

5. Елисеев, А. А., Лукашин, А. В. Функциональные наноматериалы / под ред. Ю. Д. Третьякова. – М.: Физматлит, 2010. – 456 с.
6. Научные аспекты при классификации взрыво- и пожароопасности металлических нанопорошков // Известия вузов, М.И. Лернер, [и др.], Физика. – 2008. – т. 51, – № 8/2, – С. 190 – 198.
7. Коршунов, А. В. Размерная зависимость параметров структуры частиц электровзрывных порошков // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – т. 320. № 3, – С. 16–22.

УДК 621.7:004.925.8

ИНТЕРНЕТ-СЕРВИС 3D-ПЕЧАТИ ДЛЯ РИУП «НТПВГТУ»

Минина К. В., студ., Климентьев А. Л., ст. преп., Ковчур А. С., к.т.н., доц.
*Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье рассмотрен подход к реализации интернет-сервиса по компьютерному пространственному моделированию изделий и 3D-печати, который может служить основой для практической реализации в условиях РИУП «НТП ВГТУ».

Ключевые слова: цифровое предпринимательство, реверс-инжиниринг, сканирование, моделирование, 3D-печать, аддитивные технологии, интернет-сервис, краудсорсинг.

Возможности аддитивных технологий по преобразованию цифровых проектов конструкции в физические продукты прямо на месте или в любой точке мира позволяет говорить, что предпринимательская деятельность с использованием аддитивных технологий может рассматриваться как цифровое предпринимательство. Цифровое предпринимательство представляет собой деятельность, направленную на создание и использование продуктов с использованием цифровых технологий.

Создание интернет-сервиса по 3D-печати на заказ в РИУП «НТПВГТУ» позволит в полной мере реализовать имеющиеся технические возможности. В целом для РИУП «НТПВГТУ» развитие деятельности по 3D-печати в рамках цифрового предпринимательства представляет собой возможность выйти на новый уровень производства, так как отрасль 3D-печати сейчас востребована.

Целью работы является анализ подобных бизнес-проектов, предложение идей для реализации в сфере 3D-печати на базе «НТПВГТУ». В качестве примера организации подобных сервисов рассмотрим сервисы некоторых компаний, предлагающих услуги по 3D-печати и сканированию и пр. Например, студия 3D-печати и моделирования «Крафт» предлагает 3D-печать, моделирование и сканирование объектов. Следует отметить удобство и интуитивность сайта – на главной странице размещена необходимая заказчику информация: услуги с их кратким описанием, материалы печати, способ их печати и характеристики, а так же примеры готовых работ (рис. 1). Также стоит отметить, что на отдельных страницах сайта представлена подробная информация о каждой из услуг, ее сути, этапов изготовления. Кроме того, у сайта есть онлайн-окно, где можно получить консультацию по интересующему вопросу. [1]

Еще одним примером может служить студия 3D-печати Additive.by. Эта студия предлагает печать, сканирование и реверс-инжиниринг деталей (чего не предлагала предыдущая студия), моделирование изделий с необходимой конструкторской документацией (рис. 2).

Сайт данной студии оснащен подробной информацией о методах печати и сканирования, материалах и оборудовании, а также обширным портфолио, разбитым на категории (например, авто, -мотозапчасти, фишки для игр и др.). На каждой из страниц сайта присутствуют окна для связи со специалистами по всем видам консультаций: какое изделие нужно, материалы и технологии печати и др. В отличие от ранее описанной студии здесь можно узнать ориентировочную стоимость 3D-печати по заданным характеристикам (рис. 3), но связь происходит через звонок по номеру телефона или письмом на электронную почту. [2]

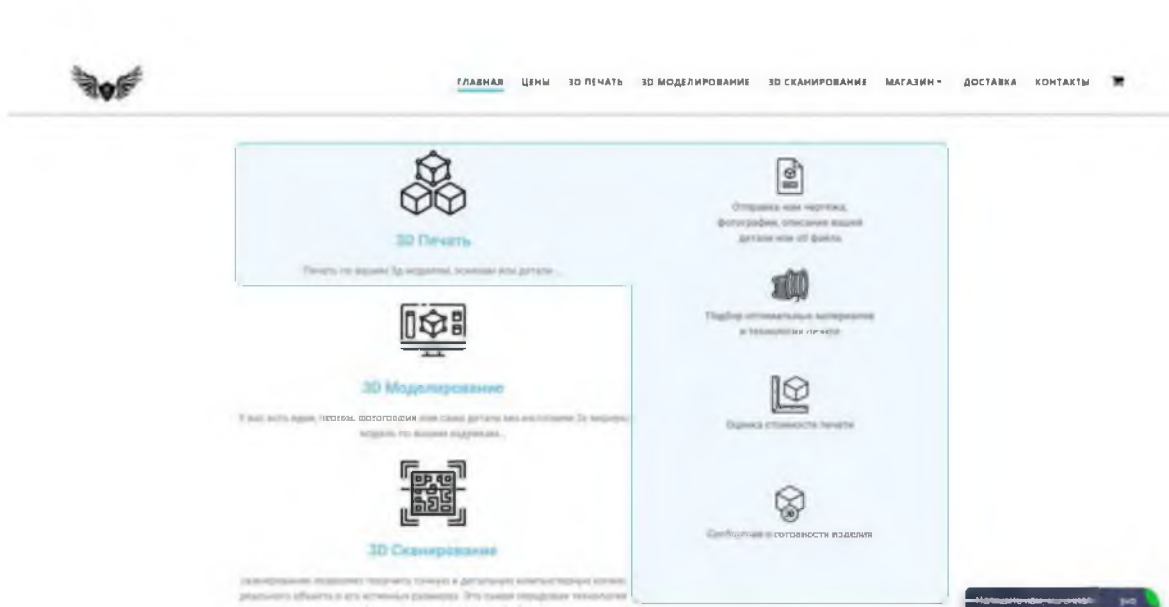


Рисунок 1 – Главная страница сайта студии 3D-печати и моделирования «Крафт»

Дополнительные услуги

Дополнительно помогаем создать 3D-модели ваших изделий. В простом случае это создание копии изделия с помощью 3D-сканера. Либо обратное проектирование изделий на основе результатов сканирования, с возможностью вносить изменения в модель.



3D сканирование

Лазерный и оптический сканеры

Зона сканирования 250x330, 100x150
Длина сканируемого объекта 3см - 4м
Формат выходных данных .3D
Оборудование Scanlogix LS и RangeVision M20

[Подробнее о 3D-сканировании](#)



Реверс инжиниринг

Обратное проектирование

Формат выходных данных .step
Сроки от 3 рабочих дней

[Подробнее о реверс инжиниринге](#)

Рисунок 2 – Предлагаемые услуги студии Additive.by

Проведенный анализ перечисленных и других примеров организации интернет-сервисов позволяет сформулировать основные направления по реализации услуг 3D-печати по заказу для РИУП «НТПВГТУ».

Первое направление – исключительно 3D-печать по готовым 3D-моделям. Данный способ является самым простым для реализации, так как нужны только навыки работы с самим 3D-принтером и программами-слайсерами.

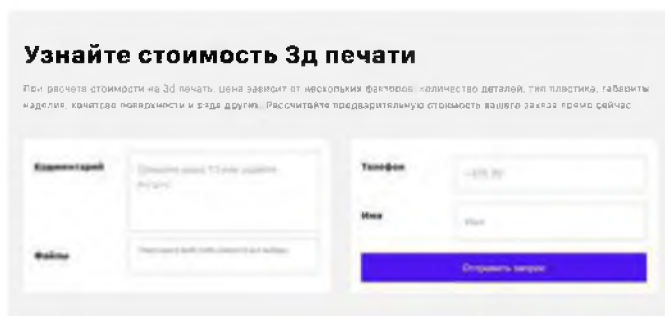


Рисунок 3 – Окно запроса на ориентировочную стоимость печати на Additive.by

Такая услуга подходит тем, кому нужно в быстрые сроки получить готовую полимерную деталь. На рынке, хоть он и достаточно насыщен готовыми изделиями, не всегда в быстрые сроки можно получить желаемое (если доставка из другой страны, например). Нередко и такое, что подобных деталей в продаже нет. Тогда заказчик может обратиться к исполнителю по своему заказу, где ему обозначат кратчайшие сроки и цену изготовления нужной детали.

Второе направление – изготовление с нуля. Это направление подразумевает необходимость по чертежам и эскизам заказчика создать 3D-модель и, собственно, напечатать её на 3D-принтере.

Третье направление – реверс-инжиниринг для особых случаев. Например, заказчик имеет на руках уникальную или редкую вещь, чертежом которой не обладает ни сам заказчик, ни изготовитель, и желает напечатать некоторое количество таких деталей. В таком случае заказчик отправляет по почте или доставке исходную деталь, а изготовитель, соответственно, делает реверс-инжиниринг, посредством сканирования и моделирования на основе полученного полигонального объекта. Также такой способ подходит для деталей автомобилей и механизмов, когда в наличии есть только одна деталь, а нужно несколько, а срок, пока нужное количество появится и будет доставлено к заказчику традиционными путями, исчисляется месяцами.

Четвертое направление – печать со всей документацией к ней. Предоставить заказчику, по его требованиям к выполнению работы, 3D-модель, необходимые чертежи (как сборочный, так и сборочных единиц), электронную модель изделия, например, STL-модель, спецификацию, что может являться показателем высокого качества предоставления услуги, а также указывать на профессиональный подход к выполнению поставленных задач.

Еще одним направлением является оказание особых услуг, например, покрытие изделий металлами, при помощи гальванического способа осаждения металлов или возможность печати коллекционных фигурок персонажей видео игр и фильмов с последующей обработкой из предложенного каталога моделей.

Цифровое предпринимательство предполагает наличие сайта с удобным и понятным интерфейсом, с которым сможет разобраться человек, впервые пришедший на этот сайт.

В качестве основных ресурсов, которые должен содержать сайт, чтобы комфортно осуществлялось взаимодействие заказчик-исполнитель можно выделить следующие: каталог, в котором будут находиться все возможные детали, которые возможно будет напечатать в кратчайшие сроки; удобное поле чата заказчика и представителя услуги (через сообщения на сайте, звонок или письмо на почту); список всех предоставляемых услуг, материалов и оборудования, а также возможность индивидуального подхода, если клиент не нашел или не может понять, что ему точно нужно.

Также стоит упомянуть про положительные аспекты развития подобного сервиса технопарком на базе университета. Не говоря о том, что это реальный доход предприятия и университета, это несет огромную практическую пользу, если привлекать для таких работ студентов. Для самого студента это не только наработка практических навыков, но и возможность заработать, попробовав себя в своей специальности. Кроме того, стоит отметить саму возможность привлечения достаточно широкого круга исполнителей, в том числе на условиях краудсорсинга [3], для выполнения проектов. Такая реализация цифрового сервиса 3D-печати РИУП «НТПВГТУ» вместе со студентами была бы впервые создана в Беларуси, что значительно повысила бы авторитет как самого вуза, так и его студентов по всей стране.

Список использованных источников

1. 3D-печать в Минске. Студия 3D-печати и моделирования "Крафт" [Электронный доступ]. – Режим доступа: <https://craft3d.by/>. – Дата доступа: 09.04.2025.
2. Единичное и мелкосерийное производство пластиковых изделий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://additive.by/>. – Дата доступа: 09.04.2025.

УДК 621.7:621.357.69

ТЕХНОЛОГИЯ МЕТАЛЛИЗАЦИИ МЕТОДОМ ГАЛЬВАНИЗАЦИИ ИЗДЕЛИЙ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

***Млынарчик А. И., студ.,
Климентьев А. Л., ст. преп., Ковчур А. С., к.т.н., доц.
Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь***

В настоящее время, пожалуй, одной из самых распространенных и самых доступных аддитивных технологий является технология моделирования послойным наплавлением полимерного волокна — FFF/FDM-технология.

FFF (Fused Filament Fabrication, производство наплавлением нити) или FDM (Fused Deposition Modeling, моделирование наплавлением) технология представляет собой аддитивную технологию на базе экструзии материала, при которой пластиковая нить (волокно, филамент) плавится в экструдере и послойно наносится на платформу (первый слой) или ранее полученные сечения, последовательно формируя изделие в целом. Этот метод ценится за доступность, достаточно широкий выбор материалов и простоту использования. Но при этом из-за особенностей метода на изделиях остаются заметные неровности в виде ступенек, что особенно сильно сказывается на наклонных и криволинейных участках.

В целях улучшения качества полученные изделия часто подвергают постобработке: механической, химической, заполнению неровностей и пр. Несмотря на необходимость дополнительной обработки, FFF/FDM-технология остаётся одним из самых практичных способов прототипирования и создания функциональных моделей.

В качестве одного из вариантов решения проблемы «ступенчатости» получаемых изделий может быть использована технология металлизации изделия путем осаждения металла на поверхность напечатанной модели. Этот метод может использоваться в качестве метода постобработки напечатанного изделия, улучшения его характеристик и механических свойств, например, создание защитного слоя на поверхности изделия, повышающего его прочность и долговечность. Также рассматриваемый метод можно использовать в качестве метода нанесения декоративного покрытия, для создания эстетически привлекательных покрытий, позволяя получать изделия с вариантами отделки от зеркального блеска до матовой текстурированной поверхности.

Собственно, металлизация методом гальванизации заключается в электрохимическом осаждении металлов на поверхности изделия путем подачи постоянного тока на изделие, погруженное в соответствующий раствор. В частности, для нанесения медных покрытий раствор включает в себя растворённый в дистиллированной воде сульфат меди (II), с добавлением водного раствора серной кислоты и тиомочевины, которая используется для придания блеска осажденному слою металла. Металлизация проводится в гальванической ванне в полученном растворе электролита, с помощью медной пластины, которая подключается к катоду и самой модели, которая подключается к аноду. При этом необходимо обеспечить плотность тока 1–2 А/дм² в течении требуемого времени осаждения, зависящем от желаемой толщины металла.

Вследствие наличия существенных неровностей на поверхности изделий, полученных FFF/FDM-технологией, осаждение металлического слоя также будет неравномерным. Целью проводимых исследований является оценка степени влияния «ступенчатости» поверхности изделия на параметры осаждаемого слоя металла. В целом технология металлизации изделий методом гальванизации представляется перспективным методом постобработки и улучшения характеристик и внешнего вида изделия, полученного путём FFF/FDM-печати.