

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Экономика и управление»

ОРГАНИЗАЦИОННО- ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

*Методические рекомендации к дипломному проектированию
для студентов специальности 1-36 07 02 «Производство изделий
на основе трехмерных технологий» очной формы обучения*



Могилев 2024

УДК 338.24
ББК 65.23
О42

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Экономика и управление» «30» августа 2024 г.,
протокол № 1

Составитель канд. экон. наук, доц. Т. В. Романькова

Рецензент канд. техн. наук, доц. Т. В. Пузанова

Изложены методики обоснования экономической эффективности
использования 3D-принтеров при производстве продукции.

Учебное издание

ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Ответственный за выпуск

Т. В. Романькова

Корректор

А. А. Подошевки

Компьютерная верстка

М. М. Дударева

Подписано в печать

. Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.

Печать трафаретная. Усл. печ. л.

. Уч.-изд. л.

. Тираж 26 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:

Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования

«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,

изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/156 от 07.03.2019.

Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2024

Содержание

Введение.....	4
1 Расчет экономического эффекта от использования 3D-технологий при производстве продукции.....	5
1.1 Определение годовой трудоемкости выполняемых работ.....	5
1.2 Расчет фонда времени работы единицы оборудования и работающего.....	5
1.3 Расчет потребности в оборудовании.....	6
1.4 Расчет потребности в производственном персонале.....	7
1.5 Техничко-экономический расчет на стадии эксплуатации 3D-технологий.....	7
1.6 Расчет экономического эффекта.....	16
2 Обоснование эффективности технологического процесса с использованием 3D-принтера.....	18
2.1 Расчет капитальных вложений предприятия-потребителя.....	18
2.2 Расчет годовых эксплуатационных затрат предприятия- потребителя.....	18
2.3 Расчет дополнительной заработной платы и отчислений в ФСЗН рабочим-сдельщикам по обслуживанию оборудования.....	19
2.4 Расчет затрат на амортизацию оборудования.....	20
2.5 Расчет затрат на технологическую электроэнергию.....	20
2.6 Расчет затрат на текущий ремонт.....	21
Список литературы.....	22

Введение

3D-печать представляет собой перспективную технологию, которая способна изменить принципы производства продукции. Развитие аддитивных технологий – это новый способ производства изделий, позволяющий быстрее выпускать продукцию и выводить ее на рынок, что способствует повышению конкурентоспособности организаций. Поэтому необходимо экономически обосновать применение 3D-технологий в производстве.

Методические рекомендации предназначены для студентов специальности 1-36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий», выполняющих дипломный проект. Организационно-экономический раздел дипломного проекта может выполняться по одному из разделов.

Раздел 1. Расчет экономического эффекта от использования 3D-технологий при производстве продукции.

Раздел 2. Обоснование эффективности технологического процесса с использованием 3D-принтера.

Выбор выполняемого раздела в дипломном проекте делается на основании имеющейся информации у студента-дипломника по теме исследования.

Результатом расчета являются технико-экономические показатели проекта, представляемые на защите в виде итоговых таблиц.

1 Расчет экономического эффекта от использования 3D-технологий при производстве продукции

1.1 Определение годовой трудоемкости выполняемых работ

Трудоемкость годовой программы определяется на основании нормы времени по операциям на деталь и производственную программу:

$$T_{zij} = \frac{t_{umij} \cdot A}{60}, \quad (1)$$

где T_{zij} – трудоемкость годового выпуска i -й детали (продукции) на j -й операции, нормо-час;

A – годовая программа выпуска деталей (продукции), шт.;

t_{umij} – норма времени i -й детали (продукции) на j -й операции, мин.

Результаты расчета годовой трудоемкости сводятся в таблицу 1.

Таблица 1 – Определение годовой трудоемкости выполняемых работ

Наименование операции	Годовая программа A , шт.	Штучное время t_{umij} , мин	Годовая трудоемкость выполняемых работ T_{zij} , нормо-час
Операция 1 Операция 2 и т. д.			
Всего по участку			

1.2 Расчет фонда времени работы единицы оборудования и работающего

Режим работы предприятия определяется количеством рабочих дней в текущем году, продолжительностью рабочей смены и числом смен. При пятидневной рабочей неделе продолжительность смены составляет 8 ч. Участок 3D-печати проектируются с учетом односменного режима работы.

Действительный фонд времени работы единицы оборудования определяется по формуле

$$\Phi_o^o = (8D_n + 7D_c) n_{cm} \cdot K_n, \quad (2)$$

где D_n и D_c – количество рабочих дней в текущем году с полной продолжительностью и сокращенной (предпраздничных) соответственно;

n_{cm} – количество рабочих смен в сутки;

K_n – коэффициент, учитывающий время пребывания оборудования в ремонте, $K_n = 0,92 \dots 0,96$.

Действительный годовой фонд работы работающего

$$\Phi_o^p = (8D_n + 7D_c) K_{np}, \quad (3)$$

где K_{np} – коэффициент, учитывающий отпуск и невыходы на работу по уважительным причинам. Продолжительность основного отпуска составляет 24 дня, тогда $K_{np} = 0,87$.

Число дней работы 3D-принтера по выполнению годовой программы

$$D_{3D} = \frac{t_{шт}}{t_{см}}, \quad (4)$$

где $t_{шт}$ – штучное время на выполнение j -й операции при производстве i -й детали (продукции), ч;

$t_{см}$ – продолжительность смены, ч.

1.3 Расчет потребности в оборудовании

В условиях единичного производства 3D-принтер на предприятии будет загружен для изготовления различных деталей и узлов.

Расчетное количество оборудования определяется по формуле

$$C_{pij} = \frac{T_{zij}}{\Phi_o^o \cdot K_{пер} \cdot K_{\epsilon}}, \quad (5)$$

где T_{zij} – трудоемкость годового выпуска i -й детали (продукции) на j -й операции, нормо-час;

Φ_o^o – годовой действительный фонд времени работы единицы оборудования, нормо-час;

K_{ϵ} – коэффициент выполнения норм, $K_{\epsilon} = 1,1 \dots 1,2$.

Если расчётное число оборудования получится дробным, то его следует округлить до целого числа, которое называется принятым числом оборудования. При установлении принятого числа оборудования допускается перегрузка в небольших пределах до 5 %...6 %.

Коэффициент загрузки оборудования по операции

$$K_{zi} = \frac{C_{pi}}{C_{ni}}, \quad (6)$$

где C_{p_i} – расчетное число оборудования на данной операции;

C_{n_i} – принятое число оборудования на данной операции.

Данные расчета потребности в оборудовании сводятся в таблицу 2.

Таблица 2 – Расчет потребного количества оборудования и его загрузки

Наименование детали	Годовая трудоемкость T_z , нормо-час	Количество станков, шт.		Коэффициент загрузки оборудования K_z
		расчетное C_p	принятое C_n	
Деталь ... Операция 1 Операция 2 и т. д.				
Всего по участку				

1.4 Расчет потребности в производственном персонале

Количество основных работающих на время работы принтера для производства i -й детали (продукции) определяется по формуле

$$Ч_{ij} = \frac{t_{ij}}{t_{CM} \cdot K_6} / D_{3D}, \quad (7)$$

где K_6 – коэффициент выполнения норм, $K_6 = 1,1 \dots 1,2$.

1.5 Технико-экономический расчет на стадии эксплуатации 3D-технологий

1.5.1 Расчет стоимости основных средств и амортизационных отчислений.

В стоимость основных средств включают: стоимость зданий и сооружений, основного технологического, вспомогательного, инструмента, приспособлений, производственного и хозяйственного инвентаря.

Стоимость зданий определяют исходя из площади здания и стоимости 1 м². Для определения площади здания S рассчитывают площадь участка 3D-печати с учетом коэффициента K_∂ , учитывающего дополнительную площадь на проходы, складирование.

Стоимость 1 м² ориентировочно можно принять в пределах 300...500 у. е., соответственно, площадь участка будет определяться по формуле

$$S_y = S_{OB} \cdot C_{IP} \cdot K_\partial. \quad (8)$$

В таблице 3 приводятся коэффициенты, учитывающие дополнительную площадь, в зависимости от площади оборудования (габаритные размеры оборудования берутся из технического паспорта).

Таблица 3 – Коэффициенты, учитывающие дополнительную площадь

Площадь оборудования по габаритам, м ²	До 3	3...5	6...9	10...14	15...20	21...40
Коэффициент K_d	5	4,5	4,0	3,1...3,5	3,0	2,5

Расчет стоимости участка 3D-технологий сводится в таблицу 4.

Таблица 4 – Определение стоимости зданий

Группа помещений	Площадь, м ²	Стоимость за 1 м ² , р.	Стоимость участка, р.
Производственные:			
1			
2			
...			
Итого по участку			

Капитальные вложения $K_{вл}$ при эксплуатации единицы оборудования включают:

- прямые капиталовложения на покупку оборудования;
- сопутствующие капиталовложения на его доставку, установку, пуско-наладочные работы, стоимость помещения, занимаемого оборудованием.

$$K_{вл} = C_{отп} + Z_{соп}, \quad (9)$$

где $C_{отп}$ – отпускная цена оборудования, р.;

$Z_{соп}$ – сопутствующие капиталовложения, р.

В дипломном проекте сопутствующие капиталовложения рассчитываются следующим образом.

Способ 1.

$$Z_{соп} = Z_d + Z_m, \quad (10)$$

где Z_d, Z_m – затраты на доставку оборудования, установку и его монтаж, %.

Способ 2.

Усредненно от цены

$$Z_{соп} = C_{отп} \cdot \frac{Z_d}{100} + C_{отп} \cdot \frac{Z_m}{100}, \quad (11)$$

где $Z_d = 5\%$; $Z_m = 2\%$.

Расчет балансовой стоимости вспомогательного оборудования производят аналогично. При затруднениях количество и стоимость вспомогательного оборудования принимают в размере 8 %...10 % от стоимости основного технологического оборудования.

Расчет стоимости оборудования сводится в таблицу 5.

Таблица 5 – Расчет стоимости производственного оборудования

Наименование оборудования	Количество	Отпускная цена, р.	Затраты на транспортировку и монтаж, р.	Балансовая стоимость, р.
<i>Технологическое оборудование</i>				
Итого				
<i>Вспомогательное оборудование</i>				
Итого				
<i>Производственное оборудование</i>				
Итого				

Расчет амортизационных отчислений производят по каждой группе основных средств на основе действующих норм амортизации, установленных в процентах к балансовой стоимости основных средств.

Расчёт амортизационных отчислений производят по формуле

$$A_i = \frac{\Phi_{o_i} \cdot H_{a_i}}{100}, \quad (12)$$

где Φ_{o_i} – балансовая стоимость i -й группы основных средств, р.;

H_{a_i} – годовая норма амортизации на полное восстановление, %.

$$H_a = \frac{1}{T} \cdot 100 \%, \quad (13)$$

где T – срок полезного использования, лет.

Расчет стоимости основных средств и амортизационных отчислений сводится в таблицу 6.

Таблица 6 – Стоимость основных фондов и амортизационные отчисления

Группа основных средств	Балансовая стоимость, р.	Норма амортизации H_{a_i} , %	Годовая величина амортизационных отчислений A_i , р.	Величина амортизационных отчислений, отнесенная на производство продукции, A_{Mi} , р.
Здания и сооружения				$\frac{A_i}{D_{год}} \cdot D_{оп.опер}$
Оборудование				$\frac{A_i}{D_{год}} \cdot D_{3D}$
Итого				

1.5.2 Определение материальных затрат.

К основным материалам относятся те, которые используются для производства продукции. Определение их стоимости производят исходя из норм расхода, программы выпуска и стоимости материала.

Затраты на конструкционные материалы определяются по формуле

$$C_{.м} = H_{.м} \cdot Ц_{.м}, \quad (14)$$

где $H_{.м}$ – расход материалов на программу, нат. ед.;

$Ц_{.м}$ – цена материалов за 1 нат. ед., р.

В укрупненных расчетах стоимость вспомогательных материалов принимают в размере 1,5 %...2 % от стоимости основных материалов.

Важнейшей экономической характеристикой процесса производства детали (изделия) на 3D-принтере является расход электроэнергии. Затраты на производственную энергию определяются по формуле

$$\mathcal{E}_э = \mathcal{E}_м + \mathcal{E}_{э.св.}, \quad (15)$$

где $\mathcal{E}_м$ – затраты на силовую электроэнергию, р.;

$\mathcal{E}_{э.св.}$ – затраты на электроэнергию, р.

Затраты на силовую электроэнергию определяются по формуле

$$\mathcal{E}_м = P_{уст} \cdot \Phi_0^o \cdot K_{сн} \cdot K_з \cdot K_n \cdot Ц_э, \quad (16)$$

где $P_{уст}$ – суммарная установленная мощность 3D-принтера (из технического паспорта на оборудование), кВт;

Φ_0^o – годовой действительный фонд времени работы единицы оборудования, нормо-час;

$K_{сн}$ – коэффициент, учитывающий неодновременность работы оборудования, $K_{сн} = 0,6...0,7$;

$K_з$ – коэффициент загрузки оборудования;

K_n – коэффициент, учитывающий потери энергии в сети, $K_n = 1,03 \dots 1,1$;

$\Pi_{\text{э}}$ – цена 1 кВт · ч электроэнергии, р.

Годовые затраты на осветительную энергию

$$\mathcal{E}_o = \Pi_{oc} \cdot T_{oc} \cdot Y_{\text{э}} \cdot K_{од.о} \cdot \Pi_{\text{э}}, \quad (17)$$

где Π_{oc} – освещаемая площадь (площадь производственных, вспомогательных и конторско-бытовых помещений), м²;

T_{oc} – продолжительность освещения в год (при односменном режиме работы – 800 ч, при двухсменном – 2400 ч);

$Y_{\text{э}}$ – удельный расход электроэнергии на освещение, $Y_{\text{э}} = 0,11 \dots 0,15$ кВт/м²;

$K_{од.о}$ – коэффициент одновременности освещения, $K_{од.о} = 0,7 \dots 0,93$.

Затраты на годовую производственную программу детали (продукции) при единичном производстве рассчитываются по формуле

$$\mathcal{E}_{o.зн} = \frac{\mathcal{E}_o}{D_p} \cdot D_{3D}. \quad (18)$$

Расход воды на каждого работающего в смену принимаем равным 25 л.

Расход воды на бытовые нужды B_x определяется по формуле

$$B_x = 25 \cdot \mathcal{C}_p \cdot D_p / 1000, \quad (19)$$

где $\mathcal{C}_p$ – численность работающих, чел.;

D_p – количество рабочих дней в году, потраченных на производство данной детали (продукции).

Затраты на воду для бытовых нужд

$$C_{\text{вх}} = B_x \cdot \Pi_B, \quad (20)$$

где Π_B – затраты на 1 м³ воды (по данным предприятия или РУП «Могилевский горводоканал»), р.

Затраты на отопление и вентиляцию вычисляются по формуле

$$C_{om} = \Pi_m \cdot V \cdot H_m, \quad (21)$$

где Π_m – тариф за 1 Гкал (по данным предприятия), р.;

V – объём помещения, в котором располагается принтер (высоту помещения следует принимать от 2,5 до 3 м);

H_m – норматив расхода топлива, $H_m = 0,03$ Гкал / (м³ · год).

Затраты на отопление и вентиляцию при производстве детали (продукции) при единичном производстве находятся по формуле

$$C_{om.зн} = \frac{C_{om}}{D_p} \cdot D_{3D}. \quad (22)$$

Результаты расчета затрат на энергию сводят в таблицу 7.

Таблица 7 – Затраты на энергию

Вид энергии	Обозначение	Сумма, р.
Производственная энергия		
Осветительная энергия		
Вода для бытовых нужд		
Итого		

1.5.3 Расчет затрат на оплату труда.

Основная сдельно-премиальная заработная плата по обслуживанию оборудования $Z_{осн}$, р., определяется по формуле

$$Z_{осн} = C_q \cdot D_p \cdot t_{см}, \quad (23)$$

где C_q – часовая тарифная ставка, р./ч;

$$C_q = T_c \cdot \left(\frac{П + 100}{100} \right) \cdot t_{см}; \quad (24)$$

$П$ – процент премии по действующему премиальному положению, %.

Дополнительная заработная плата рабочим-сдельщикам по обслуживанию оборудования $Z_{доп}$, р., рассчитывается по формуле

$$Z_{доп} = \frac{Z_{осн} \cdot П_{доп}}{100 \%}, \quad (25)$$

где $Z_{осн}$ – основная сдельно-премиальная заработная плата по обслуживанию оборудования, р.;

$П_{доп}$ – дополнительная заработная плата рабочих от основной зарплаты,

$П_{доп} = 3 \% \dots 5 \%$.

Отчисления в фонд социального страхования и на социальное страхование от несчастных случаев на производстве, профессиональных заболеваний производится по формуле

$$ОТ_{фсзн} = (Z_{осн} + Z_{доп}) \cdot \frac{C_{фсзн}}{100 \%}, \quad (26)$$

где $Z_{осн}$ – основная сдельно-премиальная заработная плата рабочим-сдельщикам по обслуживанию оборудования, р.;

$Z_{доп}$ – дополнительная зарплата рабочих, р.;

$C_{фсзн}$ – отчисления в фонд социальной защиты населения, %.

Издержки по оплате труда работающим представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Издержки по оплате труда

Наименование показателей	Сумма, р.
Основная заработная плата	
Дополнительная заработная плата	
Отчисления в фонд социального страхования	
Итого	

1.5.4 Калькулирование себестоимости изготовления детали (продукции).

На основании произведенных прямых расчетов и определения общепроизводственных и общехозяйственных расходов составляется калькуляция изготовления деталей (продукции).

Общехозяйственные расходы объединяют комплекс затрат:

- на содержание административно-управленческого и общехозяйственного персонала предприятия;
- канцелярские;
- почтово-телеграфные и командировочные расходы;
- на аренду, содержание, ремонт и амортизацию помещений управленческого и общехозяйственного назначения;
- расходы на оплату информационных, аудиторских и консультационных услуг;
- проценты за кредиты банков, представительские расходы, затраты на подготовку и переподготовку кадров (по нормам);
- платежи по обязательному страхованию имущества и отдельных категорий работников;
- износ нематериальных активов;
- земельный налог.

Сумма общехозяйственных расходов в себестоимости конкретного изделия рассчитывается косвенно. Укрупненно годовую сумму общехозяйственных расходов по участку и по каждому виду продукции можно определить в процентах от фонда оплаты труда производственных рабочих (можно принять 100 %...120 %) (таблица 9).

Таблица 9 – Смета общепроизводственных расходов

Наименование статей затрат	Источник	Затраты, р.
1 Вспомогательные материалы		
2 Амортизационные отчисления		
3 Энергия		
Всего общепроизводственных расходов		

Калькуляция изготовления деталей (продукции) на 3D-участке представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Калькуляция изготовления деталей (продукции) на 3D-участке

В рублях

Наименование статьи	Всего затрат по участку
1 Основные материалы	
2 Основная заработная плата	
3 Дополнительная заработная плата	
4 Отчисления в Фонд социальной защиты и обязательное страхование от несчастных случаев	
5 Общепроизводственные расходы	
6 Общехозяйственные расходы	
7 Итого производственная себестоимость	
8 Расходы на реализацию	
9 Итого полная себестоимость товарной продукции	
10 Годовой объём производства, шт.	
11 Себестоимость изготовления одной детали (продукции)	

1.5.5 Определение отпускной цены.

Так как 3 D-участки выполняют как внешние, так и внутренние заказы предприятия, то необходимо произвести расчет отпускной цены деталей (продукции).

Цена одной детали (продукции) определяется по формуле

$$C_{ед} = (C_{ед} + P_{ед}) \cdot K_{нал}, \quad (27)$$

где $C_{ед}$ – полная себестоимость изготовления детали (продукции), р.;

$P_{ед}$ – прибыль, приходящаяся на одну деталь (продукцию), р.;

$K_{нал}$ – коэффициент, учитывающий налоги и отчисления, включаемые в цену, $K_{нал} = 1,2$.

Принятое значение коэффициента соответствует ставке НДС 20 %.

Прибыль может быть рассчитана в процентах от себестоимости одной детали (единицы продукции):

$$P_{ед} = C_{ед} \cdot H_{пр}, \quad (28)$$

где $H_{пр}$ – норматив прибыли к себестоимости в долях единицы, $H_{пр} = 0,15 \dots 0,2$.

1.5.6 Расчёт технико-экономических показателей участка 3D-технологий.

Годовой объём произведенной (реализованной) продукции по отпускным ценам

$$O_{\epsilon} = \sum (C_{ед} \cdot A_i), \quad (29)$$

где A_i – годовая программа i -й детали (продукции);

C_{ed} – цена детали (продукции), р.

Основным оценочным показателем работы участка является прибыль, которую можно вычислить по формуле

$$\Pi = PP - C_{mn} - H, \quad (30)$$

где C_{mn} – себестоимость произведенной продукции;

H – налоги, включаемые в цену продукции (НДС), р.;

$$H = \frac{PP \cdot 20}{100 + 20}. \quad (31)$$

Затраты на 1 р. товарной продукции

$$z_{m.n} = \frac{C_{mn}}{ТП}. \quad (32)$$

Уровень рентабельности продукции

$$P_{пп} = \frac{\Pi}{C_{mn}} \cdot 100 \%, \quad (33)$$

где Π – прибыль, полученная на участке, р.;

C_{mn} – себестоимость выпуска продукции на участке, р.

Материалоёмкость продукции

$$M_e = \frac{M_3}{O_6}, \quad (34)$$

где M_3 – материальные затраты, р.

Уровень производительности труда

$$B = \frac{O_6}{Ч_p}, \quad (35)$$

где $Ч_p$ – численность работающих.

Фондоотдача

$$\Phi_o = \frac{O_6}{\Phi_{осн}}, \quad (36)$$

где $\Phi_{осн}$ – стоимость основных производственных фондов, р.

Фондоемкость

$$\Phi_{oc} = \frac{\Phi_{ocn}}{O_g} \cdot 100, \quad (37)$$

Рентабельность производства (производственных средств)

$$P = \frac{\Pi}{\Phi_{ocn} + \Phi_{об}} \cdot 100, \quad (38)$$

где $\Phi_{об}$ – стоимость оборотных средств, р.

Нормальным значением рентабельности производства следует считать 12 %...18 %.

Рассчитанные данные заносят в таблицу 11.

Таблица 11 – Основные технико-экономические показатели участка

Показатель	Единица измерения	Величина показателя
1 Годовой выпуск на участке	шт.	
2 Годовой объем произведенной продукции	р.	
3 Прибыль	р.	
4 Уровень рентабельности продукции	%	
5 Материалоемкость продукции	р.	
6 Выпуск продукции на одного работающего	р./чел.	
7 Среднемесячная заработная плата одного работающего	р.	
8 Себестоимость выпуска	р.	
9 Себестоимость одной детали	р.	
10 Затраты на 1 р. произведенной продукции	р.	
11 Фондоотдача	р./р.	
12 Фондоемкость	р./р.	
13 Рентабельность производства	%	

1.6 Расчет экономического эффекта

Общая величина экономического эффекта от использования 3D-технологий складывается из совокупности составляющих, основными из которых являются:

1) замена детали при поломке оборудования (станка), которое используется в производственном процессе для выпуска готовой продукции.

Сопоставление вариантов изготовления детали для оборудования на 3D-принтере или покупка детали у других субъектов хозяйствования производится по формуле

$$\mathcal{E}_{п,пр} = Ц_{отп}^{изг} - (Ц_{отп}^{пр} + Ц_{отп}^{пр} \cdot \frac{П_{д}}{100 \%}), \quad (39)$$

где $Ц_{отп}^{изг}$ – отпускная цена изготовленной детали на 3D-принтере, р.;

$Ц_{отп}^{пр}$ – отпускная цена приобретения детали, р.;

$П_{д}$ – затраты на доставку (транспортировку) детали; принимаются в расчетах от 4 % до 10 %;

2) размер упущенной прибыли от реализации продукции предприятием-изготовителем из-за остановки производства (неритмичного выпуска продукции):

$$УП_{пр} = П_{сут} \cdot T_{пер} \cdot \frac{Р_{пр}}{100 \%}, \quad (40)$$

где $П_{сут}$ – среднесуточный выпуск продукции, р./дн.;

$T_{пер}$ – перерыв в работе оборудования, связанный с его поломкой, дн.;

$Р_{пр}$ – рентабельность продукции, %;

3) размер потерь, обусловленных несвоевременным выполнением договорных обязательств по отгрузке готовой продукции:

$$П_{д.об} = \frac{Р_{ш}}{100 \%} \cdot Д_{пр} \cdot С_{дп}, \quad (41)$$

где $Р_{ш}$ – размер штрафных санкций за каждый день просрочки в отгрузке готовой продукции потребителю, %;

$Д_{пр}$ – число дней просрочки отгрузки готовой продукции, обусловленной неритмичным выпуском;

$С_{дп}$ – стоимость продукции, отгружаемой по договору поставки.

Общий экономический эффект от использования 3D-принтера производится по формуле

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{изг,пр} + УП_{в} + П_{д.об}. \quad (42)$$

Расчет общего экономического эффекта от использования 3D-принтера представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Расчет общего экономического эффекта от использования 3D-принтера

Наименование показателя	Величина, р.
1 Эффект от печати на 3D-принтере	
2 Размер упущенной прибыли от реализации продукции предприятием-изготовителем из-за остановки производства	
3 Размер потерь, обусловленных несвоевременным выполнением договорных обязательств по отгрузке готовой продукции	
Итого	

2 Обоснование эффективности технологического процесса с использованием 3D-принтера

2.1 Расчет капитальных вложений предприятия-потребителя

Капитальные вложения $K_{вл}$ предприятия-потребителя при эксплуатации единицы оборудования включают капиталовложения на покупку оборудования, на его доставку, установку и пусконаладочные работы:

$$K_{влj} = C_{оптi} + K_{влi,д,уст,п}, \quad (43)$$

где $C_{оптi}$ – отпускная цена i -го вида оборудования (3D-принтера, базового станка), р.;

$K_{влi,д,уст,п}$ – капиталовложения на доставку, установку и пусконаладочные работы i -го вида оборудования (3D-принтера, базового станка), р.

Капиталовложения на доставку, установку и пусконаладочные работы i -го вида оборудования рассчитываются в процентах от цены:

$$K_{влi,д,уст,п} = \frac{C_{оптi} \cdot P_{д}}{100 \%} + \frac{C_{оптi} \cdot P_{м}}{100 \%}, \quad (44)$$

где $P_{д}$, $P_{м}$ – затраты на доставку оборудования, установку и его монтаж соответственно, %.

Сумма налога на добавленную стоимость, включаемая в капиталовложения предприятия-потребителя, определяется следующим образом:

$$НДС = \frac{K_{влi} \cdot НДС}{100 + НДС}, \quad (45)$$

где $НДС$ – ставка налога на добавленную стоимость, %.

2.2 Расчет годовых эксплуатационных затрат предприятия-потребителя

Расчет затрат по заработной плате рабочих, обслуживающих оборудование, производится последовательно.

1 Определяется расценка по проектному (использование 3D-принтера) и базовому вариантам:

$$P_i = C_q \cdot t_{шт}, \quad (46)$$

где C_q – часовая тарифная ставка рабочего-сдельщика, р./ч;

$t_{шт}$ – норма времени изготовления единицы продукции, ч.

Норма времени для изготовления единицы продукции может различаться по сравнению с базовым вариантом.

2 Устанавливается эффективный годовой фонд времени работы оборудования $\Phi_{эф}$, ч, по формуле

$$\Phi_{эф} = D_p \cdot t_{см} \cdot K_{см} \cdot (1 - P_{пот} / 100), \quad (47)$$

где $P_{пот}$ – процент потерь времени на ремонтно-профилактические работы, $P_{пот} = 5 \%$.

3 Годовой объем производства продукции, выпущенной одним 3D-принтером и единицей базового оборудования, $B_{год}$, шт./год, вычисляется по формуле

$$B_{год} = \Phi_{эф} \cdot K_3 / t_{шт}, \quad (48)$$

где K_3 – коэффициент загрузки оборудования по времени, $K_3 = 0,98$.

4 Определяется основная сдельно-премиальная заработная плата рабочим-сдельщикам по обслуживанию 3D-принтера и базового оборудования по формуле

$$Z_{спр} = B_{год} \cdot P(1 + P / 100 \%), \quad (49)$$

где P – сдельная расценка за единицу продукции, р./шт.;

P – сумма премии по действующему премиальному положению.

2.3 Расчет дополнительной заработной платы и отчислений в ФСЗН рабочим-сдельщикам по обслуживанию оборудования

Дополнительная заработная плата рабочим-сдельщикам по обслуживанию 3D-принтера и базового оборудования определяется по формуле

$$Z_{доп} = Z_{осн. Pi} \cdot (P_{доп} / 100 \%), \quad (50)$$

где $Z_{осн. Pi}$ – основная сдельно-премиальная заработная плата рабочим-сдельщикам по обслуживанию i -го оборудования (3D-принтера, базового оборудования), р.;

$P_{доп}$ – процент дополнительной заработной платы рабочих от основной зарплаты, %.

Отчисления в ФСЗН и страхование от несчастных случаев на производстве производятся по формуле

$$\Phi C3H = (3_{осн, Pi} + 3_{допi}) \cdot \frac{П_{\Phi C3H}}{100 \%}, \quad (51)$$

где $П_{\Phi C3H}$ – отчисления в ФСЗН, %.

Общая величина затрат по оплате труда работающим сводится в таблицу 13.

Таблица 13 – Затраты по оплате труда работающим

Показатель	Сумма, р.	
	3D-принтер	Базовый вариант
Основная сдельно-премиальная заработная плата		
Дополнительная заработная плата рабочим-сдельщикам по обслуживанию		
Отчисления в фонд социального страхования		
Итого		

2.4 Расчет затрат на амортизацию оборудования

Расчет нормы амортизации i -го оборудования производится по формуле

$$H_{ai} = \frac{1}{T_i} \cdot 100 \%, \quad (52)$$

где T_i – срок полезного использования (3D-принтера, базового оборудования), лет.

Расчет затрат на амортизацию оборудования осуществляется по формуле

$$3_{AMi} = (K_{ВЛi} - НДС) \cdot \frac{H_{ai}}{100 \%}. \quad (53)$$

2.5 Расчет затрат на технологическую электроэнергию

Затраты на технологическую энергию определяются по формуле

$$3_{эл.энi} = \frac{\Phi_{эф} \cdot M_i \cdot Ц_{эл.эн} \cdot K_{исп.м} \cdot K_{п}}{КПД}, \quad (54)$$

где M_i – установленная мощность i -го оборудования (3D-принтера и базового станка), кВт·ч;

$Ц_{эл.эн}$ – тариф на электроэнергию, р. / кВт;

$K_{исп.м}$ – коэффициент использования по мощности;

$K_{п}$ – коэффициент, учитывающий потери в сети;

$КПД$ – коэффициент полезного действия.

2.6 Расчет затрат на текущий ремонт

Расчет затрат на запасные части для текущих ремонтов производится по формуле

$$З_{з.ч.и} = K_{в.л.и} \cdot \frac{П_{з.ч.и}}{100 \%}, \quad (55)$$

где $П_{з.ч.и}$ – процент затрат на приобретение запасных частей, %;

$K_{в.л.и}$ – капитальные вложения i -го оборудования (3D-принтера и базового станка), р.

Заработная плата ремонтным рабочим рассчитывается по формуле

$$З_{п.рем.и} = ((K_{т.р} \cdot T_{ем.р} + K_{т.о} \cdot T_{ем.о}) \cdot K_{р.с.и}) \cdot C_{ч} \cdot (1 + \frac{П_{пр} + П_{доп} + ФСЗН}{100 \%}), \quad (56)$$

где $T_{ем.р}, T_{ем.о}$ – трудоемкость текущего ремонта и осмотра за год соответственно, ч;

$C_{ч}$ – часовая тарифная ставка, р.;

$П_{пр}, П_{доп}, ФСЗН$ – премия, дополнительная заработная плата и отчисления в ФСЗН, %;

$K_{т.р}, K_{т.о}$ – количество регламентированных текущих ремонтов и осмотров в год;

$K_{р.с.и}$ – трудоемкость регламентированных текущих ремонтов и осмотров на единицу ремонтной сложности.

Затраты по текущему ремонту оборудования сводятся в таблицу 14.

Годовые затраты предприятия-потребителя по использованию оборудования представлены в таблице 15.

Таблица 14 – Затраты по текущему ремонту

Показатель	Сумма, р.	
	3D-принтер	Базовый вариант
Издержки на запчасти для текущих ремонтов		
Заработная плата ремонтникам		
Итого		

Таблица 15 – Годовые затраты предприятия-потребителя

Показатель	Сумма, р.	
	3D-принтер	Базовый вариант
Затраты по оплате труда работающим		
Затраты на технологическую электроэнергию		
Затраты на амортизацию оборудования		
Затраты по текущему ремонту		
Итого		

Экономия на приведенных затратах по используемой единице оборудования рассчитывается по формуле

$$\mathcal{E} = Z_{\text{Год.Б}} - Z_{\text{Год.3D}}. \quad (57)$$

Результаты расчетов сводятся в таблицу 16.

Таблица 16 – Экономические показатели на стадии эксплуатации 3D-принтера и базового оборудования

Показатель	Сумма, р.	
	3D-принтер	Базовый станок
Капитальные вложения предприятия-потребителя		
Годовые эксплуатационные затраты		
Приведенные затраты предприятия-потребителя		
Годовая экономия эксплуатационных затрат		
Итого		

Список литературы

1 **Иванов, И. Н.** Организация производства на промышленных предприятиях: учебник / И. Н. Иванов. – Москва: ИНФРА-М, 2020. – 352 с.

2 **Переверзев, М. П.** Организация производства на промышленных предприятиях: учебное пособие / М. П. Переверзев, С. И. Логвинов, С. С. Логвинов. – Москва: ИНФРА-М, 2020. – 331 с.

3 Экономика, организация производства и управление предприятием: методические указания по выполнению расчетно-графических работ / Сост. И. П. Сысоев, Е. А. Алексеева. – Витебск: ВГТУ, 2022. – 33 с.