дополнительно к вышеназванному обеспечивает приближение обучения к профессиональной деятельности, поскольку ориентирует на широкое внедрение в образование технологий научно-производственного характера. Целью такого внедрения является опережающее и углубленное изучение инноваций инженерной деятельности. Выделяется целый класс технологий, которые зародились в научно-производственной среде, но благодаря своей универсальности и результативности широко используются в профессиональном образовании. К ним, в первую очередь, относятся разнообразные информационные технологии, а также технологии моделирования, проектирования и конструирования, которые стали уже традиционным инструментальным ресурсом педагогики. К этому классу технологий следует отнести прототипирование или технологии

послойного синтеза. К достоинствам технологий прототипирования при использовании их в образовательных целях относят реальность и физическое соответствие полученного прототипа промышленному продукту при относительно низкой себестоимости и малых габаритах оборудования, программной и технической доступности, номенклатурной гибкости, наличии широкого спектра оборудования в различных ценовых диапазонах и достаточным уровне безопасности этого оборудования.

Предполагается, что в ближайшей перспективе прототипирование станет универсальной профессионально-ориентированной технологией различных уровней и видов образования.

В данных методических указаниях показаны условия и перспективы внедрения в учебный процесс целевого обучения методов прототипирования в рамках научно-учебно-производственной интеграции по проектам развития системы подготовки кадров для оборонно-промышленного комплекса («Новые кадры ОПК–2016»). В качестве примеров образовательной реализации приведен опыт зарубежных и отечественных вузов, а также Аэрокосмического института (АКИ) Оренбургского государственного университета (ОГУ). Издание адресовано преподавателям, студентам, магистрантам и аспирантам инженерно-технических направлений подготовки, магистрантам педагогических направлений подготовки.

# 1 Целевое обучение в современном инженерном образовании

Во многих организациях высшего и среднего профессионального образования осуществляется целевой набор и ведется целевое обучение. Эффективность и меры поддержки целевого обучения находятся в поле зрения Правительства Российской Федерации <sup>1</sup>.

Целевая контрактная подготовка специалистов с высшим и средним профессиональным образованием введена постановлением Правительства от 19 сентября 1995 года № 942, Федеральным законом «Об образовании в Российской Федерации», вступившим в силу 1 сентября 2013 года – это новая модель целевого обучения и целевого приёма по образовательным программам высшего образования <sup>2</sup>. Основой такой модели является целевое обучение, которое осуществляется в отношении лиц, заключивших договор с заказчиками целевого приёма – органом власти или организацией, перечень которых установлен федеральным законом <sup>3</sup>. Договор о целевом обучении должен предусматривать меры социальной поддержки обучающегося, обязательства по организации практики, его трудоустройству, а также основания освобождения от исполнения обязательства по трудоустройству. Договор о целевом обучении может быть заключён на любом этапе обучения гражданина. В случае если целевое обучение планируется осуществлять с 1-го курса, используется механизм целевого приёма, который организуется по отдельному конкурсу в рамках квоты за счёт средств соответствующих бюджетов. Целевой приём осуществляется на основании договора между заказчиком целевого приёма и вузом и проводится только в отношении граждан, заключивших договоры о целевом обучении с заказчиком целевого приёма. За неисполнение

---

<sup>1</sup> Материалы селекторного совещания «О повышении эффективности целевого обучения и целевого приёма». Руководитель - Д.А. Медведев. URL: <http://government.ru/news/24903/#dam>

<sup>2</sup> Справка к селекторному совещанию о повышении эффективности целевого обучения и целевого приёма. URL: <http://government.ru/info/24902/>

<sup>3</sup> О порядке заключения и расторжения договора о целевом приеме и договора о целевом обучении Постановление: Правительства РФ от 27 ноября 2013 г. № 1076. URL: <http://government.ru/media/files/41d4a5d6d9bc03cd2fd5.pdf>

обязательств по трудоустройству в рамках договора о целевом обучении законодательством предусмотрено обязательство гражданина возместить заказчику целевого приёма в полном объёме расходы, связанные с предоставлением ему мер социальной поддержки, а также выплатить штраф в двукратном размере относительно указанных расходов. Общие требования к организации целевого приёма и целевого обучения, включая существенные условия договоров о целевом приёме и целевом обучении, установлены статьёй 56 Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации». Правила заключения и расторжения договоров о целевом приёме и целевом обучении, типовые формы таких договоров утверждены [постановлением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2013 года №1076](#).

В 2015-2016 учебном году в вузах обучались 168 тысяч студентов, поступивших на условиях целевого приёма. Численность обучающихся, заключивших договоры о целевом обучении, но поступивших на общих основаниях, составила 84 тысяч человек.

В целях повышения эффективности целевого приёма и целевого обучения разработан проект федерального закона «О внесении изменения в статью 56 Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации» в части уточнения механизма целевого приёма и целевого обучения». Законопроектом, в частности, предусматривается включение в перечень заказчиков целевого приёма организаций оборонно-промышленного комплекса, акционерных обществ и дочерних хозяйственных обществ государственных корпораций и организаций, в интересах которых осуществляется целевой приём согласно законодательству. Также предусматривается установление в договоре о целевом обучении минимального срока осуществления гражданином трудовой деятельности по окончании обучения (три года) и возможность заключения трёхстороннего договора о целевом обучении между заказчиком целевого приёма, гражданином и организацией, в которой он будет трудоустроен.

Целевой прием и целевое обучение<sup>4</sup> осуществляются в силу ст. 56 Закона об образовании. Согласно п. 1 указанной статьи организации, осуществляющие образовательную деятельность по программам высшего образования, вправе проводить целевой прием в пределах установленных им в соответствии со ст. 100 Закона об образовании контрольных цифр приема граждан на обучение за счет бюджетных ассигнований федерального бюджета, бюджетов субъектов РФ и местных бюджетов.

Квота целевого приема для получения высшего образования в объеме определенных на очередной год контрольных цифр приема на обучение за счет бюджетных средств по каждому уровню высшего образования, каждой специальности и каждому направлению подготовки ежегодно устанавливается учредителями образовательных организаций (п. 2 ст. 56 Закона об образовании).

Целевой прием проводится в рамках квоты на основе соответствующего договора, заключаемого образовательной организацией с федеральным государственным органом, органом государственной власти субъекта РФ, органом местного самоуправления, государственным (муниципальным) учреждением, унитарным предприятием, государственной корпорацией, государственной компанией или хозяйственным обществом, в уставном капитале которых присутствует доля Российской Федерации, субъекта РФ или муниципального образования, которые, в свою очередь, заключили договор о целевом обучении с гражданином (п. 3 ст. 56 Закона об образовании).

Право на обучение на условиях целевого приема для получения высшего образования имеют граждане, которые заключили соответствующий договор с органом или организацией, указанными выше, и приняты на целевые места по конкурсу, проводимому в рамках квоты целевого приема в соответствии с порядком приема, который определен в п. 8 ст. 55 Закона об образовании (п. 4 ст. 56 данного Закона). Госорганы разных уровней и организации вправе

---

<sup>4</sup> Куницын В. Целевой прием и целевое обучение. URL: <http://lexandbusiness.ru/view-article.php?id=6287>



заключать договоры о целевом обучении с обучающимися по образовательным программам среднего профессионального или высшего образования, принятыми на обучение не на условиях целевого приема (п. 9 ст. 56 Закона об образовании).

**Контрольные вопросы:**

1. Какими нормативными документами регламентируется целевое обучение?
2. На основании какого документа осуществляется целевой приём?
3. Какие обязательства несет граждан, заключивший договор о целевом обучении с заказчиком целевого приёма?
4. Какими учреждениями устанавливается квота целевого приема для получения высшего образования?

## **2 Целевое обучение студентов в рамках гранта «Новые кадры для ОПК»**

На протяжении трех лет Оренбургский государственный университет (далее – ОГУ) становится победителем в открытом публичном конкурсе на предоставление поддержки программ развития системы подготовки кадров для оборонно-промышленного комплекса. В последние несколько лет коллектив Аэрокосмического института ОГУ активно участвует в конкурсах Минобрнауки России: в 2013 году получил финансовую поддержку в рамках гранта программы «Кадры для регионов», затем в 2014 – по результатам конкурса «Новые кадры для ОПК – 2014», в настоящее время выполняются работы по проектам 2015 года <sup>5</sup> и 2016 года.

В рамках грантов Министерством образования и науки РФ выделяются средства на совершенствование содержания и технологий целевого обучения студентов в интересах организаций оборонно-промышленного комплекса, в первую очередь – постоянного партнера – акционерного общества, производственного объединения «Стрела». С 2014 года – 75 обучающихся прошли целевую однолетнюю подготовку, с 2015 года эта цифра возросла до 150 обучающихся по программам среднего профессионального образования, бакалавриата и магистратуры по образовательным программам, разработанным совместно с ПО «Стрела» по двухлетней подготовке, а в 2016 году 177 обучающихся ОГУ высказали свое желание изучить дисциплины в рамках гранта.

Лучшие преподаватели [Аэрокосмического института ОГУ](#) позволили студентам получить дополнительные квалификации по работе с современным оборудованием в области авиа- и машиностроения. По сути, их научили работать с тем, что есть не на каждом производстве: материаловедческим

---

<sup>5</sup> Подготовка кадров для оборонно-промышленного комплекса в аэрокосмическом институте ОГУ / А.Б. Радыгин, Е.В. Щавелев, С.В. Белов, А.И. Сердюк // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : Материалы Всероссийской научно-методической конференции. Оренбург 2016. С. 217-222.

оборудованием, универсальным испытательным комплексом по сопротивлению материалов, трех- и четырехкоординатными станками с числовым программным управлением (ЧПУ), аэродинамической трубой, 3D-принтерами, конструкторами по робототехнике. По окончании студентам вручены сертификаты о прохождении дополнительного обучения в рамках целевой подготовки.

За счет средств гранта получено финансирование профориентационной работы в школах Оренбуржья, включая организацию бесплатных кружков для школьников по робототехнике, 3D-моделированию и занимательной механике. АКИ продолжит практику проведения экскурсий по цехам производственного объединения «Стрела» и лабораториям Аэрокосмического института.

Также в рамках гранта преподаватели ОГУ продолжают проходить стажировки в цехах, отделах и лабораториях ПО «Стрела» и КБ «Орион». Более тесное знакомство с производством позволяет институту плодотворнее выстраивать совместную с бизнесом работу, как в подготовке кадров, так и в решении научно-технических задач.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Назовите за счет каких грантов осуществляется целевое обучение в Аэрокосмическом институте?
2. Какие знания может получить студент при обучении в рамках целевой подготовки по гранту?
3. На протяжении какого периода Аэрокосмический институт становился победителем в открытом публичном конкурсе на предоставление поддержки программ развития системы подготовки кадров для оборонно-промышленного комплекса?

### **3 Информационные технологии инженерного образования**

Ориентация целевой подготовки на интересы производства требует внедрения технологий, близких или аналогичных производственным. Они носят название «профессионально-ориентированные», и, как правило, интенсифицируют подготовку. Инженерное образование все чаще использует информационные технологии. Информационные технологии – совокупность методов, производственных процессов и программно-технических средств, объединенных в технологическую цепочку, обеспечивающую сбор, хранение, обработку, распространение информации, а также отображение и использование информации в различных сферах жизнедеятельности.

Необходимо отметить, что абсолютное большинство современных образовательных технологий «оснащены» средствами интенсификации процесса познания. Интенсивные образовательные технологии можно подразделять на неимитационные и имитационные <sup>6</sup>.

Неимитационные технологии основаны на воспроизводстве какой-либо предметной или профессиональной деятельности. Имитационные технологии (организационно деятельностные, проблемно деловые, проблемно ситуационные и другие) используют модели изучаемого явления или процесса.

Информационные образовательные технологии – технологии обучения, научных исследований и управления, основанные на применении вычислительной и другой информационной техники, а также специального программного, информационного и методического обеспечения.

Телекоммуникационные (сетевые) образовательные технологии – технологии обучения, связи и управления, основанные на применении компьютерных сетей, телевизионных, спутниковых и радиовещательных линий связи, открытых оптических, оптоволоконных и кабельных линий, выделенных или коммутируемых телефонных каналов.

---

<sup>6</sup> Мануйлов В., Федоров И., Благовещенская М. Современные технологии в инженерном образовании // Высшее образование в России. 2003. – №3. – С. 118-124.

Интеллектуальные образовательные технологии – технологии создания нового интеллектуального продукта в процессе проектирования и реализации учебно-научной (учебно-исследовательской) деятельности. Эти технологии обеспечивают формирование у обучаемых новых интеллектуальных свойств и научно технологических приемов генерирования и воспроизводства новых знаний.

Инновационные образовательные технологии – технологии создания, распространения, внедрения, использования и коммерциализации изобретений, новых технологий, видов услуг.

В последнее пятилетие развитие комплексных образовательных технологий привело к появлению новой категории – наукоемких образовательных технологий (НОТ), которые предполагают интеграцию наиболее эффективных технологий образования в целостную систему. НОТ охватывают психологические, общепедагогические, дидактические и частно-методические процедуры взаимодействия преподавателей, научных сотрудников и инженеров со студентами (с учетом их интеллектуального развития, способностей и склонностей) при эффективном использовании в учебном процессе самых современных технических средств.

Особенно востребованы в целевом обучении профессионально-ориентированные технологии <sup>7</sup>, к ним, в частности, относятся технологии прототипирования, представленные ниже. Сегодня данные технологии создания прототипа изделия значительно подешевели и «шагнули» за рамки предприятий в повседневное использование и, что закономерно, в образовательное учреждение.

### **Контрольные вопросы:**

1. Какие образовательные технологии называются профессионально-ориентированными?
2. Дайте определения таким технологиям как: неимитационные, имитационные, мыследеятельностные.
3. Что такое НОТ?

---

<sup>7</sup> Жукова Г.С., Никитина Н.И., Комарова Е.В. Технологии профессионально-ориентированного обучения: учеб. пособие. – М. : Издательство РГСУ, 2012. – 165 с.

## 4 Технология прототипирования в инженерной деятельности

Разработка и внедрение новых производственных технологий является важной задачей для машиностроения в условиях стремительной технологической конкуренции. Оперативное создание и оценка прототипов новой продукции в машиностроении стали возможными благодаря применению новых цифровых технологий. Изготовление деталей традиционными «вычитающими» методами является сложным, длительным и дорогостоящим этапом проектирования. Применение в производственном цикле или на этапе опытно-конструкторских работ цифровых и аддитивных технологий позволяют создавать детали высокого качества с наименьшими затратами, а также детали, которые невозможно изготовить традиционными, «вычитающими» технологиями – механообработкой, литьем и так далее.

Все большее распространение получили так называемые аддитивные технологии, которые позволяют, используя цифровую модель, печатать трехмерные объекты, их отдельные компоненты или целые изделия (рисунок 1). Под влиянием таких технологий производство, естественно, становится более гибким, отвечающим потребностям заказчика, появляются возможности выпускать и уникальные изделия, и малые серии изделий, при этом существенным образом снижаются и затраты, в том числе на труд, на расходные материалы, на энергию, на логистику.

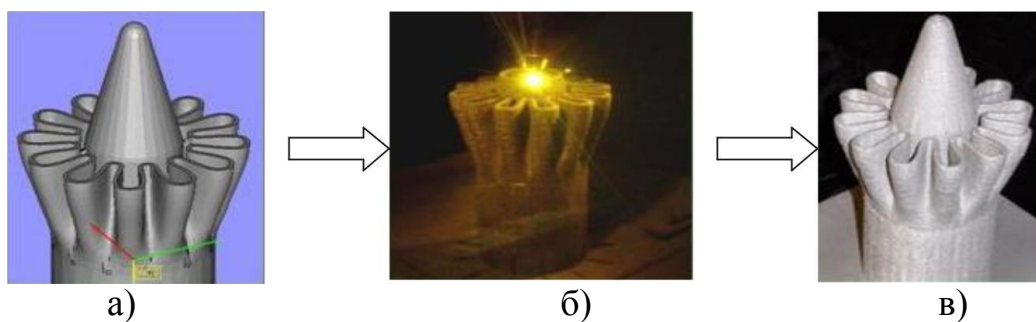


Рисунок 1 – Процесс получения детали : от CAD- модели, к AF-машине, к детали

Прототипирование является обязательным этапом в процессе разработки любого нового изделия. Создание качественного прототипа, максимально похожего на будущее изделие, весьма непростая задача. Приходится решать проблему точного повторения геометрической формы, собираемости, внешнего вида и поиска материалов, максимально похожих на заданные.

Построение прототипа обычно происходит на основе твердотельной модели из САД-систем или модели с замкнутыми поверхностными контурами. Эта модель разбивается на тонкие слои в поперечном сечении с помощью специальной программы, причем толщина каждого слоя равна разрешающей способности оборудования по z-координате. Обычно при разбиении дается припуск на механическую обработку. Построение детали происходит послойно до тех пор, пока не будет получен физический прототип.

Прототипирование начинается с того, что создаётся компьютерная твердотельная модель продукта, а завершается изготовлением конечного варианта, с использованием какой-либо методики. Компьютерная модель создаётся при помощи одной из программ 3D-моделирования, а затем сохраняется в одном из перечисленных форматов: STL, WRL, PLY, 3DS. Созданная модель печатается на специально предназначенном для этого принтере.

Основным различием между технологиями прототипирования является прототипирующий материал, а также способ его нанесения.

Технологии формирования объектов без механической обработки развиваются уже порядка полувека, но наиболее широкое распространение они получили с начала двухтысячных годов с развитием технологии быстрого прототипирования (3D-печати) и появлением соответствующих печатающих устройств (3D-принтеров). Суть этих технологий заключается в том, что объект формируется из отдельных слоев, которые создаются по компьютерной модели. Если изначально быстрое прототипирование применялось в основном в машиностроении, конструкторской деятельности, получении форм для производства, то на сегодняшний день сферы применения этой технологии

значительно расширились – это архитектура, дизайн, искусство, медицина, пищевое производство, образование.

Прототипирование – это быстрая «черновая» реализация базовой функциональности для анализа работы изделия в целом. После этапа прототипирования обязательно следуют этапы пересмотра структуры изделия, оптимизации формы и физико-механических характеристик, разработки, реализации и тестирования конечного продукта. Этап прототипирования, по мнению многих специалистов, является наиболее сложным и ответственным при разработке изделия. Компании, занимающиеся выпуском готовых изделий, заинтересованно относятся к прототипированию и 3D-проектированию, для них это реальный способ снизить риски, повысить качество выпускаемого изделия. Для получения положительного результата от внедрения прототипирования необходимо, чтобы оно удовлетворяло следующим потребностям:

1. Автоматизировало типовые решения и рутинные операции, освобождая время для конструирования, проработки идей и воплощения новшеств.

2. Позволяло создавать интерактивные, детализированные прототипы, доступные всем участникам проекта с возможностью оперативно вносить изменения.

3. Обеспечивало рост эффективности производства и снижение затрат по выпуску готового изделия.

4. Помогало инновационным компаниям побеждать в борьбе за первенство выхода на рынок.

Опыт использования различных программных комплексов, 3D-принтеров показал, что с помощью 3D-прототипирования возможна проверка будущего изделия на соответствие эталонам геометрической формы, размеров, функционала, цвета (и даже прочностных свойств) до начала полномасштабного производства. Многоэтапная оптимизация моделей изделия позволяет выполнять разработку продукта с учетом эргономики и высокой функциональности объектов и механизмов. Использование 3D-печати позволяет ускорить процесс проектирования нового изделия. Прототипирование изделий используется при экспериментальном, единичном и



мелкосерийном производстве. Китайские коллеги уже предложили оборудование промышленной 3D-печати каркасов малоэтажных зданий из специальных пластиков, заполняемых в дальнейшем различными экологичными наполнителями. Несомненно, что повышение скорости и точности печати, расширение номенклатуры оборудования позволит внедрять технологию в масштабное серийное производство. Однако для этого, несомненно, требуется проведение широких научных исследований для развития технологии. Далее представлены основные технологии 3D-печати, разработанные и внедренные в производство в настоящий момент.

1. **Лазерная стереолитография** – послойное наращивание трехмерных объектов из жидкой фотополимерной смолы, затвердевающей под действием лазерного луча.

2. **Селективное лазерное спекание** – метод аддитивного производства, лазер высокой мощности используется для спекания небольших частиц пластика, керамики, стекольной муки или металла в трехмерную структуру.

3. **Электронно-лучевая плавка** – метод аддитивного производства, схожий с селективным лазерным спеканием (SLS), но использующий вместо лазера луч высокоэнергетических электронов.

4. **Моделирование методом наплавления** – технология 3D-печати, в которой создание объекта происходит за счет расплавленного пластика.

5. **Способ ламинирования** – послойное формирование объекта путем склеивания слоев материала, которые обрезаются ножом или лазером.

6. **Полиструйная технология** – 3D-принтеры выпускают струи жидкого фотополимера, которые образуют слои на модельном лотке и мгновенно фиксируются ультрафиолетовым излучением.

7. **Послойное распределение клеящего вещества по гипсовому порошку** – порошковый метод производства, аналогичный SLS, но вместо спекания или плавления порошка используется связующее вещество (клей), которое вводится в порошок.

**8. Моделирование методом напыления с последующим фрезерованием слоя** – технология построения высокоточной модели с абсолютно гладкой поверхностью за счет механически движущейся головки.

**9. 3D-печать с проклейкой бумажных листов** – недавно появившаяся технология, которая позволяет печатать изделия из обычной бумаги формата А4. Резец из твердосплавной стали вырезает каждый слой будущей модели из листа бумаги. Затем слои проклеиваются обычным канцелярским клеем на водной основе.

**10. Контурное изготовление** – это строительная технология, устройство для печати больше похоже на козловой кран. Вместо многотонного крюка устройство имеет распыляющую бетонную смесь головку со встроенными пневматическими формователями поверхностей. Мгновенно застывающий бетонный раствор слой за слоем наносится на основу дома.

Поскольку научный прогресс продолжает свое движение вперед, этот список технологий 3D-печати пополняется стремительными темпами.

Данная классификация не является устоявшейся, но отражает почти все технологии, применяемые на сегодняшний день.

К факторам, сдерживающим внедрение прототипирования в машиностроении, относят следующие <sup>8</sup>:

- свойства материала (анизотропия свойств, ограниченная номенклатура доступных материалов, их высокая стоимость);
- точность изготовления и качество поверхности деталей (практически все процессы требуют последующей механообработки посадочных мест, элементов сопряжений, рабочих элементов конструкции);
- относительно низкая производительность;
- высокие капитальные вложения;
- оборудование все еще несовершенно;

---

<sup>8</sup> Михайлов Ю. М. Перспективы использования аддитивных технологий в ОПК. 2015. URL: [federal-book.ru/ОПК-11/111/Mihaylov.pdf](http://federal-book.ru/ОПК-11/111/Mihaylov.pdf).

- отличия в геометрии и свойствах между идентичными деталями, изготовленными на разных установках;
- закрытая архитектура большинства установок не позволяет исследователям и технологам варьировать условия обработки.

**Контрольные вопросы:**

1. Что такое прототипирование?
2. Перечислите и дайте определения основным технологиям 3D-печати, разработанным и внедренным в производство.
3. Назовите факторы, сдерживающие внедрение прототипирования в машиностроении.

## 5 Прототипирование как технологии профессионального образования

Устройства быстрого прототипирования развиваются очень быстрыми темпами. Еще более широкое применение они могут найти в вузе, где учебная деятельность тесно переплетается с исследовательской. Использование современного оборудования может значительно повысить мотивацию студентов, дать возможность получать им объекты или методы исследований, которые были не доступны ранее. Для этого необходимо, чтобы данная технология была интегрирована непосредственно в учебный процесс, а преподаватели обладали необходимыми компетенциями.

С внедрением и применением устройств быстрого прототипирования стало возможным промоделировать полный цикл создания изделия, проиллюстрировать его жизненный цикл от этапа проектирования до этапа изготовления<sup>9</sup>. Увидеть будущую модель, а в некоторых случаях и реальную не только на экране монитора, но и в твердой копии – это бесценное подспорье для преподавателя как в области развития наглядности учебного процесса, так и в области мотивации, и в процессе овеществления продуктов труда.

Представим рекомендации по внедрению технологий моделирования и прототипирования в учебный процесс (рисунок 2)<sup>10</sup>.

---

<sup>9</sup> Бощенко Т.В., Чепур П.В. Опыт внедрения технологий прототипирования изделий на основе 3D печати в образовательный процесс высшего учебного заведения // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 5.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=22481>

<sup>10</sup> Интернет-журнал «Наукovedение» URL : Том 7, №5 (сентябрь - октябрь 2015) <http://naukovedenie.ru> 220PVN515



Рисунок 2 – Этапы внедрения технологий прототипирования в учебный процесс

**На первом этапе** выбор технологии и материалов может осуществляться в зависимости от их себестоимости и необходимых параметров готового изделия – размера, прочности, точности изготовления, цветности.

Несмотря на возможности современных устройств 3D-печати, основной проблемой их широкого использования в повседневной жизни препятствует высокая цена, в том числе и на расходные материалы, а так же специфичность и особые условия использования некоторых из них. Например, струйная печать на сегодняшний момент обладает наибольшим потенциалом из-за высокой точности, скорости и цветности готовых изделий, но при этом является и самой дорогой из всех существующих процессов. Поэтому на сегодняшний момент наибольшее распространение получили устройства, основанные на FDM-процессе.

**Второй этап.** Проведение ознакомительных семинаров на втором этапе, как показал опыт, имеет большое значение, так как большинство и преподавателей, и обучающихся имеет лишь поверхностное представление о

технологиях 3D-прототипирования. Несмотря на специфику 3D-печати и частые ассоциации ее с инженерными разработками, следует отметить, что данная технология имеет на сегодняшний день очень большой потенциал и позволяет решать широкий спектр образовательных задач. Благодаря открытой архитектуре и достаточно простому устройству, опыт многих зарубежных исследователей [9] показывает, что даже учителя школы, будучи специалистами лишь в своей предметной области могут собрать 3D-принтер из комплект в течение трех дней при минимальной помощи со стороны. Кроме того, в тех областях, где ранее никогда не применялись аналогичные технологии, может произойти качественный скачок, который приведет к новым подходам и методам исследований. Поэтому технология в целом имеет не узкую направленность, а может быть внедрена в учебный и исследовательские процессы вуза любых направлений подготовки: гуманитарного, естественнонаучного, физико-математического.

**Третий этап** подразумевает более подробное знакомство с технологиями 3D-прототипирования для преподавателей, проявивших интерес и желающих включить их в свой образовательный план, в виде краткосрочных практикоориентированных программ повышения квалификации на базе вуза. Оно предусматривает три основных составляющих:

- работа с персональным печатающим устройством: настройка, обслуживание и печать;
- основы создания цифровых трехмерных моделей на основе редакторов и с помощью 3D-сканирования;
- использование онлайн сервисов для хранения, обмена и создания.

**На последних этапах** оценка эффективности разработанных материалов или методик может быть проведена на основе успеваемости или анкетирования учащихся с помощью соответствующих экспертов в вузе, и, в случае положительных рекомендаций, данные методики могут быть реализованы в необходимой форме. Предполагается, что форма представления материалов, их размещения, форматы проведения экспертиз и оценки полученных методик

будут разработаны в ходе проводимого исследования после реализации третьего этапа по внедрению соответствующих программ повышения квалификации для преподавателей и курсов по выбору для обучающихся.

Технология 3D-печати может стать еще одной информационной технологией, которая может внести значительные изменения в образовательный процесс, привести к появлению новых форм обучения через вовлечение обучающихся в проектную деятельность, повышению мотивации, формированию новых компетенций выпускников и преподавателей, развитию новых исследовательских методов и технологий.

**Контрольные вопросы:**

1. Перечислите этапы внедрения технологий прототипирования в учебный процесс.

2. На основе чего может быть дана оценка эффективности разработанных материалов или методик внедрения технологий прототипирования?

3. Каковы перспективы использования технологии 3D-печати?

## **6 Образовательная реализация технологий прототипирования в вузах**

Перспективным методом управления производственно-технологическими рисками является предварительная апробация технического (конструкторского или технологического) решения. В настоящее время используются процедуры моделирования, в реальной практике инновационных производств внедрено прототипирование различного рода. Наши исследования выявили также, что процедуры прототипирования позволяют освоить современные методики управления производственно-технологическими рисками в части прогнозирования, анализа, выявления и ликвидации дефектов объектов производственно-технологического назначения в сфере компетенций инженера. К ним мы относим управляющие программы станков с ЧПУ, детали изделий, применяемые инструменты, станочные приспособления, сборки<sup>11</sup>.

В сравнении с традиционными методиками инженерного образования этот метод позволяет воспроизвести физическую реальность – прототип производственно-технологического объекта с помощью программных средств без дорогостоящего станочного оборудования (5-координатных станков). Такая модель-прототип пригодна для натурных испытаний, а в ряде случаев является готовым изделием.

Указанных возможностей не имеют традиционные методики инженерной подготовки. Так, расчетно-аналитические методики (формулы) в силу формализации и аппроксимации не учитывают многих параметров объекта; макетирование (макет) не отражает многих физико-механических свойств объекта, не содержит такое количество сведений об объекте; аналоговое моделирование, моделирование в виртуальных средах не создает физической реальности объекта. Таким образом, данная методика обладает новыми

---

<sup>11</sup> Белоновская, И.Д. Модели и технологии подготовки будущего бакалавра к управлению производственно-технологическими рисками : монография / И.Д. Белоновская, Е.М. Езерская : Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2016. – 220 с. Электрон. текстовые дан.



эффективными иллюстративными и обучающими качествами в инженерном образовании.

В педагогической литературе представлен опыт реализации в вузах комплексных инновационных образовательных технологий, включающих и освоение умений управления производственно-технологическими рисками, таких как моделирование и прототипирование.

Процессы визуализации в обучении существенно обогатила технология быстрого прототипирования (RP – rapid prototype), которая является вариантом применения современных научно-технических достижений в образовании. Применение технологий 3D-прототипирования в образовательном процессе (представили В.М. Лейбов, Р.В. Каменев, О.М. Осокина) в учебном процессе ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный педагогический университет» позволило модернизировать проведение лабораторных и практических занятий по специальным дисциплинам и превратить их в процесс исследования. В вузе были представлены студентам такие методы прототипирования как стереолитография, лазерное спекание порошковых материалов, послойная печать расплавленной полимерной нитью (Fused Deposition Modeling или просто FDM), технология струйного моделирования (Ink Jet Modelling), технология склеивания порошков (Binding powder by adhesives), облучение ультрафиолетом через фотомаску (Solid Ground Curing, или SGC). Применение 3D-печати позволило заинтересовать студентов возможностью создать вещественную копию моделируемого объекта. Это не только позволяет рассмотреть проектируемую деталь, но и оценить другие её эксплуатационные характеристики. Кроме этого, студентам продемонстрирован полный цикл создания изделия: от этапа проектирования до этапа воплощения детали в конечном материале. К примеру, на занятиях по инженерной графике студенты, правильно смоделировавшие деталь в 3D, смогут оценить её конструктивное оформление и технологичность, воспроизведя изделие в реальном материале. В ходе исследования рост когнитивного критерия в экспериментальной группе на 9 % выше, чем в контрольной, наибольший рост

наблюдается при формировании креативного компонента профессиональной подготовки в экспериментальной группе (на 22,5 %).

Большой эффект дает сочетание инновационных производственных технологий при создании в вузе специализированного центра прототипирования, такой опыт представлен преподавателями Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета. Деятельность в этом направлении была выстроена с привлечением средств научных грантов и проекта стратегического развития вуза путем создания ЗАО «Межвузовский центр прототипирования и контрактного производства микро- и нанотехники». Работа выполнена в рамках стратегической программы университета «Развитие междисциплинарных исследований и инструментально-технологической базы как основы непрерывного инженерного образования по приоритетным направлениям российской экономики». Центр обеспечил формирование новых инфраструктурных элементов образовательной системы, обеспечивающей гибкую, оперативную профессионально-ориентированную подготовку и переподготовку кадров (рисунок 3). Контрактное производство в вузе обеспечило прототипирование изделий для экспресс-трансфера идей, конструкций и технологий; специальные испытания полуфабрикатов и продукции; формирование инженерных компетенций и поддержание профессиональной квалификации профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов .

Интерес студентов технических вузов к инновационным технологиям моделирования и прототипирования настолько высок, что в России уже проводился фестиваль по прототипированию и программированию на I всероссийском межвузовском фестивале технической молодежи «ВУЗПРОМФЕСТ-2014», который проходил в рамках выставки-форума «ВУЗПРОМЭКСПО-2014». Инициатором и организатором фестиваля выступило «Агентство молодежной информации» при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, Министерства экономического развития Российской Федерации (<http://www.ncfu.ru/index.php?newsid=5718>).



Рисунок 3 – Роль и место RP в процессе проектирования

По сравнению с другими методами (изготовление моделей из пенопласта, дерева, воска вручную или на станках с ЧПУ), существовавшими до середины 80-х годов, появление систем быстрого изготовления прототипов было переворотом в технологии. Вместо того, чтобы ждать физические модели на протяжении нескольких недель, конструкторы могут получать их через несколько дней или часов, используя различные виды прототипирования (таблица 1).

Таблица 1 – Виды прототипирования

Виды прототипирования					
Эскизы на доске, планшете	Эскизы на бумаге	Специализированные программные продукты	Прототипы с использованием онлайн сервисов	Rapid Prototyping – RP (быстрое прототипирование)	
				Физическая модель	Модель-чертежи и проекты
Возможность внесения изменений, повторной отрисовки	не требует владения специальными графическими редакторами или программами	Axure Pro, Microsoft Visio, Adobe InDesign и Adobe Photoshop	можно быстро создать прототип, который ничем не будет уступать созданному при помощи специализированной программы	Можно получать без инструментального их изготовления, путём преобразования данных, поступающих из CAD-системы	Получают в 3D-представлении, только нажав кнопку

В настоящее время на рынке существуют различные RP-системы, производящие модели по различным технологиям и из различных материалов. Однако все системы для быстрого прототипирования, имеющиеся на сегодня, работают по схожему, послойному принципу построения физической модели.

Слои располагаются снизу вверх, один над другим, физически связываются между собой. Построение прототипа продолжается до тех пор, пока поступают данные о сечениях САД-модели.

На сегодняшний день на рынке существует целый ряд RP машин, значительно отличающихся по стоимости. Наименьшую стоимость имеют 3D-принтеры. 3D-принтеры более доступны, так как для их размещения не требуется специальных приспособлений и помещений, они могут размещаться непосредственно в офисе, у рабочего места конструктора. Кроме этого, 3D-принтеры не используют вредные материалы или процессы.

Распространение быстрого прототипирования в техническом образовании в разных странах мира набирает все больший оборот. И, как видно на диаграмме (рисунок 4), Россия не присутствует в сравниваемом количестве, что актуализирует проблемы подготовки обучающихся к работе с аддитивными технологиями.

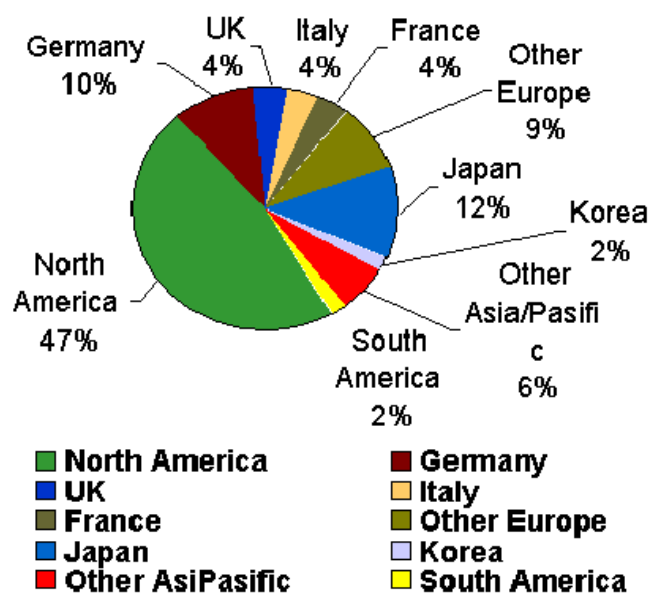


Рисунок 4 – Диаграмма распространения технологий быстрого прототипирования в техническом образовании в различных странах

(режим доступа: <http://www.cad.dp.ua/obzors/prototip.php>)

Возможности прототипирования резко возросли с развитием 3D-принтеров, позволяющих на основе программы воспроизвести технических объект. Результаты создания моделей на 3D-принтерах представлены на рисунке 5.

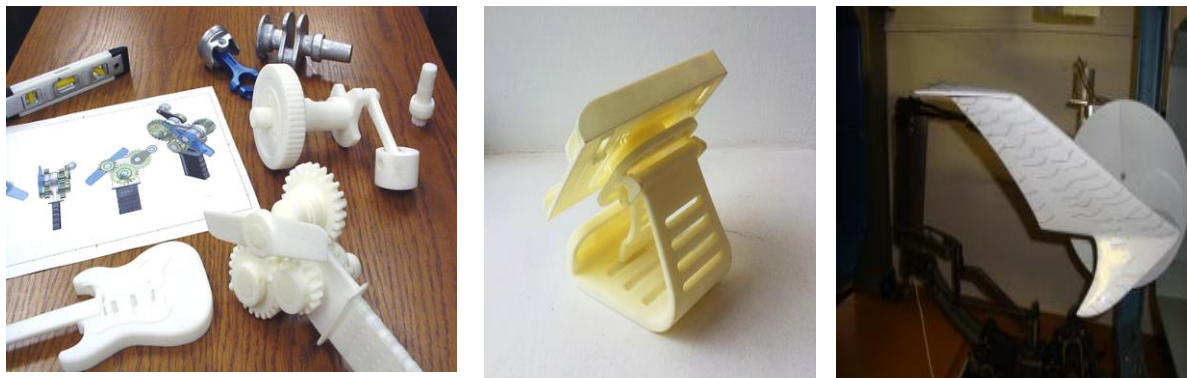


Рисунок 5 – Результаты создания моделей на 3D принтерах – совместная работа будущих бакалавров, магистрантов и преподавателей при исследовании технологий и конструкций

Использование таких методов анализа и предупреждения производственно-технологических рисков возможно для исследования конструкции изделия, инструмента, оснастки, корректности управляющей программы станка с ЧПУ. Моделирование и прототипирование не являются элементом повседневной деятельности линейного инженера на производственном участке, но относятся к научной и исследовательской деятельности, которую линейный инженер (мастер, технолог, механик, электроник, лаборант, диспетчер) должен уметь выполнять при внедрении новых техники и технологий.

Студенты – будущие бакалавры изучали методы управления производственно-технологическими рисками с использованием моделирования технологических процессов и технических объектов в лабораториях Аэрокосмического института (рисунок 6).



Рисунок 6 – Изучение технологических процессов на современном оборудовании будущими бакалаврами в лабораториях АКИ ОГУ

**Контрольные вопросы:**

1. Какие вы знаете методы прототипирования?
2. В каком году впервые в России прошел фестиваль по прототипированию и программированию?
3. Назовите виды прототипирования.

## Заключение

Динамика современного производства требует постоянного обновления содержания и технологий инженерного образования. В этой связи целевое обучение обладает возможностями подготовки будущих бакалавров к решению новых производственных задач и учету производственной интеграции.

В методических указаниях представлены нормативные и экспериментальные материалы по внедрению технологий прототипирования в целевом обучении студентов инженерно-технических направлений подготовки.

Представлены основные понятия в сфере целевого обучения в России.

Описан опыт подготовки будущих инженеров в рамках гранта «Новые кадры ОПК–2016».

Рассмотрены классификации методов прототипирования и применяемое оборудование.

Представленные указания способствуют более глубокому изучению инновационных инженерных технологий промышленности.

## Список использованных источников

1. Аддитивные технологии: Освоение и внедрение в производство. // РИТМ машиностроения. 2016. – №9. – С. 26-31. URL : [ritm-magazine.ru](http://ritm-magazine.ru)
2. Белоновская, И. Д. К вопросу рискологической подготовки будущих бакалавров по направлению – «Авиастроение» / И. Д. Белоновская, Е. М. Езерская // Фундаментальные исследования – 2013. – №10. – С. 2939-2943.
3. Белоновская, И. Д. Модели и технологии подготовки будущего бакалавра к управлению производственно-технологическими рисками : монография / И. Д. Белоновская, Е. М. Езерская : Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2016. – 220 с. Электрон. текстовые дан.
4. Бойцов, А. Г. Состояние и перспективы подготовки инженерных и научных кадров области наукоемкого машиностроения / А. Г. Бойцов, Ю. А. Моргунов, Б. П. Саушкин // Экономические стратегии. 2015, – № 4. – С. 12-19.
5. Куницын В. Целевой прием и целевое обучение. URL: <http://lexandbusiness.ru/view-article.php?id=6287>
6. Мануйлов, В. Современные технологии в инженерном образовании. / В. Мануйлов, И. Федоров, М. Благовещенская // Высшее образование в России. 2003. – №3. – С. 118-124.
7. Материалы селекторного совещания «О повышении эффективности целевого обучения и целевого приёма». Руководитель - Д. А. Медведев. Режим доступа: <http://government.ru/news/24903/#dam>
8. Михайлов, Ю. М. Перспективы использования аддитивных технологий в ОПК. 2015. Режим доступа: [federal book. ru/OPK-11/111/Mihaylov. pdf](http://federalbook.ru/OPK-11/111/Mihaylov.pdf). (дата обращения: 27.05.2015).
9. Моргунов, Ю. А. Техничко-экономический анализ технологий аддитивного формообразования / Ю. А. Моргунов, Б. П. Саушкин // Наукоемкие технологии в машиностроении, 2016. – № 7. – С. 28-35.
10. Обзор технологий 3D-печати. - Режим доступа: <http://www.orgprint.com/ru/wiki/obzor-tehnologij-3D-pechati> (дата обращения: 06.09.2014).



11. Поляков, А. Н. Опыт реализации технологий быстрого прототипирования при подготовке инженерных кадров / А. Н. Поляков, К. С. Романенко, И. П. Никитина // [Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры](#) : Материалы Всероссийской научно-методической конференции (с международным участием). – 2015. – С. 115-118.

12. О порядке заключения и расторжения договора о целевом приеме и договора о целевом обучении : Постановление Правительства РФ от 27 ноября 2013г. № 1076. Режим доступа:

<http://government.ru/media/files/41d4a5d6d9bc03cd2fd5.pdf>

13. Подготовка кадров для оборонно-промышленного комплекса в аэрокосмическом институте ОГУ / А. Б. Радыгин, Е. В. Щавелев, С. В. Белов, А. И. Сердюк // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: Материалы Всероссийской научно-методической конференции. Оренбург 2016. – С. 217-222.

14. Сердюк, А. И. Сотрудничество Вуз - Предприятие ОПК на Примере Аэрокосмического института ОГУ. / А. И. Сердюк, Е. В. Щавелев, А. Б. Савельев // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : Материалы Всероссийской научно-методической конференции (с международным участием). Оренбург 2015. – С. 137-143.

15. Continuous liquid in-terface production of 3D objects/Science. Tumbleston J. R. and others. 2015, 347. 1349

16. W. E. Frazier, Metal Additive Manufacturing: A Review, J. Mater. Eng. Performance, 23 [6], 1917–1928 (2014).

17. Methodology of Complex Continuous Training of the Students of Technical Universities to Innovative Activities / Izabella D. Belonovskaya, Aleksander E. Shukhman, Marina A. Studyannikova, Natalia M. Minyaeva, Elena M. Ezerskaya, Olga F. Piralova, Dilyara F. Barsukova // Mediterranean Journal of Social Sciences (2015) Mediterranean Journal of Social Sciences 6 (2S3) , p. 36 - 43