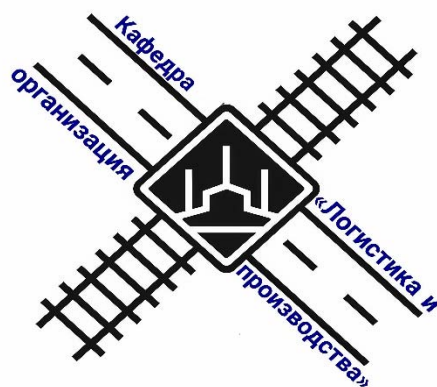


МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Логистика и организация производства»

# ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

*Методические рекомендации к практическим занятиям  
для студентов специальности  
1-27 01 01 «Экономика и организация производства  
(по направлениям)» очной и заочной форм обучения*



Могилев 2020

УДК 658.5  
ББК 65.050.2  
П67

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Логистика и организация производства»  
«05» октября 2020 г., протокол № 4

Составитель канд. техн. наук, доц. Е. Н. Антонова

Рецензент канд. экон. наук, доц. М. С. Александренок

Методические рекомендации к практическим занятиям предназначены для студентов специальности 1 - 27 01 01 «Экономика и организация производства (по направлениям)» очной и заочной форм обучения.

Содержат краткие теоретические положения, задания, примеры решения задач и вопросы для контроля.

Учебно-методическое издание

## ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Ответственный за выпуск	М. Н. Гриневич
Корректор	И. В. Голубцова
Компьютерная верстка	Е. В. Ковалевская

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:  
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, Могилев.

© Белорусско-Российский  
университет, 2020

## Содержание

1	Технико-экономическое обоснование выбора типа производства.....	4
2	Определение основных технико-экономических показателей прокатного производства.....	8
3	Анализ динамики трудозатрат технологического процесса.....	17
4	Определение показателей механизации и автоматизации труда.....	22
5	Технико-экономическая оценка технологического процесса механической обработки.....	30
6	Технологические процессы пластической переработки металлов.....	35
7	Оценка научно-технологического развития производства.....	41
	Список литературы.....	46

# 1 Техничко-экономическое обоснование выбора типа производства

В зависимости от номенклатуры, регулярности, стабильности и объема выпуска изделий современное производство подразделяется на единичное, серийное и массовое.

*Единичное производство* характеризуется широкой номенклатурой и малым объемом выпуска изделий. На предприятиях единичного производства количество выпускаемых изделий исчисляется штуками и десятками штук, на рабочих местах выполняются разнообразные технологические операции, повторяющиеся нерегулярно или не повторяющиеся совсем.

*Массовое производство* характеризуется узкой номенклатурой и большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых в течение продолжительного времени.

*Серийное производство* характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых периодически повторяемыми партиями. Различают мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное производство. По всем технологическим и производственным признакам серийное производство занимает промежуточное положение между единичным и массовым. При этом мелкосерийное производство близко к единичному, а крупносерийное – к массовому.

При проектировании технологического процесса необходимо установить тип производства. На начальной стадии его устанавливают ориентировочно, используя данные, приведенные в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Определение типа производства

Тип производства	Количество обрабатываемых в год деталей одного наименования		
	массой св. 30 кг	массой от 8 до 30 кг	массой до 8 кг
Единичное	< 5	< 10	< 100
Мелкосерийное	5...100	10...200	100...500
Среднесерийное	100...300	200...500	500...5000
Крупносерийное	300...1000	500...5000	5000...50000
Массовое	> 1000	> 5000	> 50000

После разработки технологического процесса, расчета норм времени по операциям и числа рабочих мест тип производства уточняют по *коэффициенту закрепления операций*

$$K_{з.о} = \frac{\sum O_i}{\sum P_i}, \quad (1.1)$$

где  $\sum O_i$  – суммарное число различных операций;  
 $\sum P_i$  – суммарное число рабочих мест по операциям.

Для нахождения *числа рабочих мест* определяют расчетное количество станков по операциям:

$$m_{pi} = \frac{N \cdot t_{шт(ш-к)}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н}}, \quad (1.2)$$

где  $N$  – годовой объем выпуска изделий, шт.;

$t_{шт(ш-к)}$  – штучное (штучно-калькуляционное) время на операции, мин;

$F_d$  – действительный годовой фонд времени работы оборудования, ч.

При расчетах принять  $F_d = 4016$  ч;

$\eta_{з.н}$  – нормативный коэффициент загрузки оборудования. Для мелкосерийного производства  $\eta_{з.н} = 0,8...0,9$ ; для среднесерийного  $\eta_{з.н} = 0,75...0,85$ ; для массового и крупносерийного  $\eta_{з.н} = 0,65...0,75$ .

При расчетах можно принимать усредненное значение  $\eta_{з.н} = 0,75...0,8$ .

Расчетное количество станков по операциям округляют до ближайшего большего целого числа и получают принятое количество станков  $m_{при}$ , при этом  $\sum P_i = \sum m_{при}$ .

Фактический коэффициент загрузки оборудования по операциям

$$\eta_{з.фi} = \frac{m_{pi}}{m_{при}}. \quad (1.3)$$

Количество операций, которые можно выполнить на каждом рабочем месте, определяется из выражения

$$O_i = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{з.фi}}. \quad (1.4)$$

Рассчитанный коэффициент закрепления операций сравнивают с его нормативным значением и уточняют тип производства. Нормативные коэффициенты закрепления операций по ГОСТ 3.1121–84 приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Коэффициенты закрепления операций

Тип производства				
Массовое	Крупносерийное	Среднесерийное	Мелкосерийное	Единичное
$K_{з.о} = 1$	$1 < K_{з.о} \leq 10$	$10 < K_{з.о} \leq 20$	$20 < K_{з.о} \leq 40$	$K_{з.о} > 40$

**Пример** – Определить тип производства для техпроцесса механической обработки вала массой 6,5 кг при годовом объеме выпуска 2300 шт. Технологический процесс состоит из четырех операций (05, 10, 15, 20), для которых определено

штучно-калькуляционное время: 05 –  $t_{шт-к1} = 3,2$  мин; 10 –  $t_{шт-к2} = 4,2$  мин; 15 –  $t_{шт-к3} = 7$  мин; 20 –  $t_{шт-к4} = 4,1$  мин.

### Решение

По таблице 1.1 ориентировочно устанавливаем тип производства – средне-серийное. Уточняем тип производства по коэффициенту закрепления операций.

Расчетное количество станков, принимая  $F_d = 4016$  ч и  $\eta_{з.н} = 0,75$ :

– по операции 05

$$m_{p1} = \frac{2300 \cdot 3,2}{60 \cdot 4016 \cdot 0,75} = 0,04;$$

– по операции 10

$$m_{p2} = \frac{2300 \cdot 4,2}{60 \cdot 4016 \cdot 0,75} = 0,05;$$

– по операции 15

$$m_{p3} = \frac{2300 \cdot 7}{60 \cdot 4016 \cdot 0,75} = 0,084;$$

– по операции 20

$$m_{p4} = \frac{2300 \cdot 4,1}{60 \cdot 4016 \cdot 0,75} = 0,049.$$

Принятое количество станков:

– по операции 05  $m_{пр1} = 1$ ;

– по операции 10  $m_{пр2} = 1$ ;

– по операции 15  $m_{пр3} = 1$ ;

– по операции 20  $m_{пр4} = 1$ .

Суммарное число рабочих мест

$$\sum P_i = m_{пр1} + m_{пр2} + m_{пр3} + m_{пр4} = 1 + 1 + 1 + 1 = 4.$$

Определяем фактические коэффициенты загрузки:

– по операции 05

$$\eta_{з.ф1} = \frac{m_{p1}}{m_{пр1}} = \frac{0,04}{1} = 0,04;$$

– по операции 10

$$\eta_{з.ф2} = \frac{m_{p2}}{m_{пр2}} = \frac{0,05}{1} = 0,05;$$

– по операции 15

$$\eta_{з.ф3} = \frac{m_{п3}}{m_{нр3}} = \frac{0,084}{1} = 0,084;$$

– по операции 20

$$\eta_{з.ф4} = \frac{m_{п4}}{m_{нр4}} = \frac{0,049}{1} = 0,049.$$

Определяем число операций, которые можно выполнить на каждом рабочем месте:

– для операции 05

$$O_1 = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{з.ф1}} = \frac{0,75}{0,04} = 18,75;$$

– для операции 10

$$O_2 = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{з.ф2}} = \frac{0,75}{0,05} = 0,15;$$

– для операции 15

$$O_3 = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{з.ф3}} = \frac{0,75}{0,084} = 8,92;$$

– для операции 20

$$O_4 = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{з.ф4}} = \frac{0,75}{0,049} = 15,3.$$

Суммарное число различных операций

$$\sum O_i = O_1 + O_2 + O_3 + O_4 = 18,75 + 15 + 8,92 + 15,3 = 57,97.$$

Коэффициент закрепления операций для рассматриваемого технологического процесса по формуле (1.1)

$$K_{з.о} = \frac{57,97}{4} = 14,49.$$

Сравниваем расчетное значение коэффициента с нормативным (см. таблицу 1.2). Окончательно принимаем тип производства – среднесерийное.

### Задание

Определить тип производства ориентировочно и уточнить по коэффициенту закрепления операций. Исходные данные для расчетов выбрать из таблицы 1.3.

Таблица 1.3 – Исходные данные

Вариант	Годовой объем выпуска, шт.	Масса детали, кг	Номер операции	Штучное время обработки, мин	Вариант	Годовой объем выпуска, шт.	Масса детали, кг	Номер операции	Штучное время обработки, мин
1	2000	15	05	20	7	6300	94	05	3,5
2	1000	6	10	5	8	5000	25	10	4,6
3	350	25	15	10	9	750	3	15	3,8
4	550	30	20	15	10	3220	2,5	20	8,6
5	3200	70	25	10	11	150	12	25	2,8
6	810	8	30	10	12	2000	32	30	3,6
			35	12				35	2,6

### ***Порядок выполнения задания***

1 По выданному преподавателем варианту из таблицы 1.3 выписать исходные данные.

2 По таблице 1.1 по заданной массе детали и годовому объему выпуска ориентировочно установить тип производства.

3 Используя пример, провести расчеты по формулам (1.1)–(1.4) и определить коэффициент закрепления операции.

4 Сравнить расчетное значение коэффициента с нормативным (см. таблицу 1.2) и сделать вывод о принятом типе производства.

### ***Контрольные вопросы***

1 Какие основные характеристики единичного производства?

2 Какие основные характеристики массового производства?

3 Какие основные характеристики серийного производства?

4 Что такое коэффициент закрепления операций, как он рассчитывается?

## **2 Определение основных технико-экономических показателей прокатного производства**

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

Для единичного и мелкосерийного типов производства для получения деталей различной формы характерно использование заготовок из круглого горячекатаного проката.

Для крупносерийного и массового производства выгодны горячая объемная штамповка, литье (в кокиль, под давлением, по выплавляемым моделям и др.).

Валы в своем большинстве изготавливаются из проката. В условиях серийного и массового производства заготовки ступенчатых валов целесообразно изготавливать штамповкой.

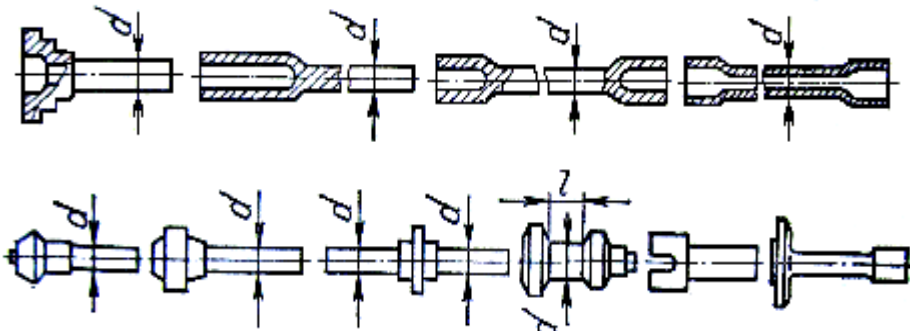


В средне-, крупносерийном и массовом производстве заготовки получают штамповкой на кривошипно-горячештамповочных прессах (КГШП), если деталь имеет значительные перепады диаметральных размеров.

При условии изготовления валов из пруткового материала обычно выполняются заготовительные операции: правка, обдирка, разрезание и центрование (при необходимости).

Примеры эскизов заготовок для валов приведены на рисунке 2.1.

а)



б)



Рисунок 2.1 – Эскизы заготовок

*а* – поковки, штампуемые на горизонтально-ковочных машинах; *б* – поковки, штампуемые на молотах и горячештамповочных прессах

Заготовка имеет припуск на последующую механическую обработку. Чем меньше припуск, тем выше степень использования материала. Припуски бывают общие и операционные.

*Общий припуск* на обработку называется слой материала, удаляемый с поверхности исходной заготовки в процессе механической обработки с целью получения готовой детали.

*Операционный припуск* – это слой материала, удаляемый с заготовки при выполнении одной технологической операции. Минимальное значение припуска определяется методом дифференцированного расчета по элементам, составляющим припуск.

Различают *минимальный, номинальный и максимальный припуски*.

При расчете минимального промежуточного припуска (припуска на конкретную технологическую операцию или переход) учитывают следующие составляющие его элементы:

- высоту микронеровностей  $Rz_{i-1}$ , полученную на предшествующем переходе;
- состояние и глубину  $T_{i-1}$  поверхностного слоя заготовки в результате выполнения предшествующего перехода;

- пространственные отклонения  $\rho_{i-1}$  расположения обрабатываемой поверхности относительно баз заготовки;
- погрешность установки  $\varepsilon_i$  при выполнении данного перехода.

Суммируя величины  $Rz_{i-1}$ ,  $T_{i-1}$ ,  $\rho_{i-1}$  и  $\varepsilon_i$ , получают минимальный припуск для технологического перехода.

Величина межоперационного припуска на диаметр (при обработке поверхностей вращения) удваивается. Припуск на диаметр при обработке наружных и внутренних поверхностей вращения

$$2Z_{i \min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}). \quad (2.1)$$

При анализе конкретных переходов некоторые составляющие из общей формулы расчета припуска могут быть исключены. Так, при обтачивании цилиндрической поверхности заготовки, установленной в центрах, погрешность  $\varepsilon_i$  может быть принята равной нулю и, следовательно,

$$2Z_{i \min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1}). \quad (2.2)$$

При расчете минимально необходимого припуска следует учитывать конкретные условия обработки. Зная минимальный межоперационный припуск, можно рассчитать его максимальное значение как

$$Z_{i \max} = T_{i-1} + Z_{i \min} + T_i, \quad (2.3)$$

где  $T_{i-1}$ ,  $T_i$  – допуски на размер поверхности, установленные соответственно для предыдущего и выполняемого технологического перехода.

На основании взаимосвязи между межоперационными припусками на обработку и полями допусков, устанавливаемых на промежуточные размеры, рассчитывают предельные размеры заготовки при выполнении любого технологического перехода, используя следующие соотношения для валов:

$$d_{i \max} = d_{i-1 \max} - 2Z_{i \min} - Td_{i-1}; \quad (2.4)$$

$$d_{i \min} = d_{i-1 \min} - 2Z_{i \min} - Td_i. \quad (2.5)$$

По найденному размеру заготовки подбирают соответствующий размер проката и корректируют припуск на черновую обработку. Припуски на чистовые и отделочные операции (переходы) оставляют такими же, какими они были найдены при проведении расчетов.

Отклонение оси детали от прямолинейности (кривизну) находят в зависимости от способа установки. При установке в центрах общее на длине  $l$  отклонение от прямолинейности (кривизна) определяется соотношением

$$\rho_{i-1} = \rho_k = \Delta_k \cdot l, \quad (2.6)$$

где  $\Delta_k$  – кривизна оси заготовки на 1 мм длины, мкм (для проката выбирается по таблице 2.4).

Суммарное значение нескольких отклонений расположения определяют как векторную сумму, если направления этих векторов неизвестны:

$$\rho_{i-1}^{\Sigma} = \sqrt{\rho_{i-1,1}^2 + \rho_{i-1,2}^2 + \dots}$$

Так, при обработке проката круглого сечения в центрах получим

$$\rho_{i-1}^{\Sigma} = \sqrt{\rho_k^2 + \rho_{ц}^2}, \quad (2.7)$$

где  $\rho_k$  – общее отклонение оси от прямолинейности;

$\rho_{ц}$  – смещение оси заготовки в результате погрешности расположения центров отверстий, которая определяется при известном допуске  $T$  диаметрального размера базовой поверхности заготовки, использованной при зацентровке.

При установке в самоцентрирующих зажимных устройствах  $\rho_{ц} = 0,25$  мм.

При установке в призмах с односторонним прижимом

$$\rho_{ц} = \sqrt{T^2 / 2 + 0,25} \quad \text{при } \alpha = 90^\circ, \quad (2.8)$$

где  $\alpha$  – угол призмы.

После расчета минимальных значений припусков для всех технологических переходов определяют расчетные размеры  $D_{pi}$ , начиная с конечного (чертежного) размера, путем последовательного добавления (для наружных поверхностей) или вычитания (для внутренних поверхностей) минимального расчетного припуска для каждого технологического перехода.

Для каждого промежуточного расчетного размера  $D_{pi}$  назначаются допуски в соответствии с таблицей 2.1. При этом учитывается достигнутый квалитет точности на каждом технологическом переходе. Для промежуточных размеров предельные отклонения устанавливаются таким образом, чтобы выполнялось требование «допуск в металл». Это означает, что по соответствующему квалитету точности допуск для валов задается в «минус», а для отверстий – в «плюс».

Таблица 2.1 – Допуски для размеров от 18 до 80 мм (ГОСТ 25346–82)

Интервал размеров, мм	Квалитет точности							
	7	8	9	10	11	12	13	14
	Допуск, мкм							
Св. 10 до 18	18	27	43	70	110	180	270	430
Св. 18 до 30	21	33	52	84	130	210	330	520
Св. 30 до 50	25	39	62	100	160	250	390	620
Св. 50 до 80	30	46	74	120	190	300	460	740

Расчет удобно вести в табличной форме (таблица 2.2). Общие припуски  $Z_{o\max}$  и  $Z_{o\min}$  определяют путем суммирования промежуточных припусков на обработку.

Общий номинальный припуск рассчитывают по формулам:

– для наружных поверхностей

$$Z_{\text{об.ном}} = Z_{o\min} + EI_{\text{заг}} - EI_{\text{д}}; \quad (2.9)$$

– для внутренних поверхностей

$$Z_{\text{об.ном}} = Z_{o\max} + ES_{\text{заг}} - ES_{\text{д}}, \quad (2.10)$$

где  $EI_{\text{заг}}$ ,  $EI_{\text{д}}$  – нижнее отклонение размера заготовки и детали;

$ES_{\text{заг}}$ ,  $ES_{\text{д}}$  – верхнее отклонение размера заготовки и детали.

При изготовлении детали из сортового проката необходимо определить длину заготовки по формуле

$$L_{\text{заг}} = L_{\text{д}} + 2a + v, \quad (2.11)$$

где  $L_{\text{з}}$  и  $L_{\text{д}}$  – длина заготовки и детали соответственно;

$a$  – припуск на механическую обработку торца, принимаем  $a = 2,5$  мм;

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

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

$$n = (L_{\text{пр}} - l) / L_{\text{заг}}, \quad (2.12)$$

где  $L_{\text{пр}}$  – стандартная длина прутка (ГОСТ 2590–88), для расчетов принимаем  $L_{\text{пр}} = 3650$  мм;

$l$  – величина отходов на зажим заготовки в патроне станка,  $l = 35$  мм. После определения  $n$  число округляется до целого в меньшую сторону.

**Пример** – Рассчитать операционные и общие припуски на механическую обработку ступени вала  $\text{Ø}18_{-0,43}$ ; длина заготовки  $L_{\text{заг}} = 105$  мм; длина детали  $L_{\text{дет}} = 100$  мм. Заготовка представляет собой пруток круглой горячекатаной стали диаметром 20 мм. Обработка ведется в центрах и состоит из однократного чернового точения по 14 качеству точности.

### Решение

Согласно условию маршрут обработки ступени вала состоит из однократного чернового точения.

Записываем технологический маршрут обработки в расчетную таблицу 2.2 и вносим туда значения элементов припуска  $R_{zi-1}$  и  $T_{i-1}$  по каждому технологическому переходу, используя справочные данные таблиц 2.3 и 2.4.

Таблица 2.2 – Расчет припусков на механическую обработку ступени вала Ø18-0,43

Технологический переход обработки вала	Элемент припуска, мкм				Расчетный припуск $2Z_{i \min}$ , мкм	Расчетный размер $d_{pi} = d_{\min}$ , мм	Допуск $Td$ , мкм	Предельный размер, мм		Предельный припуск, мкм	
	$R_{zi-1}$	$T_{i-1}$	$\rho_{i-1}$	$\varepsilon_i$				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2Z_{\min}^{\text{пр}}$	$2Z_{\max}^{\text{пр}}$
Заготовка	150	150	673	0	–	19,516	900	19,516	20,846	–	–
Точение черновое	50	50	40	0	$2 \cdot 973$	17,57	430	17,57	19,946	1946	2416
Итого										1946	2416

Таблица 2.3 – Качество поверхности заготовок из проката

Вид заготовки	$Rz$ , мкм	$T$ , мкм
Горячекатаный диаметр, мм:		
5...25	150	150
26...75	150	250
80...150	200	300

Таблица 2.4 – Параметры, достигаемые после механической обработки

Вид обработки	$Ra$ , мкм	$Rz$ , мкм	$T$ , мкм
Черновая обработка лезвийным инструментом заготовок всех видов 12...14 квалитетов точности	12,5...6,3	50	50
Чистовая обработка лезвийным инструментом и однократная обработка заготовок с малыми припусками	6,3...3,2	30	30

Так как обработка ведется в центрах, погрешность установки для диаметральных размеров принимается равной нулю на каждом технологическом переходе ( $\varepsilon_i = 0$ ).

Суммарное пространственное отклонение  $\rho_{i-1}^{\Sigma \text{заг}}$  для заготовки определяется геометрической суммой кривизны проката  $\rho_{i-1}$  и погрешности зацентровки заготовки  $\rho_{\text{ц}}$  по формуле (2.8), а отклонение от прямолинейности  $\rho_{\text{к}}$  (кривизна) – по формуле (2.6), где  $\Delta_{\text{к}}$  – удельная кривизна заготовки. Для проката  $\Delta_{\text{к}}$  определяем по таблице 2.5; для проката обычной точности при длине заготовки  $L_{\text{заг}} = 105$  мм  $\Delta_{\text{к}} = 0,5$  мкм.

Длина  $l$  принимается равной половине длины детали:

$$l = L_{\text{дет}} / 2 = 100 / 2 = 50 \text{ мм.}$$

Таблица 2.5 – Удельная кривизна заготовок из проката  $\Delta_k$  на 1 мм длины

В микрометрах

Характеристика проката	Длина проката, мм				
	до 120	120...180	180...315	315...400	400...500
Без правки при точности прокатки: обычной высокой	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4

$$\rho_k = 0,5 \cdot 50 = 25 \text{ мкм.}$$

Таблица 2.6 – Сортамент круглого горячекатаного проката по ГОСТ 2590–70

Диаметр, мм	Допуск, мм	Диаметр, мм	Допуск, мм	Диаметр, мм	Допуск, мм	Диаметр, мм	Допуск, мм
10...19 (через 1 мм)	+0,3 -0,5	54	+0,4 -1,0	68	+0,5 -1,1	100 105 110 115 120	+0,6 -1,7
		55		70			
		56		72			
20...25	+0,4 -0,5	58	75				
		59	78				
30...48	+0,4 -0,7	60	80				
		62	82				
50	+0,4 -1,0	63	+0,5	+0,5 -1,3			
52		-1,1					
53		67	90				
				95			

*Примечание – Допуски приведены для проката обычной точности*

Для обработки ступени вала диаметром 18 мм по таблице 2.6 предварительно принимаем диаметр проката (заготовки)  $20_{-0,5}^{+0,4}$  мм. Тогда допуск на принятый диаметр заготовки составит  $T_{\text{заг}} = +0,4 - (-0,5) = 0,9$  мм.

$$\rho_{\text{ц}} = \sqrt{\left(\frac{0,9}{2}\right)^2 + 0,25} = 0,673 \text{ мм} = 673 \text{ мкм.}$$

Следовательно,

$$\rho_{i-1}^{\Sigma} = \sqrt{25^2 + 673^2} = 673 \text{ мкм.}$$

Остаточное пространственное отклонение после каждого технологического перехода рассчитаем при помощи коэффициента уточнения  $k_y$ , который определяется нормативными данными. После чернового точения принимается  $k_y = 0,06$ ; после чистового –  $k_y = 0,04$ .

Тогда после чернового точения

$$\rho_{\text{ост}}^{\text{черн}} = k_y \cdot \rho_{i-1}^{\Sigma} = 0,06 \cdot 673 = 40,38 \approx 40 \text{ мкм.}$$

Все расчетные значения записываем в таблицу 2.2.

Расчет минимальных значений припусков производим, пользуясь формулой (2.2):

$$2Z_{\text{min}}^{\text{черн}} = 2 \cdot (150 + 150 + 673) = 2 \cdot 973 = 1946 \text{ мкм.}$$

Полученное значение припуска заносим в таблицу 2.2.

Графа таблицы 2.2 «Расчетный размер  $d_p$ » заполняется, начиная с конечного (чертежного) размера  $d_{\text{min дет}} = 18 + (-0,43) = 17,57 \text{ мм}$ , путем последовательного сложения расчетного минимального припуска каждого технологического перехода:

$$d_p^{\text{черн}} = d_{\text{min дет}} + 2Z_{\text{min}}^{\text{черн}} = 17,57 + 2 \cdot 0,973 = 19,516 \text{ мм.}$$

Наибольшие предельные размеры находим путем прибавления допуска к округленному наименьшему предельному размеру. Значения допусков для каждого перехода принимаются по таблицам в соответствии с качеством того или иного вида обработки. Находим допуски на каждый технологический переход и заготовку и заносим в таблицу. Согласно условию размер задан с отклонениями  $\text{Ø}18_{-0,43}$ . Этот размер обеспечивается черновым точением с допуском  $Td_{\text{черн}} = 430 \text{ мкм} = 0,43 \text{ мм}$ . Для заготовки допуск определяли ранее исходя из предельных отклонений для проката по таблице 2.6. Для диаметра  $20_{-0,5}^{+0,4} T_3 = 900 \text{ мкм} = 0,9 \text{ мм}$ .

Наименьшие предельные размеры определяем из расчетных округленных размеров сложением допусков соответствующих переходов:

$$d_{\text{max}}^{\text{черн}} = 19,516 + 0,43 = 19,946 \text{ мм ;}$$

$$d_{\text{max}}^{\text{заг}} = 19,946 + 0,9 = 20,846 \text{ мм}$$

и заносим в расчетную таблицу.

Предельные значения припусков  $Z_{\text{max}}^{\text{пр}}$  определяем как разность наибольших предельных размеров:

$$2Z_{\text{max черн}}^{\text{пр}} = 20,846 - 19,946 = 2,416 \text{ мм.}$$

Общие припуски  $Z_{\text{o min}}$  и  $Z_{\text{o max}}$  определяем, суммируя промежуточные припуски:

$$2Z_{o \min} = 1946 = 1946 \text{ мкм};$$

$$2Z_{o \max} = 2416 = 2416 \text{ мкм}$$

и записываем их значения внизу соответствующих граф расчетной таблицы.

Общий номинальный припуск для наружных поверхностей определяем по формуле (2.9):

$$Z_{\text{об.ном}} = 1946 + 500 - 430 = 2016 \text{ мкм.}$$

Номинальный размер заготовки

$$d_{\text{з ном}} = d_{\text{д.ном}} + Z_{\text{об.ном}} = 18 + 2,016 = 20,016 \text{ мм.}$$

Окончательно принимаем стандартный диаметр (заготовки) проката  $21_{-0,5}^{+0,4}$  мм по таблице 2.6.

### Задание

Для ступени вала  $d_{\text{дет}}$  по рисунку 2.2 рассчитать операционные и общие припуски на механическую обработку в центрах, по расчетным значениям подобрать диаметр проката, рассчитать длину заготовки и количество заготовок, получаемых из одного прутка. Маршрут обработки детали включает однократное точение с достижением точности размера по качеству, принятому из таблицы 2.7. Принять при расчетах длину обработки  $L_1 = d_{\text{дет}}$ .

Таблица 2.7 – Задания для расчета припусков

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$d_{\text{дет}}$	25	35	45	55	58	60	68	28	40	54
$L_{\text{дет}}$	125	160	215	110	300	115	260	64	82	72
Квалитет	14	12	13	14	12	13	14	12	13	14

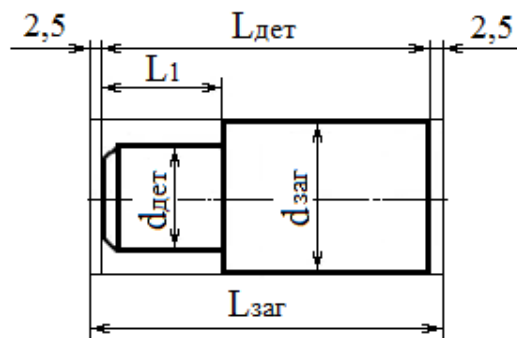


Рисунок 2.2 – Эскиз вала



### **Порядок выполнения задания**

- 1 В отчете вычертить эскиз вала, представленного на рисунке 2.2.
- 2 Записать в отчет условие задания с исходными данными по выданному преподавателем варианту из таблицы 2.7.
- 3 В отчете расчертить расчетную таблицу 2.2.
- 4 Используя пример, рассчитать операционные и общие припуски, результаты расчетов свести в таблицу 2.2.
- 5 Рассчитать длину заготовки и количество заготовок, получаемых из одного прутка, по формулам (2.11) и (2.12).

### **Контрольные вопросы**

- 1 Какие виды заготовок используются для изготовления валов?
- 2 Из каких основных компонентов складывается операционный припуск?
- 3 Что такое операционный припуск?
- 4 Что такое общий припуск, как он рассчитывается?
- 5 Как рассчитывается допуск на размер заготовки?

## **3 Анализ динамики трудовых затрат технологического процесса**

Технологический процесс производства продукции сопровождается соответствующими трудовыми затратами. Сопоставляя затраты труда на производство разных видов продукции, можно сравнивать эти процессы. Труд выступает единой, общей для всех видов технологических процессов оценкой их качества с точки зрения потребляемых ресурсов в процессе производства продукции.

На производство продукции требуются затраты живого и прошлого (овеществленного) труда.

*Живой труд* – это целенаправленные действия человека, а *прошлый* – действия машины (станка, устройства и т. д.). В общем случае человек и (или) машина выполняют требуемые технологические действия, затрачивая при этом свои ресурсы. Осуществление этих действий требует издержек на заработную плату, покупку, эксплуатацию и обслуживание машины. Таким образом, труд (вернее, его затраты) расходуется на выполнение требуемых технологических действий, преобразующих сырье в продукт. Отсюда следует, что *ни сырье (предмет труда), ни затраты труда сами по себе не являются элементами технологического процесса.*

К технологическим относятся затраты на реализацию технологических действий. Технологические действия направлены на получение конечного продукта из сырья, стоимость последнего не выступает в качестве технологических затрат.

Затраты живого труда и прошлого труда в сумме образуют все затраты на изготовление продукции, формируя показатель совокупных затрат труда. Каждое совершенствование технологического процесса сопровождается динамикой трудовых затрат, т. е. изменением затрат труда во времени.

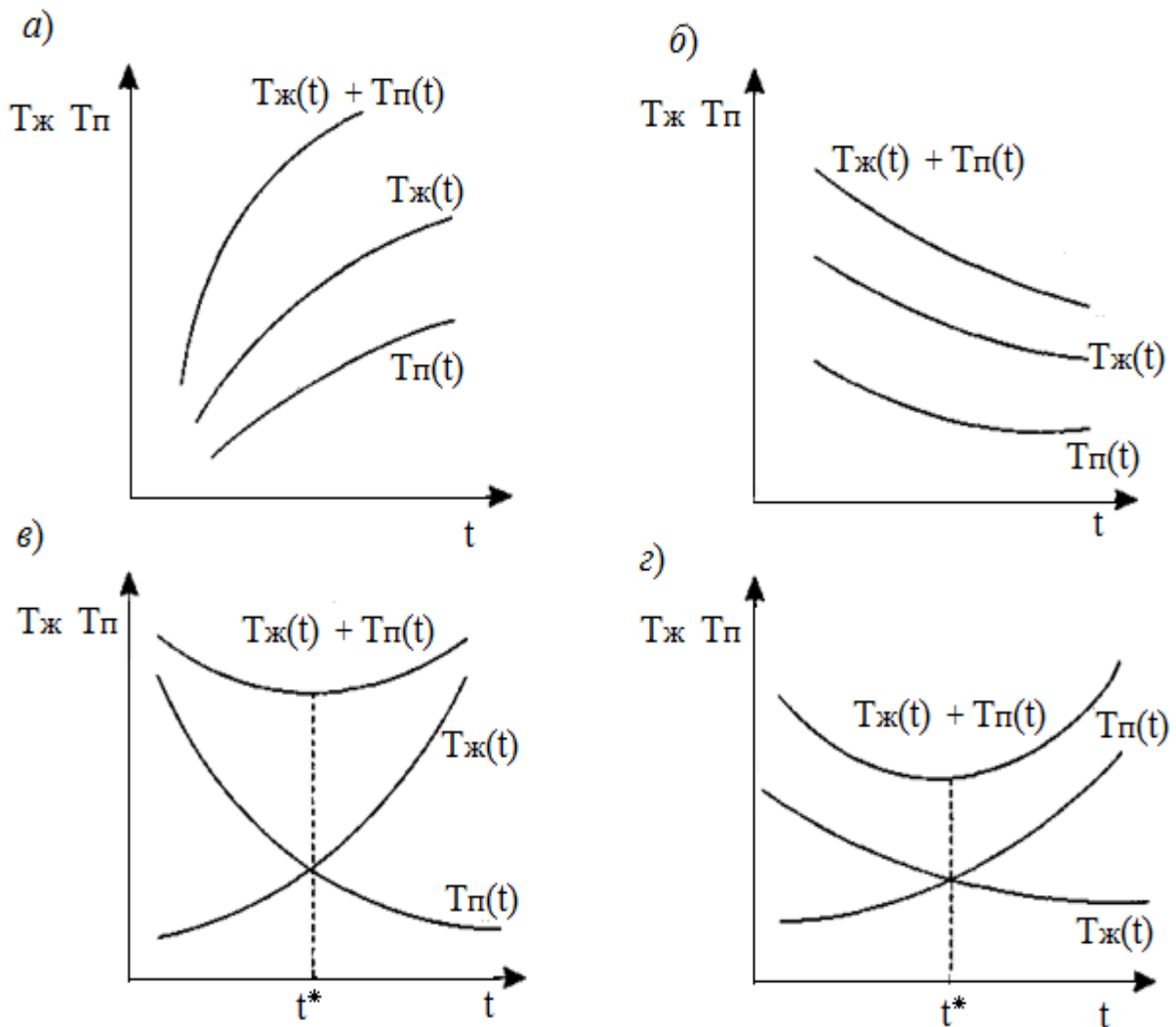
Обозначим через  $T_{ж}(t)$  и  $T_{п}(t)$  изменение во времени удельных, т. е. приходящихся на единицу продукции, затрат живого и прошлого труда соответственно.

Функция суммы  $T_{ж}$  и  $T_{п}$  – это функция изменения удельных затрат совокупного труда во времени. В функциях  $T_{ж}(t)$  и  $T_{п}(t)$  время  $t$  является непрерывным.

В общем случае изменение живого и прошлого труда может идти следующими путями:

- одновременное снижение или повышение затрат живого и прошлого труда;
- замещение одного вида труда другим.

На рисунке 3.1 схематично изображены данные варианты динамики трудовых затрат.



а) одновременное повышение  $T_{ж}$  и  $T_{п}$ ; б) одновременное снижение  $T_{ж}$  и  $T_{п}$ ; в) повышение  $T_{ж}$  и снижение  $T_{п}$ ; г) снижение  $T_{ж}$  и повышение  $T_{п}$

Рисунок 3.1 – Варианты изменения трудовых затрат во времени

Вариант 3.1, *а* предполагает постоянное повышение затрат живого и прошлого труда и, как следствие, повышение совокупных трудозатрат. При этом производительность труда будет постоянно снижаться. Данный вариант в дальнейшем не будет рассматриваться, т. к. он является экономически нецелесообразным.

Вариант 3.1, *б*, наоборот, предполагает постоянное снижение трудозатрат на производство продукции. Очевидно, что производительность труда при этом растет, причем данный рост неограничен во времени. Поэтому такой вариант называют *неограниченным вариантом динамики трудозатрат*.

Варианты 3.1, *в* и *г* иллюстрируют рост одного из видов труда при уменьшении другого, т. е. речь идет о взаимозамещении живого и прошлого труда. С позиции экономики нужно идти на увеличение одного из видов труда только тогда, когда оно сопровождается большим снижением труда другого вида и, следовательно, уменьшением совокупных трудозатрат в целом. Однако такое взаимозамещение экономически целесообразно лишь до момента времени  $t^*$  (см. рисунок 3.1, *в* и *г*), пока совокупные затраты труда уменьшаются. После  $t^*$  наблюдается их рост, который экономически невыгоден.

Вариант 3.1, *в* предусматривает снижение прошлого труда за счет роста живого. Это экономически выгодно, когда человеческий труд дешевле машинного. Но исторически наблюдается противоположная тенденция: труд человека заменяется действиями машин и технических устройств, т. е. вариант 3.1, *в* противоречит мировой исторической тенденции научно-технического прогресса и доводам разума: машина замещает действия человека, но не наоборот. Поэтому такой вариант является ошибочным по смыслу, хотя и может быть экономически выгодным.

На практике находит широкое применение другой вариант изменения трудозатрат, показанный на рисунке 3.1, *г*. Труд человека заменяется на действия машин.

Основной причиной замены действий человека на действия производственной техники является прямое назначение машин или устройств. Они предназначены для замещения действий человека.

Однако из рисунка 3.1, *г* хорошо видно, что замещение живого труда прошлым со временем становится нецелесообразным. Если до момента времени  $t^*$  оно ведет к снижению совокупных трудозатрат, то после – к возрастанию. Поэтому при использовании данного варианта важно предвидеть момент наступления экономического предела выгоды замещения живого труда прошлым. Вариант замещения ручного труда машинным называют *ограниченным вариантом динамики трудозатрат* при развитии технологического процесса.

На практике зависимости  $T_{ж}(t)$  и  $T_{п}(t)$  получают на основании обработки статистической отчетности предприятий за определенный период и прогнозирования динамики изменения трудозатрат. Здесь  $T_{ж}(t)$  и  $T_{п}(t)$  – удельные (на единицу прибыли) затраты живого и прошлого труда соответственно, рублей (затрат труда) / рублей (прибыли).

Вариант динамики трудозатрат определяется исходя из поведения кривых  $T_{\text{ж}}(t)$ ,  $T_{\text{п}}(t)$  и  $T_{\text{с}}(t)$ . В случае наличия ограниченного варианта динамики очень важно установить момент времени, до которого такое развитие целесообразно (экономический предел накопления прошлого труда). Вначале этот момент времени определяют графически, а затем для получения более точного результата – алгебраически (исследуя функцию совокупных трудозатрат на экстремум). Если  $T_{\text{ж}}(t)$ ,  $T_{\text{п}}(t)$  и  $T_{\text{с}}(t)$  – нелинейные функции, то  $t^*$  находим с помощью производной от полученной суммы и приравниваем ее к нулю.

$$T_{\text{с}}(t) = T_{\text{ж}}(t) + T_{\text{п}}(t). \quad (3.1)$$

Из полученного уравнения находим  $t^*$ . Также рассчитываем  $T_{\text{п}}(t^*)$ .

Если  $T_{\text{ж}}(t)$ ,  $T_{\text{п}}(t)$  и  $T_{\text{с}}(t)$  – линейные функции, то  $t^*$  находим графически. Смотрим по графику, где  $T_{\text{с}}$  принимает минимальное значение, и находим в этой точке значение  $t^*$ . Также рассчитываем  $T_{\text{п}}(t^*)$ .

При развитии технологического процесса затраты живого труда всегда должны уменьшаться, т. к. всякое общество заинтересовано в снижении затрат именно живого труда (труда людей) при производстве продукции. Причем затраты прошлого труда могут либо возрастать, либо уменьшаться.

В зависимости от того, какой труд экономится в большей степени (в случае неограниченного варианта динамики), процесс развития называют *трудоэкономным* (преобладает экономия живого труда) или *фондоэкономным* (преобладает экономия прошлого труда).

Для того чтобы определить, какое развитие имеет место в данном случае, необходимо посмотреть по графику, что снижается быстрее (ближе к осям) –  $T_{\text{ж}}(t)$  или  $T_{\text{п}}(t)$ . При экономии живого труда за счет роста прошлого (ограниченный вариант динамики) процесс развития всегда имеет *трудоэкономный характер*.

Важно также установить, в какой степени снижаются затраты живого труда по мере роста затрат прошлого труда, т. е. определить тип отдачи от дополнительных затрат прошлого труда. Нужно сравнить величину прироста прошлого труда и соответствующего уменьшения труда живого, т. е. исследовать характер экономии живого труда от величины прироста прошлого труда. Для этого необходимо исследовать зависимость

$$T_{\text{ж}} = f(T_{\text{п}}). \quad (3.2)$$

Исследование можно проводить, либо построив график в координатах  $T_{\text{ж}} - T_{\text{п}}$ , либо продифференцировав функцию (3.2). Значение производной этой функции задает отношение  $\Delta T_{\text{ж}}/\Delta T_{\text{п}}$ :

$$(T_{\text{ж}})'T_{\text{п}} = -dT_{\text{ж}}/dT_{\text{п}} \approx -\Delta T_{\text{ж}}/\Delta T_{\text{п}}. \quad (3.3)$$

Знак «минус» означает убывание значения живого труда. Чтобы этот знак не ввел в заблуждение, необходимо взять модуль производной.

Если значение модуля производной (отношения  $\Delta T_{\text{ж}}/\Delta T_{\text{п}}$ ) увеличивается с ростом  $T_{\text{п}}$ , что равнозначно увеличению времени, – реализуется возрастающий тип отдачи от дополнительных затрат прошлого труда, если уменьшается – убывающий, не изменяется – постоянный. Производительность живого труда связана с затратами живого труда следующим соотношением:

$$L = 1/T_{\text{ж}}. \quad (3.4)$$

### Задание

Построить и исследовать графики изменения трудозатрат во времени. Исходные данные выбрать из таблицы 3.1.

Таблица 3.1 – Удельные затраты живого и прошлого труда

Вариант	$T_{\text{ж}}(t)$	$T_{\text{п}}(t)$	Вариант	$T_{\text{ж}}(t)$	$T_{\text{п}}(t)$
1	$4/(t+1)$	$\sqrt{1+t}$	9	$8/(t+1)^2$	$\sqrt{1+t}$
2	$4/(t+1)$	$1+t$	10	$5-t$	$2t+2$
3	$16/(t+1)$	$(1+t)^2$	11	$8/(2t+1)$	$(1+2t)^2$
4	$20-1,5t$	$2+t$	12	$8-t$	$2+t$
5	$6+t$	$2t+1$	13	$2/(2t+5)$	$\sqrt{5+2t}$
6	$2/(t+1)$	$(1+t)^2$	14	$4/(2t+5)$	$2t+5$
7	$4/(t+1)^2$	$1+t$	15	$10-t$	$4+t$
8	$2/(t+1)$	$1+0,2t$	16	$2+t$	$4+t$

### Порядок выполнения работы

1 По заданному преподавателем варианту выписать из таблицы 3.1 варианты динамики удельных затрат живого и прошлого труда.

2 Изобразить график динамики затрат живого, прошлого, совокупного труда в координатах «трудозатраты – время» ( $T-t$ ), при этом на одном графике изобразить три функции:  $T_{\text{ж}}(t)$ ,  $T_{\text{п}}(t)$  и  $T_{\text{с}}(t)$  во временном интервале от 1 до 10 лет.

3 Определить вариант (ограниченный или неограниченный) и вид развития (трудосберегающий или фондосберегающий). Обосновать, почему данный вариант и вид развития являются таковыми.

4 Построить график функции  $T_{\text{ж}} = f(T_{\text{п}})$ .

5 Определить тип отдачи от дополнительных затрат прошлого труда (убывающий, постоянный, возрастающий).

6 Найти экономический предел накопления прошлого труда (аналитически и графически).

7 Определить, совпадает ли экономический предел накопления прошлого труда с абсциссой точки пересечения  $T_{\text{ж}}$  и  $T_{\text{п}}$  (аналитически и графически).

8 Изобразить график динамики производительности живого труда.

9 Дать общую оценку перспектив технологического развития на основе вышеприведенных параметров.

### ***Контрольные вопросы***

1 Можно ли сравнивать технологические процессы, сопоставляя затраты труда на производство продукции? Почему?

2 Затраты какого труда требуются на производство продукции?

3 Что такое живой труд? Почему он получил такое название?

4 Что такое прошлый труд? Почему он получил такое название?

5 Что такое совокупный труд? Почему он получил такое название?

6 Является ли труд элементом технологического процесса?

7 Какие пути изменения трудовых затрат возможны при развитии технологического процесса? Дайте им краткую характеристику.

8 Какой вариант динамики трудовых затрат является экономически нецелесообразным? Почему?

9 Какой вариант динамики трудовых затрат представляет собой неограниченное развитие технологического процесса? Почему?

10 Какой вариант динамики трудовых затрат является бесперспективным?

11 Какой вариант динамики трудовых затрат представляет собой ограниченное развитие технологического процесса? Почему?

12 Что представляет собой экономический предел накопления прошлого труда?

13 Какой вид развития технологического процесса называют трудосберегающим и фондосберегающим?

14 Как связана производительность живого труда с затратами живого труда?

## **4 Определение показателей механизации и автоматизации труда**

### ***4.1 Общие сведения о механизации и автоматизации производства, показатели механизации и автоматизации труда***

*Механизация и автоматизация производственных процессов* – это комплекс мероприятий по широкой замене ручных операций машинами и механизмами, внедрению автоматических станков, отдельных линий и производства.

Механизация производства непрерывно развивается, совершенствуется, переходит от низших к более высоким формам: от ручного труда к частичной, малой и комплексной механизации и далее – к высшей форме механизации – автоматизации.

В механизированном производстве значительная часть трудовых операций выполняется машинами и механизмами, меньшая – вручную. Это частичная (некомплексная) механизация, при которой могут быть отдельные слабо механизированные звенья.

*Комплексная механизация* – это способ выполнения всего комплекса работ, входящий в данный производственный цикл, машинами и механизмами.

#### ***Основные показатели механизации работ.***

Уровень механизации и автоматизации производства определяется тремя основными показателями (эти методы являются единичными для всех отраслей машиностроения):

1) степенью охвата рабочих механизированным трудом или коэффициентом механизации труда  $C$ ;

2) уровнем механизированного труда в общих трудовых затратах  $У$ ;

3) уровнем механизации и автоматизации производственных процессов  $d_{п}$ .

Для расчета уровня механизации необходимы следующие исходные данные:

- количество основных и вспомогательных рабочих;
- перечень оборудования и инструмента, применяемого при механизированном и механизировано-ручном способе выполнения работ;

- числовые значения коэффициентов механизации оборудования и механизированного инструмента;

- количество основных и вспомогательных рабочих. Определяется для действующих предприятий (подразделений) по плановой численности явочных рабочих с учетом всех смен работы; для проектируемых предприятий (подразделений) – по технологическому расчету;

- перечень оборудования и инструмента, которым оснащены производственные подразделения. Включает подъемно-транспортное, уборочно-моечное, смазочно-заправочное, диагностическое, шиномонтажное, кузнечно-прессовое, металло- и деревообрабатывающее, разборочно-сборочное и другое технологическое оборудование, а также механизированный инструмент;

- приборы и аппаратура, имеющая электрические, гидравлические, пневматические и другие приводы.

Оборудование, приспособления и инструмент, не имеющие механизированных приводов, в этот перечень не включаются.

## ***4.2 Расчет степени охвата рабочих механизированным трудом***

*Коэффициент механизации труда или степень охвата рабочих механизированным трудом* – величина, измеряемая отношением количества рабочих, занятых на механизированных работах, к общей численности рабочих на данном участке, предприятии.

*Общая степень охвата рабочих механизированным трудом, %*, в подразделениях рассчитывается по формуле

$$C = C_m + C_{mp}, \quad (4.1)$$

где  $C_M$  – степень охвата рабочих механизированным трудом, %;

$C_{MP}$  – степень охвата рабочих механизировано-ручным трудом, %.

*Степень охвата рабочих механизированным трудом, %*, рассчитывается по формуле

$$C_M = (P_M / P) \cdot 100, \quad (4.2)$$

где  $P_M$  – количество рабочих во всех сменах в данном подразделении, выполняющих работу механизированным способом, чел.;

$P$  – общее количество рабочих во всех сменах на рассматриваемом участке (цехе и т. п.).

*Степень охвата рабочих механизировано-ручным трудом, %*, рассчитывается по формуле

$$C_{MP} = (P_{MP} / P) \cdot 100, \quad (4.3)$$

где  $P_{MP}$  – количество рабочих во всех сменах, выполняющих работу механизировано-ручным способом, чел.

Тогда общая степень охвата рабочих механизированным трудом

$$C = \frac{P_M + P_{MP}}{P} 100. \quad (4.4)$$

### **4.3 Расчет уровня механизированного труда в общих трудовых затратах**

*Общий уровень механизированного труда в общих трудовых затратах, %*, в подразделении рассчитывается по формуле

$$Y_M = Y_{MT} + Y_{MP}, \quad (4.5)$$

где  $Y_{MT}$  – уровень механизированного труда в общих трудовых затратах, %;

$Y_{MP}$  – уровень механизировано-ручного труда в общих трудовых затратах, %.

*Уровень механизации труда в общих трудовых затратах, %*, рассчитывается по формуле

$$Y_{MT} = \frac{\sum P_{mi} \cdot K_i \cdot O \cdot \Pi}{P} 100\%, \quad (4.6)$$

где  $\sum P_{mi}$  – количество рабочих, выполняющих работу полностью механизированным способом на соответствующем оборудовании, чел.;



$K_i$  – коэффициенты механизации оборудования, используемого соответствующим рабочим;

$O$  – коэффициент обслуживания или коэффициент многостаночности, выражающий количество единицы оборудования, охватываемого одним рабочим. При обслуживании одного оборудования одним рабочим  $O = 1$ ; несколькими рабочими  $O < 1$ ;

$\Pi$  – коэффициент производительности оборудования.

Уровень механизировано-ручного труда в общих трудовых затратах, %, рассчитывается по формуле

$$y_{\text{MP}} = \frac{\sum P_{\text{MP}i} \cdot I_i \cdot \Pi}{P} 100 \%, \quad (4.7)$$

где  $P_{\text{MP}i}$  – количество рабочих, выполняющих работу механизировано-ручным способом на соответствующем оборудовании, чел.;

$I_i$  – коэффициент простейшей механизации оборудования, используемого соответствующим рабочим.

Тогда общий уровень механизированного труда в общих трудовых затратах

$$y = \frac{\sum P_{\text{M}n} \cdot K_n \cdot O \cdot \Pi + \sum P_{\text{MP}n} \cdot I_n \cdot \Pi}{P} \cdot 100 \%. \quad (4.8)$$

Числовые значения коэффициентов механизации определяются для каждой единицы оборудования в перечне. Для оборудования, применяемого при механизированном способе выполнения работ, используется коэффициент механизации  $K$ ; для оборудования, применяемого при механизировано-ручном способе, – коэффициент простейшей механизации  $I$ .

Примерные укрупненные числовые значения коэффициентов механизации рассчитываются по формулам

$$K = t_{\text{об}} / t_{\text{см}}; \quad (4.9)$$

$$I = (t_{\text{об}} / t_{\text{см}}) \cdot 0,3, \quad (4.10)$$

где  $t_{\text{об}}$  – суммарное время работы оборудования за сутки, ч;

$t_{\text{см}}$  – суммарная продолжительность смен работы подразделения, ч.

Установлено, что в среднем время работы механизированного инструмента составляет не более 30 % от продолжительности использования этого инструмента, поэтому в расчетах значение коэффициента принимается не более 0,3. Значение коэффициента  $I$  можно вычислить для любого механизированного инструмента.

Например, если в течение смены механизированный инструмент используется 3,2 ч, а общая продолжительность смены составляет 8 ч, то

$$I = (3,2 / 8) \cdot 0,3 = 0,12.$$

*Коэффициент производительности оборудования П* – это отношение трудоемкости изготовления детали на так называемом приведенном оборудовании с низшей производительностью, принятой за базу  $T_0$ , к трудоемкости  $T$  оборудования (более производительного).

Ориентировочные укрупненные значения коэффициентов механизации  $K$  и производительности оборудования  $П$  приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Коэффициенты механизации и производительности оборудования

Вид оборудования	$K$	$П$
Разборочно-сборочные испытательные стенды	0,45...0,5	1,5...2,0
Специализированные устройства для операции контроля, маркировки, контрольные стенды	0,81...0,9	3,0...5,0
Конвейерные моечные машины, окрасочные и сушильные камеры, специализированное оборудование для нанесения покрытий	0,65...0,7	3,0...5,0
Специализированные установки для очистки деталей, ванны для сварки деталей и для гальванического участка	0,5...0,65	1...1,7
Термическое, нагревательное и сварочное оборудование	0,6...0,8	1,5...2,5
Ремонтное оборудование (кантователи для ремонта кузовов и др.)	0,3...0,4	1,5...3,0
Кузнечно-прессовое оборудование	0,35...0,4	1,5...3,0
Подъемно-транспортное оборудование	1,0	1,0...0,8
Металлорежущие станки	0,72	1,75
Деревообрабатывающие станки	0,35...0,5	1,2...1,4
Ручной механизированный инструмент	–	1,0

#### **4.4 Расчет временных показателей уровня механизации (автоматизации) процесса**

Уровень механизации и автоматизации производства в целом будет выражен числом механизированных цехов, участков, числом автоматизированных поточных линий, числом станков с ЧПУ, промышленных роботов и манипуляторов, гибких автоматизированных систем, используемых на предприятии.

При оценке рациональности трудового процесса с нормативными значениями сравниваются фактические значения коэффициента механизации труда, действующие нормы труда, занятость рабочего полезной работой в норме штучного времени, использование сменного фонда рабочего времени.

Время механизированного труда включает в себя машинное (основное) время работы машин, оборудования и механизмов и время вспомогательных приемов, выполняемых механизированным способом. Коэффициент  $K$  всегда меньше или равен единице и зависит от характера оборудования и его оснащенной специализированной оснасткой.

В зависимости от времени использования труда или объема выполняемой полезной работы показатели уровня механизации (автоматизации) разделяются на:

- временные;
- энергетические (рассчитываемые по объемам работ).

Временные показатели уровня механизации (автоматизации) разделяются на показатели живого труда и показатели процесса.

Показатели живого труда

$$d_T = \sum T_M^{A(M)} / \sum T_{шт}, \quad (4.11)$$

где  $\sum T_M^{A(M)}$  – сумма машинного (А – при автоматизации) времени, не перекрытого ручным временем, мин;

$\sum T_{шт}$  – сумма всех штучных времен, мин.

Показатели процесса

$$d_{\Pi} = \sum T^{A(M)} / \sum T_{шт}, \quad (4.12)$$

где  $\sum T^{A(M)}$  – сумма всего машинного (А – при автоматизации) времени, мин.

Энергетический показатель

$$Q = \sum \mathcal{E}^{A(M)} / (\sum \mathcal{E}^M + \sum \mathcal{E}^P), \quad (4.13)$$

где  $\sum \mathcal{E}^{A(M)}$  – сумма полезной работы машин (А – при автоматизации), кВт;

$\sum \mathcal{E}^M$  – сумма полезной ручной работы людей (при автоматизации), кВт·ч.

Модель расчетной формулы любого вспомогательного показателя

$$d_i = N_i^{A(M)} / \sum N_i, \quad (4.14)$$

где  $d_i$  – степень механизации (автоматизации)  $i$ -го компонента процесса;

$N_i^{A(M)}$  – число  $i$ -х компонентов, например рабочих, труд которых механизирован (автоматизирован);

$\sum N_i$  – общее число  $i$ -х компонентов, например рабочих, участвующих в выполнении обследуемых технологических процессов.

**Пример** – Рассчитать показатели уровня механизации производственных процессов на участке по ремонту приборов системы питания. Исходные данные взять из таблицы 4.2.

Таблица 4.2 – Исходные данные

Наименование оборудования	Количество оборудования, шт.	Распределение рабочих по рабочим местам, чел.			Коэффициент механизации		Коэффициент производительности	Машинное время $T_m$ , мин	Штучное время $T_{шт}$ , мин
		$P_m$	$P_{mp}$	$P_p$	$K$	$I$			
Установка для проверки карбюраторов	1	1			0,25		1,5	2,0	4,3
	1	1					1,5	2,0	4,3
Стенд для проверки топливной аппаратуры	1		1		0,25	0,075	1,5	2,0	5,2
	1		1			0,113	1,5	3,0	6,5
Итого	4	2	2	0				9,0	20,3

### Решение

Степень охвата рабочих механизированным трудом рассчитаем по формуле (4.4):

$$C_m = 100 \cdot (2 + 2) / 4 = 100 \%$$

Уровень механизированного труда в общих трудозатратах рассчитаем по формуле (4.6):

$$Y_{MT} = \frac{2 \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 1,5}{4} 100 \% = 18,7 \%$$

Уровень механизировано-ручного труда в общих трудозатратах рассчитаем по формуле (4.7):

$$Y_{MP} = \frac{(1 \cdot 0,075 + 1 \cdot 0,113) \cdot 1,5}{4} \cdot 100 = 7,1 \%$$

Общий уровень механизированного труда в общих трудозатратах рассчитаем по формуле (4.8):

$$Y_m = 18,7 + 7,1 = 25,8 \%$$

Показатели процесса определяем по формуле (4.12):

$$d_{II} = 9 / 20,3 = 0,44$$

### Задание

Рассчитать показатели уровня механизации производственных процессов на двух сборочных участках. Исходные данные взять из таблиц 4.3 и 4.4.

### Порядок выполнения работы

1 Записать условие задачи. Для двух вариантов сборочного участка (таблица 4.3 или 4.4) расчертить в отчете таблицу с исходными данными.

2 Рассчитать показатели уровня механизации производственных процессов на одном и втором участках, используя пример расчета.

3 Сравнить оба участка по общему уровню механизированного труда в общих трудозатратах. Записать в отчете вывод.

Таблица 4.3 – Исходные данные для первого сборочного участка

Наименование операции	Наименование оборудования	Количество оборудования, шт.	Распределение рабочих по рабочим местам, чел.			Коэффициент механизации		Коэффициент производительности	Машинное время $T_m$ , мин	Штучное время $T_{шт}$ , мин
			$P_m$	$P_{mr}$	$P_r$	$K$	$I$			
Сборка	Стенд сборочный	1	1			0,45			16,3	23
Прессовая	Пресс	1	1			0,35		1,5	3,5	14
Разметочная	Керн Молоток	1			1				–	4,8
		1								
Сверлильная	Вертикально-сверлильный станок	1	1			0,72		1,75	2,7	6,3
Сборка	Шуруповерт	1		1			0,3	1	10	15
Контрольная	Штанген-циркуль	1			1				–	2,1
Итого										

Таблица 3.4 – Исходные данные для второго сборочного участка

Наименование оборудования	Количество оборудования, шт.	Распределение рабочих по рабочим местам, чел.			Коэффициенты механизации		Коэффициент производительности	Машинное время $T_m$ , мин	Штучное время $T_{шт}$ , мин
		$P_m$	$P_{mr}$	$P_r$	$K$	$I$			
Сварочный аппарат	1	1			0,6		1,5	5,2	14,4
Керн Молоток	1			1			–	–	4,8
	1								
Вертикально-сверлильный станок	1	1			0,72		1,75	2,7	6,3
Напильник	1			1			–	–	3,2
Шуруповерт	1		1			0,3	1	10	15
Пресс	1	1			0,35		1,5	3,5	14
Штангенциркуль	1			1			–	–	2,1

### **Контрольные вопросы**

- 1 Что такое механизация и автоматизация производственных процессов?
- 2 Какие основные показатели механизации работ?
- 3 Что такое коэффициент механизации труда?
- 4 Как определяется общий уровень механизированного труда?
- 5 Что такое коэффициент производительности оборудования?
- 6 Какие коэффициенты механизации учитываются для расчетов уровня механизации?
- 7 Как делятся показатели уровня механизации в зависимости от времени использования труда или объема выполняемой полезной работы?

## **5 Технико-экономическая оценка технологического процесса механической обработки**

### **5.1 Теоретические положения**

Завершающей стадией в разработке технологического процесса механической обработки является установление технических норм времени для каждой операции.

Под технико обоснованной нормой принимают такую норму времени, которая устанавливается на выполнение конкретной операции технологического процесса.

*Норма времени* – это время выполнения некоторого объема работ в определенных производственных условиях одним или несколькими исполнителями соответствующей квалификации.

Величина, обратная норме времени, является нормой выработки.

*Норма выработки* – это количество изделий, которое необходимо изготовить в единицу времени (час, смену) в условиях конкретного производства.

В современном машиностроительном производстве установление технико обоснованных норм времени производится расчетно-аналитическим путем. В основе расчета находится определение нормы штучного  $t_{шт}$  (для массового и крупносерийного производства) или штучно-калькуляционного  $t_{шт-к}$  времени (для единичного, мелко- и среднесерийного).

Норма времени обычно устанавливается на технологическую операцию и служит для выполнения экономических расчетов и нормирования труда рабочих. Такая норма времени называется нормой штучно-калькуляционного времени. Она определяется по соотношению

$$t_{шт-к} = t_{шт} + t_{п-з}/N, \quad (5.1)$$

где  $t_{шт}$  – штучное время – время на выполнение работы, равной единице нормирования;

$t_{п-з}$  – подготовительно-заключительное время на партию  $n$  обрабатываемых заготовок;

$N$  – количество деталей в партии, шт.

При техническом нормировании норма штучного времени рассчитывается по формуле

$$t_{шт} = t_o + t_b + t_{обсл} + t_{отд}, \quad (5.2)$$

где  $t_o$  – основное технологическое время;

$t_b$  – вспомогательное время (установка и снятие детали  $t_{yc}$ , подвод и отвод инструмента, включение станка и подачи  $t_{уп}$ , смена инструмента, контрольные измерения и др.  $t_{изм}$ ),

$$t_b = t_{yc} + t_{уп} + t_{изм}; \quad (5.3)$$

$t_{обсл}$  – время обслуживания (технического и организационного) рабочего места, включающего уход за рабочим местом в течение рабочей смены и организацию самой работы;

$t_{отд}$  – время на отдых и личные потребности рабочего.

Составляющие  $t_{обсл}$  и  $t_{отд}$  штучного времени принимаются в процентах от оперативного времени по нормативам. Также по нормативам выбирается вспомогательное время  $t_b$ .

Оперативное время определяется суммированием основного и вспомогательного времени:

$$t_{оп} = t_o + t_b. \quad (5.4)$$

Затраты времени на техническое  $t_{тех.о}$  и организационное  $t_{орг.о}$  обслуживание рабочего места в серийном производстве по отдельности не нормируются и составляют 3,5 % от оперативного:

$$t_{обсл} = t_{тех.о} + t_{орг.о} = 0,035 \cdot t_{оп}.$$

Затраты времени на перерывы и отдых принимаем в размере 4 % от оперативного. Тогда время на обслуживание и отдых при решении задачи можно принять 7,5 % от оперативного:

$$t_{обсл} + t_{отд} = 0,075 \cdot T_{оп}. \quad (5.5)$$

При больших  $N$  (массовое производство) подготовительно-заключительное время при определении  $t_{штк}$  может не учитываться, и в этом случае  $t_{штк} = t_{шт}$ .

Штучно-калькуляционное время выражают формулой

$$t_{шт-к} = t_{шт} + (t_{п-з}/N), \quad (5.6)$$

где  $t_{п-з}$  – подготовительно-заключительное время, мин.

Подготовительно-заключительное время включает время на наладку станка, инструмента, приспособлений, а также время на получение инструмента и приспособлений до начала и сдачу их после окончания обработки и нормируется в зависимости от вида оборудования.

Основное (машинное) время на операцию нормируется исходя из оптимальных режимов резания – глубины резания, подачи и скорости резания. Это время определяется по формуле

$$t_o = (L_{рх} \cdot i) / (n \cdot S), \quad (5.7)$$

где  $L_{рх}$  – длина рабочего хода инструмента или детали в направлении подачи, мм;

$i$  – количество рабочих ходов, шт.;

$n$  – частота вращения шпинделя станка, об/мин;

$S$  – подача, мм/об.

Длина рабочего хода

$$L_{рх} = l + \Delta, \quad (5.8)$$

где  $l$  – длина обработки по чертежу, мм;

$\Delta$  – дополнительная длина на врезание и перебег инструмента, мм.

Частота вращения шпинделя (заготовки)  $n$  определяется как

$$n = (1000 \cdot V) / (\pi \cdot D), \quad (5.9)$$

где  $V$  – скорость резания, м/мин;

$D$  – диаметр обрабатываемой детали, мм.

Приведенная формула (5.7) для определения основного (машинного) времени видоизменяется в зависимости от способов обработки деталей. При выполнении приближенных расчетов основного времени можно использовать рекомендации, представленные в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Формулы для приближенного определения основного времени по размерам обрабатываемой поверхности

Вид механической обработки поверхности детали	Формула для определения $t_o$ , ( $t_o \cdot 10^{-3}$ ) мин
Черновое точение за один рабочий ход (14...12 квалитет)	$0,17dl$
Точение по 11 квалитету	$0,1dl$
Точение по 10...8 квалитету	$0,17dl$

Величину  $t_{шт}$  ориентировочно можно определить как долю основного (технологического) времени:

$$t_{шт} = 2,14 \cdot t_o. \quad (5.10)$$



Стоимость механической обработки определяется зависимостью

$$C_o = (C_{пз} \cdot T_{шт}) / 60, \quad (5.11)$$

где  $C_{пз}$  – часовые приведенные затраты.

**Пример** – Определить норму штучно-калькуляционного времени и стоимость обработки для точения ступени вала наружной цилиндрической поверхности диаметром 25 мм, длиной 20 мм на токарно-винторезном станке при установке вала в центрах. Заготовка – круглый горячекатаный прокат. Точение проводится за два технологических перехода: черновое точение, при котором достигается 11 квалитет точности, и чистовое точение до 8 квалитета точности. Количество деталей в партии  $N = 15$  шт. Вспомогательное время  $t_B = 1,29$  мин; подготовительно-заключительное время  $t_{п-з} = 7,14$  мин; часовые приведенные затраты  $C_{пз} = 1500$  р./ч.

### Решение

Для условий серийного производства нормируется штучно-калькуляционное время по формуле (5.1). Рассмотрим расчет штучно-калькуляционного времени для токарной операции. Определим составляющие штучного времени.

Первый переход токарной операции состоит из предварительного точения, которое обеспечивает получение точности размера по 11 квалитету.

Основное время рассчитаем приближенно по формулам таблицы 5.1:

$$t_{o1} = 0,1 \cdot d \cdot l,$$

$$t_{o1} = 0,1 \cdot 25 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 0,05 \text{ мин.}$$

Второй переход токарной операции состоит из чистового обтачивания, которое обеспечивает точность размера по 8 квалитету. Основное время рассчитаем по зависимости (таблица 5.1)

$$t_{o2} = 0,17 \cdot d \cdot l = 0,17 \cdot 25 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 0,085 \text{ мин.}$$

Суммарное основное время для токарной операции составит:

$$t_o = t_{o1} + t_{o2} = 0,05 + 0,085 = 0,133 \text{ мин.}$$

Записываем найденное значение в сводную таблицу 5.2.

Для определения нормы штучного времени к  $t_o$  следует добавить другие составляющие формулы (5.2).

Общее вспомогательное время на токарную операцию дано в исходных данных:  $t_B = 1,29$  мин.

Таблица 5.2 – Сводная таблица норм времени в минутах

Наименование операции	Составляющая штучно-калькуляционного времени, мин							
	$t_o$	$t_{всп}$	$t_{оп}$	$t_{обс}$	$t_{отд}$	$t_{шт}$	$t_{п.з}$	$t_{шт-к}$
Токарная								
1 Точение черновое	0,133	1,29	1,423	0,049	0,056	1,528	7,14	2,004
2 Точение чистовое								

Оперативное время рассчитываем по формуле (5.4):

$$t_{оп} = 0,133 + 1,29 = 1,423 \text{ мин.}$$

Время на обслуживание рабочего места включает несколько составляющих. Затраты времени на техническое и организационное обслуживание рабочего:

$$t_{тех.о} + t_{орг.о} = 0,035 \cdot t_{оп} = 0,035 \cdot 1,423 = 0,049 \text{ мин.}$$

Затраты времени на перерывы и отдых принимаем в размере 4 % от оперативного, т. е.

$$t_{отд} = 0,04 \cdot 1,423 = 0,056 \text{ мин.}$$

Штучное время найдем суммированием всех составляющих согласно формуле (5.2):

$$t_{шт} = 0,133 + 1,29 + 0,049 + 0,056 = 1,528 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время для партии деталей  $N = 15$  шт. рассчитаем по формуле (5.1):

$$t_{шт-к} = 1,528 + 7,14/15 = 2,004 \text{ мин.}$$

Полученные значения записываем в таблицу 5.2.

Стоимость обработки поверхности детали рассчитаем по формуле (5.11):

$$C_o = (1500 \cdot 2,004) / 60 = 50,1 \text{ р.}$$

**Задача 1.** Определить штучно-калькуляционное время при токарной обработке поверхности детали диаметром  $D = 130$  мм, длиной  $l = 100$  мм, если заданы:  $t_{всп} = 0,45$  мин;  $t_{п-з} = 7,14$  мин. Количество деталей в партии 120 шт.

**Задача 2.** Определить штучно-калькуляционное время и стоимость при токарной обработке двух поверхностей детали  $D_1 = 105$  мм и  $D_2 = 95$  мм с длинами обработки  $l_1 = 40$  мм и  $l_2 = 120$  мм соответственно, если заданы: величина врезания и перебега резца  $\Delta = 2$  мм; скорость резания  $V = 100$  м/мин; пода-

ча  $S = 0,37$  мм/об;  $t_B = 1,29$  мин; приведенные затраты  $C_{пз} = 1\ 500$  р./ч.;  $T_{п-з} = 7,14$  мин; количество деталей в партии  $N = 40$  шт. Количество рабочих ходов резца при обработке  $i_1 = 1$ ;  $i_2 = 3$ .

**Задача 3.** Определить штучно-калькуляционное время и стоимость при токарной обработке поверхности детали  $D = 145$  мм,  $l = 280$  мм, если заданы: величина врезания и перебега резца  $\Delta = 3$  мм; частота вращения заготовки  $n = 700$  мин<sup>-1</sup>; подача  $S = 0,42$  мм/об;  $t_B = 0,45$  мин;  $t_{п-з} = 7,14$  мин. Количество деталей в партии 60 шт. Приведенные затраты  $C_{пз} = 2\ 500$  р./ч.

### **Контрольные вопросы**

- 1 Общие сведения об обработке металлов резанием.
- 2 Обработка деталей точением, характеристика токарной обработки.
- 3 Элементы режима резания, порядок их выбора при обработке.
- 4 Нормирование токарной обработки, понятие технически обоснованной нормы.
- 5 Общие сведения по технико-экономической оценке токарной обработки.

## **6 Технологические процессы пластической переработки металлов**

### **6.1 Процессы пластической переработки металлов**

Пластической переработкой называется изменение необратимо формы заготовки без ее разрушения. 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.

*Штамповка* заключается в пластической деформации заготовки в объеме, ограниченном специальной оснасткой, называемой штампом. Штамповка подразделяется на объемную и листовую.

При *объемной штамповке* деформация заготовки осуществляется между двумя элементами штамповой оснастки: матрицей и пуансоном. Пуансон представляет собой подвижный элемент оснастки, матрица – неподвижный.

Объемной штамповкой можно получать детали сложной конфигурации, высокой точности и качества поверхности. Максимальный вес паковки для объемной штамповки может достигать 3 т.

*Листовой штамповкой* изготавливают детали простой конфигурации либо плоские, такие как шайбы, накладки, скобы и т. д.

При листовой штамповке часто используются вырубные штампы. Этот вид штамповки хорошо поддается автоматизации и отличается высокой производительностью.

*Ковка* применяется для изготовления крупногабаритных изделий, например коленчатых валов судовых двигателей. Ее называют свободной, т. к. деформация осуществляется ударным инструментом и не ограничивается объемом штампа. Под воздействием молота происходит локальная деформация заготовки, в результате которой заготовка приобретает требуемую форму. В отличие от штамповки, при ковке заготовка получается с низким качеством поверхности и точности размеров. Припуск на последующую механическую обработку достаточно большой.

*Волочение* – это процесс формирования заготовки путем протягивания через отверстие волоки.

Волока – инструмент для создания требуемого профиля поперечного сечения заготовки. Материал волоки должен иметь высокую твердость, износостойкость и прочность, чтобы обеспечить сохранность геометрических параметров при многократном нагружении в процессе формирования изделия. Исходной заготовкой является катаный или прессованный металл. Волочением получают проволоку или прутки различного профиля.

Таким образом, заготовительное производство является первой стадией производственного процесса машиностроительного предприятия, определяющей характер технологических операций на последующих стадиях производственного процесса. Поэтому очень важен выбор рационального типа заготовки, т. к. он в значительной степени определяет себестоимость продукции машиностроения. В случае, когда по техническим условиям применимы различные виды заготовок, рациональный тип заготовки может быть выбран только на основе технико-экономических расчетов. При этом предпочтение следует отдавать заготовке, характеризующейся лучшим использованием металлов и меньшей стоимостью.

В целях рационального использования материалов производится нормирование расхода металла. С помощью норм расхода обеспечивается соответствие между материальными ресурсами, выделяемыми на изготовление продукции, и объемом ее выпуска. Нормы расхода являются средством контроля и учета за рациональным использованием материальных ресурсов.

*Норма расхода металла* для изготовления отдельной детали определяется ее массой, а также величиной технологических и заготовительных отходов, возникающих в процессе резки металла на заготовки и их обработки. Методика определения норм расхода металла зависит как от способа получения заготовок (прокатка, ковка, штамповка и др.), так и от типа производства (единичное, серийное или массовое). В частности, на изделия мелкосерийного и единичного производства норма расхода устанавливается по коэффициенту технологических потерь. Необходимо стремиться к уменьшению технологических и заготовительных отходов, т. е. к снижению норм расхода.

Стоимость получения заготовки, наряду с нормой расхода металла, существенно влияет на экономическую целесообразность использования того или иного типа заготовки.

Стоимость получения заготовки включается в общую себестоимость получения детали, т. е. может существенно влиять на себестоимость готовой продукции и, следовательно, на величину прибыли, получаемой предприятием при реализации готовой продукции.

Методика определения технологической себестоимости получения заготовки зависит, главным образом, от способа получения заготовки. Предположим, что по техническим условиям заготовка может быть поковкой, отливкой или из проката.

## **6.2 Расчет нормы расхода металла для заготовок из проката, кованных и штампованных заготовок**

### *6.2.1 Норма расхода металла для заготовок из проката.*

На изготовление одной детали из проката норма расхода определяется по формуле

$$H_p = (0,001 \cdot m_{\text{пм}} \cdot L_{\text{пр}}) / n, \quad (6.1)$$

где  $m_{\text{пм}}$  – масса погонного метра проката, кг;

$L_{\text{пр}}$  – длина прутка сортового проката, мм (в расчетах принять  $L_{\text{пр}} = 3650$  мм);

$n$  – число деталей, изготавливаемых из одного прутка сортового проката, шт., которое определяется по формуле

$$n = (L_{\text{пр}} - L) / L_3, \quad (6.2)$$

где  $L$  – потери металла на зажим заготовки в патроне, мм (в расчетах принять  $L = 35$  мм);

$L_3$  – длина одной заготовки, мм.

Длина заготовки для одной детали определяется по формуле

$$L_3 = L_d + 2 \cdot a + b, \quad (6.3)$$

где  $L_d$  – длина детали по чертежу, мм;

$a$  – общий припуск на обработку торца, мм ( $a = 2 \dots 3$  мм);

$b$  – ширина разреза при резке проката на заготовки, мм (в расчетах принять  $b = 3$  мм).

**6.2.2 Норма расхода металла для кованных и штампованных заготовок.**

Норма расхода металла на изготовление одной детали определяется по следующей формуле:

$$H_p = m_3 \cdot k_o, \quad (6.4)$$

где  $k_o$  – коэффициент технологических потерь, учитывающий отходы металла при раскросе исходного материала для поковки (штамповки), потери металла на угар при нагреве заготовки, отходы при ковке (штамповке);

$m_3$  – масса поковки (штамповки) с учетом припусков на последующую механическую обработку, кг.

**Пример** – Рассчитать норму расхода материала для изготовления детали с размерами  $D_1 = 40$  мм;  $D_2 = 25$  мм;  $L_d = 80$  мм;  $L_1 = 20$  мм.

*Решение*

Рассчитаем массу детали:

$$m_d = \frac{3,14}{4} (40^2 \cdot (80 - 20) + 25^2 \cdot 20) 10^{-9} \cdot 7850 = 0,67 \text{ кг.}$$

Определяем норму расхода металла на изготовление заготовки из проката по формулам (6.1)–(6.3). Принимаем:  $L_{пр} = 3650$  мм (ГОСТ 2590–71);  $L = 35$  мм;  $a = 1$  мм;  $b = 3$  мм.

Длина заготовки для одной детали по формуле (6.3)

$$L_{заг} = 80 + 2 + 3 = 85 \text{ мм.}$$

Число деталей, изготавливаемых из одного прутка сортового проката, определяем по формуле (6.2) и округляем до ближайшего меньшего целого числа

$$n = (3650 - 35) / 85 = 42 \text{ шт.}$$

Норму расхода металла на изготовление одной детали определяем по формуле (6.1):

$$H_p = (0,001 \cdot 10,87 \cdot 3650) / 42 = 0,94 \text{ кг.}$$

Массу погонного метра проката  $m_{\text{пм}}$  определяем из таблицы 6.3 в зависимости от величины диаметра заготовки  $D_{\text{заг}} = 42$  мм,  $m_{\text{пм}} = 10,87$  кг.

По формуле (6.5) определяем норму расхода металла  $H_p$  при использовании в качестве заготовки штамповки. Величину коэффициента технологических потерь  $k_o$  принимаем равной 1,07. Масса заготовки больше массы детали на 15 % :  $m_3 = 1,15 \cdot m_d$ .

$$H_p = 1,07 \cdot 1,15 \cdot 0,67 = 0,82 \text{ кг.}$$

Результаты всех расчетов заносим в таблицу 6.1.

Таблица 6.1 – Результаты определения норм расхода металла

Размер детали, мм					Масса детали $m$ , кг	Норма расхода металла, кг	
$D_{\text{заг}}$	$D_1$	$D_2$	$L_d$	$L_1$		Прокат	Поковка
42	40	25	80	20	0,67	0,94	0,82

*Вывод:* рациональным типом заготовки является прокат, т. к. стоимость его получения наименьшая.

### Задание

Рассчитать массу детали и нормы расхода металла для заготовок из проката, а также полученных ковкой или штамповкой. Эскиз исходной детали представлен на рисунке 6.1. Результаты расчетов занести в таблицу 6.1. Материал детали – сталь 40 (ГОСТ 2590–71). Исходные данные принять по таблице 6.2.

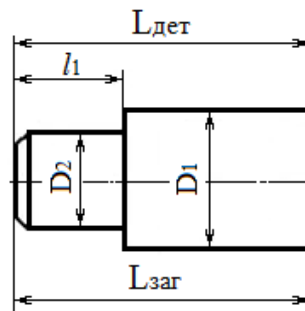


Рисунок 6.1 – Эскиз исходной детали

Таблица 6.2 – Варианты исходных данных

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8
$D_{\text{заг}}$	30	36	40	42	50	55	60	65
$D_1$	28	34	38	40	48	52	56	62
$D_2$	20	25	30	20	22	20	25	0
$L_d$	50	40	30	100	80	90	100	80
$L_1$	10	20	10	50	20	60	70	20

Продолжение таблицы 6.2

Номер варианта	9	10	11	12	13	14	15	16
$D_{\text{заг}}$	70	80	90	100	110	120	48	130
$D_1$	67	75	85	95	105	110	47	50
$D_2$	25	30	5	40	50	60	30	40
$L_{\text{д}}$	150	130	120	50	60	130	50	100
$L_1$	100	100	80	20	30	100	20	50
<i>Примечание</i> – $D_{\text{заг}}$ – диаметр заготовки								

### Порядок выполнения работы

1 Из таблицы 6.2 согласно заданному варианту выбрать исходные данные для рисунка 6.1 и записать их в расчетную таблицу 6.1.

2 Перечитать эскиз заготовки, представленный на рисунке 6.1.

3 Определить массу детали как произведение ее объема на плотность, в расчетах принять плотность стали  $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$ . Результат расчета занести в таблицу 6.2.

$$m_{\text{д}} = \left( \frac{\pi \cdot D_2^2 \cdot L_1}{4} + \frac{\pi \cdot D_1^2 \cdot (L_{\text{д}} - L_1)}{4} \right) \cdot \rho.$$

4 Определить норму расхода металла на изготовление заготовки из проката, используя формулы (6.1)–(6.3) и поковки по формуле (6.4). В расчетах принять:  $L_{\text{пр}} = 3650 \text{ мм}$  (ГОСТ 2590–88);  $l = 35 \text{ мм}$ ;  $a = 1 \text{ мм}$ ;  $b = 3 \text{ мм}$ . Результат определения числа деталей, изготавливаемых из одного прутка сортового проката (формула (6.2)), округлить до ближайшего меньшего целого числа и в дальнейших расчетах использовать полученный результат. Величину массы погонного метра проката взять из справочной таблицы 6.3 в зависимости от величины диаметра заготовки  $D_3$ . Величину полученной нормы расхода занести в таблицу 6.2.

Таблица 6.3 – Сортамент стали круглой горячекатаной и масса погонного метра стали (ГОСТ 2590–88, ГОСТ 2591–88)

$D_{\text{заг}}$ , мм	30	32	34	36	38	40	42	45	48	50
Масса пог. м стали, кг	5,55	6,310	7,13	7,99	8,90	9,87	10,87	12,8	14,21	15,42
$D_3$ , мм	53	58	60	63	65	70	75	80	85	90
Масса пог. м стали, кг	17,32	19,33	22,19	24,17	26,05	30,21	34,68	39,46	44,55	49,94
$D_3$ , мм	95	100	105	110	120	125	130	140	150	160
Масса пог. м стали, кг	55,64	61,65	67,97	74,60	88,78	96,33	104,20	120,84	138,72	157,83



5 Определить по формуле (5.5) норму расхода металла при использовании в качестве заготовки штамповки. Величину  $k_0$  принять равной 1,07. В расчетах принять, что масса заготовки  $m_3$  больше массы детали на 15 %. Результат расчета занести в таблицу 6.4.

6 На основе результатов расчета норм расхода обосновать выбор заготовки.

### ***Контрольные вопросы***

1 Дать характеристику пластической переработки металлов. Обработка металлов прокатом.

2 В чем заключается обработка металлов волочением?

3 Технологии пластической переработки металлов. Обработка металлов свободной ковкой.

4 Обработка металлов штамповкой.

## **7 Оценка научно-технологического развития производства**

### ***7.1 Краткие теоретические сведения***

*7.1.1. Значение и сущность оценки организационно-технического уровня производства.* Ускорение научно-технологического прогресса является главным направлением экономической стратегии на современном этапе развития промышленности. Достижения в области создания новой техники и технологии, успешное применение в практике новых методов организации и управления производством способствуют повышению эффективности общественного производства.

Организационно-технический уровень производства оценивается для того, чтобы:

- установить степень совершенства всех его элементов;
- произвести сравнительный анализ организационно-технического уровня аналогичных производств;
- выявить резервы повышения эффективности производства;
- составить планы технического перевооружения и реконструкции предприятия.

Организационно-технический уровень производства может быть признан высоким, если предприятие оснащено передовой техникой и технологией, имеет высокий уровень организации труда и управления производством, выпускает продукцию на уровне лучших отечественных или зарубежных образцов.

Оценка организационно-технического уровня производства проводится с помощью системы показателей, охватывающих все основные стороны производственной деятельности предприятия. Значения показателей, достигнутых на рассматриваемом предприятии, сравнивают с базовыми показателями, характеризующими лучший отечественный или зарубежный опыт.

Оценка организационно-технического уровня производства включает в себя:

- оценку технического уровня предметов труда, т. е. выпускаемой предприятием продукции;
- оценку технического уровня средств труда, т. е. используемых на предприятии техники и технологии;

– оценку уровня труда на предприятии, т. е. уровня организации производства, труда и управления производством.

Оценка технического уровня средств труда предприятия является одним из определяющих показателей организационно-технического уровня производства и характеризуется обобщенным показателем уровня технологии производства предприятия.

Уровень технологии производства является критерием оценки соответствия данного производства современному уровню, определяет технологический уровень производства, качество выпускаемой продукции, свидетельствует о техническом потенциале предприятия, позволяет изыскать резервы его повышения.

Сущность данной оценки уровня технологии механообрабатывающего производства заключается в определении его уровня прогрессивности путем сопоставления с лучшими мировыми образцами.

*7.1.2 Свойства прогрессивных технологий.* Прогрессивность технологии производства и технологических процессов характеризуется следующими основными свойствами: производительностью; оснащенностью; безлюдностью; безотходностью.

*Производительность технологии производства* и технологического процесса – свойство, характеризующее производительность труда. *Оснащенность* технологии производства и технологического процесса – свойство, характеризующее применение современного технологического оборудования.

*Безотходность технологии производства* – свойство, характеризующее рациональное использование материалов.

*Безлюдность технологии производства* и технологического процесса – свойство, характеризующее автоматизацию и механизацию производства.

*7.1.3 Показатели и методика оценки уровня технологии.* Для оценки уровня технологии механообрабатывающего производства используют следующие показатели.

*Показатель производительности труда*

$$P_T = T / Ч, \quad (7.1)$$

где  $T$  – суммарная трудоемкость, нормочас;

$Ч$  – численность промышленно-производственного персонала.

*Показатель применения прогрессивного технологического оборудования*

$$P_o = T_{пр} / T, \quad (7.2)$$

где  $T_{пр}$  – трудоемкость технологических процессов на прогрессивном оборудовании, нормочас.

*Показатель охвата рабочих механизированным и автоматизированным трудом*

$$P_m = Ч_{ма} / ЧР, \quad (7.3)$$

где  $Ч_{ма}$  – численность рабочих, занятых механизированным и автоматизированным трудом, чел.;

$ЧР$  – общая численность рабочих, чел.

Коэффициент использования сырья и материалов ( $П_{им}$ ) является важнейшим относительным показателем технологичности, который характеризует эффективность использования материальных ресурсов при производстве изделий.

$$П_{им} = M_{из} / H, \quad (7.4)$$

где  $M_{из}$  – количество материала в готовом изделии, кг;

$H$  – количество материала, введенного в технологический процесс согласно нормативу, кг.

Показатель уровня технологии производства  $У_t$  является важнейшим относительным показателем, по которому технологии присваивается высшая, первая или вторая категория.

$$У_t = \sum_{i=1}^n \frac{П_i}{П_{ин}} \cdot K_i = \frac{П_t}{П_{тн}} \cdot K_1 + \frac{П_o}{П_{он}} \cdot K_2 + \frac{П_m}{П_{мн}} \cdot K_3 + \frac{П_{им}}{П_{имн}} \cdot K_4, \quad (7.5)$$

где  $K_i$  – коэффициент весомости  $i$ -го показателя уровня технологии производства;

$П_i$  – показатель, характеризующий  $i$ -е свойство технологического процесса;

$П_{ин}$  – нормативное значение показателя;

$n$  – количество показателей (в данном случае четыре).

Коэффициенты весомости каждого из показателей уровня технологии определяются на основе анализа и обработки соответствующих статистических данных. Нормативные значения показателей устанавливаются на основе статистической обработки данных о работе передовых предприятий и изучении прогноза развития технологических процессов. При этом учитывается тип и объем производства, характеристики выпускаемых изделий, а также другие параметры. Нормативные значения показателей механообработки в условиях серийного производства приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Нормативные значения показателей для оценки уровня технологии механообрабатывающего производства

Наименование показателя	Нормативное значение
Показатель производительности труда $П_t$	2150
Показатель прогрессивности технологического оборудования $П_o$	0,45
Показатель охвата рабочих мест механизированным и автоматизированным трудом $П_m$	0,80
Показатель эффективности использования материалов $У_t$	0,77

По величине уровня технологии, выраженной в баллах, производится аттестация технологического процесса, участка, цеха, предприятия по соотношениям (7.6).

По результатам оценки объектам аттестации присваиваются следующие категории:

$$\text{высшая } 0,81 < У_t \leq 1,00; \text{ первая } 0,68 < У_t \leq 0,81; \text{ вторая } У_t \leq 0,68. \quad (7.6)$$

К высшей категории относятся объекты аттестации, которые по технико-экономическим показателям превосходят отечественные или зарубежные образцы, обеспечивают высокую производительность труда, экономию трудовых, материальных и топливно-энергетических ресурсов, условия, гарантирующие выпуск продукции высшей категории качества. К первой категории относятся объекты аттестации, которые по технико-экономическим показателям соответствуют современным требованиям производства изделий. Ко второй категории относятся объекты аттестации, морально устаревшие, не соответствующие современным требованиям, подлежащие замене или усовершенствованию.

### Задание

Определить уровень технологии процесса механической обработки в условиях серийного производства, проанализировать его влияние на организационно-технический уровень производства. Исходные данные принять по таблице 7.2.

Таблица 7.2 – Исходные данные для определения показателей уровня технологии механообрабатывающего производства

Наименование показателя	Номер варианта						
	1	2	3	4	5	6	7
Общая трудоемкость механической обработки, нормочас $\cdot 10^{-3}$	343	576	770	385	524	825	975
Численность промышленно-производственного персонала, чел.	248	320	440	250	310	530	625
Численность рабочих, чел.	155	200	275	158	195	330	390
Масса готовой продукции, кг	0,26	10,2	0,5	1,9	2,25	12,2	1,66
Норма расхода металла на детали	0,74	24,9	1,0	2,8	3,5	16,73	2,3
Трудоемкость обработки на прогрессивном оборудовании, нормочас $\cdot 10^{-3}$	206	173	308	230	200	330	340
Численность рабочих, занятых механизированным и автоматизированным трудом, чел.	88	125	200	133	120	188	315

Продолжение таблицы 7.2

Наименование показателя	Номер варианта						
	8	9	10	11	12	13	14
Общая трудоемкость механической обработки, нормочас $\cdot 10^{-3}$	434	295	624	494	400	393	741
Численность промышленно производственного персонала, чел.	280	180	410	260	350	210	390
Численность рабочих, чел.	175	115	256	160	220	130	245
Масса готовой продукции, кг	5,12	4,6	8,35	16,2	9,62	1,18	2,18
Норма расхода металла на детали	8,53	6,1	11,0	22,5	16,2	635	3,85
Трудоемкость обработки на прогрессивном оборудовании, нормочас $\cdot 10^{-3}$	170	60	22	190	100	200	415
Численность рабочих, занятых механизированным и автоматизированным трудом, чел.	120	68	156	120	140	90	140

### ***Порядок выполнения работы***

1 В соответствии со своим вариантом выбрать исходные данные для определения уровня технологии механообрабатывающего производства из таблицы 7.2.

2 Рассчитать по формулам (7.1)–(7.4) значения:

- показателя производительности труда;
- показателя применения прогрессивного технологического оборудования;
- показателя охвата рабочих механизированным и автоматизированным трудом;
- показателя использования материала.

3 Из таблицы 7.1 выписать нормативные значения показателей для оценки уровня технологии механообрабатывающего производства.

4 По формуле (7.5) произвести расчет величины уровня технологии механообрабатывающего производства; значения весовых коэффициентов принять:  $K_1 = 0,3$ ;  $K_2 = 0,3$ ;  $K_3 = 0,2$ ;  $K_4 = 0,2$ .

5 По соотношению (7.6) аттестовать рассматриваемый технологический процесс и определить его категорию.

6 Провести анализ значений показателей уровня технологии, выявить направления повышения уровня технологии механообрабатывающего производства, проанализировать влияние уровня технологии на организационно-технический уровень производства.

7 В отчете указать цель работы, изложить краткие теоретические сведения по оценке организационно-технического уровня и определению уровня технологии механообрабатывающего производства, привести результаты расчетов. Сделать вывод.

### ***Контрольные вопросы***

1 Основные сведения по оценке организационно-технического уровня производства.

2 Понятие уровня технологии производства и сущность его оценки.

3 Основные свойства, характеризующие прогрессивность технологии производства и технологических процессов.

4 Основные показатели, используемые для оценки уровня технологии производства и их характеристика.

## Список литературы

1 **Горохов, В. А.** Проектирование механосборочных участков и цехов: учебник / В. А. Горохов, Н. В. Беляков, А. Г. Схиртладзе; под ред. В. А. Горохова. – Москва: Новое знание; ИНФРА-М, 2015. – 540 с.: ил.

2 **Фельдштейн, Е. Э.** Автоматизация производственных процессов в машиностроении: учебное пособие / Е. Э. Фельдштейн, М. А. Корниевич – Москва: ИНФРА-М; Новое знание, 2015. – 264 с.

3 **Герасимов, К. Б.** Производственный менеджмент: учебное пособие / Б. Н. Герасимов, К. Б. Герасимов. – Москва: Вузовский учебник; ИНФРА-М, 2015. – 312 с.

4 **Володько, О. В.** Экономика организации: учебное пособие / О. В. Володько, Р. Н. Грабар, Т. В. Зглюй; под ред. О. В. Володько. – 3-е изд., испр. и доп. – Минск: Вышэйшая школа, 2017. – 397 с.