

УДК 658.512.23

## ДИЗАЙН ИССЛЕДОВАНИЕ К ПРОЕКТУ ТРЕХМЕРНОГО ПРИНТЕРА

Волкова Ольга Александровна

*Студентка 6 курса  
кафедры МТ 9 «Промышленный дизайн»,  
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: А.С. Синельников  
старший преподаватель кафедры «Промышленный дизайн»*

### Предисловие

Сегодняшний мир значительно отличается от мира вчерашнего дня. То, что было неизбежно, то, что, казалось, установилось и уже никогда не изменится – меняется. И меняется стремительно – вопреки тому, хотим мы этого или нет.

Ещё вчера было массовое производство, а сегодня - только его иллюзия. Ещё вчера мы пользовались одинаковыми вещами, а сегодня нам хочется индивидуального подхода к каждому. Ещё вчера дизайн и конструирование было прерогативой специалистов, сегодня, с приходом в каждый дом программного обеспечения для вёрстки, 3D-моделирования и бог его знает чего ещё – хобби. Ещё позавчера за станками стояли рабочие, токари и фрезеровщики, вчера – операторы станков с ЧПУ, а сегодня мы можем купить домой небольшой настольный станок и уже сами выступать в качестве операторов. Ещё вчера существовало понятие технологичности, а сегодня 3D-принтеры печатают тело в теле. Ещё вчера микроконтроллеры программировали специалисты с помощью программаторов, а сегодня любой может подключить плату напрямую к компьютеру и загрузить нужную программу, которую этот «любой» и написал...

Но не всё меняется: безработица, неравноправие здоровых людей и людей с ограниченными возможностями, плохая экология и экономическая нестабильность – эти вещи не меняются, а если и меняются, то не в лучшую сторону. Только здесь царит удивительная стабильность.

В связи с вышеизложенным, становится совершенно очевидно, что пора что-то менять... А вернее необходимо подстраиваться под перемены, которые идут вопреки всем и всему, собственно, как и было обозначено в самом начале.

Так есть ли выход?

**ФабЛаб\*. Лаборатория чудес** (\*ФабЛаб - Фабрика-лаборатория. Термин, равно как и концепция, придуман профессором MIT Нейлом Гершенфельдом для обозначения центра коллективного пользования оборудованием с ЧПУ для единичного производства чего угодно. Используются изобретателями и студентами для прототипов, появляются во всём мире, в том числе и в РФ (например, в МИСиСе)

Решением целого ряда проблем социально-экономического характера, а также ответом на меняющийся мир может выступить создание сети производств,

организованных по типу Фаблаба\*. Но с некоторыми отличиями, и отличиями существенными.

Вот перечень некоторых принципов таких производств:

- экологичность (безотходность, нулевые выбросы, использование альтернативных источников энергии и т.д.);
- многофункциональность (многопрофильность);
- самовоспроизводство;
- самообеспечение;
- безопасность;
- унификация (оборудования и проч.);
- открытость;
- адаптация;
- равные возможности;
- общность (кооперация);
- человекоориентированный подход и проч.

Некоторые пункты понятны как, например, безопасность – существуют определенные требования, ГОСТы, и останавливаться на ней мы не будем (речь идёт как о технике безопасности, так и о пожарной). Другие пункты не совсем понятны или не ясны вовсе, и мы поговорим о них подробнее.

О решаемых социально-экономических проблемах мы скажем в конце работы, как бы подводя итоги. Хотя уже сейчас очевидно, что проблема занятости населения, например, в данном случае, в какой-то мере, решается.

### **1) Экологичность**

Это не просто модная тенденция, а острая необходимость.

И это не лишние затраты, а лишний доход, если производство безотходно. Можно подумать над такими вещами как 100% переработка отходов или использование их в качестве чего-либо, отличного от мусора – емкости, предметы обихода, мелкая сувенирная продукция (магниты на холодильник) и невообразимое количество чего-либо ещё. Например, в теплое время года отходы могут накапливаться, а в холодное – сжигаться для отопления производственных площадей. В данном конкретном случае имеются в виду деревянные отходы, естественно.

Кроме того, предлагается использование альтернативных источников питания – например, на крыше могут быть установлены солнечные элементы питания\*. И если станки они вряд ли способны запитать (не они, конечно, а аккумуляторы, что накопили энергию), то компьютеры и оргтехнику – вполне. Помимо этого, возможно использовать энергию ветра. Некоторые элементы (или все) ветряка могут быть созданы на месте.

### **2) Многофункциональность (многопрофильность)**

Оборудование на данном производстве самое разнообразное – токарный станок, фрезерный, лазерная резка и 3d-печать, ручной инструмент и паяльное оборудование и т.д.

Изделия, соответственно, также могут производиться самые разнообразные – мебель, сувенирная продукция, прототипы, электронные платы и прочее.

### **3) Самовоспроизводство**

Должна существовать возможность создавать оборудование. И не просто оборудование, а оборудование аналогичное тому, на котором оно было сделано, т.е. речь идёт о самовоспроизводстве, как это было реализовано, например, в проекте RepRap\*. Не полном, конечно, а частичном воспроизводстве. Те части конструкции, которые не представляется возможным изготавливать, должны быть стандартными и доступны в каждом регионе, где предполагается строить подобные производственные участки.

### **4) Самообеспечение и адаптация**

Кроме того, что производство позволяет самоукомплектовываться оборудованием, на нем представляется возможным производить также и мебель, которая в дальнейшем будет использоваться здесь же - столы, стулья, стеллажи и т.д.

Все оборудование, как воспроизводимое, так и уже готовое необходимо где-то хранить. Этим местом является рабочее помещение, которое тоже имеет свои особенности. Помещение может быть как готовым (аренда существующих площадей), так и быстровозводимым при помощи современных строительных технологий (сэндвич-панели и т.д.), при этом все элементы конструкции помещения также воспроизводятся в самом ФабЛабе. При необходимости помещение может быть расширено в кратчайшие сроки. Например, увеличилось количество заказов, а, значит, и работы, или, к примеру, производство освоило новую номенклатуру – создаются новые станки, новые рабочие места (столы, стулья), сэндвич-панели и другие элементы, разбирается одна стенка, достраиваются новые – помещение расширено и укомплектовано.

#### **5) Унификация и кооперация**

Все оборудование должно быть унифицировано, чтобы одно производство могло помочь другому (если они, предположим, находятся в одном регионе, районе), если у него есть какие-то сложности, поставкой каких-либо комплектующих. Например, на одном производстве есть специалисты и соответствующий отдел по электронике, на другом его нет, но там требуется электроника для нового оборудования. Оплатой может служить, к примеру, нечто другое – то, что нуждающееся в электронике производство способно создать, ту же механику станка. Т.е. речь идет о натуральном обмене. Соответственно, электроника одного производства будет подходить для механики другого, и наоборот.

Исходя из вышесказанного, должен быть создан веб-ресурс для кооперации производств – там могут публиковаться потребности одного производства, а другое может предложить свои услуги для их решения.

#### **6) Открытость и предпринимательство**

Веб-ресурс должен содержать в себе ещё и всю необходимую документацию – начиная от идеологических моментов (хотя здесь всё достаточно вольно) и заканчивая чертежами и трёхмерными моделями (как продукции, так и оборудования). Библиотека должна (и будет) постоянно расширяться.

На ресурсе должна быть реализована возможность заказа частным лицом какого-либо изделия по его файлам (чертежам, моделям).

Всё, представленное на ресурсе, должно быть свободно распространяемым, т.е. общедоступным. Но, тем не менее, коммерческая деятельность от этого страдать не должна и она не исключается. Наоборот, любой человек может создать своё производство на базе существующего – он может вложиться в расширение и использовать новые площади в собственном деле. При этом он может ещё и нанимать персонал существующего производства в качестве консультантов и наладчиков.

#### **7) Равные возможности**

На производстве необходимо предусмотреть возможность работы людей с ограниченными возможностями со всеми вытекающими – возможность передвижения по производственным площадям на инвалидной коляске и т.д. И при устройстве на работу при равной компетенции (образованию, знаниям) предпочтение должно отдаваться именно людям с ограниченными возможностями.

Как уже упоминалось ранее, оборудование на таком производстве будет самое разнообразное – токарный станок, фрезерный, лазерная резка и 3d-печать, ручной инструмент и паяльное оборудование и т.д. Более подробно остановимся на технологии трехмерной печати и ее преимуществах перед прочими видами изготовления и обработки объектов.

Технология трехмерной печати набирает обороты и становится все более популярной. Теперь ориентация направлена не на широкомасштабное производство, а на индивидуальное моделирование и создание уникальных объектов. Трехмерные объекты активно используются в дизайнерском деле.

Изделия, получаемые трехмерной печатью, имеют неоспоримое преимущество перед двухмерным изображением – возможность ясно, наглядно и точно донести свои свойства, пропорции, а возможно даже и размеры до заказчика. Человек получает возможность оценить объект на эмоциональном уровне.

Для того чтобы технология трехмерной печати стала доступна как атрибут дома или офиса, необходимо, чтобы она была дешевой и простой в использовании. Одним из главных преимуществ 3D-печати является ответ на потребности в реальном времени. Мир движется в быстром ритме и мобильность – основной критерий современного человека. Переход от стационарного компьютера к ноутбукам, а теперь и к планшетам наглядно показывает, как техника эволюционировала от громоздких установок к компактным переносным устройствам.

### Преимущества трехмерной печати

#### 1) Экономия

**Времени.** В современных трехмерных принтерах печатать изделия в среднем занимает несколько часов в зависимости от размерных особенностей изделия.

**Денег.** По чертежам можно заказать серию изделий уже на продажу, но только при их получении заметить казусы. Трехмерный принтер дает возможность увидеть прототип готового изделия, позволяет выявить недостатки, которые невозможно заметить на двумерных схемах.

**Материала.** Трехмерная печать – практически безотходное производство. Вещество, нагреваясь, слой за слоем «наращивает» изделие. Удаляется только первый слой подложки, который переплавив можно использовать заново.

**Сил.** Использование гвоздей, ножа, молотка и прочих инструментов занимает очень много времени и, как правило, требует мужской силы. У большинства девушек могут возникнуть проблемы с изготовлением макета 😊

#### 2) Масштабируемость

Создавайте муху такого же масштаба, как и напечатанный слон. Размер изделия ограничивается только размерами печатающей поверхности установки.

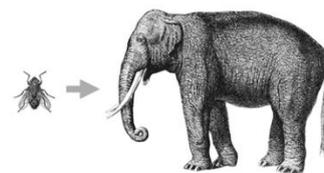


Рис. 1. Слон

#### 3) Наглядность

Хотите узнать, как преобразовать энергию водного потока в электрическую и узнать принцип работы гидроэлектростанции? Можете напечатать свою модель и наглядно ознакомиться с процессом ее работы.

### Применение трехмерной печати

#### 1) Изготовление деталей в промышленных целях.

В данной области 3D-принтер можно использовать для создания прототипов и концепт-моделей будущих потребительских изделий или их отдельных деталей. Такие модели можно использовать как в экспериментальных целях, например, для выяснения аэродинамических характеристик кузова автомобиля или



фюзеляжа летательного аппарата, так и для презентаций внешнего вида нового товара на совещаниях или перед заказчиками.

## 2) Образование.

3D-принтеры позволяют создавать наглядные пособия для школьников и студентов. Такие устройства отлично подходят для классной комнаты или офиса, поскольку обладают повышенной надежностью, благодаря улучшенной технологии:

- нет коррозионно-активных химикатов или побочных продуктов;
- нет особых требований по утилизации;
- отсутствие режущих материалов;
- нет опасности лазерных лучей.

## 3) Архитектура.

При помощи 3D-принтера можно изготовить макет отдельного здания или различные его важные элементы, или сразу макет целого микрорайона, коттеджного поселка с дорогами и деревьями.

## 4) Геоинформационные системы.

Используя 3D-принтеры, можно создавать цветные объемные карты, точно повторяющие ландшафт местности или показывающие уровень залегания различных пород.

## 5) Медицина.

Подобное устройство может существенно облегчить изготовление, и примерку протезов. Применение 3D-принтера даст возможность создавать муляжи и макеты органов пациента для подготовки врачей к ответственным операциям.

## 6) Театр и искусство.

Здесь возникают потребности в изготовлении точных копий различных предметов, например, в качестве декораций к фильмам или спектаклям, муляжей редких музейных экспонатов.

## 7) Полиграфия и смежные области.

Применительно к использованию в полиграфии и смежных областях, 3D-принтеры могут найти применение в изготовлении макетов упаковки - флаконов, бутылок и т.п. оригинальной формы. При этом возможность изготовить сразу объемную цветную модель не только нужной формы, но и со всеми

Рис. 3. Деталь в разрезе



Рис. 4. Дома



Рис. 5. Макет устройства



Рис. 6. Дизнозавр



Рис. 7. Бутылка



элементами дизайна (этикетки, фирменные знаки, штрих-код т.д.), напечатанными прямо на ней, будет весьма полезной возможностью для общения с заказчиками.

#### 8) Быстрое мелкосерийное производство.

Необходимо упомянуть возможность использования 3D-принтеров для производства уже не макетов и прототипов, а штучных товаров, например, предметов искусства в коммерческих целях. Помимо прочего, новые сферы использования 3D-печати - производство обуви по индивидуальным характеристикам, игровая индустрия и пр.

Рис. 8. Женщина



Однако, прототипы - это еще не все. Следующая ступень - **быстрое производство**. Уже сейчас некоторые технологии 3D-печати позволяют изготавливать готовые предметы из различных материалов. Это идеальное решение для мелкосерийного производства, поскольку унифицированный техпроцесс дает возможность сделать деталь любой конфигурации за относительно малое время.

Рис. 9. Обувь



### Классификация видов трехмерной печати

Существует множество технологий трехмерной печати и их можно классифицировать по разным критериям. Например, по минимальному размеру получаемых зерен.

#### 1) Лазерная стереолитография (Stereolithography)

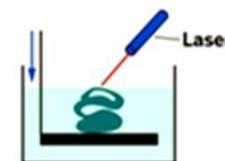
Размер зерен = 1-70 мкм

Материалы – Фотополимеры

Принцип работы: Лазер выжигает фотополимер при погружении платформы в жидкую ванну.

Исходным веществом является фотополимер, изначально имеющий жидкую консистенцию. Суть метода – на фотополимер воздействуют лазерным лучом, в результате чего он становится твердым. Деталь формируется слой за слоем: каждый раз при погружении платформы в фотополимер происходит наращивание нового слоя.

Рис. 10. Лазер



2) **Electron Beam Melting** (EBM, электронно-лучевая плавка). Технология очень похожа на предыдущую. Деталь также производится посредством плавления порошкообразной металлической массы в вакуумной среде, но порошок плавится электронными лучами.

3) **Laminated Object Manufacturing** (LOM, Изготовление объектов путем ламинирования). Аббревиатура для названия технологии – LOM. Формирование объекта происходит через склеивание между собой его слоев посредством нагревания, а также давления. Склеиваются плёночки исходного вещества. Лучи лазера или другой инструмент для резки определяют контуры будущей детали для каждого слоя. Специальные конструкции для отдельных элементов детали не нужны. Но убирать

излишки материала с поверхности конечной детали при использовании данной технологии необходимо, а это не всегда бывает легко сделать.

#### 4) Selective Laser Sintering (SLS, селективное лазерное спекание).

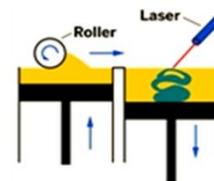
Размер зерен = 45-100 мкм

Материалы - Металлы, полимеры

Принцип работы: Лазер плавит порошок, который удаляется с платформы роликом.

Исходным веществом является порошок, пластиковый или металлический, но легкоплавкий. С помощью валика порошок равномерно распределяется на поверхность платформы. Затем лучи лазера плавят порошок, формируя на платформе новый слой будущей детали. После чего платформа опускается на один слой, и снова происходит нанесение на нее порошкообразной массы. В рабочей камере отсутствует кислород, иначе начнется процесс окисления.

Рис. 11. Лазерное спекание



#### 5) Fused deposition modeling (FDM, моделирование посредством наплавления)

Это наиболее распространенный метод, применяемый в 3D прототипировании

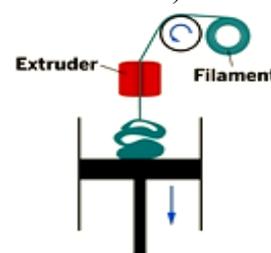
Размер зерна = 260-700 мкм

Материалы – Термопластик

Принцип работы: Нагретый экструдер выплавляет пластичную нить, которая охлаждается на понижающейся с каждым уровнем платформе.

Деталь производится при помощи укладывания специальной, нагретой до температуры плавления нити из ABS или PLA пластика, слой за слоем. Эта нить может быть как пластиковой, так и металлической или восковой. Главное, чтобы материал имел способность легко плавиться в определенных условиях. Расплавленная нить направляется в выталкивающую (экструзионную) головку 3D-принтера, через которую поступает на платформу, охлаждающую ее. Так создается новый или первый слой будущей детали. Затем, либо платформа опускается, либо головка экструдера поднимается вверх для нанесения последующего слоя изделия. Иногда, в реализации моделирования посредством наплавления бывают задействованы сразу две головки, первая подает на платформу расплавленную нить, а вторая выдавливает поддерживающий материал.

Рис. 12. Направление



Особенностью данного метода печати является то, что печатная головка выдавливает на поверхность нить, состоящую из множества капель термопластичного материала. Капли быстро охлаждаются, формируя слой будущего объекта. Печать ведется по слоям и позволяет изготавливать детали больших размеров. Этот принцип используется в большинстве стандартных установок, которые сегодня можно приобрести.

Печатая этим методом, мы получаем ряд преимуществ:

- 1) Возможность получить изделие с финишным качеством поверхности
- 2) Возможность изготовить изделие у себя дома
- 3) Экономия материала
- 4) Дешевизна установки
- 5) Простота эксплуатации
- 6) Экономия пространства

Обобщая существующие виды производств в единое целое мы получаем новый вид установок – так называемые **фабрикаторы**. В зависимости от назначения в таком

устройстве могут быть объединены возможности трехмерного принтера, фрезерного станка, токарного станка и других инструментов в зависимости от целей работы. Головки могут работать последовательно сменяясь одна на другую либо по отдельности, что обеспечит многофункциональность и гибридность установки. Эти требования возникли вследствие того, что качество получаемой поверхности может быть неидеально. Дорабатывая его комплектующими инструментами можно устранить недостатки и довести качество поверхности до нужного нам состояния.

Для дизайн-студий и макетных мастерских, которые стоят перед необходимостью использования и фрезерного станка с ЧПУ, и 3D принтера, приобретение подобного устройства может быть удачной альтернативой.

На данный момент рассматриваемая тема чрезвычайно актуальна. В первую очередь потому, что российский капитализирующийся рынок остро нуждается в отечественных товарах, способных конкурировать с импортными производителями. Практика показывает, что совместная работа конструктора и дизайнера помогает в сокращении всего цикла проектирования, дает наиболее эффективный результат. Наличие соответствующих установок (трехмерный принтер, фрезерный станок, токарный станок, фабрикатор и т.д.) позволяет поднять такое сотрудничество на новый уровень.

### Требования, предъявляемые к фабрикатрам.

Фабрикаторы (трехмерные принтеры с расширенным набором выполняемых функций) применяются во многих областях, но в каждом роде занятий они имеют свои особенности. В данной работе я выделяю три больших области применения рассматриваемых установок:

- 1) Производство (стационарные мастерские, «передвижные» мастерские, производство «на дому»)
- 2) Учебные цели (демонстрационные показы на занятиях, использование принтеров в качестве лабораторного оборудования)
- 3) Демонстрационные показы (выставки, рекламные акции с демонстрацией рабочих процессов)

Каждая из областей применения имеет свои требования к работе на установке (Табл. 1), на основании которых можно выделить наиболее часто встречающиеся и составить отдельный список требований к современным установкам (Табл. 2).

Таблица 1. Требования к работе на устровке

Сфера использования	Примеры конкретных областей использования	Пользователь и установкой	Требования, предъявляемые к установке
Производство	стационарные мастерские	опытные	1) удобство хранения, эксплуатации
			2) низкие энергозатраты
			3) высокая скорость печати деталей
			4) возможность выполнять широкий набор функций
	"передвижные"	опытные	1) удобство транспортировки

	мастерские		2) простота монтажа/демонтажа. По возможности в комплект установки должны входить соответствующие инструменты.
			3) простота конвертации файлов в читаемый формат для обработки 3D моделей
			4) удобство фиксации на различных поверхностях
			5) легкость конструкции
			6) высокая скорость работы
			7) возможность печатать детали различной сложности
		производство "на дому"	неопытные
			2) установка должна хорошо вписываться в размеры квартиры/дома (т.к. в современных жилых помещениях не предусмотрены места для мастерских) - не быть громоздкой
			3) не требует промежуточного технического обслуживания
			4) компактное хранение
			5) минимальное загрязнение (стружка при работе фрезера); работа с экологически чистыми материалами
			6) "защита от дурака"
Учебный процесс	демонстрационный показ на занятиях (показывает мастер)	опытные	1) наглядность процесса изготовления/обработки деталей (открытость рабочей зоны)
			2) возможность выполнять широкий набор функций
	использование в качестве оборудования для лабораторных работ, а также выполнение разовых работ студентами, аспирантами	неопытные	1) удобство эксплуатации
			2) простота конвертации файлов в читаемый формат для обработки 3D моделей
			3) наглядность процесса изготовления/обработки деталей (открытость рабочей зоны)
			4) минимальное загрязнение (стружка при работе фрезера); работа с экологически чистыми материалами, простота очистки
			5) "защита от дурака", безопасность
Демонстрационные показы	Выставки, реклама продукта (напр. - специализированные магазины)	опытные	1) простота транспортировки, установки
			2) наглядность процесса изготовления/обработки детали (открытость рабочей камеры)
			3) возможность изготавливать детали различной сложности
			4) простота конвертации файлов в читаемый формат для обработки 3D моделей
			5) малый вес конструкции
			6) прилагаемые к комплекту инструменты

			7) сохранение товарного вида изделия
			8) минимальное загрязнение (стружка при работе фрезера); работа с экологически чистыми материалами, простота очистки

Таблица 2. Задачи будущей установки

Задачи будущей установки при различном развитии сценариев	стационарные мастерские	"передвижные" мастерские	производство "на дому"	демонстрационный показ на занятиях (показывает мастер)	использование в качестве оборудования для лабораторных работ, а также выполнение разовых работ студентами, аспирантами	выставки, реклама продукта (напр. - специализированные магазины)	Средний балл (от 1 до 5, 5 – высокая необходимость)
<b>Монтаж, хранение</b>							
простота, удобство транспортировки		1				1	2
простота сборки		1	1			1	3
удобство установки		1	1			1	3
простота эксплуатации	1	1	1		1		4
удобство хранения	1	1	1		1	1	5
легкость конструкции (малый вес)		1	1			1	3
компактность конструкции		1	1			1	3
удобство фиксации на различных поверхностях		1					1
<b>Процесс изготовления</b>							
наглядность процесса изготовления/обработки деталей (открытость рабочей зоны)				1	1	1	3
возможность выполнять широкий набор функций	1	1	1	1		1	5
высокая скорость печати (обработки) деталей	1						1
низкие энергозатраты	1		1				2
возможность изготавливать детали различной сложности	1	1		1		1	4
простота конвертации файлов в читаемый формат для обработки 3D моделей		1	1		1	1	4
отсутствие промежуточного технического обслуживания			1		1		2
минимальное загрязнение (стружка при работе)	1	1	1		1		4

фрезера)							
работа с экологически чистыми материалами			1		1	1	3
<b>Прочие характеристики установки</b>							
дополнительный набор инструментов	1	1	1			1	4
"защита от дурака"			1		1		2
сохранение товарного вида изделия, стильность		1		1		1	3

Согласно таблице, самыми необходимыми требованиями к установкам являются:

- удобство хранения;
- возможность выполнять широкий набор функций;
- минимальное загрязнение (стружка при работе фрезера);
- дополнительный набор инструментов;
- простота сборки;
- удобство установки;
- компактность конструкции;
- наглядность процесса изготовления/обработки деталей (открытость рабочей зоны);
- легкость конструкции (малый вес);
- сохранение товарного вида изделия, эстетический вид изделия;
- простота, удобство транспортировки;
- удобство фиксации на различных поверхностях.

Из полученного списка требований дизайнер может решить следующие проблемы:

- 1) проблема хранения, транспортировки, сборки;
- 2) компактность конструкции;
- 3) возможность выполнять широкий набор функций;
- 4) проблема загрязнения

Дальнейшая работа над проектом предполагает решение поставленных проблем и задач, а также поиск оптимальной формы будущей установки с эстетической и эргономической точек зрения.

**Источники:**

1. Yochai Benkler "The Wealth of Networks", май 2012  
<http://surveys.peerproduction.net/2012/05/manufacturing-in-motion/>
2. "C&EN", Volume 89, Issue 46, November 14, 2011  
<http://cen.acs.org/articles/89/i46/Personal-Manufacturing.html>
3. Сайт [http://vektorus.ru/auxpage\\_3d-printery-i-tehnologija-trehmernoj-pechati/](http://vektorus.ru/auxpage_3d-printery-i-tehnologija-trehmernoj-pechati/)