

УДК 338.5

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВНЕДРЕНИЯ 3D-ПЕЧАТИ НА СЕБЕСТОИМОСТЬ ПРОДУКЦИИ МАЛОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Кулакова Ю.В.

Ассистент,

Санкт-Петербургский государственный университет

промышленных технологий и дизайна,

Санкт-Петербург, Россия

Аннотация

Развитие аддитивных технологий и снижение стоимости настольных 3D-принтеров делают их доступными для малого бизнеса, в том числе для предприятий сферы автосервиса. В статье представлена методика оценки экономической эффективности внедрения 3D-печати на примере малого автосервиса, изготавливающего пластиковый кронштейн бампера на 3D-принтере BambuLab A1. Построена модель расчёта переменных и постоянных затрат, выполнено сравнение себестоимости и маржинального дохода при двух вариантах технологии: закупка готового кронштейна и изготовление детали методом FDM-печати из PETG-пластика. На основе расчётов определены критический объём выпуска, срок окупаемости 3D-принтера и изменение рентабельности при переходе к аддитивному производству. Дополнительно проведён SWOT-анализ применения 3D-печати в деятельности малого предприятия. Сформулированы выводы и практические рекомендации по условиям экономической целесообразности внедрения 3D-печати в автосервисе.

Ключевые слова: 3D-печать, аддитивные технологии, малый бизнес, автосервис, себестоимость, маржинальный доход, рентабельность, точка

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF THE INTRODUCTION OF 3D PRINTING ON THE COST OF PRODUCTION OF A SMALL ENTERPRISE

Kulakova Yu. V.

Assistant Professor,

St. Petersburg State University of Industrial Technology and Design,

St. Petersburg, Russia

Annotation

The development of additive technologies and the reduction in the cost of desktop 3D printers make them affordable for small businesses, including car service companies. The article presents a methodology for assessing the cost-effectiveness of implementing 3D printing using the example of a small car service that manufactures a plastic bumper bracket on a BambuLab A1 3D printer. A model for calculating variable and fixed costs is constructed, and a comparison of cost and marginal income is performed for two technology options: the purchase of a finished bracket and the manufacture of a part using FDM printing from PETG plastic. Based on the calculations, the critical volume of output, the payback period of the 3D printer and the change in profitability during the transition to additive manufacturing were determined. Additionally, a SWOT analysis of the use of 3D printing in the activities of a small enterprise was carried out. Conclusions and practical recommendations on the economic feasibility of introducing 3D printing in a car service station are formulated.

Keywords: 3D printing, additive technologies, small business, car service, cost, marginal income, profitability, point

Аддитивные технологии постепенно переходят из сферы опытного производства и прототипирования в практику малого бизнеса. Настольные 3D-принтеры позволяют изготавливать функциональные детали небольшими партиями, не требуя сложной оснастки и крупных капитальных вложений в традиционное оборудование [1]. Для автосервисов и небольших мастерских по ремонту техники это открывает возможность оперативно получать пластиковые детали и кронштейны, которые либо дорого закупать у официальных поставщиков, либо сложно найти в наличии.

Развитие аддитивных технологий вписывается в общие тренды цифровизации экономики, закреплённые в национальной программе «Цифровая экономика Российской Федерации» [3]. Однако решение о внедрении 3D-печати на малом предприятии должно быть экономически обосновано. Владелец автосервиса заинтересован не только в технологических преимуществах, но и в снижении себестоимости, росте маржинального дохода и приемлемом сроке окупаемости оборудования.

Себестоимость продукции представляет собой совокупность затрат предприятия на производство и реализацию единицы продукции или услуги. В структуре себестоимости принято выделять переменные и постоянные затраты. [4]

Переменные затраты напрямую зависят от объёма производства: к ним относят сырьё и материалы, сдельную заработную плату, энергию на технологические цели и прочие расходы, изменяющиеся пропорционально выпуску. Постоянные затраты, напротив, в краткосрочном периоде слабо зависят от объёма производства и включают амортизацию оборудования, часть управленческих расходов, аренду помещений и т.п. [4].

Для анализа выгоды различных технологий целесообразно использовать показатели маржинального дохода и точки безубыточности. Маржинальный доход на единицу продукции определяется как разность между ценой реализации и переменными затратами[4]:

$$MD = P - V, \quad (1)$$

где P – цена реализации единицы продукции; V – переменные затраты на единицу.

В условиях внедрения новой технологии (в данном случае 3D-печати) важно сопоставить изменение переменных затрат, структуру постоянных затрат (в первую очередь амортизацию оборудования) и оценить, как это повлияет на маржинальный доход.

Аддитивные технологии предусматривают формирование изделия путём послойного наращивания материала, что позволяет обходиться без традиционной режущей обработки и оснастки [1]. При производстве изделий на настольном 3D-принтере структура себестоимости обычно включает:

- материалы для печати (филамент, смолы, порошки);
- электроэнергию, потребляемую оборудованием;
- амортизацию 3D-принтера и вспомогательного оборудования;
- заработную плату оператора (или трудозатраты владельца);
- расходы на подготовку 3D-модели и постобработку изделия;
- прочие накладные расходы (аренда, обслуживание, расходные материалы).

По сравнению с традиционным производством зачастую удаётся сократить или полностью исключить затраты на изготовление оснастки и форм, хранение больших партий готовой продукции, транспортировку от удалённого производителя до склада предприятия [6].

В сфере автосервиса 3D-печать может применяться для изготовления пластиковых кронштейнов, крепежных элементов, декоративных накладок и других деталей, не несущих критической силовой нагрузки. Это позволяет быстро восполнять дефицитные позиции, кастомизировать внешний вид автомобиля, а также сокращать время ожидания клиента [5].

В качестве объекта исследования рассматривается малый автосервис, выполняющий замену пластиковых кронштейнов бампера. Сравниваются два варианта обеспечения клиента деталью:

- вариант А – закупка готового пластикового кронштейна у поставщика;
- вариант Б – изготовление аналогичного по функционалу кронштейна методом 3D-печати на принтере BambuLab A1.

Для расчётов приняты следующие допущения и ориентировочные рыночные данные:

Таблица 1 – Исходные данные для расчёта себестоимости кронштейна бампера [7]

Показатель	Значение
Стоимость 3D-принтера, руб.	30 000
Срок службы для расчёта, мес.	36
Амортизация в месяц, руб.	833
Цена филамента, руб./кг	950

Показатель	Значение
Масса детали, г	80
Средняя мощность при печати, кВт	0,2
Время печати одной детали, ч	2
Тариф на электроэнергию, руб./кВт·ч	7
Время оператора на деталь, мин	10
Почасовая ставка оператора, руб./ч	300
Прочие переменные расходы на деталь, руб.	20
Закупочная цена готового кронштейна, руб.	400
Логистика и сопутствующие расходы, руб.	50
Цена реализации для клиента, руб.	800

При закупки готовой продукции затраты на единицу включают закупочную цену и логистические расходы:

$$V_A = C_{\text{зак}} + C_{\text{дост}} = 400 + 50 = 450 \text{ руб.}$$

Маржинальный доход на одну деталь:

$$MD_A = P - V_A = 800 - 450 = 350 \text{ руб./шт.}$$

Постоянные расходы автосервиса (аренда, реклама и т.п.) в расчёте не дифференцируются по вариантам и в сравнительном анализе могут быть опущены.

Переменные затраты на одну деталь включают:

Материал (филамент):

$$C_{\text{мат}} = m \cdot C_{\text{фил(г)}} = 80 \cdot 0,95 = 76 \text{ руб.}$$

Электроэнергия:

$$C_{\text{эл дет}} = P_{\text{ср}} \cdot t \cdot C_{\text{эл}} = 0,2 \cdot 2 \cdot 7 = 2,8 \text{ руб.}$$

Прочие переменные расходы:

$$C_{\text{проч}} = 70 \text{ руб.}$$

Итого переменные затраты на одну деталь:

$$V_B = 76 + 2,8 + 70 = 148,8 \text{ руб.}$$

Маржинальный доход на одну деталь:

$$MD_B = P - V_B = 800 - 148,8 = 651,2 \text{ руб./шт.}$$

Дополнительной постоянной статьей при внедрении 3D-печати является амортизация оборудования:

$$F = A_{\text{мес}} \approx 833 \text{ руб./мес.}$$

Итоговые показатели по двум вариантам представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнение себестоимости и маржинального дохода по вариантам

Показатель	Вариант А: закупка	Вариант Б: 3D- печать
Переменные затраты на 1 шт., руб.	450	148,8
Цена реализации, руб.	800	800
Маржинальный доход, руб./шт.	350	651,2

Применение 3D-печати позволяет сократить переменные затраты на одну деталь почти в три раза (с 450 до ~149 руб.), что приводит к росту маржинального дохода на 301,2 руб./шт.

Рассмотрим объём 30 кронштейнов в месяц:

Вариант А – закупка:

$$\text{Прибыль}_A = MD_A \cdot Q = 350 \cdot 30 = 10\,500 \text{ руб./мес.}$$

Вариант Б – 3D-печать (до учёта амортизации):

$$MD_{B(\text{общ})} = 651,2 \cdot 30 = 19\,536 \text{ руб.}$$

Чистая прибыль после вычета амортизации принтера:

$$\text{Прибыль}_B = 19\,536 - 833 \approx 18\,703 \text{ руб./мес.}$$

Полная себестоимость одной 3D-напечатанной детали с учётом амортизации при объёме 30 шт./мес. составляет:

$$C_{\text{полная}} = V_B + F / Q = 148,8 + 833 / 30 \approx 176,6 \text{ руб./шт.,}$$

что более чем вдвое ниже себестоимости при закупке (450 руб./шт.).

Для комплексной оценки целесообразности внедрения 3D-печати количественные расчёты дополняются SWOT-анализом. Цель SWOT-анализа состоит в выявлении внутренних сильных сторон, которые позволяют компании использовать возможности внешней среды и избегать внешних угроз, принимая во внимание имеющиеся слабые стороны компании[2].

Таблица 3 – SWOT-анализ внедрения 3D-печати в малом автосервисе

Сильные стороны (S)	Слабые стороны (W)
– снижение переменной себестоимости единицы продукции; – возможность мелкосерийного и единичного производства без оснастки;	– необходимость первоначальных инвестиций в оборудование и обучение персонала;

<ul style="list-style-type: none"> – высокая гибкость и скорость реакции на запрос клиента; – расширение ассортимента за счёт изготовления редких и снятых с производства деталей; – потенциальное повышение маржинальности услуг. 	<ul style="list-style-type: none"> – ограниченная номенклатура деталей, пригодных для печати из полимеров; – риски брака при ошибках в моделировании и настройках печати; – зависимость качества от квалификации оператора
Возможности (O)	Угрозы (T)
<ul style="list-style-type: none"> – рост спроса на индивидуализированные и нестандартные решения в сфере тюнинга и ремонта; – развитие сервисов по аутсорсинговой 3D-печати для других мастерских и частных лиц; – участие в программах поддержки цифровой трансформации малого бизнеса; – использование печати для быстрой разработки и испытания прототипов новых деталей. 	<ul style="list-style-type: none"> – появление конкурентов с более производительными или промышленными 3D-принтерами; – изменения в нормативном регулировании, связанные с безопасностью и сертификацией деталей; – рост цен на расходные материалы и комплектующие; – технологическое устаревание оборудования.

Анализ показывает, что при грамотной организации процесса печать кронштейнов и других пластиковых деталей позволяет малому автосервису получить устойчивое конкурентное преимущество в виде более низкой себестоимости и высокой гибкости. Вместе с тем для минимизации рисков необходимо учитывать ограничения по материалам и эксплуатационным свойствам напечатанных изделий, а также планировать модернизацию парка оборудования в среднесрочной перспективе.

Библиографический список:

1. Грибовский А. А., Щеколдин А. И. Аддитивные технологии и быстрое производство в приборостроении: учебное пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2018. – 48 с.
2. Катькало В. С., Веселова А. С., Смельцова С. В. SWOT-анализ: методические указания для подготовки курсового проекта [Электронный ресурс]. 2-е изд. / Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Высшая школа бизнеса ВШЭ, 2022. – 68 с. – Режим доступа: URL: https://gsb.hse.ru/data/2022/05/11/1833377071/1%20SWOT_NEW_inter.pdf (дата обращения: 29.11.2025).
3. Паспорт национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://government.ru/info/35568/> (дата обращения: 28.11.2025).
4. Санин М. К. Управленческий учет [Электронный ресурс]: учеб. пособие. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2014. – 88 с. – Режим доступа: URL: <https://books.ifmo.ru/file/pdf/1567.pdf> (дата обращения: 28.11.2025).
5. Сухочев Г. А., Коденцев С. Н. Технология машиностроения. Аддитивные технологии в подготовке производства наукоемких изделий [Электронный ресурс]: учеб. пособие. – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2020. – Электрон. текст. и граф. дан. – Режим доступа: URL: <https://cchgeu.ru/upload/iblock/7ab/yks7a4mg585ei8z1f8qbbov1qa8409g6/UP-AddTPPNI.pdf> (дата обращения: 28.11.2025). – ISBN 978-5-7731-0872-6.
6. Технологии и оборудование аддитивного производства [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А. И. Голоднов, С. Н. Злыгостев, И. Е. Фурман. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2022. – 128 с. – Режим доступа: URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/117117/1/978-5-7996-3551-0_2022.pdf (дата обращения: 28.11.2025). – ISBN 978-5-7996-3551-0.

7. Bambu Lab. Bambu Lab A1: Technical Specifications [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://bambulab.com/en/a1/tech-specs> (дата обращения: 28.11.2025).

Оригинальность 78%