

Учебно–методический комплекс
по дисциплине
***«Проектирование и
производство заготовок»***

раздел 5, 1ч

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАГОТОВОК ИЗ ПРОКАТА

Разработал:

к.т.н., профессор Денчик А.И.

5. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В машиностроении основными видами заготовок являются
Отливки - стальные и чугунные, из цветных металлов и сплавов,
Штамповки - из черных и цветных металлов и сплавов
Профили проката -
Поковки -

Основным показателем, характеризующим экономичность выбранного метода получения заготовок, является коэффициент использования материала - КИМ, выражающий отношение массы детали к норме расхода металла на деталь:

$$КИМ = K_{вр} \cdot K_{вт} = \frac{M_з}{M_H} \cdot \frac{M_д}{M_з} = \frac{M_д}{M_H}, \quad (1.1)$$

где $K_{вр}$ - коэффициент выхода годного
 $K_{вт}$ - коэффициент весовой точности.

5. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Таблица 1.1

Коэффициент весовой точности для различных способов производства заготовок - Квт.

Способ производства заготовок

Литье в песчано-глинистые формы (ПГФ)	0,7
Центробежное литье	0,85
Литье под давлением	0,91
Литье в кокиль	0,8
Литье в оболочковые формы	0,9
Литье по выплавляемым моделям	0,91
Свободная ковка	0,6
Штамповка на молотах и прессах	0,8
Штамповка на горизонтально-ковочных машинах	0,85
Прокат	0,4
Сварные заготовки	0,95

5. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Для рационального расходования материала необходимо обеспечивать величину КИМ не ниже 0,75.

Валы и оси составляют 10... 13% в общем объеме производства деталей машин. По технологическому признаку валы и оси делятся на гладкие и ступенчатые, цельные и пустотелые, валы с фланцами, гладкие шлицевые валы и валы-шестерни, а также комбинированные.

По длине L валы делятся на четыре группы: 1 группа - $L = 150$ мм; 2 группа - $L = 150.. .500$ мм; 3 группа - $L = 500... 1200$ мм; 4 группа - $L > 1200$ мм. Валы 3 и 4 групп составляют 85% общего числа валов.

По отношению длины L и среднего диаметра D валы делятся на жесткие ($L/ D = 8... 12$) и нежесткие ($L/ D > 12$).

Гладкие валы и оси, ступенчатые валы с небольшим (до 15...25%) перепадом между наибольшим и наименьшим диаметрами изготавливают из круглого проката *независимо* от типа производства.

Однако если КИМ ниже 0,65...0,75, прокат необходимо обрабатывать давлением, приближая конфигурацию заготовки к форме готовой детали.

5. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Обобщенный критерий целесообразности использования проката в качестве заготовки для деталей переменного сечения имеет вид:

$$\frac{M_d \cdot (M_{np} - M_{ш})}{M_{np} \cdot M_{ш}} < 0,05, \quad (1.2)$$

где M_d , M_{np} , $M_{ш}$ - соответственно масса детали, масса заготовки из проката и масса штампованной заготовки.

Если указанное соотношение не выполняется, целесообразно применять штампованную заготовку.

5. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В табл. 1.2 приведены основные стандарты на сортаменты сортового проката и специальных профилей.

Таблица 1.2

Основные стандарты на продукцию проката

Наименование проката	Номер ГОСТа
Горячекатаный круглый стальной	2590-88
Горячекатаный квадратный и шестигранный	2591-88
Калиброванный круглый	7417-75
Полосовой горячекатаный	103-76
Квадратный калиброванный	8559-75
Шестигранный калиброванный	8560-78
Листовой горячекатаный	19903-74
Листовой холоднокатаный	19904-74
Трубный горячекатаный	8732-78
Трубный холоднокатаный	8734-75
Поперечно-винтовой	8320-83
Трубный электросварной	10704-76
двутавры	8239-89 -
швеллеры	8240-97

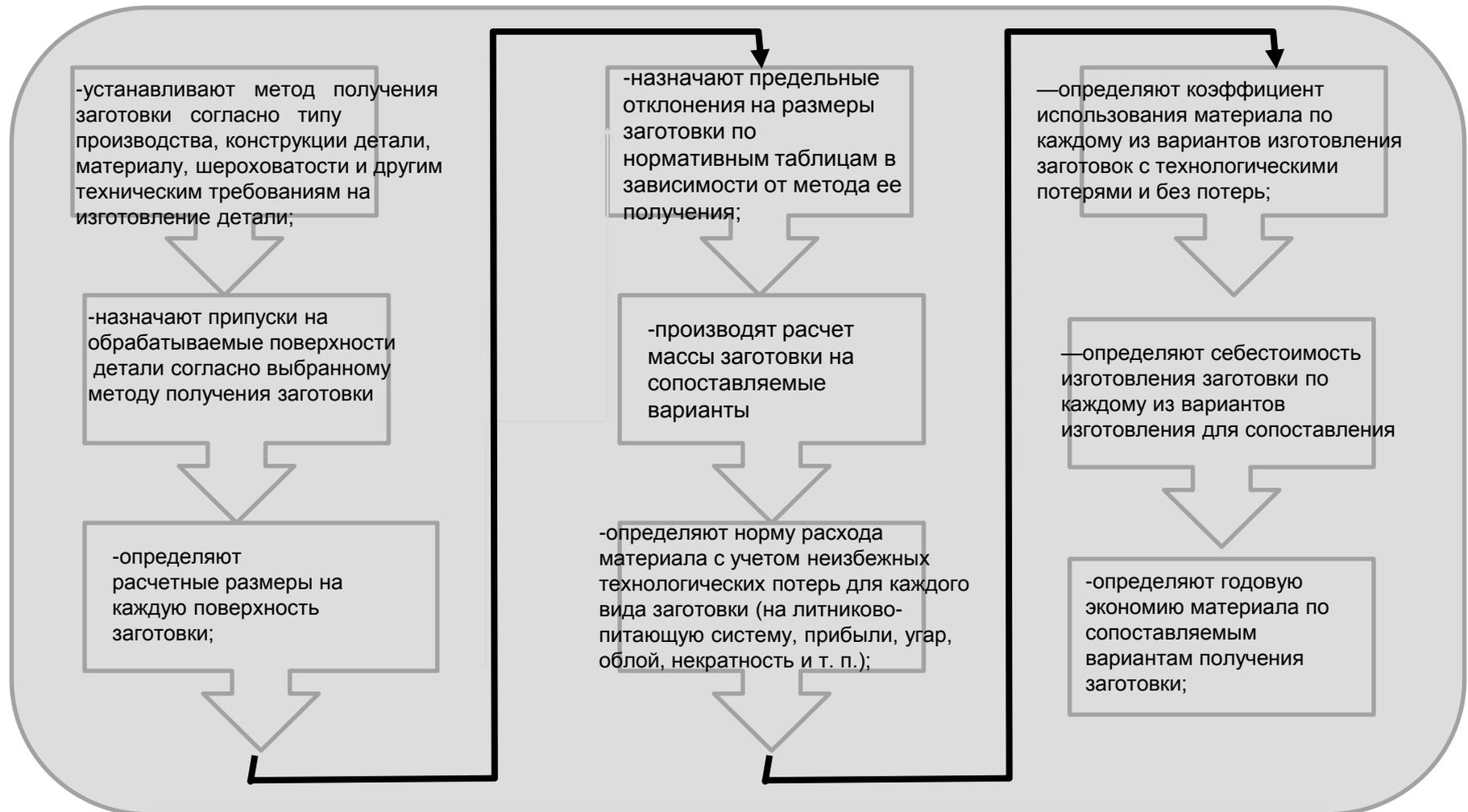
5.1 МЕТОДИКА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ВЫБОРА ЗАГОТОВКИ.

Технико-экономическое обоснование выбора заготовки для обрабатываемой детали, учитывая конкретные производственные условия производят по нескольким направлениям: металлоемкости, трудоемкости и себестоимости.

Способ получения заготовки должен быть наиболее экономичным при заданном объеме выпуска деталей.

Технико-экономическое обоснование ведется по двум или нескольким конкурирующим вариантам в следующем порядке:

5.1 МЕТОДИКА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ВЫБОРА ЗАГОТОВКИ.



5.2. МАССА ЗАГОТОВКИ И НОРМА РАСХОДА МЕТАЛЛА НА ДЕТАЛЬ.

Норма расхода материала на единицу продукции M_H определяется выражением:

$$M_H = M_D + M_{TO} + M_{ZO}, \quad (1.3)$$

где M_D - масса готовой детали; M_{TO} - масса технологического отхода; M_{ZO} — масса заготовительного отхода.

Масса технологического отхода M_{TO} представляет собой неизбежные для выбранного способа производства потери материала, которые определяются выражением:

$$M_{TO} = M_{ТПЗ} + M_{ТПМ}, \quad (1.4)$$

Где

$M_{ТПЗ}$ — технологические потери материала на стадии получения заготовки:

для поковок — потери на угар, облой, клещевину;

для отливок — потери на литниково-питающую систему, прибыли и др.;

$M_{ТПМ}$ — технологические потери материала на стадии механической обработки заготовок в виде припусков и напусков.

5.2. МАССА ЗАГОТОВКИ И НОРМА РАСХОДА МЕТАЛЛА НА ДЕТАЛЬ.

Отходы при механической обработке металлов по разным видам заготовок от чистой массы деталей в среднем составляют: для отливок чугуновых, стальных и бронзовых — 15...20%; для заготовок, полученных свободной ковкой, — 15...40%; для заготовок, полученных горячей объемной штамповкой, — 10%; для заготовок из стального проката — 15%.

Масса заготовительного отхода M_{30} непосредственно с процессом изготовления детали не связана. Она определяется условиями поставки материала и складывается из отходов по неkratности длины прутка длине заготовки, из полосовых отходов при холодной вырубке заготовок из листа, из отходов на обрезание, на зажим, на торцовую обрезку и др. При любом типе производства необходимо стремиться к снижению нормы расхода материала за счет уменьшения технологического и заготовительного отходов. Масса, с которой заготовка поступает на предварительную механическую обработку, называется массой заготовки:

$$M_3 = M_d + M_{\text{ТПМ}} \quad (1.5)$$

5.2. МАССА ЗАГОТОВКИ И НОРМА РАСХОДА МЕТАЛЛА НА ДЕТАЛЬ.

При определении массы заготовки или детали сначала вычисляют их объемы. Сложную фигуру условно разбивают на элементарные части (цилиндры, конусы, кольца, призмы, пирамиды и т. д.) и определяют объемы этих элементарных частей по справочным таблицам. Сумма элементарных объемов составит общий объем. Принято объем заготовки определять с учетом плюсовых допусков. Точнее и быстрее эту задачу в настоящее время можно решить, используя компьютерные программы трехмерного моделирования (Компас-3Б, AutoCAD и др.).

Тогда масса M_3 , кг:

$$M_3 = \frac{\sum_{i=1}^k V_i \cdot \rho}{1000}, \quad (1.6)$$

где

V_i — объем i -того элемента, см^3 ;

ρ — плотность материала, $\text{г}/\text{см}^3$;

k — число разбиений.

5.2. МАССА ЗАГОТОВКИ И НОРМА РАСХОДА МЕТАЛЛА НА ДЕТАЛЬ.

Для вала объём i -ступени V_i , определится в виде:

$$V_i = \pi \cdot R_i^2 L_i, \quad (1.7)$$

где R_i , L_i - соответственно радиус и длина i -той ступени вала. Учитывая все потери материала при выбранном методе получения заготовки, определяют норму расхода материала на деталь.

5.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ЗАГОТОВКИ ИЗ КРУГЛОГО ПРОКАТА.

Диаметр проката определяется исходя из диаметра *наибольшей* ступени вала; к нему прибавляют общий припуск на механическую обработку $2Z_0$, определяемый по табл. П 1.1.1 в зависимости от отношения всей длины вала L к диаметру его наибольшей ступени D_{\max} (L/D_{\max}) [1]:

$$D_3 = D_{д. \max} + 2Z_0, \quad (1.8)$$

где $2Z_0$ — припуск на обработку в диаметральном выражении на диаметр наибольшей ступени детали, мм.

По расчетному диаметру заготовки D_3 и прил. 1.2 из сортамента [2] подбираем ближайший наибольший диаметр круглого стального проката, назначаем точность прокатки (В) и определяем предельные отклонения диаметра заготовки.

Затем определяем длину заготовки. По табл. П 1.1.2 назначаем двусторонний припуск на обработку обоих торцов детали.

5.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ЗАГОТОВКИ ИЗ КРУГЛОГО ПРОКАТА.

Тогда длина заготовки L_3 составит:

$$L_3 = L_d + 2Z_0, \quad (1.9)$$

где $2Z_0$ — двусторонний припуск на обработку торцов заготовки, мм [3].

Предельные отклонения на длину заготовки зависят от способа резки проката на штучные заготовки и определяются по табл. П1.3.1.

Общие потери материала $\Pi_{\text{общ}}$ на деталь, изготавливаемую из проката, состоят из потерь

$\Pi_{\text{нк}}$ -на неkratность торговой длины проката длине заготовки,

$\Pi_{\text{то}}$ -на торцовую обрезку,

$\Pi_{\text{зaj}}$ -на зажим опорных концов

$\Pi_{\text{отр}}$ -на отрезку в виде стружки при разрезании:

$$\Pi_{\text{об}} = \Pi_{\text{нк}} + \Pi_{\text{то}} + \Pi_{\text{зaj}} + \Pi_{\text{отр}}. \quad (1.10)$$

5.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ЗАГОТОВКИ ИЗ КРУГЛОГО ПРОКАТА.

Потери материала на неkratность, %:

$$П_{нк} = \frac{L_{нк} \cdot 100}{L_{пр}}, \quad (1.11)$$

где $L_{нк}$ - величина неkratности длины заготовки торговой длине проката $L_{пр}$, мм.

Неkratность длины заготовки определяется исходя из торговой длины проката и длины заготовки с учетом потерь от выбранного метода заготовительного раскроя. Средневероятностная расчетная длина неkratности при раскрое немерного проката составляет примерно половину длины заготовки.

В соответствии с [2] торговая длина проката выбирается в интервале 2-6 метров для качественных конструкционных сталей по ГОСТ 1050-88 и в интервале 2-12 метров для сталей по ГОСТ 380-88 или ГОСТ 4543-71. При расчете неkratности необходимо стремиться к минимальным величинам.

5.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ЗАГОТОВКИ ИЗ КРУГЛОГО ПРОКАТА.

Число заготовок, изготавливаемых из принятой длины проката:

$$n = \frac{L_{np} - L_{ТО} - L_{заж}}{L_з + L_p}, \quad (1.13)$$

где

L_{np} - торговая длина проката из сортамента, мм;

n - целое число заготовок, изготавливаемых из принятой торговой длины проката, шт;

$L_з$ - длина заготовки, мм;

L_p - ширина реза, мм.

$L_{заж}$ - минимальная длина опорного (зажимного) конца проката,

$L_{ТО}$ - длина торцового обрезка, мм.

Длина торцового обрезка зависит от размеров сечения проката и при резке ножницами обычно составляет: $D_з$ - диаметр проката или сторона квадрата, мм.

$$L_{ТО} = (0,3 \dots 0,5) \cdot D_з, \quad (1.15)$$

5.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ЗАГОТОВКИ ИЗ КРУГЛОГО ПРОКАТА.

Норма расхода материала на деталь с учетом всех потерь:

$$M_n = \frac{M_z \cdot (100 + P_{об})}{100}. \quad (1.18)$$

5.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТОИМОСТИ ЗАГОТОВОК ИЗ ПРОКАТА.

Стоимость заготовок из проката определяется выражением:

$$C_z = C_m + \sum_{i=1}^n C_{30i}, \quad (1.19)$$

Где

C_m - затраты на материал заготовки, руб;

C_{30i} - технологическая себестоимость i -той заготовительной операции (правки, калибровки прутков диаметром менее 30 мм, резки на штучные заготовки), руб;

n — число заготовительных операций.

C_m Затраты на материал заготовки определяются по массе проката, расходуемой на изготовление детали, и массе, возвращаемой в виде отходов (стружки):

5.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТОИМОСТИ ЗАГОТОВОК ИЗ ПРОКАТА.

Технологическая себестоимость i -той заготовительной операции:

$$C_{зoi} = \frac{C_{пzi} \cdot t_{шт.к.i}}{60}, \quad (1.21)$$

где $C_{пzi}$ - приведенные затраты на i -той заготовительной операции, руб/час;
 $t_{шт.к.i}$ - штучно-калькуляционное время выполнения i -той заготовительной операции, мин.

По данным [6], приведенные затраты за один час работы заготовительного оборудования при правке и резке прутков составляют 2... 2,5 руб/час в ценах до 01.01.1992 г.

5.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТОИМОСТИ ЗАГОТОВОК ИЗ ПРОКАТА.

Штучно-калькуляционное время приближенно определяется в виде:

$$t_{\text{шт.к.}} = t_{\text{маш}} \cdot \Phi_{\text{к}}, \quad (1.22)$$

Где
 $t_{\text{маш}}$ - машинное время при разрезании заготовки, мин;
 $\Phi_{\text{к}}$ - коэф-фициент, равный 1,84 для условий единичного и мелкосерийного производства и 1,51 - для массового производства.

Приближенная формула для расчета $t_{\text{маш}}$ при разрезании круглого проката на мерные заготовки дисковой пилой:

$$t_{\text{маш}} = 0,011D_3(\text{МИН}), \quad (1.23)$$

где D_3 — диаметр разрезаемой заготовки, мм.

5.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТОИМОСТИ ЗАГОТОВОК ИЗ ПРОКАТА.

При разрезании ножовочной пилой:

$$t_{\text{маш}} = 0,0877D_3 \text{ (МИН)}. \quad (1.24)$$

При разрезании резцом на токарном станке:

$$t_{\text{маш}} = 0,000393 \cdot D_3^2 \text{ (МИН)}. \quad (1.25)$$

Экономический эффект выбранного метода получения заготовки в денежном выражении на годовую программу выпуска деталей составит:
где C_{31} и C_{32} - соответственно стоимость заготовки по первому и вто-рому методу, руб.

$$\mathcal{E} = (C_{31} - C_{32}) \cdot N, \quad (1.27)$$

5.5. УПРОЩЕННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА СЕБЕСТОИМОСТИ ЗАГОТОВОК И ДЕТАЛЕЙ ИЗ ПРОКАТА.

Упрощенный расчет себестоимости заготовки применяют для приближенной и быстрой оценки различных вариантов технологии изготовления заготовки без анализа элементов себестоимости. Сравнение в этом случае производят с учетом себестоимости приведенных затрат как заготовки, так и последующей механической обработки. В общем виде технологическая себестоимость детали C_d определяется как сумма технологических себестоимостей заготовки C_3 и механической обработки $C_{\text{мех}}$:

$$C_d = C_3 + C_{\text{мех}}. \quad (1.28)$$

5.5. УПРОЩЕННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА СЕБЕСТОИМОСТИ ЗАГОТОВОК И ДЕТАЛЕЙ ИЗ ПРОКАТА.

Себестоимость заготовки в этом случае определяется выражением (1.19).

$$C_z = C_m + \sum_{i=1}^n C_{zoi}, \quad (1.19)$$

Себестоимость механической обработки сводится к определению затрат $C_{стр}$ на превращение в стружку припуска на механическую обработку данной заготовки [8]:

$$C_{мех} = \frac{C_{стр} (M_z - M_d)}{1000}, \quad (1.29)$$

где $C_{стр}$ - затраты на механическую обработку, отнесенные к 1 тонне стружки (руб/т), приведенные в табл. П 1.4.1.

5.5. УПРОЩЕННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА СЕБЕСТОИМОСТИ ЗАГОТОВОК И ДЕТАЛЕЙ ИЗ ПРОКАТА.

В тех случаях, когда вид механической обработки, тип и количество оборудования, оснастки практически не зависят от способа производства заготовок, то есть когда при любом варианте получения заготовок их последующая механическая обработка отличается только объемом удаляемого металла, технологическая себестоимость детали может быть определена по приближенной зависимости:

$$C_{ДТ} = \frac{M_{Д} \cdot [C_{з} - C_{СТР} \cdot (1 - КИМ)]}{КИМ}, \quad (1.30)$$

где $C_{з}$ — оптовая цена единицы массы заготовки.

5.6. ПОРЯДОК ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗАГОТОВОК ИЗ ПРОКАТА.

1. По конструкторскому чертежу и заданию определяем размеры заготовки по формулам (1.8) и (1.9) и допускаемые отклонения на диаметр и длину заготовки (см. прил. 1.1-1.3).
2. Определяем диапазон торговых длин проката исходя из марки материала по п. 8 прил. 1.2. Для выбранного диапазона торговых длин с шагом в 1000 мм находим целое число заготовок (формула 1.13) и потери на некрatность (формула 1.12) для каждой торговой длины. Окончательно выбираем ту торговую длину, для которой *потери на некрatность наименьшие*.
3. Определяем общие потери металла (формулы 1.10-1.17), массу заготовки (формула 1.6), норму расхода металла (формула 1.18) и КИМ.

5.6. ПОРЯДОК ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗАГОТОВОК ИЗ ПРОКАТА.

4. Определяем стоимость C_M материала заготовки (формула 1.20).
5. В зависимости от выбранного способа резки проката по формулам (1.22-1.25) определяем $t_{маш}$ и $t_{ум.к}$, а также технологическую себестоимость заготовительных операций (формула 1.21).
6. Определяем стоимость заготовки (формула 1.19), стоимость ее механической обработки (формула 1.29) и стоимость детали (формула 1.28).
7. Вводим исходные данные в компьютер в режиме диалога, используя программу KRUG-97 (запускной файл `krug.exe`), и сверяем результаты собственного ручного расчета с расчетами ЭВМ.
8. Распечатываем результаты расчета.
9. Вычерчиваем на формате А4 два графических документа: чертеж детали, выполненный в соответствии с вариантом задания, и чертеж заготовки, выполненный по результатам расчетов.
10. Формируем отчет о работе.

Контрольные вопросы

5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАГОТОВОК ИЗ ПРОКАТА

5. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

5.1 МЕТОДИКА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ
ВЫБОРА ЗАГОТОВКИ

5.2. МАССА ЗАГОТОВКИ И НОРМА РАСХОДА МЕТАЛЛА НА ДЕТАЛЬ

5.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ЗАГОТОВКИ ИЗ КРУГЛОГО
ПРОКАТА

5.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТОИМОСТИ ЗАГОТОВОК ИЗ ПРОКАТА

5.5. УПРОЩЕННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА СЕБЕСТОИМОСТИ
ЗАГОТОВОК И ДЕТАЛЕЙ ИЗ КРУГЛОГО ПРОКАТА.

5.6. ПОРЯДОК ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗАГОТОВОК ИЗ ПРОКАТА.