

УДК 37.031.4

Л. А. ЛИПНИЦКИЙ, Т. В. ПИЛЬГУН

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИХ ПЕРСПЕКТИВЫ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Белорусский государственный университет,
Белорусский национальный технический университет

В статье указана необходимость развития у учащихся инновационного мышления и роль в этом аддитивных технологий, описаны история развития аддитивных технологий, области применения 3D-принтеров и используемые в них материалы, получаемые с помощью них прототипы. Указано, что аддитивные технологии позволяют значительно ускорить работы по проектированию и дизайну, позволяют учащимся реально оценить результаты своей работы, увеличить интерес к обучению, изменить способы представления своей работы к защите. Рассмотрены наиболее перспективные и доступные для использования в образовании технологии FDM, применяющую печать расплавленной в термоголовке пластиковой нитью, и SLA, использующая для печати фотополимерные смолы. Отмечено активное использование 3D-принтеров в зарубежных учебных центрах. Описаны работа по созданию собственного 3D-принтера в БНТУ, создание лаборатории компьютерного моделирования и быстрого прототипирования в ПГУ, использование 3D-принтеров в БГТУ, БГУ, БГУИР, БрГТУ. Указаны задачи, поставленные учеными БНТУ по созданию отечественных 3D-принтера. Описана работа по созданию ответственного 3D-принтера. Даны характеристики полученных в результате исследований в БНТУ 3D-принтеров, их преимущества. Описано использование разработанных 3D-принтеров в образовательном процессе БНТУ. Отмечены положительные моменты от внедрения аддитивных технологий в учебную и научно-исследовательскую жизнь вузов Беларуси и указано на необходимость их широкого использования в образовательном процессе, указано, что использование аддитивных технологий в университетах изменит образ мышления учащихся, их подход к учебе и формированию новых идей.

Ключевые слова. Аддитивные технологии, 3D-принтер, 3D-печать.

Современный мир заставляет ежегодно сталкиваться с большим числом технологических новинок и научных инноваций, умение и владение которыми позволяет быть на гребне научно-технического прогресса. В современных условиях скорейшее создание инновационного продукта является жизненно важным для успешного развития любого наукоемкого производства. Мировые производители поняли, что в стремительно меняющемся мире, чтобы быть на лидирующих позициях, надо максимально оперативно воплощать новые идеи в работоспособные решения. Это невозможно без генерации этих идей и без новых технических решений для скорейшего воплощения их в жизнь. Поэтому развитие у учащихся инновационного мышления должно стать приоритетной задачей современного образования. Безусловно, такой подход должен быть связан с применением в образовании современных достижений науки и технологий. Особое внимание стоит

уделить аддитивным технологиям или 3D-печати. Они являются одним из лучших технических решений для ускорения реализации различных новых идей.

Аддитивные технологии относительно недавно, но очень активно начали входить в нашу реальность, хотя история создания этих технологий насчитывает десятки лет. Только в 2005 году появились 3D-принтеры с относительно высоким качеством печати. В последнее десятилетие 3D-принтеры все активнее начали внедряться в различные сферы деятельности. В настоящее время они используют для печати различные материалы, их количество на сегодня превысило сотню (АВС пластик, гипс, бумага, металл, бетон, акрил, различные типы полимерных материалов, шоколад и т. д.). Из огромных машин 3D-принтеры превратились в более компактные, самые меньшие из которых легко помещаются на рабочем столе, а их стоимость снизилась в десятки раз, став

вполне доступной для широкого круга пользователей, в том числе для образования. Печатаемые ими модели отличаются высокой прочностью и могут применяться для создания готовых изделий. Есть предпосылки, что в ближайшие годы 3D-печать сможет занять заметную нишу в таких сферах, как машино- и автомобилестроение, архитектура, строительство, геоинформационные системы, медицина, производство одежды и обуви, пищевая промышленность, производство упаковки, сувениров, игрушек и др. При этом изготовить можно практически все: дома, автомобили, предметы искусства, прототипы и концептуальные модели будущих потребительских товаров или их конструктивные детали, образцы для тестирования, протезы для стоматологии и других сфер медицины и многое другое. Изготовление может осуществляться в виде единичных образцов или носить характер мелкосерийного производства.

Такие быстрые темпы развития аддитивных технологий сделали неизбежным необходимость широкого внедрения ее и в образовательный процесс [1]. Если еще несколько лет назад среди преподавателей обсуждался вопрос, зачем это нужно в образовании, то сегодня 3D-печать не является чем-то необычным. Становится все очевиднее. Что предоставляемая учащимся возможность доступа к технологии 3D-печати позволяет превратить их из разработчиков нереализованных идей в создателей инновационных решений, прикоснуться к реальному производству, где 3D-печать станет обязательной составной частью технологического процесса.

Традиционно проектирование и производство рассматриваются как отдельные направления деятельности. Проектировщик или дизайнер создают модель на компьютере или бумаге, которую затем передают производителю для тестирования, и в случае обнаружения недостатков последний возвращает ее обратно на доработку. Такой процесс не только занимает значительное время, но создает дополнительные препятствия в скорейшей реализации новых идей. Использование техники 3D-печати позволяет значительно ускорить этот процесс. Если обычно от возникновения идеи до ее воплощения в прототип проходит как минимум несколько месяцев, то с помощью 3D-принтера

образец можно изготавливать буквально за один день. В результате срок от разработки решения до его опытного испытания или оценки образца сокращается до недели. То есть процесс работы ускоряется в разы или даже десятки раз. Это относится и к образовательному процессу. Что важно, при этом экономится не только время, но и появляются возможности у учащихся увидеть результаты своей работы не только на бумаге или экране монитора, но в виде реальной твердой копии и провести ее испытание уже в течение одного учебного семестра.

Совершенствуя процесс образования, аддитивные технологии развивают у учащихся в образное мышление, приучают их к 3D-программированию и проектированию. 3D-печать значительно увеличивает интерес к процессу обучения, так как дает возможность учащимся почувствовать себя настоящим инноватором. Одновременно это дает возможность для преподавателя сделать учебный процесс наглядным и показать учащемуся результат овеществления его труда. Создав на компьютере модель, учащийся тут же может начать процесс ее изготовления и уже через несколько часов держать ее в руках. Получив модель они могут не только воочию увидеть результат своей разработки, проверить ее на собираемость, эргономику и работоспособность, но и понять все ли сделано правильно, нет ли ошибок, требует ли решение доработки, или оно готово для запуска в производство, т.к. на бумаге или компьютере невозможно порой заметить все неточности или изъяны. Свои профессиональные навыки с помощью аддитивных технологий могут совершенствовать будущие инженеры, дизайнеры, архитекторы, медики и учащиеся многих других специальностей. Кроме того, у студентов появляется возможность представить свои курсовые и дипломные проекты не в виде обычных чертежей и эскизов, а в виде реальных трехмерных моделей: деталей двигателя, зданий, элементов дизайна, внутренних органов человека и т. д. Поэтому для университета установка 3D-принтера позволит не только поднять его общий престиж, но и подготовить будущих специалистов, способных выполнять реальные задачи.

При этом внушительных затрат на покупку самого оборудования и на его дальнейшее использование не потребуется. Развитие техно-

логий достигло такого уровня, когда 3D-принтеры уже становятся широко распространенными и общедоступными. Подавляющая часть техники построена на типовых контроллерах и производится с бесплатным программным обеспечением. В результате рынок доступных 3D-принтеров уже стал насыщен, а цены на них – адекватны. В настоящее время возможно приобрести 3D-принтер до одной тысячи долларов, в пределах 2,5 тыс. долларов принтер будет обеспечивать достаточно высокое качество прототипов.

Какие же технологии могут являться наиболее подходящими для учебного заведения, учитывая стоимость принтеров и небольшой объем производства?

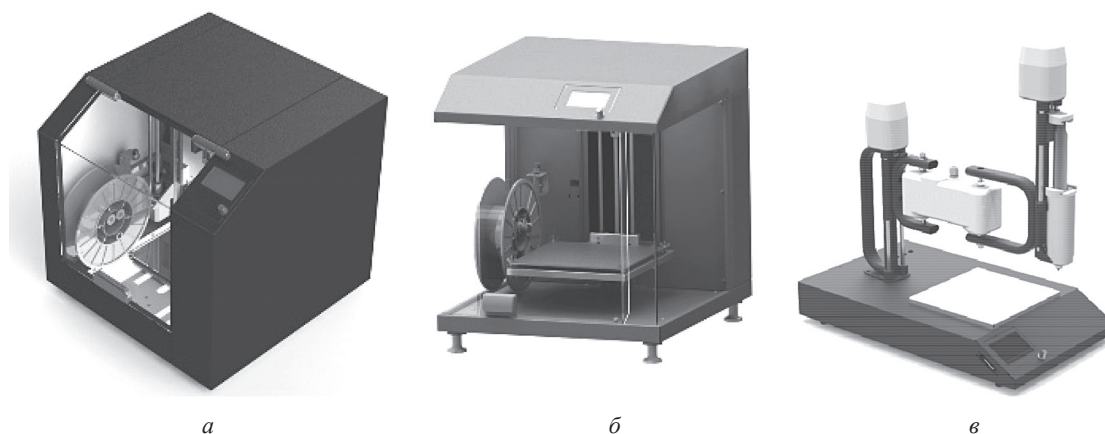
Наиболее доступной является технология FDM [2]. Конечная стоимость принтера составит до 3 тыс. долларов в зависимости от комплектации. Технология представляет печать расплавленной в термоголовке пластиковой нити. Минимальная толщина слоя, наносимого FDM-принтерами, как правило, составляет более 50 микрон. Практически же разрешение находится в обратной зависимости от скорости нанесения слоев. Технология позволяет достигать и более высоких показателей точности путем снижения скорости печати. Размер изготавливаемых изделий зависит от жесткости рамы, и точность оборудования не пострадает даже при печати довольно больших изделий.

Другой по доступности является технология – микро-SLA [2]. В данном случае стоимость окажется выше – от 7,2 тыс. до 10 тыс. долларов. Но это будет очень хорошее оборудование, работающее с фотополимерными смолами. Это оборудование разрабатывалось изначально для крупных промышленных предприятий, которые могли себе позволить потратить на 3D-принтер миллион долларов. Но сейчас появились уже более доступные устройства микро-SLA, которые могут установлены в любом помещении, поскольку экологически безопасны. SLA-технология отличается высокой точностью печати. Толщина слоя составляет 15 микрон, что в несколько раз меньше толщины человеческого волоса. Таки параметры позволяют задействовать подобные принтеры при изготовлении образцов мелких и высокоточных деталей или медицинских протезов. Скорость печати также относительно высока:

время изготовления одной модели может составлять лишь нескольких часов, хотя это зависит от размера прототипа и количества одновременно используемых лазерных головок. Готовые изделия могут обладать различными механическими свойствами в зависимости от характеристик фотополимера: Существуют имитаторы твердых термопластиков, резины и других материалов. Как правило, печать осуществляется веществом одного цвета, но ограничений палитры не существует. Что касается размеров изделий, то в недорогих принтерах размер рабочей области печати не превышает 150×150×150 мм. В дорогих установках применяется система обратной связи, позволяющая достигать при желании размеров моделей до 1,5 м.

Ведущие мировые учебные центры уже давно поняли, что 3D-принтер – это отличный инструмент для подготовки высококлассных специалистов. И поэтому процессы внедрения аддитивных технологий в европейских университетах идет достаточно быстрыми темпами. Они активно применяются и в таких известных вузах России, как МГУ, МГТУ им. Баумана, МИСиС, МИФИ и многих других [3], [4], [5], [6].

В Беларуси это процесс также набирает свои обороты. Уже несколько вузов имеют собственные установки 3D-печати. В Полоцком государственном университете создана лаборатория компьютерного моделирования и быстрого прототипирования для будущих дизайнеров, архитекторов и инженеров, оснащенная 3D-сканером RangeVision и 3D-принтер Stratasys Mojo [8]. В БГТУ на кафедре механики материалов и конструкций с помощью 3D-принтера ShareBot NG и 3D-сканера David SLS изготавливаются и исследуются различные полимерные вещества [9]. А в перспективе здесь запланирована подготовка специалистов по новой специальности «Производство изделий на основе трехмерных технологий». В БГУ на базе библиотеки открылся центр научного творчества ФабЛаб, в которой с помощью 3D-принтера CubeX Trio студенты могут воплотить в жизнь свою научные и творческие стартапы [10]. В БГУИР на кафедре инженерной графики студенты осваивают методику создания компьютерных трехмерных изображений на базе 3D-принтера CubeX. В Брестском государствен-



Модельный ряд принтеров BY3D Premier, Premier HB и Prime

ном техническом университете и его филиале Политехническом колледже проводятся образовательные программы и научные исследования с использованием 3D-принтеров Felix и ShareBot NG.

Переход в мире на новые технологии создания моделей заставила задуматься специалистов Белорусского национального технического университета (БНТУ) пойти дальше, начав разработку отечественного аналога. Учитывая отсутствия опыта в разработки подобных устройств, а также первоначальный этап их внедрения в республике было решено начать научные исследования и создание отечественных 3D-принтеров с наиболее простых моделей. При этом предполагалось решить несколько задач. Во-первых, разрабатывая простые модели 3D-принтеров возможно отработать аддитивную технологию, чтобы в дальнейшем перейти к более сложным и специализированным устройствам. Во-вторых, создание простейших моделей позволит создать доступные по цене устройства, которые можно будет предлагать широкому кругу лиц и организаций, и особенно учебным заведениям. И, в-третьих, такое техническое решение позволит учащимся средних и высших учебных заведений легко разобраться в принципе действия 3D-устройств печати. Это в свою очередь будет способствовать быстрому освоению технологии подрастающим поколением, которое будет готово к ее приходу в различные сферы нашей жизни, а главное поможет подготовить будущих специалистов, которые, обладая новыми знаниями, смогут сами разрабатывать новые технические решения, основываясь на технологии 3D-печати.

Начиная с 2014 года, учеными БНТУ начались разработки по созданию 3D-принтеров. Путем поэтапного совершенствования было достигнута возможность печати различными материалами, надежность работы и конструкционная жесткость устройств.

На сегодняшний день совершенствование и разработка новых решений ведется практически без применения дополнительного производства. По сути, этап разработки и создания новых устройств и отдельных их комплектующих проходит в рамках одной лаборатории. 3D-принтеры сами печатают значительную часть деталей для новых моделей, что позволяет быстро проверить их работоспособность и эффективность. Большая часть работ производится с участием студентов университета.

В результате, в настоящее время уже создано три модели принтеров серии BY3D, которые готовы к запуску в массовое производство. Это модель Premier (рисунок, *a*), печатающая пластиком прототипы размером до 200×200×200 мм. Модель Premier HB (рисунок, *б*), также печатающая пластиком прототипы размером до 300×300×300 мм. Обе модели имеют разрешающую способность 0,05 мм, скорость печати 25 см³/ч, вытяжное устройство и угольный фильтр для удержания вредных веществ, выделяющихся при плавлении пластика и мощность 400 Вт. Третья модель Prime (рисунок, *в*) использует принцип руки-манипулятора, с помощью которой осуществляется печать пищевыми пастами (шоколад, крем и другие аналогичные ингредиенты) прототипов размером до 200×200×100 мм. Указанная модель имеет разрешающую способность от 0,5 мм, скорость печати 160 мл/ч и мощность 250 Вт.

Основными преимуществами указанных принтеров являются:

- надежность и стабильность 3D-печати;
- широкий спектр настроек параметров печати;
- различные варианты 3D-принтеров для печати твердыми и жидкими компонентами.
- оснащение корпусных вариантов конструкций вытяжным устройством и угольным фильтром.
- изготовление деталей принтеров на современных станках с ЧПУ;
- защита от увлажнения катушки с материалом за счет расположения ее внутри подогреваемого корпуса.
- сервисное обслуживание, консультации и обучение пользователей;

Разработанные 3D-принтеры могут использовать не только стандартный для большинства подобных устройств PLA пластик, но и ABS, PVA, гибкие и светящиеся пластики, PETG, PC. Полученные с помощью 3D-принтеров детали обладают высокой точностью печати, позволяет создавать модели из нескольких сборных частей, которые точно соответствуют требуемым размерам и могут использоваться, как взаимодействующие движущиеся части. Долговечные надежные модели, полученные с помощью 3D-печати, полностью повторяющие особенности деталей и превосходные поверхностные характеристики, делают 3D-модели хорошо подходящими для создания и дублирования требуемых частей в силиконе и других отливочных материалах. Гладкие поверхности и жесткий материал создают модели, которые идеальны для изготовления форм, что обеспечивает уменьшение веса модели, снижение расходов на ее производство. Технология позволяет осуществить отливку любых материалов.

Созданные в лаборатории модели 3D-принтеров активно используются в настоящее время в учебном процессе. С помощью их студентами машиностроительного факультета и факультета информационных технологий и робототехники распечатываются детали и узлы машин и оборудования, а студентами архитектурного факультета – макеты зданий в рамках осуществляемого ими курсового и дипломного проектирования. Тем самым они уже изменяют мышление в вопросе решения проблемы моделирования и представления своих будущих решений. В рам-

ках общеобразовательного процесса в средних учебных заведениях организуются посещение учащимися лаборатории БНТУ, где они проявляют неподдельный интерес к разработкам, задают вопросы по технологии 3D-печати, выражают желание повторного посещения лаборатории.

Применение аддитивной технологии в образовательном процессе можно рассматривать с разных точек зрения: технической, педагогической и методической. В поддержку применения данной технологии в образовательном процессе выступают требования нормативных документов, в частности Макеты образовательного стандарта высшего образования первой и второй ступени [11, 12]. В них, в частности, указано, что специалисты, получающие образование, должны иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером, а педагогические кадры учреждения высшего образования должны владеть современными образовательными, в том числе информационными технологиями, необходимыми для организации образовательного процесса на должном уровне. Учреждение высшего образования должно располагать средствами обучения, необходимыми для реализации образовательных программ, включая приборы, оборудование, инструменты, учебно-наглядные пособия, компьютеры, компьютерные сети, аудиовизуальные средства и иные материальные объекты. Бесспорно, что специалист, владеющий самыми современными технологиями, будет востребован на рынке труда.

В связи с вышесказанным было проведено анкетирование студентов по выявлению знаний и навыков в области аддитивных технологий. Анализ результатов ответов учащихся позволил сделать следующие выводы: большинство студентов знают о существовании систем моделирования и 3D-печати, 85% учащихся знают некоторые модели 3D-принтеров, но не имеют знаний и навыков по работе с ними; 95% учащихся считают, что умение и знание на практике технологии 3D-печати необходимо: для успешного освоения технических дисциплин и для дальнейшей профессиональной деятельности. Это позволяет предположить, что внедрение в образовательный процесс аддитивных технологий повысит его эффективность, улучшит усвоение технических дисциплин.

плин и разовьет техническое мышление и понимание технологического процесса.

Хотя прогресс во внедрении аддитивных технологий в учебную и научно-исследовательскую жизнь вузов республики очевиден, но даже там, где 3D-принтеры уже есть, они еще не дошли до каждого факультета и кафедры, которые смогли бы по-новому взглянуть на процесс образования, изменить менталитет студента и сформировать основу высшего образования 21-го века. Все это приводит к мысли, которую авторы идеи создания отечественной 3D-индустрии ставили в начале своей работы. Необходимо не только создание своих аддитивных технологий печати, но и активное

внедрение их в учебный процесс, как средних, так и высших учебных заведений, чтобы данная технология смогла дойти до всех учащихся. Это поможет развивать их творческие способности и идеи, удовлетворять интеллектуальное любопытство, научиться внедрять свои проекты в жизнь, комбинировать материалы, которые они никогда раньше не пробовали, и создавать объекты с высокой точностью, детализацией и движущимися частями. И что не менее важно, такой подход поможет нам начать завоевывать утраченный имидж страны, создающей и развивающей наукоемкие производства. С приходом 3D-печати в образование оно никогда не сможет оставаться прежним.

ЛИТЕРАТУРА

1. Education. Learning by Making. – Режим доступа: <http://www.stratasys.com/industries/education>.
2. Калач Д. На грани массового спроса / Калач Д., Лебедев В. // Наука и инновации. – 2016. – № 2. – С. 23–25.
3. Брекалов В. Г., Терехова Н. Ю., Сафин Д. Ю. Применение технологии трехмерного прототипирования в образовательном процессе. / Брекалов В. Г., Терехова Н. Ю., Сафин Д. Ю. // Дизайн и технологии, 2012. – № 29 (71). – С. 118–123.
4. В МИСиС собрали самый большой в России 3D-принтер. – Режим доступа: <http://www.mskagency.ru/materials/2556906>.
5. Завершено создание Центра аддитивных и лазерных технологий СФТИ НИЯУ МИФИ – Режим доступа: <http://www.rosatom.ru/journalist/news/zaversheno-sozdanie-tsentra-additivnykh-i-lazernykh-tekhnologiy-sfti-niyau-mifi>.
6. Центра молодежного инновационного творчества в МГУ. – Режим доступа: <http://cmit.sciencepark.ru>.
7. Прикоснись к идеи Premier 3D – Режим доступа: <http://by3d.by>.
8. Открытие лаборатории компьютерного моделирования и быстрого прототипирования. – Режим доступа: <http://www.psu.by/index.php/sobytija/9581-otkrytie-laboratorii-kompjuternogo-modelirovanija-i-bystrogo-prototipirovanija.htm>.
9. Производство изделий на основе трехмерных технологий. – Режим доступа: <https://www.belstu.by/news/university/bgtu-obyavlyayet-nabor-na-novuyu-specialnost.html>.
10. Для научных поисков студентам БГУ предоставят 3D -принтер. – Режим доступа: <http://minsknews.by/blog/2014/04/24/dlya-nauchnyih-poiskov-studentam-bgu-predostavyat-3d-printer>.
11. Макет образовательного стандарта высшего образования I ступени. – Минск 2013 -21 с.
12. Макет образовательного стандарта высшего образования второй ступени (магистратуры). – Минск 2011–24 с.

REFERENCES

1. Education. Learning by Making. – Mode of access: <http://www.stratasys.com/industries/education>.
2. Kalach D. On the edge of mass demand / Kalach D., Lebedev V. // Nauka i innovacii. – 2016. – № 2. – p. 23–25.
3. Brekalov V. G., Terekhova N. Ju., Safin D. Ju. The use of three-dimensional prototyping technology in the educational process. / Brekalov V. G., Terekhova N. Ju., Safin D. Ju. // Dizain i tekhnologii, 2012 – № 29(71) – P. 118–123.
4. The biggest 3D printer was assembled in MISiS. – Mode of access: <http://www.mskagency.ru/materials/2556906>.
5. The center of additive and laser technologies was created in Snezhinsk Physics and Technology Institute of The National Research Nuclear University «MEPhI». – Mode of access: <http://www.rosatom.ru/journalist/news/zaversheno-sozdanie-tsentra-additivnykh-i-lazernykh-tekhnologiy-sfti-niyau-mifi>.
6. Youth Innovative Creativity Center at MSU. – Mode of access: <http://cmit.sciencepark.ru>.
7. Touch the idea of Premier 3D. – Mode of access: <http://by3d.by>.
8. The opening of the laboratory of computer modeling and fast prototyping. – Mode of access: <http://www.psu.by/index.php/sobytija/9581-otkrytie-laboratorii-kompjuternogo-modelirovanija-i-bystrogo-prototipirovanija.htm>.
9. [Manufacturing of products based on the three-dimensional technology. – Mode of access: <https://www.belstu.by/news/university/bgtu-obyavlyayet-nabor-na-novuyu-specialnost.html>.
10. 3D-Printer is given to students of BSU for scientific research. – Mode of access: <http://minsknews.by/blog/2014/04/24/dlya-nauchnyih-poiskov-studentam-bgu-predostavyat-3d-printer>.
11. Model of the educational standard of higher education of the first stage – Minsk 2013–21 p.
12. Model of the educational standard of higher education of the second stage (magistracy) Minsk 2011–24 p.

Поступила
13.06.2018

После доработки
16.08.2018

Принята к печати
31.08.2018

Lipnitski L. A., Pilgun T. V.

ADDITIVE TECHNOLOGIES AND THEIR PERSPECTIVES IN EDUCATION

*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University,
Belarusian National Technical University*

The article describes the role of additive technologies in the development of innovative thinking among students, spheres of use of 3D-printers and prototypes created by means of 3D technology. It is specified that additive technologies allow to accelerate operations on design and prototyping considerably, allow students to estimate results of their research, to increase interest in learning, to change methods of presentation of their research for protection. The article presents the most perspective and available for use in education technologies. The FDM technology being the most available prints using the plastic thread melted in a thermohead, but has rather low resolution depending on the speed of plotting of layers. The SLA technology becoming more available to a wide circle of users lately uses photopolymeric resins for printing, has high accuracy and speed of printing that allows to create small and high-precision details and to imitate different materials. The article mentions the active use of 3D-printers in foreign training centers. It describes the creation of the own 3D-printer in Belarusian National Technical University, the creation of laboratory of computer simulation and rapid prototyping in Polotsk State University, the use of 3D-printers in Belarusian State Technological University, Belarusian State University, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Brest State Technological University. The positive impact from implementation of additive technologies in educational and R&D life of higher education institutions of Belarus and need of their wide use for educational process is specified. The article points that use of additive technologies at universities will change a mentality of students, their approach to study and creation of new ideas.

Keywords. Additive Manufacturing, 3D-printer, 3D-printing.



Липницкий Леонид Александрович – доцент Международного государственного экологического института им. А. Д. Сахарова БГУ, кандидат технических наук. Основные направления научной деятельности – инновационные и энергосберегающие технологии.

Lipnitski Leanid – Ph. D., Associate Professor of International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University. In 1985 graduated from the Belarusian Institute of Mechanization of Agriculture. In 1995 got a Ph. D. in the Belarusian Agrarian Technical University. The main direction of scientific activity – innovative and energy efficient technologies.



Пильгун Татьяна Владимировна – доцент Белорусского национального технического университета, кандидат технических наук. Основные направления научной деятельности – информационно-управляющие инновационные технологии, управление потоками в транспортных системах, информатизация и инновационное развитие транспортных систем.

Pilgun Tatiana – Ph. D., Associate Professor of Belarusian National Technical University. In 1985 graduated from the Kuibyshev Institute of Railway Engineers. In 1988 got a Ph. D. in All-Union Scientific Research Institute of Railway Transport (Moscow). information-management innovative technologies, flow management in transport systems, informatization and innovative development of transport systems.