

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Экономика и управление»

# ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

*Методические рекомендации к лабораторным работам  
для студентов специальности 1-25 01 04 «Финансы и кредит»  
дневной и заочной форм обучения*



Могилев 2018

УДК 62  
ББК 30.6  
П 80

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Экономика и управление» «17» января 2018 г.,  
протокол № 5

Составитель ст. преподаватель Т. Ф. Ращенья

Рецензент канд. экон. наук, доц. Н. С. Желток

Методические рекомендации к лабораторным работам предназначены для  
студентов специальности 1-25 01 04 «Финансы и кредит».

Учебно-методическое издание

## ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Ответственный за выпуск	И. В. Ивановская
Технический редактор	С. Н. Красовская
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая



Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«Белорусско-Российский университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 24.01.2014.  
Пр. Мира, 43, 212000, Могилев.

© ГУ ВПО «Белорусско-Российский  
университет», 2018

## Содержание

1 Методика определения стоимости материалов деталей с учетом возвратных отходов.....	4
2 Определение затрат на материалы для различных типов производств.....	6
3 Оптимизация затрат для двух технологических процессов с учетом стоимости оснастки.....	8
4 Определение величины производственных и страховых запасов.....	10
5 Оптимизация производственных запасов с использованием модели Уилсона.....	13
6 Технология получения композиционных материалов методом спиральной намотки.....	15
7 Технологические процессы получения заготовок методами литья, сварки, пластической переработки.....	17
8 Техничко-экономическое обоснование снижения энергетических затрат в производстве.....	19
9 Основные направления повышения эффективности использования конструкционных материалов.....	22
Список литературы.....	24

# 1 Методика определения стоимости материалов деталей с учетом возвратных отходов

**Цель работы:** определить нормы расхода материалов для заготовок, экономически обосновать выбор заготовки для последующей механической обработки и себестоимость заготовки.

При изготовлении детали из сортового проката, представленной на рисунке 1.1, необходимо определить длину заготовки по формуле

$$L_3 = L_0 + 2 \cdot a + v, \quad (1.1)$$

где  $L_3$  и  $L_0$  – длина заготовки и детали соответственно (таблица 1.1);

$a$  – припуск на механическую обработку торца, принимаем  $a = 1$  мм;

$v$  – ширина реза при разрезке сортового проката на заготовки, принимаем  $v = 3$  мм.

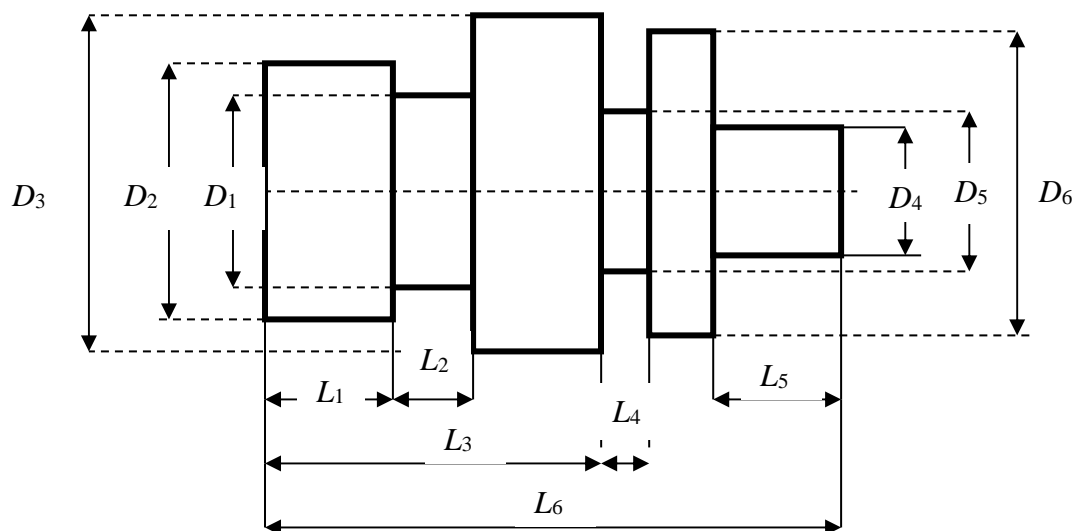


Рисунок.1.1 – Деталь

В таблице 1.1 представлены деталь и ее размеры.

Таблица 1.1 – Геометрические параметры детали

В миллиметрах

Вариант	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$D_4$	$D_5$	$D_6$	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$L_4$	$L_5$	$L_6$
1	30	40	60	20	45	50	40	3	90	4	110	300
2	50	60	80	40	65	70	60	5	150	6	170	500
3	70	80	100	60	85	90	100	8	240	10	300	800
4	35	45	65	25	50	55	45	4	100	5	120	400
5	40	50	70	30	55	60	50	6	120	6	130	500
6	45	55	75	35	60	65	55	7	140	7	140	580
7	55	65	85	45	70	75	65	9	160	8	200	600

Зная длину заготовки, можно определить число деталей, изготавливаемых из одного прутка,

$$n = \left( \frac{(L_{np} - l)}{L_3} \right), \quad (1.2)$$

где  $L_{np}$  – стандартная длина прутка,  $L_{np} = 3\,650$  мм (ГОСТ 2590–70);

$l$  – величина отходов на зажим заготовки в патроне станка,  $l = 35$  мм.

После определения  $n$  число округляется до целого в меньшую сторону. Затем определяем усредненную массу заготовки с учетом всех отходов по формуле

$$H_p = \frac{M_{np}}{n} = \frac{\pi D_{з.станд}^2 L_{np} \rho}{4n}, \quad (1.3)$$

где  $M_{np}$  – масса прутка;

$D_{з.станд.}$  – диаметр стандартной заготовки;

$\rho$  – плотность материала заготовки.

Принимаем в качестве материала заготовки сталь 45,  $\rho = 7,8$  г/см<sup>3</sup>.

Стоимость материала, необходимого на изготовление детали, может быть определена

$$S = K_1 \cdot (H_p \cdot S_m - (H_p - M) \cdot S_{отх}), \quad (1.4)$$

где  $S_m$  – стоимость металла;

$M$  – масса готовой детали;

$S_{отх}$  – стоимость отходов;

$K_1$  – коэффициент, учитывающий затраты на правку и калибровку заготовки,  $K_1 = 1,05$ .

### ***Порядок выполнения работы***

1 Ознакомиться с методическими рекомендациями.

2 Провести расчет по определению массы заготовки для изготовления при использовании готового сортамента.

3 Определить массу отходов.

4 Определить стоимость расходуемых материалов для рассматриваемого варианта изготовления.

5 Провести анализ чистового расхода материалов и отходов. Сделать выводы по экономии материалов для выбранной технологии изготовления заготовок.

## 2 Определение затрат на материалы для различных типов производств

**Цель работы:** закрепить знания по основным методам производства заготовок, научиться проводить сравнительный технико-экономический анализ при выборе рационального типа заготовок.

Одной из основных тенденций ресурсосбережения является максимальное приближение размеров заготовок к размерам детали.

Для единичного и мелкосерийного типа производства характерно использование заготовок горячекатаного проката; отливок, полученных литьем в песчано-глинистые формы; поковок, получаемых свободной ковкой.

Для крупносерийного и массового производств выгодны горячая объемная штамповка, литье в кокиль, литье под давлением, литье по выплавляемым моделям.

Заготовка имеет припуск на последующую механическую обработку. Чем меньше припуск, тем выше степень использования материала.

Припуском называется слой металла, снимаемый с поверхности заготовки в процессе ее обработки для обеспечения формы и размеров,

$$Z = R_z + h + p + E, \quad (2.1)$$

где  $Z$  – минимальный припуск на последующую механическую обработку;

$R_z$  – средняя величина микронеровностей поверхностного слоя;

$h$  – глубина дефектного поверхностного слоя;

$p$  – суммарные отклонения расположения поверхностей (отклонение от поверхности, симметричности, соосности и т. д.);

$E$  – погрешность установки заготовки в станке.

Расчетный наименьший размер заготовки может быть определен следующим образом:

$$D_{\text{заг}} = D_d + 2Z, \quad (2.2)$$

где  $2Z$  – размер общего припуска на диаметр;

$D_d$  – наибольший предельный размер детали по чертежу.

Значения параметров  $R_z$  и  $h$  представлены в таблицах 2.1–2.3.

Для отливок в песчано-глинистые формы принимаем  $p + E = 1500 \dots 2000$  мкм; дляковки на молотах и прессах  $p + E = 1000 \dots 1500$  мкм; для штамповки и сортового проката  $p + E = 400 \dots 600$  мкм.

Пример расчета минимального припуска на последующую механическую обработку заготовки при использовании сортового проката и выбора заготовки из готового сортамента. Для детали, представленной на рисунке 1.1 (вариант 1), осуществим расчет заготовки.

В качестве расчетного принимается диаметр  $D_3 = 60$  мм.

Таблица 2.1 – Значения  $R_z$  и  $h$  для сортового проката

Диаметр проката, мм	Повышенная точность, мкм		Нормальная точность, мкм	
	$R_z$	$h$	$R_z$	$h$
До 30	80	100	125	150
30...80	125	150	160	250
80...180	160	200	200	300
180...350	250	300	320	400

Таблица 2.2 – Значения  $R_z$  и  $h$  дляковки на молотах, прессах и литья в песчано-глинистые формы

Наибольший размер поковок, мм	$R_z + h$ , мкм
50...180	1000
180...500	1500
500...1200	2000

Таблица 2.3 –Значения  $R_z$  и  $h$  для штамповки

Масса поковки, кг	$R_z$ , мкм	$h$ , мкм
До 0,25	80	150
0,25...4	160	200
4...25	200	250
25...80	250	300

По таблице 2.1 для диаметра проката 30...80 мм и нормальной точности определим значения  $R_z = 160$  мкм,  $h = 250$  мкм.

В соответствии с рекомендациями принимаем  $\rho + E = 500$  мкм.

$$Z_{\min} = 160 + 250 + 500 = 910 \text{ мкм};$$

$$D_3 = 60 + 2 \cdot 0,91 = 61,82 \text{ мм.}$$

Заготовка из сортового сортамента в виде круга выпускается в соответствии с ГОСТ 2590–71.

По таблице 2.4 выбираем стандартную заготовку, ближайшую по диаметру к расчетно-определенному диаметру  $D_3 = 61,82$  мм в сторону увеличения  $D_{з.станд} = 63$  мм.

Определим действительный припуск на заготовку

$$Z_0 = (D_{з.станд} - D_3)/2 = (63 - 60)/2 = 1,5 \text{ мм.}$$

Таблица 2.4 – Стандартные размеры круглого сортового проката (ГОСТ 2590–88)

Стандартные размеры круглого сортового проката, мм									
60	62	63	65	67	68	70	72	75	78
80	82	85	87	90	92	95	97	100	105
110	115	120	125	130	135	140	145	150	155



В случае выбора в качестве заготовки поковки или штамповки норма расхода материала может быть определена следующим образом:

$$H_p = G_n + G_o + G_y, \quad (2.3)$$

где  $G_n$  – масса поковки с учетом припусков на последующую механическую обработку;

$G_o$  – масса отходов в процессе штамповки,ковки,  $G_o = 0,07G_n$ ;

$G_y$  – потеря на угар,  $G_y = 0,01 G_n$ .

Стоимость материала, необходимого на изготовление детали

$$S = K_1 \cdot (H_p \cdot S_m - (H_p - M) \cdot S_{omx}), \quad (2.4)$$

где  $S_m$  – стоимость металла;

$M$  – масса готовой детали;

$S_{omx}$  – стоимость отходов;

$K_1$  – коэффициент, учитывающий затраты на правку и калибровку заготовки,  $K_1 = 1,05$ .

### ***Порядок выполнения работы***

1 Ознакомиться с методическими рекомендациями.

2 Выбрать два типа заготовок и провести анализ. В качестве одного вида использовать сортовой прокат.

3 По формуле (2.1) определить  $Z_{\min}$  для двух выбранных вариантов.

4 По формуле (2.2) определить  $D_z$  для выбранных вариантов. По таблице 2.4 определить диаметры заготовок по ГОСТ.

5 Сделать анализ и выводы по величине припусков и количеству отходов.

6 Провести расчет по определению массы заготовки для изготовления штамповкой (геометрические параметры детали приведены в таблице 1.1).

7 Определить стоимость расходуемых материалов для рассматриваемых вариантов изготовления.

8 Провести анализ чистового расхода материалов и отходов. Сделать выводы по экономии материалов для выбранной технологии изготовления заготовок.

## **3 Оптимизация затрат для двух технологических процессов с учетом стоимости оснастки**

**Цель работы:** научиться анализировать и оценивать зависимость себестоимости изделия от объема производственной партии.

Экономическая целесообразность изготовления специальной технологической оснастки определяется прежде всего объемами изготовления



партии деталей (сериями). К специальной технологической оснастке относятся штампы, пресс-формы, сборочно-сварочные стенды и т. д. При малых объемах производства стоимость оснастки составит большую долю затрат в себестоимости единицы продукции. Вместе с тем ее использование позволяет существенно повысить производительность труда, в целом снизить переменные затраты. Поэтому начиная с определенных объемов производства применение оснастки становится экономически целесообразным. Ее стоимость включается в себестоимость продукции в виде амортизационных отчислений и относится на партию продукции. Себестоимость партии продукции может быть представлена следующим образом:

$$S = a \cdot N + b, \quad (3.1)$$

где  $a$  – сумма переменных затрат на одну деталь, р.;

$b$  – единовременные расходы (амортизация оснастки и затраты на ее эксплуатацию), приходящиеся на партию деталей в плановый период, р.;

$N$  – объем партии продукции, шт.

$$B = Z_n + \sum_{i=1}^n C_i K_i, \quad (3.2)$$

где  $Z_n$  – заработная плата наладчиков оборудования;

$C_i$  – стоимость единицы оснастки;

$K_i$  – коэффициент, учитывающий срок службы оснастки и затраты на ее изготовление.

Из формулы (3.1) видно, что при нулевом объеме производства переменные затраты отсутствуют, имеются только постоянные затраты на технологическую оснастку. Для первого технологического процесса первоначальные затраты на оснастку меньше, чем для второго. При объемах производства меньше критического выгодней первый технологический процесс. Однако при достижении критической партии деталей суммарные затраты на второй технологический процесс становятся меньше, он будет более экономически обоснован.

Зависимость себестоимости изделия от объема производственной партии представлена на рисунке 3.1. На рисунке 3.1 представлено изменение себестоимости первого и второго технологических процессов в зависимости от объема партии деталей.

**Задача.** Провести экономическую оценку двух вариантов технологического процесса, которые отличаются затратами на оснастку. Заданы исходные данные двух технологических процессов для трех вариантов (таблица 3.1), а также производственная программа, предусматривающая объем партии, равный 280 шт.

Рассчитать критический объем партии, построить графики затрат по заданным технологическим процессам. Определить, какой из двух процессов экономически выгоднее для заданной производственной программы и насколько.

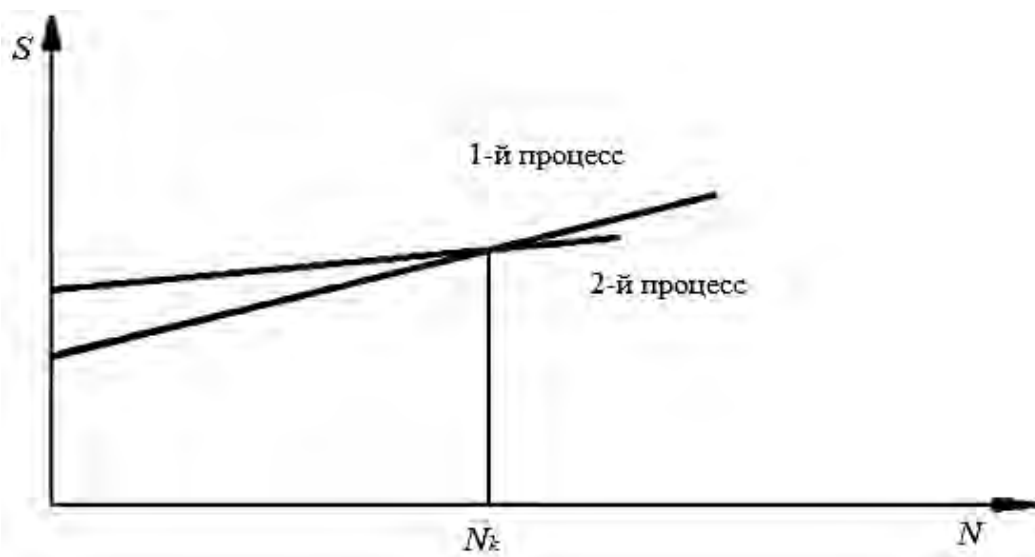


Рисунок 3.1 – Зависимость себестоимости изделия от объема производственной партии

Таблица 3.1 – Исходные данные затрат по двум технологическим процессам

Вариант	$a_1$ , р.	$C_{11}$ , тыс. р.	$C_{12}$ , тыс. р.	$a_2$ , р.	$C_{21}$ , тыс. р.	$C_{22}$ , тыс. р.	$K$
1	1200	100	75	200	150	130	1,2
2	1400	50	90	400	120	110	1,2
3	1600	75	80	500	120	100	1,2
4	1250	110	80	220	160	110	1,2
5	1300	60	90	250	130	120	1,2
6	1350	70	80	300	140	130	1,2
7	1400	80	90	350	150	140	1,2
8	1500	90	100	400	160	150	1,2

## 4 Определение величины производственных и страховых запасов

**Цель работы:** исследовать методы управления запасами с целью минимизации общих затрат.

Производственные запасы  $Z_n$  делятся на текущий, страховой, подготовительный.

Текущий запас  $Z_{тек}$  – питает производство в интервалах между поставками.

Подготовительный запас позволяет осуществлять подготовку материалов к производству.

Страховой запас  $Z_{стр}$  обеспечивает производство в случаях, отклоняющихся от запланированных условий поставок.

Важные факторы, определяющие интервалы поставок:

– величина потребности предприятия в материалах;

- периодичность изготовления и потребления продукции;
- размеры транзитных и заказных норм;
- грузоподъемность транспортных средств;
- соотношение между транспортными и складскими поставками;
- сезонность производства.

Плановый интервал поставки в днях рассчитывается по формуле

$$t = \frac{q}{p}, \quad (4.1)$$

где  $q$  – норма отпуска, отгрузки продукции в натуральном выражении;  
 $p$  – плановое среднесуточное потребление продукции.

$$p = \frac{M}{365}, \quad (4.2)$$

где  $M$  – потребность предприятия-изготовителя в ресурсах на год.

$$M = H \cdot N, \quad (4.3)$$

где  $H$  – норма расхода материала на одно изделие;

$N$  – годовой объем производства изделий, шт.

Не всегда следует принимать норму текущего запаса равной половине интервала поставки.

Норму текущего запаса следует принимать равной 100 %, если предприятие имеет небольшое количество поставщиков (1...2), т. е. их поставки не перекрывают друг друга.

Если интервал поставки короткий (5...6 дней), то велика вероятность сбоя поставок и для того, чтобы обезопаситься, необходимо величину текущего запаса принять равной периодичности поступлений, т. е. 100 %.

Как правило, при отсутствии договоров поставки за основу исчисления норм запасов сырья принимаются практически сложившиеся интервалы поставок.

В расчет не принимаются нетипичные поставки: чрезмерно крупные или чрезмерно мелкие.

Интервал поставки  $t = 360 /$  количество поступлений (если нет отклонений в периодичности и количестве поставок). Поставки, приходящиеся на 1 день, приравниваются к одной поставке.

В настоящее время широко используется статистический метод определения интервала поставки материалов.

На основании рассчитанных интервалов поставки норма текущего запаса определяется по формуле

$$z_{\text{мек}} = \frac{pt}{2}. \quad (4.5)$$



Чтобы исключить чрезмерное накопление запасов, устанавливают следующие ограничения:

- норма текущего запаса не должна превышать 45 дней при годовой потребности не менее одной транзитной нормы;
- не превышать 15 дней при потребности более 40 транзитных норм.

Страховой запас зависит от многих факторов, которые практически учесть невозможно.

Основные причины образования страхового запаса:

- нарушение ритмичности производства;
- несвоевременная и неравномерная отгрузка материалов;
- задержки в процессе транспортировки;
- поставка некачественной продукции;
- нарушение комплектности и др.

Поэтому планирование осуществляется с использованием методов математической статистики и теории вероятности.

Широкое распространение получил метод, в основу которого положен расчет среднеквадратического отклонения интервала поставок от среднего времени  $t$ .

$$Z_{стр} = p \cdot t_{взв}. \quad (4.6)$$

Производственный запас определяется как сумма текущего и страхового запасов.

При нормировании производственных запасов необходимо учитывать их сезонные колебания. Например, потребление топливного мазута или льна на перерабатывающих предприятиях.

В этом случае расчет средней величины запаса не целесообразен. Определяется норма максимального запаса  $Z_{см}$ :

$$Z_{см} = p \cdot T, \quad (4.7)$$

где  $T$  – перерыв в поступлении или потреблении данного материала, дн.

**Задача.** Предприятие, согласно заключенным договорам, должно изготовить  $1500K$ , шт. изделий в год. Норма расходования материала на одно изделие составляет  $0,2K$ , т. Интервал поставки между партиями установлен 30 дней. В процессе анализа поставок установлено, что первая поставка была задержана на 2 дня, вторая – на 3 дня, третья – на 5 дней, четвертая поставлена на 2 дня раньше срока. Рассчитать величину страхового, среднего и максимального текущего запасов сырья и материалов.

Индивидуальные задания отличаются коэффициентами, на которые следует умножить соответствующие цифры. Коэффициенты даны в таблице 4.1.



Таблица 4.1 – Исходные данные

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8
Коэффициент $K$	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8

### ***Порядок выполнения работы***

- 1 Ознакомиться с методическими рекомендациями.
- 2 Рассчитать величину страхового, среднего и максимального текущего запасов сырья и материалов.
- 3 Построить графики производственных запасов.

## **5 Оптимизация производственных запасов с использованием модели Уилсона**

***Цель работы:*** исследовать методы управления запасами с целью минимизации общих затрат.

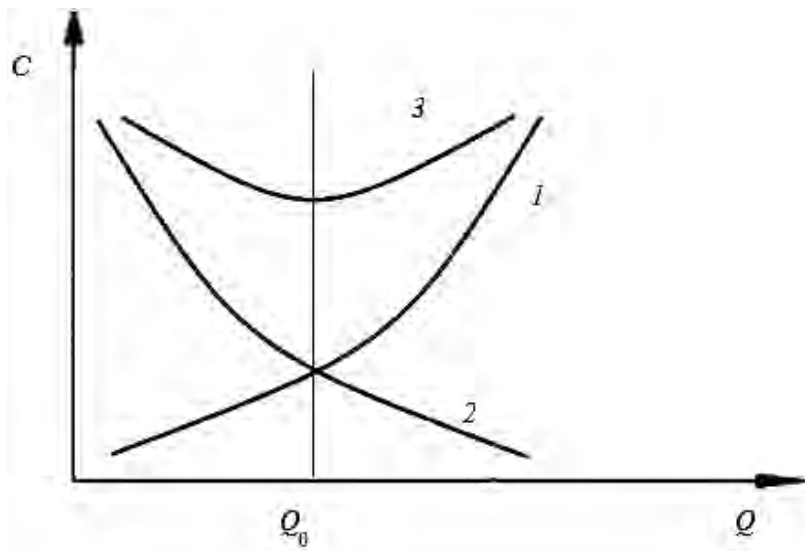
Разработано большое количество оптимизационных моделей. Наиболее простой является модель Уилсона, предполагающая минимум затрат по хранению и заводу ресурсов.

Экономичным размером заказа является величина партии материалов, которая позволит сократить до минимума ежегодную общую сумму затрат на запасы при определенных условиях их формирования, ценах на материалы и налогах. Методика определения экономичного размера партии заключается в сравнении преимуществ и недостатков приобретения материалов большими или малыми партиями и в выборе размера заказа, соответствующего минимальной величине общих затрат на пополнение запасов. Соотношение между размером партии заказа и расходами на закупку и хранение материалов представлено на рисунке 5.1. Основными затратами, связанными с закупкой, являются транспортные.

Модель оптимизации затрат с учетом двух факторов: затрат на завоз материалов и их хранение на складе предприятия. Наиболее простой является модель Уилсона, имеющая следующие допущения:

- общее число единиц материала, составляющих годовые запасы, известно;
- величина спроса неизменна;
- выполнение заказов происходит немедленно, т. е. заказы выполняют в установленные сроки, время опережения известно и постоянно;
- расходы на оформление не зависят от их размера;
- цена на материал не изменяется в течение рассматриваемого периода времени.





1 – издержки хранения; 2 – стоимость подачи заказа; 3 – суммарные издержки;  $C$  – издержки;  $Q$  – размер заказа;  $Q_0$  – оптимальный размер заказа

Рисунок 5.1 – Суммарные издержки на подачу заказа и хранение запаса

Пусть  $q$  – число единиц, закупаемых в результате одного заказа. По мере того, как возрастает число закупаемых единиц материала, текущие расходы на хранение запасов увеличиваются (кривая 1). Одновременно с этим при увеличении размера партии количество заказов в год снижается, что приводит к уменьшению затрат, связанных с транспортировкой материалов (кривая 2). Кривая общих годовых издержек имеет минимум при  $q = q_0$ .

В соответствии с принятыми допущениями затраты на создание и содержание запасов могут быть выражены формулой

$$C = C_1 n + C_2 \frac{q}{2}, \quad (5.1)$$

где  $C_1$  и  $C_2$  – постоянные и переменные расходы, связанные с транспортированием и хранением материалов соответственно;

$n$  – количество заказов в год,

Оптимальный размер заказа  $q_{opt}$  определяют по формуле

$$q_{opt} = \sqrt{\frac{2 C_1 Q}{C_2}}. \quad (5.2)$$

### Задачи

1 Предположим, что деталь производится на предприятии и затраты на подготовку производства равны 8,33 д. е. /ед. Годовое потребление деталей составляет 1500 ед., затраты на содержание единицы запаса – 0,1 д. е., а объем

годового выпуска продукции – 12000 ед. Определить оптимальный размер производственной партии, период пополнения запасов, общее время цикла.

2 Примем следующие значения затрат:  $C_1$  – затраты на поставку единицы материалов – 8,33 д. е./ед.;  $C_2$  – годовые затраты на содержание запасов – 0,1 д. е./ед. Годовая потребность в материале  $Q = 1500$  ед. Определить экономический размер заказа.

3 Предприятие, согласно заключенным договорам, должно изготовить 1500 шт. изделий в год. Норма расходования материала на одно изделие составляет 0,2 т. Расстояние от поставщика материалов до потребителя 2100 км. Доставка материалов может быть осуществлена железнодорожным или автомобильным транспортом. Грузоподъемность вагона составляет 58 т, автотранспорта – 20 т. Стоимость перевозки 1 км по железной дороге составляет 1,8 долл., автотранспортом – 0,8 долл. вне зависимости от загрузки транспортного средства.

### **Контрольные вопросы**

1 Сформулировать общую задачу управления запасами. Что такое затраты?

2 Описать основную модель. Вывести формулу оптимального запаса. Привести график стоимости затрат, определить общие издержки и оптимальный размер поставок.

## **6 Технология получения композиционных материалов методом спиральной намотки**

**Цель работы:** определить геометрические размеры оправки для намотки изделий с учетом теплового расширения.

Полимерные композиционные материалы состоят из высокопрочной армирующей основы (~70 % объемных) и полимерного связующего (~30 % объемных) горячего отверждения. Наиболее распространена технология изготовления изделий из КМ методом намотки на пятикоординатных станках с программным управлением. Намотка осуществляется на одноразовую и много-разовую оправки. Наружная поверхность оправки отображает внутреннюю поверхность изделия из КМ. Точность и шероховатость поверхности оправки обеспечивают точность и качество внутренней поверхности изделия из КМ.

Намотка на оправку осуществляется по заранее разработанной программе. При намотке используется связующее горячего отверждения, полимеризующееся при температуре 130 °С в течение трех часов. При комнатной температуре связующее не полимеризуется, что обеспечивает почти неограниченное время технологического цикла намотки изделия. Метод мокрой намотки предполагает наличие на станке емкости со связующим, через которое для пропитки проходит лента из армирующего материала. Программа намотки





обеспечивает требуемый профиль по толщине стенки наматываемого изделия. Параметрами, обеспечивающими требуемую геометрию, являются углы намотки, определяющие зону намотки, количество слоев намотки, ширина и толщина наматываемой ленты. После завершения процесса намотки изделие вместе с оправкой направляется на полимеризацию. После полимеризации изделие с оправкой при необходимости направляется на механическую обработку. Завершающим этапом является съем готового изделия с оправки.

Для того, чтобы окончательные размеры изделия из КМ соответствовали заданным в чертежах необходимо размеры оправки при изготовлении уменьшить на величину ее температурного расширения, определяемого по формуле

$$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot \Delta T, \quad (6.1)$$

где  $\Delta L$  – величина измененииз соответствующего линейного размера;

$\alpha$  – коэффициент температурного расширения материала;

$\Delta T$  – перепад температур.

Примем, что сферические части оправки изготовлены из алюминия, цилиндрическая часть – из стали.

Для алюминия  $\alpha = 22 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ .

Для стали  $\alpha = 13 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ .

Диаметр сферической части оправки равен  $D = 500$  мм, длина цилиндрической части равна  $U = 700$  мм.

Общая длина оправки равна  $L = D + U$  соответственно.

Индивидуальные задания отличаются коэффициентами, на которые следует умножить соответствующие выделенные цветом цифры. Коэффициенты даны в таблице 6.1

Таблица 6.1 – Индивидуальные задания

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8
Коэффициент $K$	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8

### ***Порядок выполнения практической работы***

- 1 Изучить методические рекомендации.
- 2 Описать виды оправок и технологию их изготовления и использования для изготовления баллона из КМ (стеклопластика) методом спиральной намотки.
- 3 Описать принцип работы станка намоточного для изготовления баллона.
- 4 Рассчитать численные значения корректировки размеров сферической и цилиндрической частей ( $D$  и  $U$ ) с учетом температуры полимеризации.
- 5 Представить схематично в масштабе эскиз: внутреннюю поверхность баллона, отразив только полусферические днища и цилиндрическую часть. Указать численные значения размеров  $D$ ,  $U$  и  $L$ .





6 На эскизе внутренней части баллона нанести пунктиром эскиз оправки (сферические днища и цилиндрическую часть) с указанием расчетных размеров  $D$ ,  $U$  и  $L$  (без соблюдения масштаба, обеспечив наглядность).

7 Представить оформленный отчет.

## **7 Технологические процессы получения заготовок методами литья, сварки, пластической переработки**

Наиболее универсальным методом получения отливок является литье в земляные формы. Однако изготовление форм требует больших затрат времени и средств, кроме того, отливки в землю имеют сравнительно большие припуски на обработку и характеризуются низким коэффициентом качества.

Более производительным, точным и ресурсосберегающим методом является литье в облицованные и необлицованные кокили. Отливки из цветных металлов и сплавов изготавливают в необлицованных, а из черных металлов – предпочтительно в облицованных кокилях.

Выбор оптимального способа получения отливок, как и других видов заготовок, основывается на сравнении себестоимости изготовленных из них деталей. Предпочтение отдают способу, обеспечивающему минимальную себестоимость детали, а при равенстве себестоимостей – менее материалоемкому. Отливки из черных металлов, полученные литьем в кокили, требуют последующего отжига для ликвидации отбеленного слоя, что несколько повышает их стоимость. Однако более высокая точность, уменьшенные величины припусков, производительность процесса компенсируют указанный недостаток и обеспечивают их экономичность.

Сварка металлов – это технологический процесс получения неразъемных соединений путем создания межатомных сил связи между частицами свариваемых металлов в результате совместной кристаллизации, местной пластической деформации или диффузии атомов. В зависимости от источников энергии различают сварки: химическую, электрическую, механическую.

При химической сварке она осуществляется за счет химической реакции, при электрической – за счет энергии электрической дуги или тепловой энергии от прохождения тока по свариваемой детали, при механической – за счет энергии трения.

В зависимости от степени нагрева соединяемых мест различают сварку давлением и плавлением. Сварка давлением производится либо в холодном состоянии, либо с предварительным нагревом. Давление обеспечивает взаимную диффузию металла. Сварка плавлением проще и требует более простого оборудования.

В зависимости от способа подачи электродного металла, флюса и перемещения сварочной горелки бывает ручная, полуавтоматическая и автоматическая сварка. Виды сварных соединений и швов: стыковые, нахлесточные,

угловые и тавровые. Сварка деталей толщиной 5...10 мм осуществляется за один проход и шов называется однослойным.

Обработка металлов давлением основана на использовании пластичности металла, т. е. его свойстве изменять первоначальную форму под действием внешних сил или внутренних напряжений без разрушения и сохранять вновь полученную форму после прекращения действия нагрузки.

Методы пластической деформации позволяют получить заготовки, максимально приближенные по своей форме к форме готовой детали с минимальным припуском для последующей механической обработки.

Пластичность материала зависит от следующих факторов:

- состава материала;
- температуры, при которой происходит деформирование материала;
- степени деформирования.

Процессы пластической переработки материалов можно разделить на следующие: прокатка, штамповка,ковка, волочение.

Прокатка – метод обработки металлов давлением, при котором заготовка принимает нужные форму и размеры при пропускании ее между двумя вращающимися валами (валками), причем зазор между валами меньше толщины исходной заготовки. Для облегчения процесса обжатия заготовки нагревают. Это наиболее распространенный процесс получения стандартного профиля, например, уголка, швеллера, прутка и т. д. Для осуществления прокатки используются прокатные станы.

Основными технико-экономическими показателями прокатного производства являются:

- расход материала на 1 т готовой продукции

$$K_p = \frac{(\sigma + a + b + c)}{\sigma}, \quad (7.1)$$

где  $a, b, c$  – потери на угар, обрезы, брак;

$\sigma$  – вес готового проката, т;

– скорость прокатки

$$V = \frac{\pi D n}{1000}, \quad (7.2)$$

где  $D$  – диаметр валков прокатного стана;

$n$  – число оборотов валков в минуту;

$\pi$  – часовая производительность прокатного стана;

$$P = \frac{3000 B}{TK_p}, \quad (7.3)$$

где  $T$  – периодичность прокатки, с (время прохождения готовым элементом проката фиксированной точки на прокатном стане);



$B$  – масса одного слитка, т;

$K_p$  – коэффициент потерь.

Кроме указанных, могут быть и другие показатели, в частности, мощность главных приводов прокатного стана, расход энергии и др.

### **Задачи**

1 Расход металла на 1 т готовой продукции  $K_p = 1,2$ . Длина готового элемента проката  $L = 5\,000$  мм. Диаметр валков прокатного стана  $D = 150$  мм. Число оборотов валков  $n = 600$  об/мин. Вес одного метра погонного готового профиля составляет 50 кг. Длина прокатного стана – 1000 м. Расстояние между готовым сортаментом на прокатном стане в процессе прокатки – 0,3 м. Считаем  $B$  равным суммарной массе слитков и готового сортамента, с учетом угара, обрезков и брака, расположенных по всей длине прокатного стана. Определить часовую производительность прокатного стана.

2 Расход металла на 1 т готовой продукции  $K_p = 1,3$ . Длина готового элемента проката  $L = 4000$  мм. Диаметр валков прокатного стана  $D = 200$  мм. Число оборотов валков  $n = 500$  об/мин. Вес 1 п. м. готового профиля составляет 70 кг. Длина прокатного стана – 1200 м. Расстояние между готовым сортаментом на прокатном стане в процессе прокатки – 0,3 м. Считаем  $B$  равным суммарной массе слитков и готового сортамента, с учетом угара, обрезков и брака, расположенных по всей длине прокатного стана. Определить часовую производительность прокатного стана.

### **Контрольные вопросы**

1 Дать характеристику пластической переработки металлов. Обработка металлов прокатом. Техничко-экономические показатели.

2 Охарактеризовать технологию обработки металлов волочением.

3 Охарактеризовать технологии пластической переработки металлов. Обработка металлов свободной ковкой.

4 Охарактеризовать технологии обработки металлов штамповкой.

## **8 Техничко-экономическое обоснование снижения энергетических затрат в производстве**

**Цель работы:** приобрести навыки определения энергетических затрат, формирующихся в процессе производства электроэнергии.

Промышленность Республики Беларусь является экспортоориентированной. Рост конкурентоспособности достигается за счет снижения ее стоимости и повышения качества. Снижение энергетической составляющей в себестоимости продукции направлено на решение этой государственной задачи. Анализ



себестоимости производимой в Республике Беларусь электрической и тепловой энергии, проведенный Министерствами экономики и энергетики, показал, что затраты на производство энергии в Республике Беларусь по существующим технологиям и на имеющемся оборудовании примерно на 60 % превышают аналогичные затраты в странах Европы.

Начиная с 60-х гг. прошлого столетия для снижения затрат на производство энергии совместили производство электрической и тепловой энергии. Широкое развитие получили так называемые ТЭЦ, основным топливом на которых является газ, резервным – мазут. Электрическая и тепловая энергия в настоящее время вырабатывается главным образом с использованием старых паровых технологий.

В структуре себестоимости производства электрической и тепловой энергии 70 % и более приходится на топливо (газ). Газ – исчерпаемое горючее, и цена на него постоянно растет.

Развитие энергетики до настоящего времени шло в основном за счет ввода новых паротурбинных агрегатов, имеющих более высокие начальные параметры и большую единичную мощность. Повышение начальных параметров позволяло совершенствовать термодинамический цикл и снижать удельные расходы топлива.

В настоящее время прогрессивным инновационным направлением, связанным со снижением затрат, является ввод оборудования и технологии парогазового цикла производства энергии. Для реализации этого направления необходимо внедрение на станциях газотурбинных установок (ГТУ) или парогазовых установок (ПГУ) с возможным выводом из эксплуатации части паровых энергоемких котлов и их консервацией. Это позволит более мобильно и с меньшими затратами осуществить энергообеспечение предприятий и населения в часы суток, связанные с пиковым потреблением электроэнергии.

В таблице 8.1 приведены исходные данные для расчета снижения затрат на производство электрической энергии.

Необходимо осуществить обоснование эффективности указанного пути модернизации объектов энергетики на примере МТЭЦ-2. В расчетах использовать официальные данные итогов работы МТЭЦ-2 за 2015 г.

Таблица 8.1 – Исходные данные для расчета снижения затрат на производство электрической энергии

Параметры	Значение
Фактический расход топлива на выработку 1 кВт·ч электроэнергии при существующей технологии, т у. т./кВт·ч)	200,2
Расчетное потребление топлива в год после внедрения парогазовых установок $B_{\text{э}}^{\text{ожид}}$ , т у. т.	118 694
Выработано электроэнергии в 2015 г. $\mathcal{E}_{\text{отп}}^{\text{ожид}}$ , тыс. кВт	764 989
Стоимость парогазовой установки, млн долл.	10
Стоимость 1 т у. т., долл.	280



Индивидуальные задания отличаются коэффициентами  $K_c$ , на которые следует умножить стоимость парогазовой установки. Коэффициенты даны в таблице 8.2.

Таблица 8.2 – Коэффициенты вариантов задания

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8
Коэффициент $K_c$	1,1	1,2	1,3	1,4	1...1,5	1,6	1,7	1,8

Ожидаемый расход условного топлива на выработку 1 кВт·ч электроэнергии после внедрения ПГУ

$$M_{\text{э}}^{\text{ожид}} = \frac{B_{\text{э}}^{\text{ожид}}}{\mathcal{E}_{\text{отп}}^{\text{ожид}}}, \quad (8.1)$$

где  $B_{\text{э}}^{\text{ожид}}$  – расчетное потребление топлива в 2015 г. в случае внедрения ПГУ;  
 $\mathcal{E}_{\text{отп}}^{\text{ожид}}$  – количество фактически выработанной в 2015 г. электроэнергии.

Срок окупаемости инвестиционного проекта

$$O = \frac{K}{F}, \quad (8.2)$$

где  $O$  – простой срок окупаемости проекта;

$K$  – стоимость нового оборудования;

$F$  – годовой экономический эффект от внедрения нового оборудования.

Себестоимость продукции складывается из производственных и коммерческих затрат предприятия. Производственные затраты можно разделить на переменные и постоянные. Переменные затраты зависят от объема выпускаемой продукции, постоянные – не зависят от объема выпускаемой продукции и не изменяются за определенный промежуток времени. Переменные затраты состоят в основном из материальных затрат, затрат на технологическую энергию и топливо и заработной платы основных рабочих. Материальные затраты были определены в разд. 1 методических рекомендаций для детали, представленной на рисунке 1.1. Для рассматриваемой детали необходимо рассчитать энергетические затраты.

Энергетические затраты возникают при работе станка в процессе обработки, продолжительность которой равна основному операционному времени. Энергетические затраты

$$C_{\text{э}} = T_o \cdot W \cdot T_{\text{э}}, \quad (8.3)$$

где  $T_o$  – операционное время, ч;

$W$  – мощность станка, кВт·ч;

$T_{\text{э}}$  – тариф на электроэнергию, р./кВт.



**Задача.** Для вариантов исполнения детали (см. рисунок 1.1 и таблица 1.1) рассчитать операционное время. Технологический процесс изготовления детали осуществить в следующей последовательности: изготовить поверхность  $D_3$ , затем проточить поверхности  $D_2$  и  $D_1$ , далее – поверхности  $D_6$ ,  $D_5$  и поверхность  $D_4$ . Принять длину заготовки равной  $L_6$ .

Принять для промышленных предприятий тариф на электроэнергию равным 800 р./кВт, а мощность станка для обработки детали – 20 кВт·ч.

По формуле (8.3) определить энергетические затраты для изготовления рассматриваемой детали.

Провести сравнение материальных и энергетических затрат на изготовление рассмотренной детали, сделать выводы.

В процессе анализа перевод долларов в белорусские рубли осуществлять по действующему курсу Национального банка Республики Беларусь.

### **Порядок выполнения работы**

- 1 Ознакомиться с методическими рекомендациями.
- 2 Получить у преподавателя индивидуальное задание.
- 3 Рассчитать годовой экономический эффект от внедрения нового оборудования и технологий.
- 4 Рассчитать простой срок окупаемости инвестиций при внедрении нового оборудования.

## **9 Основные направления повышения эффективности использования конструкционных материалов**

**Цель работы:** приобрести навыки выбора конструкционных материалов для деталей общего машиностроения, на основании изучения их свойств и областей применения.

При выборе материала для той или иной детали или конструкции учитывают экономическую целесообразность его применения (соответствие цены и качества), сохранение конструктивных критериев (требуемые долговечность, прочность, надежность) и возможность переработки в изделие (технологические критерии – обрабатываемость резанием, свариваемость, ковкость и т. п.). С учетом данных критериев выбирают материал той или иной природы. Материалы делятся на металлические, неметаллические и композиционные (рисунок 9.1).

**Металлические материалы.** К ним относятся все металлы и их сплавы. Среди них можно выделить несколько групп, отличающихся друг от друга по свойствам:

- черные металлы. Это железо и сплавы на его основе – стали и чугуны;





- цветные металлы. В эту группу входят металлы и их сплавы, такие как медь, алюминий, титан, никель и др.;
- благородные металлы. К ним относятся золото, серебро, платина;
- редкоземельные металлы. Это лантан, неодим, празеодим.



Рисунок 9.1 – Схема классификации конструктивных материалов

**Неметаллические материалы.** Среди них также можно выделить несколько групп:

- пластмассы. Это материалы на основе высокомолекулярных соединений полимеров, как правило, с наполнителями;
- керамические материалы (керамика). Основой этих материалов являются порошки тугоплавких соединений типа карбидов, боридов, нитридов и оксидов. Например:  $\text{TiC}$ ,  $\text{SiC}$ ,  $\text{Cr}_7\text{C}_3$ ,  $\text{CrB}$ ,  $\text{Ni}_3\text{B}$ ,  $\text{TiB}_2$ ,  $\text{BN}$ ,  $\text{TiN}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$  и др.;
- металлокерамические материалы (металлокерамика). В этих материалах основой является керамика, в которую добавляется некоторое количество металла, являющегося связкой и обеспечивающего такие свойства, как пластичность и вязкость;
- стекло. Оно представляет собой систему, состоящую из оксидов различных элементов, в первую очередь оксида кремния  $\text{SiO}_2$ ;
- резина. Это материалы на основе каучука – углеродноводородного полимера с добавлением серы и других элементов;
- дерево. Сложная органическая ткань древесных растений.

**Композиционные материалы.** Они представляют собой композиции, полученные искусственным путем из двух и более разнородных материалов, сильно отличающихся друг от друга по свойствам. В результате композиция существенно отличается по свойствам от составляющих компонентов, т. е. получаемый материал имеет новый комплекс свойств. В состав композиционных материалов могут входить как металлические, так и неметаллические составляющие.

Керамические материалы были первым конкурентоспособным по сравнению с металлами классом материалов для использования при высоких температурах. Благодаря композиционным материалам стал возможен новый качественный скачок в увеличении мощности двигателей, уменьшении массы машин и конструкций и повышении массовой эффективности транспортных средств и авиационно-космических аппаратов.

### **Задание**

Ознакомиться со способами изготовления и обработки керамических материалов, с их свойствами и применением и рассмотреть свойства керамических материалов специального назначения (ударопрочных броневых, радиопрозрачных и др.). В ходе выполнения задания следует рассмотреть основные типы слоистых и волокнистых композитов, области применения современных композиционных материалов (синтегран, стеклотекстолиты, органопластики и углепластики, алоры, боропластики, металлические композиты) и перспективы их применения в машиностроении.

### ***Порядок выполнения работы***

- 1 Ознакомиться с методическими рекомендациями.
- 2 Получить у преподавателя индивидуальное задание.
- 3 Охарактеризовать свойства и применение керамических материалов специального назначения.
- 4 Рассмотреть основные типы слоистых и волокнистых композитов, области применения современных композиционных материалов

### **Список литературы**

- 1 Производственные технологии. Общие основы : учебно-практическое пособие в 2 ч. / М. В. Самойлов [и др.]. – Минск : БГЭУ, 2005. – Ч. 2. – 88 с.
- 2 Производственные технологии в машиностроении : учебное пособие для вузов / А. А. Жолобов [и др.]. – Могилев : Беларус.-Рос. ун-т, 2007. – 352 с.
- 3 Производственные технологии: учебник для вузов / Под ред. В. В. Садовского. – Минск : БГЭУ, 2008. – 431 с.

