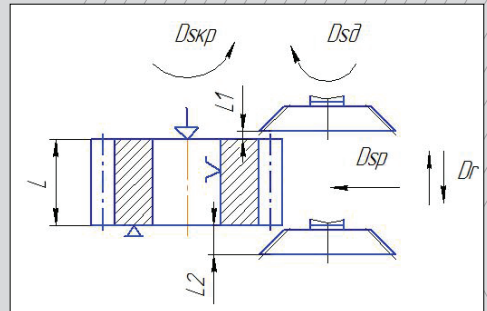
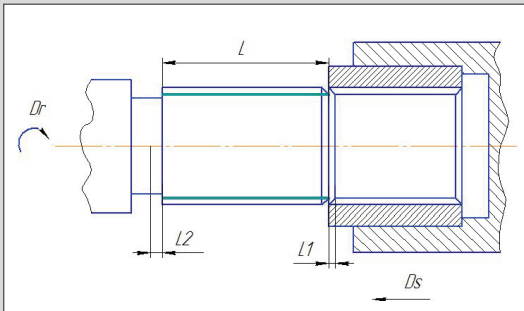


Д.А. Расторгуев

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

Электронное учебно-методическое пособие



УДК 658.512(075.8):621.91(075.8)
ББК 30.605я73:30.61я73

Рецензенты:

начальник ОАЭС П МСП ОАО «АВТОВАЗ» К.А. Ахметжанов;
канд. техн. наук, доцент Тольяттинского государственного
университета А.В. Щипанов.

Расторгуев, Д.А. Проектирование технологических операций :
электронное учеб.-метод. пособие / Д.А. Расторгуев. – Тольятти :
Изд-во ТГУ, 2015. – 1 оптический диск.

В пособии представлены рекомендации по разработке структуры технологических операций с учетом выбранного технологического оборудования и средств технологического оснащения, отражена методика расчета операционных размеров табличным и аналитическим способами, даны разъяснения по расчету режимов резания и нормированию, приведены необходимые справочные материалы.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, профиль «Технология машиностроения».

Текстовое электронное издание

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

Минимальные системные требования: IBM PC-совместимый компьютер: Windows XP/Vista/7/8; 500 МГц или эквивалент; 128 Мб ОЗУ; SVGA; Adobe Reader.

Редактор О.И. Елисеева
Технический редактор З.М. Малявина
Компьютерная верстка: Л.В. Сызганцева
Художественное оформление,
компьютерное проектирование: И.И. Шишкина

Дата подписания к использованию 24.12.2014.
Объем издания 4,6 Мб.
Комплектация издания: CD-диск, первичная упаковка.
Заказ № 1-85-13.

Издательство Тольяттинского государственного университета
445667, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14
тел. 8(8482) 53-91-47, www.tltsu.ru

Содержание

Введение	5
1. ВЫБОР СТРУКТУРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ	6
2. ВЫБОР СРЕДСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ	11
3. РАСЧЕТ ОПЕРАЦИОННЫХ РАЗМЕРОВ	18
4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ	40
5. НОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА	47
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	53
Контрольные вопросы	54
Библиографический список	55
Приложение А	57
Приложение Б	67
Приложение В	75
Приложение Г	82
Приложение Д	88
Приложение Е	110

Введение

Для обеспечения заданных точностных и качественных показателей деталей машин, технико-экономических показателей технологических процессов (трудоемкость, себестоимость) необходимо рационально проектировать технологические операции изготовления деталей, являющихся основными этапами технологических процессов.

Проектирование технологических операций проводится в следующей последовательности:

- выбор структуры технологической операции;
- выбор технологического оборудования и средств технологического оснащения;
- расчет операционных размеров и припусков;
- расчет режимов резания;
- нормирование технологических операций.

Представленная методика проектирования технологических операций способствует формированию следующих профессиональных компетенций по проектно-конструкторской деятельности: способности использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительной продукции для производства изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда (ПК-1); способности выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий машиностроения, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей (ПК-2).

1. ВЫБОР СТРУКТУРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ

Структура технологической операции зависит от технологических переходов, последовательности их выполнения и определяет время выполнения операции, которое определяется штучным временем, затрачиваемым на производство одной единицы продукции [13]:

$$T_{шт} = T_0 + T_в + T_{об} + T_{пер}, \quad (1.1)$$

где T_0 – основное технологическое время, затрачиваемое непосредственно на изменение состояния заготовки – время воздействия инструмента на заготовку; $T_в$ – вспомогательное время, затрачиваемое на выполнение вспомогательных переходов, ходов, управление оборудованием, контроль, смену инструмента; $T_{об}$ – время технического и организационного обслуживания; $T_{пер}$ – потери на подготовку оборудования к работе, организационные перерывы.

Структура операции определяется следующими признаками [4; 8; 13]:

- количеством заготовок, одновременно устанавливаемых в приспособлении или на станке (одно- или многоместная);
- количеством инструментов, используемых при выполнении операции (одно- или многоинструментная);
- последовательностью работы инструментов при выполнении операции.

На рис. 1.1 приведены примеры одноместных структур операций. При последовательной одно- и многоинструментной обработке (рис. 1.1, *а, б*) основное технологическое время операции складывается из основных времен отдельных переходов. Основное время одноинструментной параллельной обработки (рис. 1.1, *в*) определяется лимитирующим переходом, т. е. таким, который требует наибольшего времени. Разница основных времен при врезном шлифовании на станках с непараллельным расположением шпинделей заготовки и шлифовальной бабки обусловлена разными величинами припусков на торец и цилиндрическую поверхность и разными величинами минутных подач в направлениях снятия припусков.

Для многоинструментной параллельной структуры (рис. 1.1, *г*) основное время операции равно времени обработки одного отверстия.

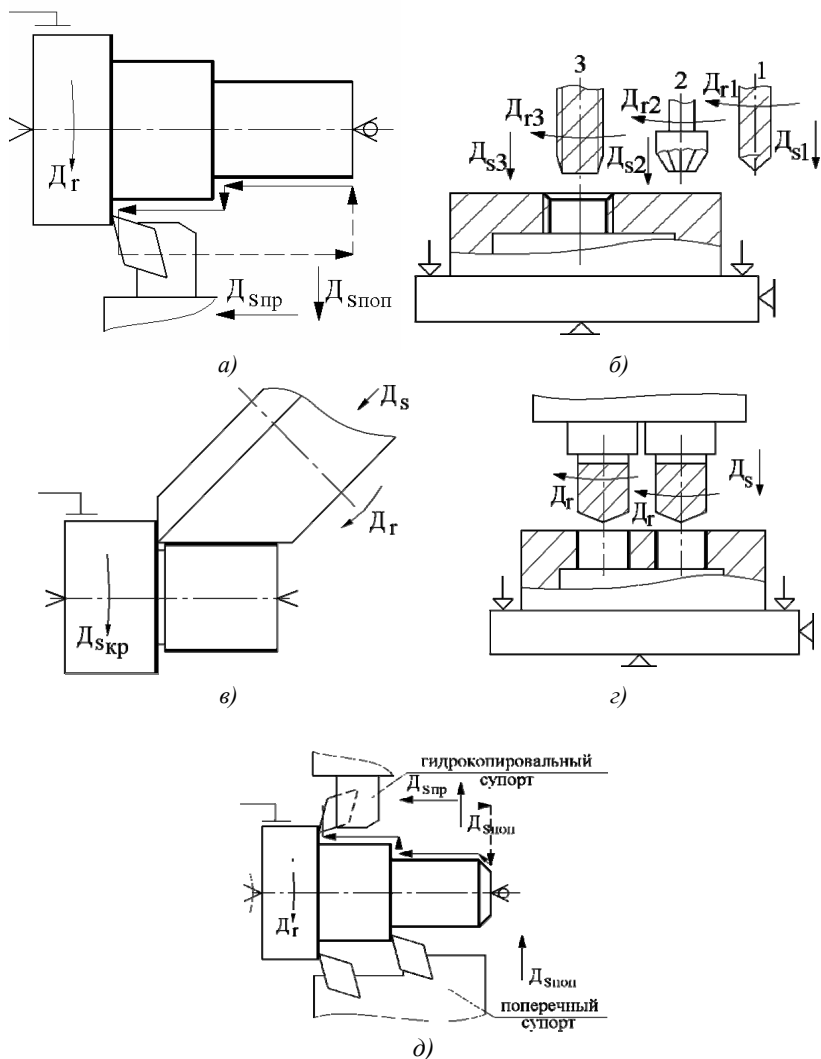


Рис. 1.1. Одноместные структуры:
 а – одноинструментная последовательная; б – многоинструментная последовательная; в – одноинструментная параллельная;
 з – многоинструментная параллельная; д – многоинструментная параллельно-последовательная

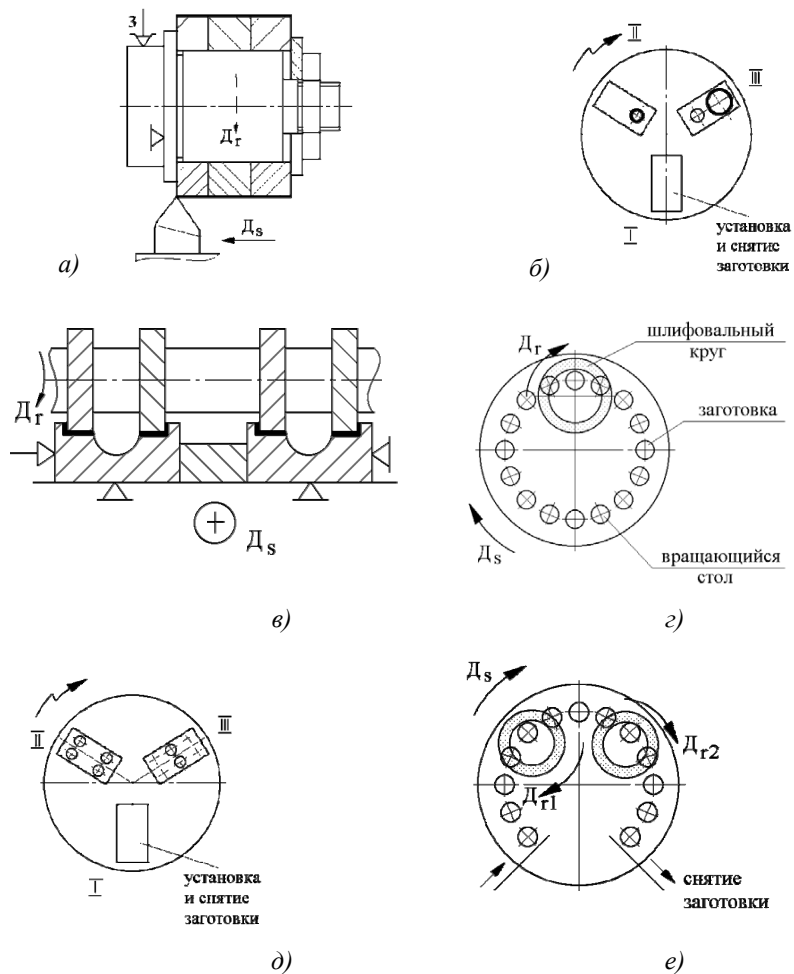


Рис. 1.2. Многоместные структуры: *a* – одноинструментная последовательная с одновременной установкой заготовок; *б* – одноинструментная последовательная с раздельной установкой заготовок; *в* – многоинструментная параллельная с одновременной установкой заготовок; *г* – одноинструментная последовательно-параллельная с одновременной установкой заготовок; *д* – многоинструментная параллельно-последовательная с раздельной установкой заготовок; *е* – многоинструментная параллельно-последовательная с непрерывной установкой заготовок

У структуры, изображенной на рис. 1.1, *д*, основное время складывается из времени работы гидрокопировального суппорта и времени работы поперечного суппорта. У последнего основное время определяется лимитирующим инструментом, обрабатывающим уступ с наибольшей длиной.

Для многоместных структур, изображенных на рис. 1.2, характерно снижение как основного, так и вспомогательного времени. У структуры одноинструментной последовательной (рис. 1.2, *а*) идет сокращение основного времени за счет уменьшения затрат на врезание и перебег. Вспомогательное время сокращается за счет уменьшения затрат на закрепление и открепление заготовки, сокращение количества вспомогательных перемещений инструмента и уменьшение времени на управление станком. Основное время для структур *б* и *д* определяется наибольшим основным временем, характерным для одной из рабочих позиций. Вспомогательное время складывается из холостых ходов инструментов, времени поворота стола с заготовкой из одной позиции в другую (индексация). У таких структур время установки и снятия заготовки совмещено со временем обработки.

Затраты на установку и снятие заготовки у структур с отдельной установкой заготовок (рис. 1.2, *в* и *г*) выделены в отдельную составляющую. Основное время для таких структур равно основному времени обработки одной заготовки. У структуры, показанной на рис. 1.2, *е*, время индексации совмещено со временем обработки, а основное время определяется лимитирующим основным временем из двух последовательных шлифовальных переходов.

Выбор структуры зависит от серийности производства и принятого принципа формирования технологического процесса и технологических операций.

Количественная оценка принятой структуры операции может быть произведена по коэффициенту совмещения основного времени:

$$K_{c.o} = \frac{T_0}{\sum_{i=1}^n T_{oi}}, \quad (1.2)$$

где T_0 – основное неперекрываемое время операции, входящее в состав её штучного времени; $\sum_{i=1}^n T_{0i}$ – сумма всех элементов основного времени, совмещенных и несомещенных переходов операции.

При отсутствии совмещения переходов $K_{c.o} = 1$. Однако определение значения этого коэффициента возможно только после нормирования технологических операций.

После уточнения структуры технологической операции определяются её составляющие элементы: установовы, позиции, вспомогательные и технологические переходы, количество инструментов и последовательность, в которой эти составляющие части выполняются.

2. ВЫБОР СРЕДСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ

Уточнение структуры технологической операции позволяет уточнить *модель станка*, обеспечивающего её выполнение. Определяющими факторами являются [6; 13; 18]:

- 1) габаритные размеры обрабатываемой заготовки;
- 2) схема базирования заготовки;
- 3) размеры обрабатываемых поверхностей;
- 4) требования к точности обработки.

Последнее требование диктует выбор класса точности станка.

Если имеется многовариантное решение, то окончательный выбор возможен путем выполнения сравнительного экономического анализа.

При выборе *станочных приспособлений* следует руководствоваться следующими положениями [3; 5; 18]:

- 1) станочное приспособление должно материализовывать теоретическую схему базирования заготовки, принятую на операции;
- 2) приспособление должно обеспечить надежное закрепление заготовки во время производства операции;
- 3) с помощью приспособления реализуется структура технологической операции (одно- или многоместная);
- 4) приспособления должны обеспечивать заданную точность обработки независимо от квалификации станочника;
- 5) приспособления должны быть удобными в работе, быстродействующими, механизированными;
- 6) приспособления должны быть недорогими и технологичными в эксплуатации и ремонте.

В условиях единичного и мелкосерийного производств предпочтение следует отдавать универсальным стандартным или нормализованным приспособлениям (универсально-сборные, сборно-разборные, универсально-наладочные и т.п.) определенных типоразмеров, обеспечивающим установку заготовок конкретных габаритных размеров.

В среднесерийном производстве целесообразно применение специализированных групповых переналаживаемых приспособлений для обработки однотипных заготовок, отличающихся раз-

мерами и некоторыми конструктивными элементами. Особую актуальность это приобретает при проектировании групповых технологических процессов.

В условиях крупносерийного и массового производств применяются специальные приспособления, предназначенные для обработки на операции одной конкретной заготовки. Это приспособления одноцелевого назначения. Как правило, эти приспособления проектируются в соответствии с техническим заданием на проектирование, разработанным в процессе выполнения этапа разработки технологических операций.

Режущие инструменты должны удовлетворять требованиям максимальной стойкости, что снижает затраты времени на переналадку оборудования. Вместе с этим не следует забывать о снижении затрат на инструмент, которые зависят от стоимости инструментов [5; 6; 10; 18].

Порядок выбора режущих инструментов следующий:

1) определяется вид режущего инструмента исходя из метода обработки, конфигурации и расположения поверхности;

2) выбирается марка инструментального материала режущей части. При этом учитывают вид и марку обрабатываемого материала заготовки, его физико-механические характеристики, состояние обрабатываемой поверхности, вид обработки (черновая, чистовая и т. д.);

3) назначаются геометрические параметры режущей части исходя из вида обработки, формы обрабатываемой поверхности, физико-механических характеристик материала заготовки;

4) выбирается конструкция режущего инструмента, его типоразмер. Чем ниже серийность производства, тем большее предпочтение отдается стандартным и нормализованным конструкциям. В условиях крупносерийного и массового производств выше степень применения специальных конструкций, обеспечивающих быструю наладку оборудования на требуемый операционный размер.

Средства контроля должны обеспечивать надлежащее качество технического контроля при выполнении технологических операций и при производстве приемочного контроля изделий [18; 20].

При выборе средств контроля параметров качества обработки в начале следует выбрать метод измерений. В единичном, мелко-

и среднесерийном производстве используют *метод непосредственной оценки*, когда величина контролируемого параметра определяется непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора. В крупносерийном и массовом производствах применяют *метод сравнения*, когда измеряемая величина сравнивается с величиной, воспроизводимой мерой.

Кроме указанных методов измерений во всех типах производств применяют *средства альтернативной проверки* годности изделий: калибры, приборы и устройства сортировки изделий.

Общими правилами при выборе средств контроля являются следующие:

1) точность измерительных средств должна обеспечивать достоверность контроля, т. е. погрешность измерения не должна превышать допустимой установленной величины по ГОСТ 8.051–81 [13; 20];

2) следует отдавать предпочтение стандартным и нормализованным средствам контроля;

3) при низкой серийности производства (до крупносерийного) следует использовать универсальные средства контроля;

4) в крупносерийном и массовом производствах необходимо применять специальные средства как поэлементного, так и комплексного контроля, включая автоматические средства контроля и измерений (координатно-измерительные машины, контрольно-сортировочные автоматы и т. д.).

Достаточно сложному вопросу выбора технологической оснастки посвящено большое количество справочной литературы. Конкретные рекомендации можно найти в [1–3; 5; 6; 17; 19]. Методики проектирования специальных средств технологического оснащения излагаются в курсах специальных дисциплин подготовки студентов машиностроительных специальностей.

Ниже на примере обработки тел вращения рассматривается выбор оборудования и средств технологического оснащения на основе последних достижений в области металлообработки.

Современные токарные станки имеют рабочую зону, насыщенную обрабатывающим инструментом. компоновка станка с револьверной головкой является общепринятой. Как правило, часть инструментальных позиций имеет привод вращения.

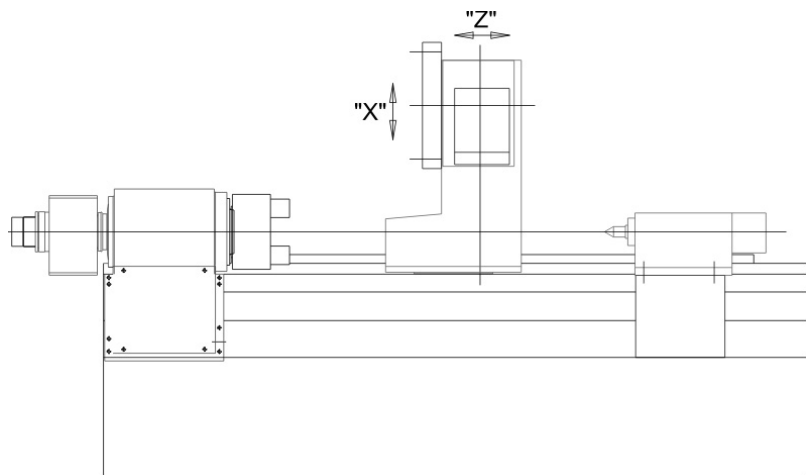


Рис. 2.1. Станок токарный традиционного исполнения

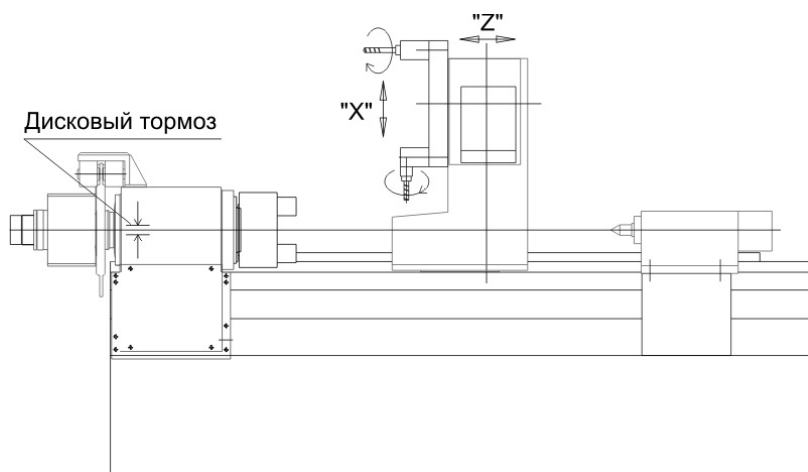


Рис. 2.2. Центр токарный с устройством позиционирования шпинделя, револьверной головкой для токарного и приводного инструмента

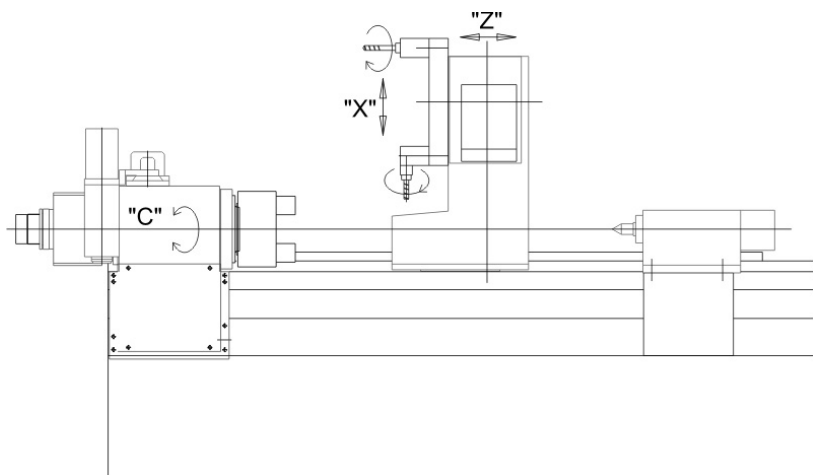


Рис. 2.3. Центр токарный с устройством позиционирования и круговой подачи шпинделя (осью С), револьверной головкой для токарного и приводного инструмента

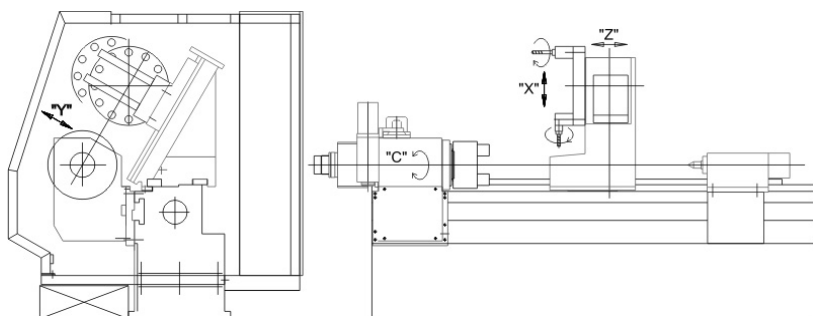


Рис. 2.4. Центр токарный с устройством позиционирования и круговой подачи шпинделя (осью С), револьверной головкой с осью Y для токарного и приводного инструмента

На рис. 2.1–2.7 приведены компоновки станков фирмы «САСТА» (Россия). Дисковый тормоз на станке позволяет фиксировать шпиндель для обработки продольных и радиальных пазов и отверстий, а также отверстий, несоосных с осью вращения. Устройство кругового позиционирования шпинделя и дополнительные степени свободы позволяют обрабатывать сложные фасонные поверхности. Станки также оснащаются противошпинделем для перехвата заготовки при ее обработке с двух концов.

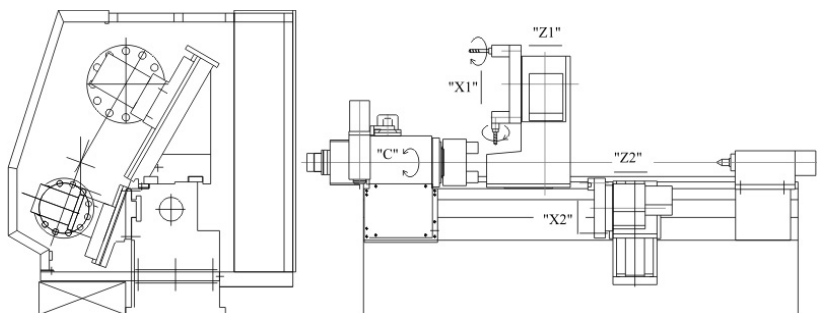


Рис. 2.5. Центр токарный двухсуппортный, с устройством позиционирования и круговой подачи шпинделя (осью С), револьверными головками для токарного и приводного инструмента на верхнем и нижнем суппортах

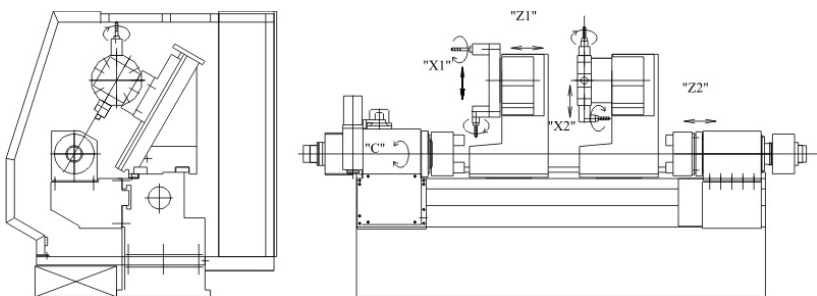


Рис. 2.6. Центр токарный двухсуппортный с противошпинделем, с устройством позиционирования и круговой подачи шпинделя (осью С), револьверными головками для токарного и приводного инструмента на верхнем и нижнем суппортах

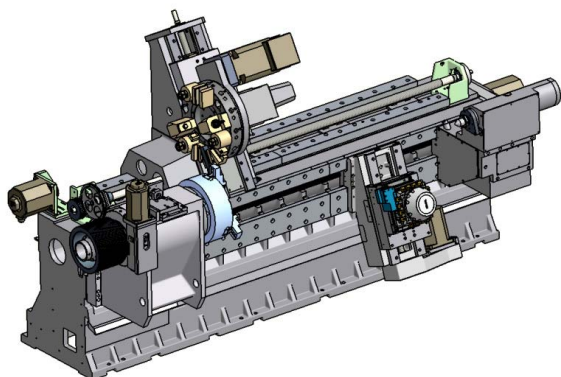


Рис. 2.7. Компоновка центра токарного двухсуппортного, с устройством позиционирования и круговой подачей шпинделя (осью С), револьверными головками для токарного и приводного инструмента на верхнем и нижнем суппортах

На токарных станках, например *Mazak* (Япония), можно нарезать зубчатые поверхности модульными фрезами, а внутренние венцы обрабатывать зубодолблением. Обработка на таких токарных станках аналогична обработке на сверлильно-фрезерно-расточных центрах. Для термообработки, резки и маркировки могут использоваться лазерные системы.

Наклонные станины или направляющие позволяют более рационально распределить нагрузку и повысить жесткость станка. В главном приводе используется асинхронный привод для бесступенчатой регулировки частоты вращения.

3. РАСЧЕТ ОПЕРАЦИОННЫХ РАЗМЕРОВ

Операционным размером называют размер обрабатываемой поверхности, предписанный к выполнению на рассматриваемой операции (переходе). Значение операционного размера не должно выходить за пределы наименьшего и наибольшего допустимых размеров, разница между которыми равна технологическому допуску. Операционные размеры определяют с помощью промежуточных (операционных) припусков на обработку поверхности.

Припуск – слой материала, удаляемый в процессе механической обработки в целях достижения заданных точности и качества обрабатываемой поверхности. Различают припуски промежуточные (операционные) и общие.

Промежуточный (операционный) припуск – слой материала, снимаемый при выполнении данного технологического перехода (операции). Его величина определяется как разность размеров заготовки, полученных на предшествующем и выполняемом технологических переходах (операциях).

Общий припуск – слой материала, удаляемый с обрабатываемой поверхности заготовки при выполнении всей совокупности технологических переходов. Его величина определяется как разность размеров исходной заготовки и готовой детали.

К снимаемым в процессе обработки заготовки слоям материала относятся и *напуски*. Однако, в отличие от припусков, причиной их появления является упрощение технологического процесса получения исходной заготовки за счет упрощения её формы и создания специальных технологических элементов – уклонов, радиусов.

Установление оптимальных величин припусков на обработку имеет существенное технико-экономическое значение при разработке технологических процессов изготовления деталей машин. Чрезмерно большие припуски приводят к уменьшению коэффициента использования материала исходной заготовки, увеличению трудоемкости механической обработки, повышению затрат.

Назначение недостаточных величин припусков может создать в ряде случаев неприемлемые условия работы режущих инструментов в зоне твердой литейной корки или окалины на черновых опера-

циях. Чрезмерно заниженные припуски не обеспечивают получение требуемой точности и шероховатости обработанной поверхности, вызывают повышение требований к точности исходных заготовок, что не всегда экономически целесообразно.

В машиностроении широко применяют несколько методов определения припусков.

Опытно-статистический (табличный) позволяет получить значения операционных припусков по таблицам, составленным на основе обобщения и систематизации данных передовых предприятий [6; 17]. Значения общих припусков приведены в стандартах на исходные заготовки – поковки, отливки. Недостатком этого метода является то, что припуски назначают без учета конкретных условий построения технологических процессов: структур операций, особенностей работы оборудования, схем установки заготовки и размерных взаимосвязей в технологическом процессе. Опытно-статистические величины припусков завышены, так как ориентированы на условия, где увеличенный припуск дает возможность избежать брака за счет удлинения технологического маршрута. Этот метод применим в условиях единичного и мелкосерийного производства, где не требуется углубленного анализа выполнения операций и изыскания путей уменьшения припусков.

Расчетно-аналитический метод определения припусков разработан В.М. Кованом [12–14; 17]. Согласно этому методу величина минимального припуска должна быть такой, чтобы при его снятии устранялись погрешности обработки и дефекты поверхностного слоя, полученные на предыдущих технологических переходах, а также погрешность установки заготовки, возникающая на выполняемом переходе. Общая величина минимального промежуточного припуска Z_{\min}^i :

$$Z_{\min}^i = R_z^{i-1} + h^{i-1} + \Delta_{np}^{i-1} + \mathcal{E}_y^i, \quad (3.1)$$

где i – индекс выполняемого технологического перехода; R_z^{i-1} – средняя высота неровностей поверхности после предшествующего перехода; h^{i-1} – глубина дефектного поверхностного слоя после предшествующего перехода; Δ_{np}^{i-1} – величина пространственных отклонений обрабатываемой поверхности относительно технологиче-

ской базы, полученная на предыдущем переходе; ε_y^i – погрешность установки заготовки на рассматриваемом переходе.

Величина R_z^{i-1} определяется технологическими возможностями метода обработки [12; 14; 17].

Состояние и глубина h^{i-1} поверхностного слоя [12; 14; 17] характеризуют слой материала, отличающийся от основного материала заготовки (рис. 3.1). Это литейная корка с частицами формовочной смеси у отливок, обезуглероженный слой у поковок, отбеленный слой у чугунных отливок, зона наклепа у металлических заготовок после их механической обработки, слой со следами прижогов после шлифования, слои насыщения химическими элементами после химико-термической обработки, закаленные слои после поверхностной закалки.

Дефектный слой должен быть частично или полностью удален. Однако в ряде случаев этот слой должен быть сохранен в целях повышения эксплуатационных характеристик детали (наклеп, закалка поверхностная, химико-термическая обработка), и тогда его величина исключается из структуры минимального припуска.

К пространственным отклонениям Δ_{np}^{i-1} относят несоосность базовой наружной поверхности и внутренней обрабатываемой поверхности втулки (рис. 3.2, а), несоосность обтачиваемых поверхностей вала относительно линии центровых отверстий, являющихся технологическими базами (рис. 3.2, б), перпендикулярность обтачиваемых торцов относительно базы (рис. 3.2, в) и другие погрешности взаимного расположения обрабатываемых и базовых поверхностей заготовок. По методике В.М. Кована [17], величина Δ_{np}^{i-1} определяется как

$$\Delta_{np}^{i-1} = K^{i-1} \cdot \Delta_{np}^{заг}, \quad (3.2)$$

где K^{i-1} – коэффициент уточнения пространственного расположения для $i-1$ перехода; $\Delta_{np}^{заг}$ – погрешность пространственного положения обрабатываемой поверхности у исходной заготовки относительно технологической базы.

Погрешность установки ε^i при определении операционного припуска характеризуется величиной смещения обрабатываемой поверхности относительно технологической базы. Это смещение

происходит вследствие погрешностей приспособления, реализующего теоретическую схему базирования.

Припуски отсчитываются в направлении, перпендикулярном обрабатываемой поверхности. Пространственное отклонение Δ_{np}^{i-1} и погрешность установки $\bar{\varepsilon}^i$ представляют собой векторы, так как они имеют не только величину, но и направление. Кроме того, величины Δ_{np}^{i-1} и ε^i носят случайный характер. Наиболее вероятное суммарное значение этих векторов определяется по правилу квадратного корня:

$$|\Delta_{np}^{i-1} + \varepsilon^i| = \sqrt{(\Delta_{np}^{i-1})^2 + (\varepsilon_y^i)^2}. \quad (3.3)$$

При обработке плоскостей эти векторы коллинеарны:

$$|\Delta_{np}^{i-1} + \varepsilon^i| = \Delta_{np}^{i-1} + \varepsilon^i. \quad (3.4)$$

Величины Δ_{np}^{i-1} и ε^i отсчитываются в том же направлении, что и припуск. Таким образом получены следующие формулы для определения минимальных операционных припусков:

– припуск на сторону при последовательной обработке противоположных или отдельно расположенных плоскостей

$$Z_{min}^i = (Rz + h)^{i-1} + \Delta_{np}^{i-1} + \varepsilon_y^i; \quad (3.5)$$

– припуск на две стороны при параллельной обработке противоположащих плоскостей

$$2Z_{min}^i = 2[(Rz + h)^{i-1} + \Delta_{np}^{i-1} + \varepsilon_y^i]; \quad (3.6)$$

– припуск на диаметр при обработке наружных или внутренних поверхностей вращения

$$2Z_{min}^i = 2[(Rz + h)^{i-1} + \sqrt{(\Delta_{np}^{i-1})^2 + (\varepsilon_y^i)^2}]. \quad (3.7)$$

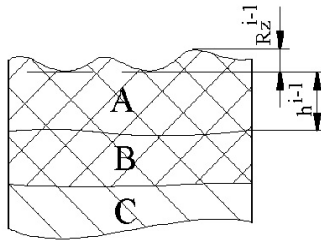


Рис. 3.1. Схема поверхностного слоя заготовки: А – удаляемый слой; В – сохраняемый дефектный слой; С – основной материал

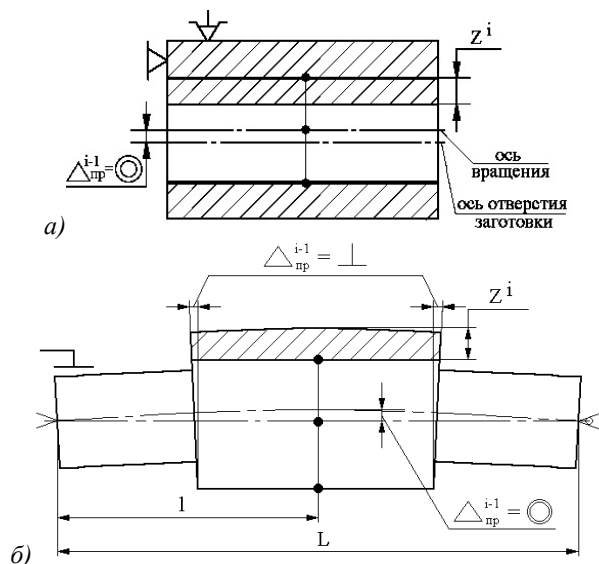


Рис. 3.2. Влияние пространственных отклонений заготовки на величину припуска: *a* – при обработке отверстия; *б* – при обработке вала

На базе приведенных формул могут быть получены частные расчетные формулы для конкретных случаев обработки. Следует отметить, что величина Z_{min}^i не должна быть меньше той глубины резания, при которой работа заточенного режущего инструмента становится неустойчивой. Так, доведенный резец может снимать стружку толщиной около 5 мкм. Однако через некоторое время режущее лезвие притупляется, и резец снимает стружку толщиной 10...20 мкм.

Величины составляющих минимального припуска приводятся в справочной литературе [6; 17]. Значения этих составляющих зависят от конфигурации и размерных соотношений обрабатываемой заготовки, материала, методов обработки, схем установки заготовки.

Операционные размеры определяют на основе расчета операционных припусков. На рис. 3.3 приведена схема формирования предельных операционных размеров с использованием для обеспечения точности метода последовательных ходов и замеров.

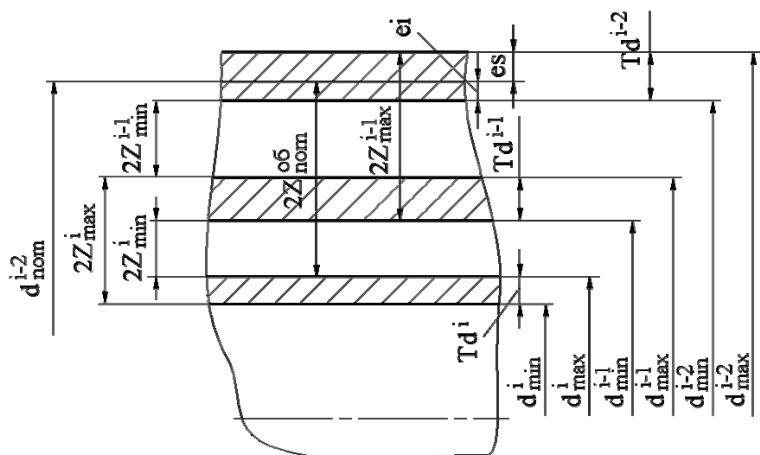


Рис. 3.3. Схема расположения припусков и операционных размеров вала при использовании метода последовательных ходов и замеров

В данном случае рабочие, выполняющие отдельные технологические операции, стремятся получить наибольшие предельные размеры, что гарантирует отсутствие неисправимого брака. При этом условии

$$2Z_{min}^i = d_{min}^{i-1} - d_{max}^i \quad (3.8)$$

Расчет операционных размеров идет от известных размеров детали к операционным размерам на отдельных этапах, включая получение исходной заготовки.

Наименьшее значение размера на предыдущей операции (переходе)

$$d_{min}^{i-1} = d_{max}^i + 2Z_{min}^i \quad (3.9)$$

Наибольшее значение операционного размера

$$d_{max}^{i-1} = d_{min}^{i-1} + Td^{i-1}, \quad (3.10)$$

где Td^{i-1} — допуск на диаметр на $i-1$ операции.

Максимальный припуск на $i-1$ операции

$$2Z_{max}^{i-1} = Z_{min}^{i-1} + Td^i + Td^{i-1}. \quad (3.11)$$

Данный случай обработки оправдан стремлением получить максимальный запас поля допуска, используемого на износ поверхности детали при её эксплуатации.

В условиях средне-, крупносерийного и массового производств для обеспечения точности используется метод обработки на настроенном оборудовании. Настройка при обработке валов производится на минимальный диаметр, при обработке отверстий – на максимальный диаметр. Из схемы (рис. 3.4) видно, что действительные размеры A деталей меняются по сравнению с настроечными A_n . Причиной являются упругие деформации технологической системы, приводящие к изменению положения инструмента и заготовки. В этих условиях имеет место явление копирования. Оно заключается в том, что при обработке заготовки с наименьшим предельным размером A_{\min}^{i-1} выдерживаемый размер тоже будет минимальным – A_{\min}^i , а из заготовок с A_{\max}^{i-1} будут получать детали с A_{\max}^i .

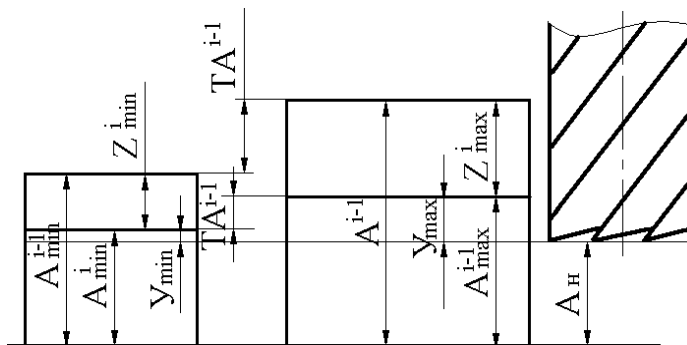


Рис. 3.4. Схема припусков и операционных размеров при обработке на настроенном оборудовании

Значение действительного минимального припуска

$$Z_{\min}^i = A_{\min}^{i-1} - A_{\min}^i. \quad (3.12)$$

Максимальный припуск определится как

$$Z_{\max}^i = TA^{i-1} + Z_{\min}^i - TA^i, \quad (3.13)$$

где TA^{i-1} , TA^i – допуски на размер A на рассматриваемом и предшествующем переходе соответственно.

В соответствии со схемой (рис. 3.5) наименьшее значение операционного размера на предшествующем переходе (операции)

$$d_{\min}^{i-1} = d_{\min}^i + 2Z_{\min}^i. \quad (3.14)$$

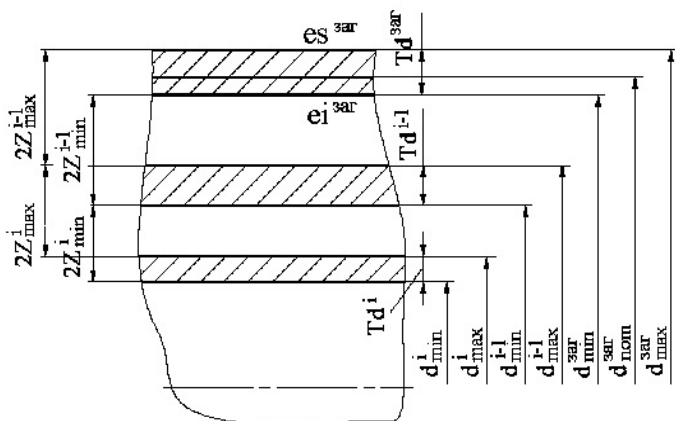


Рис. 3.5. Схема расположения припусков и операционных размеров для обработки вала на настроенном станке

Максимальный операционный размер на предшествующем переходе (операции)

$$d_{max}^{i-1} = d_{min}^{i-1} + Td^{i-1}. \quad (3.15)$$

Максимальное значение операционного припуска равно

$$2Z_{max}^i = 2Z_{min}^i - Td^i + Td^{i-1}. \quad (3.16)$$

В случае обработки отверстий (рис. 3.6) настройка инструмента производится по верхнему предельному значению операционного размера, так как отжатие происходит вовнутрь отверстия. При этом минимальный припуск отсчитывается от наибольшего предельного операционного размера и равен разности диаметров:

$$2Z_{min}^i = D_{max}^i - D_{max}^{i-1}, \quad (3.17)$$

где D_{max}^i – максимальное допустимое значение диаметра отверстия на i -й операции; D_{max}^{i-1} – то же на предыдущей $i-1$ операции (переходе). Отсюда расчетное значение наибольшего предельного размера отверстия на предшествующем переходе

$$D_{max}^{i-1} = D_{max}^i - 2Z_{min}^i. \quad (3.18)$$

Минимальное значение диаметра на предшествующем переходе

$$D_{min}^{i-1} = D_{min}^i - TD^{i-1}, \quad (3.19)$$

где TD^{i-1} – допуск на диаметр отверстия на предшествующем переходе. Значение максимального припуска определится как

$$2Z_{\max}^i = 2Z_{\min}^i + TD^{i-1} - TD^i, \quad (3.20)$$

где TD^i – допуск на диаметр отверстия на данном i -м переходе.

Расчетно-аналитический метод позволяет учесть особенности выполнения технологических операций и назначить более обоснованные значения припусков и операционных размеров по сравнению с данными, полученными табличным способом. Возможен анализ составляющих припуска и принятие решений, направленных на уменьшение припусков.

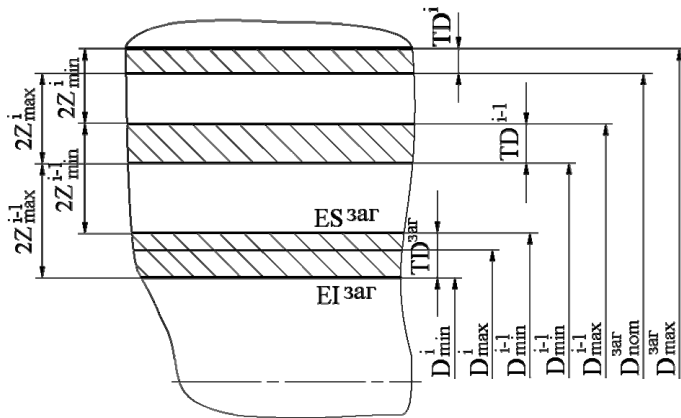


Рис. 3.6. Схема расположения припусков и операционных размеров при обработке отверстия на настроенном станке

Следует отметить, что расчетно-аналитический метод применяют в тех случаях, когда соблюдается принцип единства баз на всех операциях обработки поверхности. В большинстве технологических процессов этот принцип нарушается, при этом операционные размеры могут не совпадать с размерами детали, заданными конструктором. Особенно это проявляется при обработке торцовых поверхностей тел вращения. Кроме нарушения принципа единства баз может иметь место нарушение принципа постоянства баз. В этих случаях наблюдаются сложные размерные взаимосвязи между операционными размерами, припусками, размерами детали. В таких

технологических ситуациях единственно правильным решением при расчете операционных припусков и размеров будет применение метода решения уравнений технологических операционных размерных цепей [12].

Кроме определения минимальных и максимальных значений операционных припусков необходимо рассчитать средние значения операционных припусков

$$Z_{cp}^i = 0,5(Z_{\min}^i + Z_{\max}^i). \quad (3.21)$$

Это необходимо для определения расчетной глубины резания при назначении режимов обработки и нормировании технологических операций.

Максимальные значения припусков определяют нагрузку на технологическое оборудование, его мощностные характеристики.

Значения операционных размеров необходимы для выполнения операционных эскизов при оформлении технологической документации.

Ниже приводятся рекомендации по проектированию заготовок с примерами расчета припусков и операционных размеров при обработке.

Исходные данные для определения табличных значений общих припусков, с помощью которых определяют размеры исходной заготовки без учета особенностей технологии изготовления детали:

- 1) рабочий чертеж детали с указанием данных о материале и массе детали, точности, шероховатости поверхностей;
- 2) сведения об исходной заготовке: вид и метод ее получения (выбор метода получения заготовки в прил. А).

Если был выбран метод получения заготовки из *проката* по методике из прил. А, диаметральные размеры заготовок из круглого сортового проката определяются по табл. Б.1 прил. Б. Номинальные значения диаметра и длины детали определяются по ее габаритным (наибольшим) размерам.

Припуски на механическую обработку диаметров даны в табл. Б.2, торцов заготовок – в табл. Б.3–Б.5. Допуски на резку проката приведены в [17].

Если был выбран способ получения заготовки *ковкой*, припуски и допуски на обработку поковок общего назначения из углеро-

дистой и легированной стали, изготавливаемых свободной ковкой на прессах, указаны в ГОСТ 7062–67, а для поковок из черных металлов, изготавливаемых горячей объемной штамповкой на молотах, – в ГОСТ 7829–70.

Припуски и допуски для поковок из черных металлов, получаемых на различных видах кузнечно-прессового оборудования (прессах), определяются исходя из шероховатости обработанной поверхности детали, величины размеров и массы поковки, конструктивных характеристик поковки по ГОСТ 7505–89 (по припускам – табл. В.5, по допускам – В.6).

Проектирование *штамповки* рассмотрим подробно. Для определения припусков и допусков на размеры надо найти исходный индекс по нескольким параметрам штамповки (табл. В.1–В.4, формула (В.1)).

Заготовки могут различаться:

- 1) по классу точности: Т1, Т2, Т3, Т4, Т5 – в зависимости от способа штамповки (табл. В.1);
- 2) группе стали: М1 – сталь с долей углерода до 0,35 % и суммарной массовой долей легирующих элементов до 2 %, М2 – сталь с долей углерода свыше 0,35 % до 0,65 % или суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 2 %, до 5 % включительно, М3 – сталь с массовой долей углерода свыше 0,65 % или суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 5 %;
- 3) степени сложности: С1, С2, С3, С4.

Степеням сложности поковок соответствуют следующие численные значения отношения массы (объема) G_n поковки к массе (объему) G_ϕ геометрической фигуры, в которую вписывается поковка (шар, параллелепипед, цилиндр, призма) (табл. В.2):

$$C1 - G_n/G_\phi > 0,63;$$

$$C2 - 0,63 \geq G_n/G_\phi > 0,32;$$

$$C3 - 0,32 > G_n/G_\phi > 0,16;$$

$$C4 - 0,16 \geq G_n/G_\phi.$$

Ориентировочную величину массы поковки допускается вычислять по формуле

$$G_n \approx G_d \cdot K_p,$$

где G_d – масса детали; K_p – расчетный коэффициент, зависящий от формы детали (табл. В.4).

После определения массы, класса точности, группы стали, степени сложности определяется исходный индекс заготовки по формуле (В.1).

Припуски на обработку зависят от характеристики обрабатываемой поверхности и находятся по табл. В.5.

Величины допусков и допускаемых отклонений линейных размеров назначаются по табл. В.6. Допускаемые отклонения внутренних размеров поковок должны устанавливаться с обратным знаком.

Проектирование *отливок*. Общие припуски на обработку поверхностей отливок из металлов и сплавов назначают в соответствии с требованиями ГОСТ 26645–86. Величины припусков зависят от вида окончательной обработки, общего допуска элемента поверхности и ряда припусков.

Номер ряда припуска зависит от степени точности поверхности. Общий допуск элемента отливки складывается из допуска размера от поверхности до измерительной базы и допуска формы и расположения поверхности, которые, в свою очередь, определяются исходя из класса точности отливки и степени коробления элементов отливки. Класс точности и степень коробления зависят от материала заготовки и метода ее получения.

В условиях заготовительных производств машиностроительных заводов большинство методов отливок из различных конструкционных материалов позволяет получить 7–10 классы размерной точности отливок и 10–12 степени точности поверхностей отливок. Меньшие из значений относятся к простым отливкам и условиям массового автоматизированного производства, большие – к сложным отливкам единичного и мелкосерийного производства, средние – к отливкам средней сложности и условиям механизированного серийного производства (табл. Г.1).

Указанным степеням точности поверхности соответствуют 4–7 ряды припусков. Меньшие значения рядов припусков следует принимать для термообрабатываемых отливок из цветных легкоплавких сплавов, большие значения – для отливок из ковкого чугуна, средние – для отливок из серого и высокопрочного чугуна,

термообрабатываемых отливок из стальных и цветных тугоплавких сплавов. Для верхних поверхностей при заливке отливок единичного и мелкосерийного производства, изготавливаемых в разовых формах, допускается принимать увеличение на 1–3 единицы значения ряда припуска.

Порядок определения припусков:

- 1) по классу точности отливки определить допуски размеров элементов отливки (табл. Г.2);
- 2) определить (табл. Г.3) припуски на обработку (на сторону) поверхностей отливки в зависимости от общего допуска элемента поверхности, вида окончательной механической обработки, принятого ряда припуска.

Номинальные размеры исходных заготовок в единичном и мелкосерийном производстве определяются:

– для валов

$$d_{nom}^{зар} = d_{max}^{дет} + Z^0; \quad (3.22)$$

– для отверстий

$$D_{nom}^{зар} = D_{min}^{дет} - Z^0. \quad (3.23)$$

Здесь $d_{max}^{дет}$ – окончательный максимальный размер вала; $D_{min}^{дет}$ – окончательный минимальный размер отверстия; Z^0 – общий припуск, определенный по таблицам.

Максимальные и минимальные размеры заготовок определяют с учетом допусков и отклонений размеров исходных заготовок, определенных по таблицам.

Вал:

$$d_{max}^{зар} = d_{nom}^{зар} + ei^{зар}; \quad (3.24)$$

$$d_{min}^{зар} = d_{nom}^{зар} + es^{зар}. \quad (3.25)$$

Отверстие:

$$D_{max}^{зар} = D_{nom}^{зар} + EI^{зар}; \quad (3.26)$$

$$D_{min}^{зар} = D_{nom}^{зар} - ES^{зар}. \quad (3.27)$$

Здесь $ei^{зар}(EI^{зар})$, $es^{зар}(ES^{зар})$ – верхнее и нижнее отклонения полей допусков размеров заготовок вала (отверстия).

Величины операционных минимальных припусков, приведенные в таблицах прил. Б, определяются в соответствии с технологическими маршрутами обработки отдельных поверхностей.

В табл. Б.2—Б.5 приведены операционные припуски на обработку сравнительно несложных поверхностей деталей машин, изготавливаемых из черных металлов: наружных цилиндрических, торцевых поверхностей и плоскостей.

В условиях единичного и мелкосерийного производств для достижения заданной точности поверхностей, обрабатываемых резанием, используется метод пробных проходов и промеров. Для получения исходных заготовок применяют сравнительно дешевые, но неточные методы.

Промежуточные операционные размеры устанавливают в порядке, обратном ходу технологического процесса обработки поверхности, т. е. от размера готовой детали к размеру заготовки. Величины операционных припусков в зависимости от вида обработки и геометрических размеров детали определяют по табл. Б.2—Б.5 прил. Б. Схемы расположения припусков и допусков вала и отверстия приведены на рис. 3.3, 3.7.

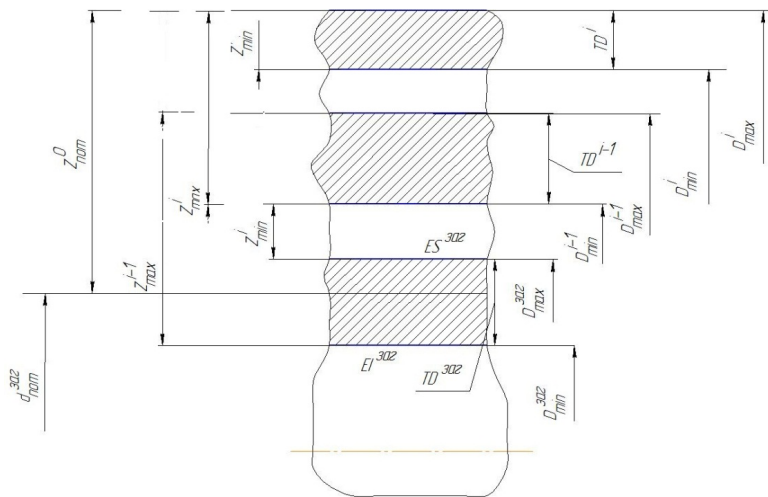


Рис. 3.7. Схема расположения припусков и допусков отверстия в мелкосерийном производстве

Расчетный операционный размер вала на i -й операции (технологическом переходе) в технологической документации может быть записан в виде:

$$d_p^i = d_{max}^i - Td^i, \quad (3.28)$$

где d_{max}^i – максимальное (номинальное) значение диаметра вала; Td^i – операционный допуск на i -й операции.

Величины операционных допусков Td^i определяются по таблицам статистической точности обработки, приведенным в [12, 14].

Максимальный операционный размер на $i-1$ операции рассчитывается как

$$d_{max}^{i-1} = d_{max}^i + Z_{min}^i + Td^{i-1}, \quad (3.29)$$

где Z_{min}^i – минимальный табличный припуск на диаметр на i -й операции (переходе); Td^{i-1} – допуск на размер на i -й операции (переходе).

Минимальный припуск на диаметр на первой операции механической обработки в этом случае

$$Z_{min}^1 = d_{min}^{зар} - d_{max}^1 = d_{min}^{зар} - [d_{max}^{зар} + \sum_{i=2}^{i=k} Z_{min}^i + \sum Td^i], \quad (3.30)$$

где k – количество операций (переходов) механической обработки.

Максимальный припуск можно определить как

$$z_{max}^i = d_{max}^{i-1} - d_{min}^i, \quad (3.31)$$

или

$$z_{max}^i = z_{min}^i + Td^i + Td^{i-1}. \quad (3.32)$$

Для отверстия:

– расчетный операционный размер

$$D_p^i = D_{min}^i + Td^i; \quad (3.33)$$

– минимальный диаметр

$$D_{min}^i = D_{max}^i - z_{min}^i - Td^{i-1}; \quad (3.34)$$

– минимальный припуск на первом технологическом переходе

$$Z_{min}^1 = D_{max}^{зар} - D_{min}^1 = D_{max}^{зар} - [D_{min}^{дет} + \sum_{i=2}^{i=k} Z_{min}^i + \sum_{i=1}^{i=k-1} TD^i]. \quad (3.35)$$

Максимальный припуск

$$Z_{max}^i = D_{max}^i - D_{min}^{i-1}, \quad (3.36)$$

или

$$Z_{max}^i = Z_{min}^i + TD^i + TD^{i-1}. \quad (3.37)$$

Числовые значения расчетных операционных размеров следует округлять в сторону увеличения (валы) или в сторону уменьшения (отверстия) до того знака десятичной дроби, с каким даны допуски на размеры для каждого перехода.

Припуски, а также операционные размеры удобно определять, заполняя специальную таблицу (см. пример с табл. 3.1).

Операционные размеры деталей, связывающие плоскости и торцы, определяют аналогично диаметральным, предварительно отнеся элементы деталей к типам «вал» или «отверстие».

Пример 1. Определить операционные размеры, включая размеры заготовки, для ступени 1 вала (рис. 3.8).

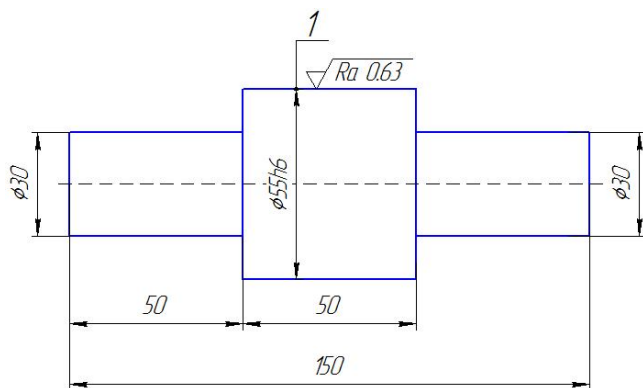


Рис. 3.8. Ступенчатый вал

Материал детали – сталь 45 (HRC 40...45), метод получения заготовки – штамповка; тип производства – мелкосерийное, обработка вала производится при установке его в центрах. Технологический маршрут обработки ступени:

- 1) обтачивание черновое;
- 2) обтачивание чистовое;
- 3) шлифование предварительное;
- 4) шлифование чистовое.

Решение

1. Вносим наименования технологических переходов в графу 1 табл. 3.1.

Таблица 3.1

Маршрут обработки поверхности	Допуск, мкм	Припуск, мм		Диаметр, мм	
	TD^i	Z_{min}^i	Z_{max}^i	d_{min}^i	d_{max}^i
1	2	3	4	5	6
Штамповка	2200 ⁽⁺¹⁴⁰⁰⁾ ₍₋₈₀₀₎			58,0	60,2
Обтачивание черновое	300	1,8	4,3	55,9	56,2
Обтачивание чистовое	120	0,4	0,7	55,4	55,52
Шлифование предварительное	46	0,3	0,56	55,06	55,106
Шлифование чистовое	10	0,06	0,125	54,98	55,0

2. Определяем операционные допуски и вносим в графу 2 табл. 3.1.

3. Определяем допуск размера исходной заготовки. При изготовлении штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе методом открытой штамповки принимаем класс точности Т5 (табл. В.1). Группа стали М2, степень сложности С1. Исходный индекс, определяемый для массы поковки до 1,8 кг по формуле (В.1), равен 12. Значения допуска диаметра заготовки, его предельные отклонения определяем по табл. В.6 и вносим в графу 2.

4. По табл. В.5 определяем общий диаметральный припуск $Z^0 = 3,8$ мм. Находим размеры заготовки (3.22):

$$d_{nom}^{zar} = 55,0 + 3,8 = 58,8 \text{ мм};$$

$$d_{min}^{zar} = 58,8 - 0,8 = 58,0 \text{ мм};$$

$$d_{max}^{zar} = 58,8 + 1,4 = 60,2 \text{ мм}.$$

Вносим значения в графы 5, 6.

5. По табл. Б.2 находим величины минимальных операционных припусков Z_{min}^i по всем переходам механической обработки, за исключением обтачивания чернового, и вносим в графу 3 таблицы.

6. Минимальный припуск на первый переход – обтачивание черновое – определяем по формуле (3.30):

$$Z_{min}^i = 58,0 - 55,0 + (0,06 + 0,3 + 0,4) + (0,046 + 0,12 + 0,3) = 1,774 \approx 1,8 \text{ мм}.$$

Вносим полученное значение в графу 3.

7. Находим максимальные значения величин диаметров d_{max}^i по технологическим переходам по формуле (3.29), округляя значения до нужного знака. Вносим данные в графу 6.

Шлифование чистовое: 55 мм.

Шлифование предварительное: $55 + 0,06 + 0,046 = 55,106$ мм.

Обтачивание чистовое: $55,106 + 0,3 + 0,12 = 55,52$ мм.

Обтачивание черновое: $55,52 + 0,4 + 0,3 = 56,2$ мм.

8. Определяем минимальные значения операционных размеров d_{min}^i и вносим их в графу 5.

9. Максимальные значения припусков на обработку Z_{min}^i вычисляем согласно зависимости (3.32) и данные вносим в графу 4.

10. Вычерчиваем схему припусков и операционных размеров (рис. 3.9).

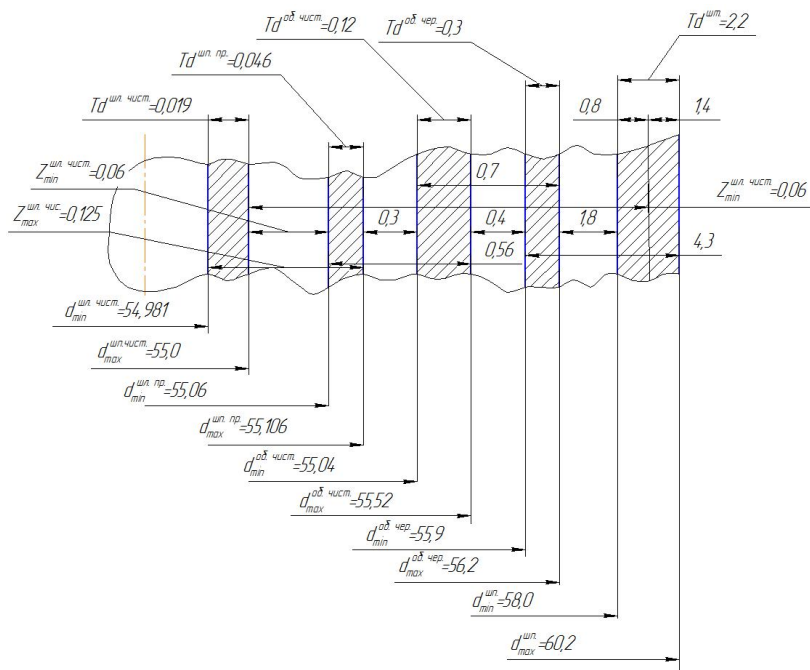


Рис. 3.9. Схема расположения припусков и операционных размеров для поверхности $d = 55h6$

Для среднесерийного типа производства характерно получение сравнительно дорогих, но точных заготовок с увеличенным коэффициентом использования материала.

Размеры исходной заготовки в этом случае определяются из величин общих припусков, складывающихся из промежуточных операционных припусков, которые зависят от технологического маршрута обработки поверхности.

Определение припусков и операционных размеров

Величины операционных минимальных припусков, как и в условиях единичного и мелкосерийного производств, определяются по таблицам прил. Б.

Схемы расположения припусков приведены на рис. 3.5, 3.6.

Для вала на i -м технологическом переходе имеем:

– расчетный диаметр

$$d_p^i = d_{max}^i - Td^i; \quad (3.38)$$

– минимальный диаметр на $i-1$ переходе

$$d_{min}^i = d_{min}^i + Z_{max}^i; \quad (3.39)$$

– максимальный диаметр

$$d_{max}^{i-1} = d_{min}^i + Td^{i-1}; \quad (3.40)$$

– максимальный припуск

$$Z_{max}^i = Z_{min}^i - Td^i - Td^{i-1} \quad (3.41)$$

или

$$Z_{max}^i = d_{max}^{i-1} - d_{max}^i. \quad (3.42)$$

Общие припуски

$$Z_{min}^i = \sum_{i=1}^{i=k} Z_{min}^i, Z_{max}^0 = Z_{min}^0 + Td^{зар} - Td^{дет}. \quad (3.43)$$

Номинальный размер заготовки:

$$d_{ном}^{зар} = d_{min}^{дет} + Z_{min}^0 + ei^{зар}. \quad (3.44)$$

Для отверстия на i -м технологическом переходе:

– расчетный диаметр

$$D_p^i = D_{min}^i + Td^i; \quad (3.45)$$

– максимальный диаметр на $i-1$ переходе

$$D_{max}^{i-1} = D_{max}^i - Z_{min}^i; \quad (3.46)$$

– минимальный диаметр

$$D_{min}^{i-1} = D_{max}^{i-1} - Td^{i-1}; \quad (3.47)$$

– максимальный припуск

$$Z_{max}^i = Z_{min}^i - Td^i + Td^{i-1}. \quad (3.48)$$

Общие припуски

$$Z_{min}^0 = \sum_{i=1}^k Z_{min}^i, \quad Z_{max}^0 = Z_{min}^0 + TD^{зар} - TD^{дет}. \quad (3.49)$$

Номинальный размер заготовки

$$D_{nom}^{зар} = D_{min}^{дет} - Z_{max}^0 + EI^{зар}. \quad (3.50)$$

Допуски на операционные размеры находят по таблицам точности обработки [12; 14]. При этом необходимо следить за выполнением соотношения

$$Z_{min}^i > Td^i(TD^i).$$

Если соотношение не будет выполнено, на обработанной на i -м технологическом переходе поверхности могут остаться следы обработки предшествующего $i-1$ перехода.

Пример 2. Определить операционные размеры, включая размеры исходной заготовки, при обработке отверстия 1 (рис. 3.10). Материал детали СЧ 21, метод получения заготовки – литье в песчаные формы. Тип производства – среднесерийное. Обработка отверстия ведется при установке детали в самоцентрирующем патроне.

Технологический маршрут обработки отверстия:

- 1 – растачивание черновое;
- 2 – растачивание чистовое;
- 3 – растачивание тонкое.

Решение

1. Заносим маршрут обработки в графу 1 (табл. 3.2).

2. Вносим в графу 2 величины допусков на механическую обработку.

3. Определяем общий допуск размера отверстия отливки. При этом принимали 8-й класс размерной точности и 10-ю степень точности поверхности отверстия. Этим требованиям соответствует 6-й ряд припусков [15].

Допуск размера согласно табл. Г.2 равен 1,2 мм. При 5-й степени коробления элементов отливки (табл. Г.5) допуск формы и располо-

жения элемента отливки равен 0,32 мм (табл. Г.6). Следовательно, общий допуск размера отверстия отливки равен 1,6 мм. При симметричном расположении поля допуска отливки верхнее отклонение $ES^{зар} = 0,8$ мм, нижнее отклонение $EI^{зар} = 0,8$ мм. Данные заносим в графу 2.

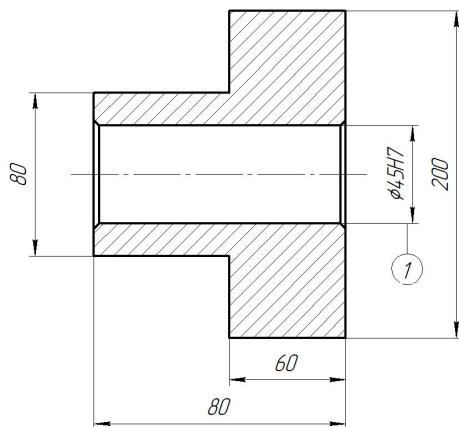


Рис. 3.10. Эскиз ступицы

Таблица 3.2

Расчет операционных размеров для отверстия $\varnothing 45H7$

Маршрут обработки поверхности	Допуск, мкм	Припуск, мм		Диаметр, мм	
	TD^i	Z_{min}^i	Z_{max}^i	D_{min}^i	D_{max}^i
1	2	3	4	5	6
Отливка	1600 (± 800)			41,7	43,3
Растачивание черновое	250	0,9	2,5	43,97	44,22
Растачивание чистовое	62	0,6	0,788	44,762	44,825
Растачивание тонкое	25	0,2	0,237	45,00	45,025

4. Вносим в графу 3 величины минимальных операционных припусков Z_{min}^i по всем переходам механической обработки, определенные по табл. Б.2.

5. Определяем максимальные значения операционных размеров D_{max}^i и вносим в графу 6.

Растачивание тонкое: 45,025 мм.

Растачивание чистовое: $45,025 - 0,2 = 44,825$ мм.

Растачивание черновое: $44,825 - 0,6 = 44,225$ мм.

Отливка: $44,225 - 0,9 = 43,325$ мм.

Размеры округляем до нужного знака.

6. Определяем по формуле (3.47) минимальные значения диаметров D_{min}^i с учетом операционных допусков, вносим в графу 5.

7. Вычисляем максимальные операционные припуски по формуле (3.48).

Растачивание тонкое: $0,2 - 0,025 + 0,062 = 0,237$ мм.

Растачивание чистовое: $0,6 - 0,062 + 0,25 = 0,788$ мм.

Растачивание черновое: $0,09 - 0,25 + 1,6 = 2,475$ мм.

Данные вносим в графу 4.

8. Вычерчиваем схему расположения припусков и операционных размеров (рис. 3.11).

Операционные размеры деталей, связывающие плоскости или торцы, определяют аналогично диаметральным, предварительно отнеся элементы деталей к типу «вал» или «отверстие».

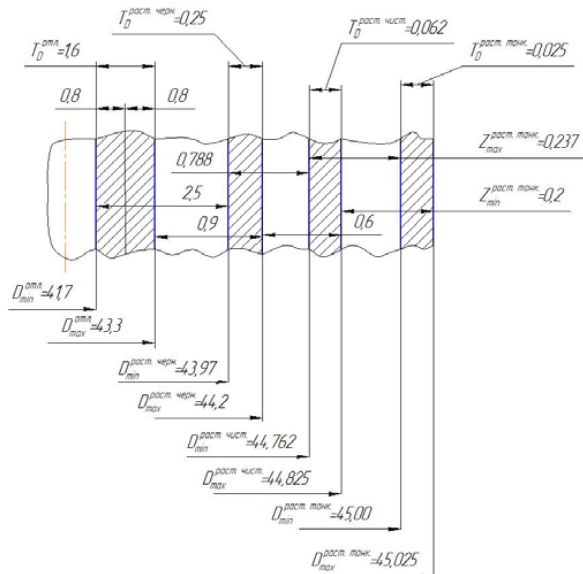


Рис. 3.11. Схема расположения припусков и операционных размеров для поверхности $D = 45H7$

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ

При назначении режимов обработки для выполнения технологических переходов и операций следует учитывать характер обработки, тип и размер инструмента, инструментальный материал, материал и состояние обрабатываемой заготовки, тип и состояние оборудования [6; 9; 10].

Элементы режима резания материалов устанавливают в следующем порядке.

1. *Определяют глубину резания t* по результатам расчета операционных припусков. Наиболее вероятным является среднее значение припуска, которое и принимают за значение глубины резания t . Так следует поступать при однопроходной обработке. Если припуски на черновых переходах получаются увеличенными (неточные заготовки в условиях мелкосерийного и единичного производства), то припуск делится между двумя последовательными ходами. На первом ходе снимают 70 %, на втором 30 % припуска перехода.

2. *Назначают подачу S* . Для обработки точением, сверлением, шлифованием определяют S_0 – подачу на оборот заготовки или инструмента, для фрезерования S_z – подачу на зуб инструмента.

При черновой обработке выбирают максимально допустимую подачу, исходя из жесткости элементов технологической системы, прочности слабого звена системы (режущая пластина, державка инструмента, механизм подачи инструмента) и других ограничительных факторов.

При чистовой обработке подача определяется в зависимости от требуемой точности и шероховатости обработки с учетом геометрических параметров режущей части инструмента. Определенную по нормативам [9; 18] или с помощью других методов (линейное программирование, симплекс-метод и т. д.) величину подачи необходимо согласовать с паспортными данными станка. При дискретном регулировании подачи принимают ближайшее меньшее паспортное значение подачи S_n .

3. *Определяют величину скорости резания v* . Скорость резания рассчитывается по эмпирическим зависимостям вида

$$v = \frac{C_V \cdot K_V}{T^m t^x S^y}, \quad (4.1)$$

где значения коэффициентов C_V , K_V , показателей степеней m , x , y определяют по справочникам [11; 18], как и значения экономического периода стойкости T инструмента, или по нормативным таблицам [9; 17].

4. *Рассчитывают частоту n вращения* заготовки или инструмента, определяющую величину скорости резания

$$n = \frac{1000v}{\pi d}, \quad (4.2)$$

где v – скорость резания, м/мин; d – диаметр заготовки (инструмента), мм.

5. *Рассчитывают координатные составляющие усилия резания* по формулам вида

$$P_{Z,Y,X} = C_P t^X S^Y v^n K_P, \quad (4.3)$$

принимая значения C_P , x , y , n , K_P из справочных таблиц [17].

6. *Проводят проверку режима резания* по силовым и мощностным характеристикам станка. Для этого сравнивают полученное значение координатной составляющей P_x усилия резания, действующей в направлении подачи, с допустимым усилием воздействия на механизм подачи $P_x^{\text{доп}}$. Должно быть выдержано соотношение

$$P_x < P_x^{\text{доп}}. \quad (4.4)$$

Мощность резания рассчитывают как

$$N_e = \frac{P_Z \cdot v}{1020 \cdot 60} \text{ (кВт)} \quad (4.5)$$

или по иным зависимостям и проверяют соотношение

$$N_e \leq N_{\text{дв}} \cdot \eta, \quad (4.6)$$

где $N_{\text{дв}}$ – мощность двигателя привода главного движения станка; η – КПД привода.

В случае если приведенные соотношения не выдерживаются, необходимо скорректировать выбранные значения подачи S и скорости v или произвести замену технологического оборудования.

Приведенный алгоритм справедлив для варианта одноинструментной обработки. В случае *многоинструментной параллельной*

обработки глубину резания и подачу для каждого из инструментов выбирают из условия их независимой работы, т. е. по методике одноинструментной обработки. Затем определяют подачу блока инструментов – наименьшую технологически допустимую подачу из выбранных значений.

Скорость резания определяется по предположительно лимитирующему инструменту. Ими могут быть инструменты, обрабатывающие участки наибольшего диаметра и наибольшей длины. Для нескольких предположительно лимитирующих инструментов находят коэффициенты времени резания λ , которые равны

$$\lambda = \frac{L_p}{L_{px}}, \quad (4.7)$$

где L_p – длина резания отдельного инструмента; L_{px} – длина рабочего хода всего инструментального блока.

Затем определяют периоды стойкости T предположительно лимитирующих инструментов

$$T = T_m \cdot \lambda, \quad (4.8)$$

где T_m – нормированная стойкость инструмента.

Величина T_m берется по нормативам с учетом количества инструментов в наладке, условий обработки, числа одновременно обслуживаемых станков, типа производства [9; 17].

Так, для автоматизированного многопозиционного оборудования, встроенного в поточные технологические линии массового производства, период стойкости лимитирующего инструмента должен составлять не менее 240 минут. Это обеспечивает минимальные производственные потери, возникающие при замене инструментов.

По найденным значениям стойкости T находят скорости резания для каждого из предположительно лимитирующих инструментов. Фактически лимитирующим будет инструмент с наименьшей определенной скоростью резания. Это значение принимается для работы всего блока инструментов. Далее определяется частота вращения n и проводится её корректировка по паспорту станка.

Для проверки режимов по силовым и мощностным ограничениям рассчитываются суммарные усилия резания и мощность.

Рекомендации по назначению режимов резания, приведенные в справочной литературе, «усредняют» реальные производственные условия. В частности, нестабильность свойств обрабатываемого и инструментального материалов не позволяет гарантировать назначение скоростей резания с отклонениями менее 10–20 %. Кроме того, отсутствуют надежные данные о связи режимов резания с точностью изготовления деталей. Поэтому в реальных производственных условиях возникает необходимость корректирования режимов резания на стадии внедрения технологического процесса в производство.

Расчет ведется одновременно с заполнением операционных или маршрутных карт технологического процесса. Совмещение этих работ исключает необходимость дублирования одних и тех же сведений в различных документах, так как в операционных (или маршрутных для серийного производства) картах должны быть записаны данные по оборудованию, способу обработки, характеристике обрабатываемой детали и другие, которые используются для расчетов режимов резания и не должны вторично записываться как исходные данные для выполнения расчета. Элементом, в значительной мере поясняющим ряд исходных данных для расчета режимов резания, является операционный эскиз.

Расчетное значение частоты вращения, так же как и расчетную величину подачи, согласовывают со значением, приведенным в паспорте станка, выбирая ближайшее меньшее число.

Если в справочниках или каталогах станков не указаны все значения частоты вращения шпинделей, подач и чисел двойных ходов, то принимают во внимание следующее.

Частоты вращения шпинделей металлорежущих станков нормализованы, поэтому полученные расчетом значения округляются до ближайших, имеющих в нормальных рядах. Числа двойных ходов в минуту и подачи выбираются из этих рядов. Каждый из таких рядов построен по закону геометрической прогрессии.

В справочниках по металлорежущим станкам указываются обычно числа n_{\max} и n_{\min} оборотов шпинделей, двойных ходов и подач.

Из определения геометрической прогрессии следует, что

$$n_{\max} = n_{\min} \varphi^{m-1}, \quad (4.9)$$

где m — общее число ступеней скорости соответствующего элемента станка — шпинделя токарного или фрезерного станка, стола продольно-строгального станка и др.; ϕ — знаменатель ряда. Отсюда можно определить любую из четырех величин: n_{\max} , n_{\min} , ϕ или m , если известны или выбраны значения всех остальных.

Чаще всего необходимо для построения ряда по известным n_{\max} , n_{\min} и m определить ϕ . В станкостроении принято семь нормализованных геометрических рядов соответственно следующим значениям знаменателя ϕ : $\phi = 1,06; 1,12; 1,26; 1,41; 1,58; 1,78; 2$.

В современных станках чаще всего применяются средние значения знаменателя ϕ : 1,26; 1,41 или 1,58; другие значения ϕ , особенно меньше 1,26, используются реже. В тех случаях когда ряды частоты вращения подач или двойных ходов построены на вышеуказанных нормализованных значениях знаменателя, можно воспользоваться следующей методикой для определения значения ϕ и принятого значения частоты вращения, подачи или двойных ходов. Из формулы для n_{\max} следует $\phi^{m-1} = n_{\max}/n_{\min}$.

Значения нормализованных знаменателей рядов ϕ , возведенные в степень, приведены в табл. 4. Пользуясь таблицей, можно легко определить значение ϕ на основании заданных в технической характеристике станка n_{\max} , n_{\min} и m . Для этого вычислим частное n_{\max}/n_{\min} , и в строке таблицы, соответствующей степени $m-1$, найдем то числовое значение ϕ^{m-1} , которое равно или близко вычисленному. Вверху графы, в которой приводится это число, указано соответствующее данному ряду значение ϕ . Затем делим расчетное значение частоты вращения двойных ходов или подачи на минимальное и получаем расчетное значение ϕ в степени x . В той же графе таблицы для найденного ранее значения ϕ выбираем ближайшее меньшее число, соответствующее вычисленному $\phi^x = n_{\text{расч}}/n_{\min}$. Умножив затем найденное в таблице значение ϕ^x на n_{\min} , получим принятые частоту вращения, число двойных ходов или подачу.

Пример. Станок 1А730: $n_{\max} = 710 \text{ мин}^{-1}$; $n_{\min} = 56 \text{ мин}^{-1}$; $m = 12$; $n_{\text{расч}} = 250 \text{ мин}^{-1}$. Найти $n_{\text{прин}}$: $\phi^{m-1} = n_{\max}/n_{\min}$, $m - 1 = 11$; $\phi^{11} = 710/56 = 12,7$.

По таблице находим $\phi^{11} = 12,64$, что соответствует $\phi = 1,26$.

$$\phi^x = n_{\text{расч}}/n_{\min} = 250/56 = 4,5.$$

Таблица 4

Значения нормализованных знаменателей рядов φ ,
возведенные в степень

φ	1,06	1,12	1,26	1,41	1,58	1,78	2,00
φ^2	1,12	1,26	1,58	2,00	2,50	3,16	4,00
φ^3	1,19	1,41	2,00	2,82	4,00	5,64	8,00
φ^4	1,26	1,58	2,50	4,00	6,32	10,08	16,00
φ^5	1,34	1,78	3,16	5,64	10,08	17,92	32,00
φ^6	1,41	2,00	4,00	8,00	16,00	32,00	64,00
φ^7	1,49	2,24	5,04	11,28	25,28	56,80	
φ^8	1,58	2,50	6,32	16,00	40,00		
φ^9	1,67	2,81	8,00	22,56	64,00		
φ^{10}	1,78	3,16	10,08	32,00			
φ^{11}	1,89	3,55	12,64	45,12			
φ^{12}	2,00	4,00	16,00	64,00			
φ^{13}	2,12	4,48	20,16				
φ^{14}	2,24	5,04	25,28				
φ^{15}	2,36	5,64	32,00				
φ^{16}	2,50	6,32	40,00				
φ^{17}	2,65	7,12	50,65				
φ^{18}	2,81	8,00	64,00				
φ^{19}	2,98	8,96	80,64				
φ^{20}	3,16	10,08	101,61				
φ^{21}	3,35	11,28					
φ^{22}	3,55	12,64					
φ^{23}	3,77	14,24					
φ^{24}	4,00	16,00					
φ^{25}	4,24	17,92					
φ^{26}	4,48	20,16					
φ^{27}	4,75	22,56					
φ^{28}	5,04	25,28					
φ^{29}	5,34	28,48					
φ^{30}	5,64	32,00					
φ^{31}	5,98	35,84					
φ^{32}	6,32	40,00					
φ^{33}	6,70	44,96					
φ^{34}	7,12	50,56					
φ^{35}	7,55	56,80					
φ^{36}	8,00	64,00					
φ^{37}	8,48						
φ^{38}	8,96						
φ^{39}	9,50						
φ^{40}	10,08						
φ^{41}	10,68						
φ^{42}	11,28						
φ^{43}	11,96						
φ^{44}	12,64						
φ^{45}	13,40						
φ^{46}	14,24						
φ^{47}	15,09						
φ^{48}	16,00						
φ^{49}	16,96						
φ^{50}	17,92						

В графе таблицы, соответствующей $\varphi = 1,26$, находим ближайшее меньшее значение $\varphi^x = 4,00$. Тогда $n_{\text{прин}} = 56 \cdot 4,00 = 224 \text{ мин}^{-1}$.

Иногда из-за конструктивных особенностей станков в результате таких вычислений не удастся получить нормализованные значения знаменателя φ . В этих случаях φ удобно определить с помощью таблиц в дробных показателях степеней (табл. 1) по формуле

$$\varphi = (n_{\text{max}}/n_{\text{min}})^{1/m-1}.$$

5. НОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

В основу разработки технологических процессов положены два принципа: технический и экономический. В соответствии с техническим принципом проектируемый технологический процесс должен полностью обеспечивать выполнение всех требований рабочего чертежа на изготовление изделия. Экономический принцип предусматривает обеспечение минимума затрат труда и издержек производства. Технологический процесс изготовления изделия должен выполняться с наиболее полным использованием технических возможностей средств производства при наименьших затратах времени и наименьшей себестоимости изделий.

Для того чтобы оценить затраты времени, необходимо вести нормирование техпроцесса, т. е. иметь данные по нормам времени. Такими нормами могут быть *только технически обоснованные нормы времени*, установленные для определенных организационно-технических условий на выполнение части технологического процесса исходя из полного и рационального использования технических возможностей средств технологического оснащения и с учетом передового производственного опыта.

В машиностроении применяются два метода нормирования труда – аналитический и суммарный.

Аналитический метод нормирования труда делится на аналитически-исследовательский и аналитически-расчетный [13].

Аналитически-исследовательский метод предусматривает определение затрат времени на каждый элемент операции и на операцию в целом на основе измерения фактических затрат наблюдением непосредственно на рабочем месте (хронометраж, фотография рабочего времени).

При *аналитически-расчетном* методе затраты времени на каждый элемент операции и на всю операцию в целом определяются по заранее установленным, технически обоснованным нормативам времени и оптимальным режимам работы оборудования [17; 18]. Этот метод снижает трудоемкость нормирования по сравнению с аналитически-исследовательским, но менее точен, так как используются нормативы для типовых организационно-технических условий, которые не идентичны конкретным рассматриваемым.

В массовом и крупносерийном производстве, где точность норм имеет особое значение, шире применяется аналитически-исследовательский метод, в условиях средне- и мелкосерийного производства – аналитически-расчетный.

При *суммарном методе* нормирования труда норма времени определяется на всю операцию без расчленения её на элементы. Суммарный метод делится на опытный, статистический и сравнительный.

Опытный метод основан на использовании опыта нормировщика или мастера.

Статистический метод предполагает при определении нормы времени использование статистических данных о выполнении норм на аналогичные работы в прошлом и расчета по укрупненным нормативам.

С помощью *сравнительного метода* нормы времени на операцию определяются её сравнением с выполнявшейся ранее аналогичной операцией.

На стадии проектирования следует применять расчетно-аналитический метод с последующей корректировкой норм времени при внедрении технологического процесса в производство.

Технически обоснованную норму времени устанавливают на каждую операцию. В крупносерийном и массовом производствах рассчитывают норму штучного времени для производства одной детали:

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{об} + T_{пер}, \quad (5.1)$$

где T_o – основное технологическое время; T_v – вспомогательное время; $T_{об}$ – время обслуживания; $T_{пер}$ – время перерывов в работе.

Основное технологическое время T_o – время, в течение которого происходит непосредственное воздействие инструмента на заготовку и изменение её состояния. При станочной обработке основное время определяют расчетом:

$$T_o = \frac{L_{px} \cdot i}{S_{мин}}, \quad (5.2)$$

где L_{px} – длина рабочего хода; i – число рабочих ходов; $S_{мин}$ – минутная подача инструмента. Расчетная длина обработки складывается из трех участков: l – длина обрабатываемого участка; $l_{вр}$ – длина участка врезания инструмента; $l_{пер}$ – длина участка перебега инстру-

мента. При автоматическом цикле обработки в начало обработки добавляется небольшой (≈ 1 мм) участок подвода инструмента $l_{\text{пл}}$ для предупреждения удара в начале резания.

Основное время T_o вычисляется на основании принятых режимов резания по формулам, содержащимся в литературе по режимам резания [18]. Величина $S_{\text{мин}}$ определяется произведением

$$S_{\text{мин}} = S_o \cdot n \text{ (точение);}$$

$$S_{\text{мин}} = S_z \cdot Z \cdot n \text{ (фрезерование).}$$

Расчетные зависимости для определения основного времени при различных видах обработки приведены в литературе [10].

Вспомогательное время T_b в общем случае затрачивается на следующие действия: установку и снятие заготовки, управление механизмами технологического оборудования, вспомогательные перемещения инструмента (подвод и отвод), измерение размеров заготовки. Вспомогательное время находят суммированием составляющих элементов времени, определяемых по нормативам. Если вспомогательные действия совмещены во времени с обработкой заготовки, то в расчет принимается только неперекрываемая часть вспомогательного времени. Составляющие T_b определяются по нормативам [16] и приведены в прил. Е:

$$T_b = T_{\text{yc}} + T_{\text{з.о}} + T_{\text{уп}} + T_{\text{из}}, \quad (5.3)$$

где T_{yc} – время на установку и снятие детали, мин; $T_{\text{з.о}}$ – время на закрепление и открепление детали, мин; $T_{\text{уп}}$ – время на приемы управления, мин; $T_{\text{из}}$ – время на измерение детали, мин. Нормативы на отдельные элементы вспомогательного времени для массового производства приведены в прил. Е. Нормативы вспомогательного времени, приведенные в прил. Е, можно в учебных целях использовать и для нормирования вспомогательного времени в серийном производстве, применяя коэффициент k в крупносерийном – 1,5, а в среднесерийном производстве – 1,85. Основанием для этого служат результаты анализа структуры штучно-калькуляционного времени в основных типах производства.

Сумма основного и вспомогательного времени составляет *оперативное время $T_{\text{оп}}$* :

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_b. \quad (5.4)$$

Время обслуживания $T_{об}$ складывается из времени технического обслуживания $T_{тех}$ и времени организационного обслуживания $T_{орг}$:

$$T_{об} = T_{тех} + T_{орг}. \quad (5.5)$$

Затраты времени на *техническое обслуживание* $T_{тех}$ обусловлены необходимостью смены затупившегося инструмента, размерной подналадки оборудования, правки инструмента (шлифовальные работы). Величину $T_{тех}$ рассчитывают по нормативам или берут в процентах от основного или оперативного времени (до 6 %) в зависимости от вида выполняемых работ. Время *организационного обслуживания* $T_{орг}$ рабочего места учитывает затраты времени на подготовку рабочего места к началу работы, обслуживание оборудования (уборка стружки, чистка, смазка и др.). Оно определяется в процентах от основного времени по нормативам (0,6–8 %), в зависимости от типа обслуживаемого оборудования. При использовании автоматического оборудования составляющая $T_{об}$, как правило, исключается из расчета $T_{шт}$. В массовом производстве время на техническое обслуживание рабочего места $T_{тех}$ определяется по следующим формулам:

для токарных, фрезерных и сверлильных операций

$$T_{тех} = T_o \cdot t_{см} / T;$$

для шлифовальных операций

$$T_{тех} = T_o \cdot t_{п} / T;$$

для остальных операций

$$T_{тех} = T_o \cdot П_{тех} / T;$$

где T_o – основное время, мин; $t_{см}$ – время на смену инструментов и подналадку станка, мин; $t_{п}$ – время на одну правку шлифовального круга, мин; $П_{тех}$ – затраты на техническое обслуживание рабочего места в процентах от основного; T – период стойкости при работе одним инструментом или расчетный период стойкости лимитирующего инструмента при многоинструментной обработке, мин.

Нормативные значения времени $t_{см}$, $t_{п}$, $П_{тех}$ приведены в прил. Е.

Время на организационное обслуживание рабочего места $T_{орг}$ в массовом производстве для всех операций определяется в процентах от оперативного времени (их значения приведены в прил. Е).

Эти же нормативы можно в учебных целях использовать и для определения $T_{тех}$ и $T_{орг}$ при нормировании шлифовальных опера-

ций в серийном производстве. В серийном производстве для всех остальных операций $T_{об}$ и $T_{пер}$ по отдельности не определяются. В нормативах дается сумма этих двух составляющих в процентах от оперативного времени. *Время перерывов в работе* $T_{пер}$ отводится на регламентируемый отдых и естественные потребности. Его берут по нормативам в процентном соотношении к оперативному времени ($P_{оп}$). Соответствующие значения приведены для массового производства и для нормирования шлифовальных работ в серийном производстве в прил. Е.

В мелко- и среднесерийном производствах, когда обработка заготовки идет периодически повторяющимися партиями, за норму времени принимают *штучно-калькуляционное время* $T_{шт-к}$:

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

где $T_{п-з}$ – подготовительно-заключительное время; n – объем партии запуска заготовок. *Подготовительно-заключительное время* $T_{п-з}$ затрачивается на ознакомление с чертежом детали и технологической документацией, получение и сдачу средств технологического оснащения, сдачу выполненной работы. При использовании станков с ЧПУ в затраты времени может включаться время на пробную обработку, если станок не снабжен системой коррекции инструмента.

На основе норм времени производится расчет загрузки рабочих мест, планирование подготовки производства, принимаются решения по организации производства. В частности, в поточном производстве необходимо выдержать условие синхронизации операций

$$T_{шт} = \kappa \cdot \tau_B, \quad (5.7)$$

где κ – число кратности (1, 2, 3, ...).

Если после расчета норм времени выявлено невыполнение этого условия, то необходимо провести корректировку технологического процесса: применить оборудование, обеспечивающее прогрессивные структуры технологических операций, изменить режимы обработки.

Приведенные выше формулы для определения штучного и штучно-калькуляционного времени можно представить в виде

$$T_{шт} = T_o + T_{у.с} + T_{з.о} + T_{уп} + T_{из} + T_{тех} + T_{орг} + T_{пер}, \quad (5.8)$$

в серийном производстве для всех операций, кроме шлифовальных,

$$T_{шт-к} = T_{п-з}/n + T_o + (T_{у.с} + T_{з.о} + T_{уп} + T_{из})k + T_{пер}, \quad (5.9)$$

для шлифовальных операций

$$T_{шт-к} = T_{п-з}/n + T_o + (T_{у.с} + T_{з.о} + T_{уп} + T_{из})k + T_{тех} + T_{орг} + T_{пер}. \quad (5.10)$$

Рассчитанное по нормативам вспомогательное время в массовом производстве умножается на приведенные ниже коэффициенты, зависящие от такта работы поточной линии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Вспомогательный коэффициент

Такт работы, мин	0,5	1	2	4	8
Коэффициент k_n	0,81	0,9	1	1,11	1,23

Результаты определения $T_{шт}$ и $T_{шт-к}$ следует записать в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Сводная таблица технических норм времени по операциям, мин

Номер и наименование операции	T_o	T_v			$T_{оп}$	$T_{об}$		$T_{пер}$	$T_{шт}$	$T_{п-з}$	n	$T_{шт-к}$
		$T_{у.с} + T_{з.о}$	$T_{уп}$	$T_{из}$		$T_{тех}$	$T_{орг}$					

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В пособии приведены рекомендации по разработке структуры технологических операций с учетом выбранного технологического оборудования и средств технологического оснащения, приведена методика определения операционных размеров табличным и аналитическим способами с примерами расчетов, даны рекомендации по расчету режимов резания и нормированию.

Контрольные вопросы

1. Виды ТП по способам воздействия на заготовку.
2. Что такое операционная и исходная заготовки?
3. Методы получения исходных заготовок из сталей и сплавов.
4. Методы получения исходных заготовок из чугуна.
5. Приведите пример (схему) операций из нескольких установов, позиций, переходов, ходов.
6. Определение универсального, специального и специализированного оборудования.
7. Из-за чего возникает разница между стоимостью механической обработки проката и штамповки?
8. В чем разница между напуском и припуском? Виды припусков.
9. Методы расчета припусков.
10. Структура минимального припуска.
11. Чем отличается распределение максимальных и минимальных припусков для работы на настроенном оборудовании и при обработке методом пробных ходов и промеров?
12. Наиболее точные способы литья.
13. Наиболее точные способы получения заготовок давлением.
14. Какие технологические ограничения есть у заготовительных способов?
15. Методика выбора способа получения заготовки.
16. Как учесть дополнительную механическую обработку в стоимости заготовки?
17. Виды напусков.
18. Какие виды заготовок бывают по этапам ТП?
19. Как рассчитать диаметр и длину заготовки?
20. Технические требования к штамповке.
21. Технические требования к отливке.
22. Технические требования к прокату.
23. Порядок проектирования штамповки.

Библиографический список

1. Балакшин, Б.С. Теория и практика технологии машиностроения : в 2 кн. / Б.С. Балакшин. – М. : Машиностроение, 1982. – Т. 1. – 239 с.
2. Балакшин, Б.С. Теория и практика технологии машиностроения : в 2 кн. / Б.С. Балакшин. – М. : Машиностроение, 1982. – Т. 2. – 367 с.
3. Станочные приспособления : справочник : в 2 т. / Б.Н. Вардашкин [и др.]. – М. : Машиностроение, 1984. – Т. 2. – 656 с.
4. Колесов, И.М. Основы технологии машиностроения / И.М. Колесов. – М. : Высш. шк., 1999. – 591 с.
5. Оснастка для станков с ЧПУ : справочник / Ю.И. Кузнецов [и др.]. – М. : Машиностроение, 1983. – 359 с.
6. Краткий справочник металлиста / П.Н. Орлов [и др.]. – М. : Машиностроение, 1987. – 960 с.
7. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин [и др.]. – М. : Машиностроение, 1989. – 640 с.
8. Маталин, А.А. Технология машиностроения / А.А. Маталин – Л. : Машиностроение, 1985. – 496 с.
9. Режимы резания металлов : справочник / Ю.В. Барановский [и др.]. – М. : НИИТАвтопром, 1995. – 456 с.
10. Обработка материалов резанием : справочник технолога / А.А. Панова [и др.]. – М. : Машиностроение, 1988. – 736 с.
11. Общемашиностроительные нормативы времени для технического нормирования работ на металлорежущих станках : в 2 ч. – М. : Машиностроение, 1967. – Ч. 1. – 412 с.
12. Размерный анализ технологических процессов / В.В. Матвеев [и др.]. – М. : Машиностроение, 1982. – 543 с.
13. Расторгуев, Д.А. Основы проектирования технологических процессов механосборочного производства / Д.А. Расторгуев, А.В. Михайлов. – Тольятти : ТГУ, 2004. – 148 с.
14. Расторгуев, Д.А. Разработка технологической операции: схема базирования и расчет припуска / Д.А. Расторгуев. – Тольятти : ТГУ, 2008. – 36 с.

15. Расчет припусков и межпереходных размеров в технологии машиностроения : учеб. пособие / Я.М. Радневич [и др.]. – Тамбов : Изд-во Тамбовского гос. техн. ун-та, 2000. – 340 с.
16. Справочник нормировщика-машиностроителя : в 4 т. Т. 1. Основы технического нормирования / А.Д. Гольцова [и др.]. – М. : Машгиз, 1959. – 676 с.
17. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / А.Г. Косилова [и др.]. – М. : Машиностроение, 1985. – Т. 1. – 656 с.
18. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / А.Г. Косилова [и др.]. – М. : Машиностроение, 1985. – Т. 2. – 496 с.
19. Технология машиностроения. Ч. II. Проектирование технологических процессов : учеб. пособие / С.Л. Мурашкина [и др.]. – СПб. : Изд-во СПГТУ, 2000. – 498 с.
20. Точность и производственный контроль в машиностроении : справочник / И.И. Болонкин [и др.]. – Л. : Машиностроение, 1983. – 368 с.

А.1. Выбор метода получения заготовки

На стадии проектирования технологических процессов оптимальный вариант заготовки, если известны масса заготовки и масса детали, можно определить путем сравнения технологической себестоимости изготовления детали, рассчитанной по формуле

$$C_T = C_{\text{ЗАГ}} \cdot Q + C_{\text{МЕХ}} (Q - q) - C_{\text{ОТХ}} (Q - q), \quad (\text{А.1})$$

где C_T – технологическая себестоимость изготовления детали, руб.; $C_{\text{ЗАГ}}$ – стоимость одного кг заготовки, руб./кг; $C_{\text{МЕХ}}$ – стоимость механической обработки, отнесенная к одному кг срезаемой стружки, руб./кг; $C_{\text{ОТХ}}$ – цена одного кг отходов, руб./кг.

Если известны масса детали и коэффициент использования материала $K_{\text{ИМ}}$, то формула технологической себестоимости может быть преобразована к виду

$$C_T = \frac{q}{K_{\text{ИМ}}} \cdot [C_{\text{ЗАГ}} + (C_{\text{МЕХ}} - C_{\text{ОТХ}}) \cdot (1 - K_{\text{ИМ}})], \quad (\text{А.2})$$

Заготовительные цены на стружку черных и цветных металлов (по состоянию на 01.06.2013) приведены в табл. А.1.

Затраты на механическую обработку, отнесенные на один кг стружки, могут быть определены по формуле

$$C_{\text{МЕХ}} = C_C + E_H \cdot C_K, \quad (\text{А.3})$$

где C_C – текущие затраты на один кг стружки, руб./кг; C_K – капитальные затраты на один кг стружки, руб./кг; E_H – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений ($E_H = 0,1 \dots 0,2$).

Нормативы C_C и C_K приведены в табл. А.2.

Затраты на заготовку $C_{\text{ЗАГ}}$ определяются в зависимости от материала, вида и способа получения заготовки. Экономический эффект при сопоставлении различных способов получения заготовок может быть рассчитан по формуле (А.4):

$$\Delta = (C_{T_2} - C_{T_1}) \cdot N, \quad (\text{А.4})$$

где C_{T_1} , C_{T_2} – технологическая себестоимость изготовления детали из сопоставляемых заготовок, руб.

На основании сопоставления технологической себестоимости по рассматриваемым вариантам делаем заключение о том, какой вариант принимается для дальнейшего проектирования.

Таблица А.1

Заготовительные цены на 1 кг стружки черных
и цветных металлов, руб./кг

Тип отходов	Стоимость
Черных металлов	1,4
Бронзы	0,92
Меди	1,18
Латуни	1,18
Цинка	0,02
Алюминия	0,41

А.2. Определение затрат на заготовки из проката

Если деталь изготавливается из проката, то затраты на заготовку определяются исходя из стоимости проката, требующегося на изготовление детали:

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{пр}} \cdot h_{\text{ф}}, \quad (\text{А.5})$$

где $C_{\text{пр}}$ – цена одного кг материала заготовки, руб.; $h_{\text{ф}}$ – коэффициент, учитывающий форму металлопроката.

Применяются различные формы металлопроката. Металлопрокат поставляется нормальной (немерной), кратной и мерной длины.

Значения коэффициента $h_{\text{ф}}$ составляют:

- для проката нормальной длины – 1,0;
- для проката кратной длины – 1,03;
- для проката мерной длины – 1,06.

Таблица А.2

Затраты на механическую обработку, отнесенные на один кг стружки

Отрасль машиностроения, промышленность	Затраты на 1 кг стружки в руб.	
	текущие $C_{\text{с}}$	капитальные $C_{\text{к}}$
По машиностроению в целом	4,95	10,85
Тяжелое, энергетическое, транспортное	4,68	10,39
Станкостроение и инструментальная промышленность	3,56	10,35
Автомобильное и сельскохозяйственное машиностроение	1,88	5,66
Машиностроение для легкой и пищевой промышленности	5,63	10
По прочим отраслям промышленности	10,6	22,13

Стоимость некоторых металлов $C_{\text{пр}}$ (по состоянию на 01.06.2013) приводится в табл. А.3.

Таблица А.3

Оптовые цены на некоторые материалы

Наименование	Цена за 1 кг в руб.
Сталь 3, 20, 35	14,14
У8А, У10А, 65Г, 35Г	18,85
Х12М, Х12М1, Х12МФ	60,49
Сталь 20Х, 40Х, 45	18,45
4Х5МФС	52,3
40ХГНМ, 20ХГНМ, 19ХГН	20,74
ХВГ, ХВГ1	28,34
Р6М5	153,46
Р18, Р18Ф, ВК6ОМ	167,07
6ХВ2С	47,62
ШХ15	13,98
12Х18Н10Т, 08Х18Н10Т	107,53
40Х13	50,69
Сталь 10	18,76
М1	145,82

А.3. Определение затрат на горячештампованные заготовки

Стоимость горячештампованных заготовок, полученных на молотах, прессах, ГКМ (горизонтально-ковочных машинах), а также электровысадкой с достаточной для проектирования точностью можно определить по формуле

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{штг}} \cdot h_{\text{т}} \cdot h_{\text{с}} \cdot h_{\text{в}} \cdot h_{\text{м}} \cdot h_{\text{п}}, \quad (\text{А.6})$$

где $C_{\text{штг}}$ – базовая стоимость одного кг штампованных заготовок, руб.; $h_{\text{т}}$, $h_{\text{с}}$, $h_{\text{в}}$, $h_{\text{м}}$, $h_{\text{п}}$ – коэффициенты, зависящие от класса точности, массы, группы сложности, марки материала и объема производства заготовок. За базу принимается стоимость одного кг штамповок (табл. А.4).

Таблица А.4

Оптовые цены на некоторые материалы

Наименование	Цена за 1 кг, руб.
<i>Поковка</i>	
Сталь 10	27,03
Сталь 20–50	27,03
Сталь 15X–50X	29,96
4X5МФС	81,57
У8А, У10А	34,26
X12М	91,86
X12М1	91,4
5ХГНМ	69,59
9ХС	40,09
40ХГНМ	38,26
19ХГН	38,71
20ХГНМ	38,86
6ХВ2С	71,88
X12МФ	91,86
<i>Штамповка</i>	
Сталь 3	35,33
Сталь 15–20	40,25
19ХГНМ	54,68
40ХГНМ	54,07
Сталь 20X–50X	43,16

Коэффициенты выбираются по следующим данным.

1. В зависимости от класса точности штамповок значение коэффициента h_T принимают:

- 1-й класс точности (по ГОСТ 7505–89 соответствует Т1, Т2) – 1,05;
- 2-й класс точности (Т3, Т4) – 1,00;
- 3-й класс точности (Т5) – 0,90.

2. В зависимости от марки материала значения коэффициента h_M составляют:

- углеродистая сталь 08...85 – 1,00;
- сталь 15X...50X – 1,18;
- сталь 18ХГТ...30ХГТ – 1,27;
- сталь ШХ15 – 1,62;
- сталь 12ХНЗА...30ХНЗА – 1,98.

Значения коэффициентов h_c и h_b можно определить с достаточной для проектирования степенью точности на основании классификации поковок приведенных в табл. А.5 и А.6.

Коэффициент h_{Π} определяется из следующих соображений. Если объем производства заготовок больше значений варианта по табл. А.7, то принимают $h_{\Pi} = 0,8$. В остальных случаях можно принимать $h_{\Pi} = 1,0$.

Таблица А.5

Значение коэффициента h_c

Материал штамповки	Группа сложности			
	1	2	3	4
Сталь углеродистая 08...45	0,75	0,84	1	1,15
Сталь 15Х...50Х	0,77	0,87	1	1,15
Сталь 18ХГТ...30ХГТ	0,78	0,88	1	1,14
Сталь ШХ9...ШХ15	0,77	0,89	1	1,13
Сталь 12ХНЗА...30ХНЗА	0,81	0,9	1	1,1

Таблица А.6

Значение коэффициента h_b

Масса поковки, кг	Материал поковки				
	Ст. 08 ... 45	Ст. 15Х ... 50Х	Ст. 18ХГТ ... 30ХГТ	Ст. ШХ9... ШХ15	Ст. 12ХШЗА ... 30ХНЗА
<=0,25	2	2	1,94	1,82	1,62
0,25...0,63	1,83	1,64	1,61	1,52	1,42
0,63...1,6	1,33	1,29	1,29	1,3	1,25
1,6...2,5	1,14	1,14	1,15	1,14	1,11
2,5...4,0	1	1	1	1	1
4,0...10,0	0,87	0,89	0,89	0,88	0,9
10,0...25,0	0,8	0,8	0,79	0,76	0,8
25,0...63,0	0,73	0,73	0,74	0,71	0,75
63,0...160,0	0,7	0,7	0,72	0,65	0,7

Объем производства штамповок

Масса поковки, кг	Объем производства, тыс. шт.
$\leq 0,25$	15...500
0,25...0,63	8...300
0,63...1,6	5...150
1,6...2,5	4,5...120
2,5...4,0	4...100
4,0...10,0	3,5...75
10,0...25,0	3...50
25,0...63,0	2...30
63,0...160,0	0,6...1

А.4. Определение затрат на литые заготовки

Стоимость заготовок, полученных такими методами, как литье в обычные земляные формы и кокиль, литье по выплавляемым моделям, литье под давлением, можно определить по формуле

$$C_{\text{ЗАГ}} = C_{\text{ОТ}} \cdot h_{\text{T}} \cdot h_{\text{С}} \cdot h_{\text{В}} \cdot h_{\text{М}} \cdot h_{\text{П}}, \quad (\text{А.7})$$

где $C_{\text{ОТ}}$ – базовая стоимость одного кг литых заготовок, руб.

Коэффициенты выбираются по следующим данным:

1) в зависимости от точности отливок коэффициент h_{T} :

- для отливок из черных металлов:

1-й класс точности (по ГОСТ 26645–85 соответствует классу размерной точности 3–7) – 1,06;

2-й класс точности (по ГОСТ 26645–85 соответствует классу размерной точности 8–11) – 1,03;

3-й класс точности (по ГОСТ 26645–85 соответствует классу размерной точности 12–16) – 1,0;

- для отливок из цветных металлов:

4-й класс точности (по ГОСТ 26645–85 соответствует классу размерной точности 3–6) – 1,1;

5-й класс точности (по ГОСТ 26645–85 соответствует классу размерной точности 7–10) – 1,05;

6-й класс точности (по ГОСТ 26645–85 соответствует классу размерной точности 11–14) – 1,0;

2) в зависимости от марки материала значения коэффициента h_M :

• черные металлы:

чугуны всех марок	– 1...1,24;
сталь углеродистая	– 1,21;
сталь низколегированная	– 1,60;
сталь легированная	– 2,20...2,60;

• сплавы цветных металлов:

алюминиевые	– 5,10;
магниевые	– 9,15;
медно-цинковые и бронзы	– 4,15;
цинковые	– 3,40;
бронзы оловянисто-свинцовые	– 5,40.

Коэффициенты, зависящие от группы сложности отливок h_C , массы отливок h_B и объема производства h_{II} , определяются по табл. А.8–А.11.

Отнесение отливок к той или иной группе сложности можно сделать по следующим признакам.

1-я группа – удлиненные детали типа тел вращения, которые можно отливать не только стационарным, но и центробежным способом. К ним относятся простые и биметаллические вкладки, втулки и гильзы, трубы, цилиндры, некоторые типы шпинделей с фланцами, коленчатые и распределительные валы. Отношение длины к диаметру у таких деталей больше единицы.

2-я группа – детали типа дисков, маховиков, шкивы, диски, корпуса подшипников, основные диски и муфты сцепления.

Таблица А.8

Значение коэффициента h_C

Материал отливки	Группа сложности				
	1	2	3	4	5
Чугун, сталь	0,7	0,83	1	1,2	1,45
Алюминиевые сплавы	0,82	0,89	1	1,1	1,22
Магниевые сплавы	0,82	0,9	1	1,11	1,25
Медные сплавы и бронзы	0,97	0,98	1	1,02	1,04
Цинковые сплавы	0,92	0,96	1	1,05	1,11

Таблица А.9

Значение коэффициента h_B

Масса отливки, кг	Материал отливки				
	Чугун	Сталь	Алюминиевые сплавы	Магниевого сплавы	Бронза и цинк, сплавы
0,5...1,0	1,1	1,07	1,05	1,07	1,01
1,0...3,0	1	1	1	1	1
3,0...10,0	0,91	0,93	0,96	0,37	0,99
10,0...20,0	0,84	0,87	0,94	0,94	0,99
20,0...50,0	0,8	0,82	0,92	0,91	0,98
50,0...200	0,74	0,78	0,89	0,88	0,97
200...500	0,67	0,74	0,87	0,78	0,96

3-я группа – простые по конфигурации плоские коробчатые детали, для формовки которых не требуется большого количества стержней. К этой группе относятся передние, боковые и нижние крышки двигателей, крышки коробок скоростей, передних бабок, суппорты станков, планки, вилки, рычаги, кронштейны.

Таблица А.10

Значение коэффициента h_D

Материал отливки	Группы серийности				
	1	2	3	4	5
Чугун	0,52	0,76	1	1,2	1,44
Сталь	0,54	0,77	1	1,2	1,48
Алюминиевые сплавы	0,77	0,9	1	1,11	1,22
Магниевого сплавы	0,82	0,92	1	1,1	1,17
Медные сплавы, бронзы	0,92	0,95	1	1,1	1,15

Таблица А.11

Группа серийности отливок в зависимости от способа получения и объема производства

Масса отливок, кг	Объем (тыс. шт.) при группах серийности		
	1	2	3
<i>Литье в земляные формы и кокиль</i>			
0,5...1,0	>500	100...500	<100
1,0...3,0	>350	75...350	<75
3,0...10,0	>200	30...200	<30
10,0...20,0	>100	15...100	<15

Масса отливок, кг	Объем (тыс. шт.) при группах серийности		
	1	2	3
20,0...50,0	>60	10...60	<10
50,0...200	>40	7,5...40	<7,5
200...500	>25	4,5...25	<4,5
<i>Литье по выплавляемым моделям</i>			
0,1...0,2	>400	300...400	<300
0,2...0,5	>300	225...300	<225
0,5...1,0	>150	110...150	<110
1,0...2,0	>120	90...120	<90
2,0...5,0	>10	7...10	<7
5,0...10,0	>4	3...4	<3
10	>3	2...3	<2
<i>Литье под давлением, центробежное</i>			
0,1...0,2	>600	450...600	<450
0,2...0,5	>500	375...500	<375
0,5...1,0	>400	300...400	<300
1,0...2,0	>300	225...300	<225
2,0...5,0	>200	150...200	<150
5,0...10,0	>100	75...100	<75
10	>50	35...50	<35

4-я группа – закрытые корпусные детали коробчатого типа, внутри которых монтируются механизмы машин. Это блоки и головки цилиндров автомобильных, тракторных и других двигателей, корпуса коробок передач, картеры рулевого управления, передние бабки, коробки подач и фартуки токарных станков, коробки подач и скоростей сверлильных станков и другие детали сложной формы.

5-я группа – крупные тяжелые коробчатые детали, на которых обычно монтируются узлы и механизмы машин. К ним можно отнести коробчатые литые детали грузовых автомобилей, тракторов и сельскохозяйственных машин, станины металлорежущих станков и литейных машин, а также прессов, компрессоров и других машин.

Чтобы определить коэффициент $h_{\text{п}}$, необходимо сначала установить группу серийности по табл. А.11, а затем по табл. А.10 найти его значение.

Для отливок значение $C_{\text{от}}$ берется из табл. А.12.

Таблица А.12

Оптовые цены на некоторые материалы

Наименование	Цена за 1 кг, руб.
<i>Литье до 1 тонны</i>	
СЧ-21	43,47
СЧ-30	44,24
25Л–45Л	66,51
30ХНМЛ	75,12
АЖ 9	121,73
АЛ 9	205,22
<i>Литье от 1 до 3 тонн</i>	
СЧ-21	37,64
СЧ-30	38,26
25Л–45Л	60,68
30ХНМЛ	69,27
АЖ 9	112,63
АЛ 9	200,36
<i>Литье свыше 3 тонн</i>	
СЧ-21	38,86
СЧ-30	39,63
25Л–45Л	61,91
30ХНМЛ	70,51
АЖ 9	113,73
АЛ 9	201,43

Проектирование проката

Таблица Б.1

Предельные отклонения по диаметру сортового
круглого проката из стали, мм

Диаметр проката, мм	Точность проката					
	высокая		повышенная		обычная	
	<i>es</i>	<i>ei</i>	<i>es</i>	<i>ei</i>	<i>es</i>	<i>ei</i>
5; 5,5; 6; 6,5; 7–9	+0,1	-0,2	+0,2	-0,5	+0,3	-0,5
10–19	+0,1	-0,3	+0,2	-0,5	+0,3	-0,5
20–25	+0,2	-0,3	+0,2	-0,5	+0,4	-0,5
26–48	+0,2	-0,5	+0,2	-0,7	+0,4	-0,7
50; 52–58	+0,2	-0,8	+0,2	-1,0	+0,4	-1,0
60; 62; 63; 65; 67; 68	+0,3	-0,9	+0,3	-1,1	+0,5	-1,1
70; 72; 75; 78; 80; 82; 85; 90; 95	+0,3	-1,1	+0,3	-1,3	+0,5	-1,3
100; 105; 110; 115	–	–	+0,4	-1,7	+0,6	-1,7
120; 125; 130; 135	–	–	+0,6	-2,0	+0,8	-2,0
140;150;160; 170; 180; 190; 200	–	–	–	–	+0,9	-2,5
210; 220; 230; 240; 250	–	–	–	–	+1,2	-3,0

Таблица Б.2

Припуски на технологические переходы по обработке валов
при различных заготовках

Номи- нальный диаметр, мм	Способ обработки по- верхности	Припуск на диаметр при длине вала, мм					
		До 120	Свыше 120 до 260	Свыше 260 до 500	Свыше 500 до 800	Свыше 800 до 1250	Свыше 1250 до 2000
<i>Точение проката повышенной точности</i>							
До 30	Черновое и однократное	1,2	1,7	–	–	–	–
		1,1	–	–	–	–	–
	0,25	0,3	–	–	–	–	
	Чистовое	0,12	–	–	–	–	–
		0,25	0,15	–	–	–	–
	Тонкое	0,12	–	–	–	–	–
Свыше 30 до 50	Черновое и однократное	1,2	1,5	2,2	–	–	–
		1,1	1,4	–	–	–	–
		0,3	0,3	0,35	–	–	–

Номинальный диаметр, мм	Способ обработки поверхности	Припуск на диаметр при длине вала, мм					
		До 120	Свыше 120 до 260	Свыше 260 до 500	Свыше 500 до 800	Свыше 800 до 1250	Свыше 1250 до 2000
	Чистовое	0,25 0,15	0,25 0,16	0,20	—	—	—
	Тонкое	0,12	0,13	—	—	—	—
Свыше 50 до 80	Черновое и однократное	1,5	1,7	2,3	3,1	—	—
		1,1 0,25	1,5 0,30	2,1 0,30	— 0,40		
	Чистовое	0,20 0,14	0,25 0,15	0,30 0,17	— 0,23	—	—
	Тонкое	0,12	0,13	0,16	—	—	—
Свыше 80 до 120	Черновое и однократное	1,6	1,7	2,0	2,5	3,3	—
		1,2 0,25	1,3 0,30	1,7 0,30	2,3 0,30	— 0,35	
	Чистовое	0,25 0,14	0,25 0,15	0,30 0,16	0,30 0,17	— 0,20	—
	Тонкое	0,13	0,13	0,15	0,17	—	—
<i>Точение проката обычной точности</i>							
До 30	Черновое и однократное	1,3	1,7	—	—	—	—
		1,1 0,45	— 0,50				
	Получистовое	0,45 0,25	— 0,25	—	—	—	—
До 30	Чистовое	0,25 0,20	—	—	—	—	—
	Тонкое	0,13 0,12	— 0,15	—	—	—	—
Свыше 30 до 50	Черновое и однократное	1,3	1,6	2,2	—	—	—
		1,1 0,45	1,4 0,45	— 0,50			
	Получистовое	0,45 0,25	0,45 0,25	— 0,30	—	—	—
	Чистовое	0,20 0,13	0,25 0,14	— 0,16	—	—	—
	Тонкое	0,12	0,13	—	—	—	—
Свыше 50 до 80	Черновое и однократное	1,5	1,7	2,3	3,1	—	—
		1,1 0,45	1,5 0,50	2,1 0,50	— 0,55		
	Получистовое	0,45 0,25	0,45 0,30	0,50 0,30	— 0,35	—	—
	Чистовое	0,20	0,25	0,30	—	—	—

Номинальный диаметр, мм	Способ обработки поверхности	Припуск на диаметр при длине вала, мм					
		До 120	Свыше 120 до 260	Свыше 260 до 500	Свыше 500 до 800	Свыше 800 до 1250	Свыше 1250 до 2000
Свыше 80 до 120	Черновое и однократное	1,8	1,9	2,1	2,6	3,4	—
		1,2	1,5	1,7	2,3	—	—
	0,50	0,50	0,50	0,50	0,55	—	
	Получистовое	0,45	0,45	0,50	0,50	—	—
	0,25	0,25	0,30	0,30	0,35	—	
Чистовое	0,25	0,25	0,25	0,30	—	—	
0,15	0,15	0,16	0,18	0,20	—	—	
Тонкое	0,12	0,13	0,14	0,17	—	—	
Свыше 120 до 180	Черновое и однократное	2,0	2,1	2,3	2,7	3,5	4,8
		1,3	1,4	1,8	2,3	3,2	—
	0,50	0,50	0,50	0,50	0,60	0,65	
	Получистовое	0,45	0,45	0,50	0,50	0,55	—
	0,30	0,30	0,30	0,30	0,35	0,40	
Чистовое	0,25	0,25	0,25	0,30	0,30	—	
0,16	0,16	0,17	0,18	0,21	0,27	0,27	
Тонкое	0,13	0,13	0,15	0,17	0,20	—	
Свыше 180 до 260	Черновое и однократное	2,3	2,4	2,6	2,9	3,6	5,0
		1,4	1,5	1,8	2,4	3,2	4,6
	0,50	0,50	0,50	0,55	0,60	0,65	
	Получистовое	0,45	0,45	0,50	0,50	0,55	0,65
	0,30	0,30	0,30	0,30	0,35	0,40	
Чистовое	0,25	0,25	0,25	0,30	0,35	0,40	
0,17	0,17	0,18	0,19	0,22	0,27		
Тонкое	0,13	0,14	0,15	0,17	0,20	0,26	
<i>Точение штампованных заготовок, отливок</i>							
До 18	Черновое и однократное	1,5	1,9	—	—	—	—
		1,4	—	—	—	—	—
	0,25	0,30	—	—	—	—	
Чистовое	0,25	—	—	—	—	—	
0,14	0,15	—	—	—	—		
Тонкое	0,14	—	—	—	—	—	
Свыше 18 до 30	Черновое и однократное	1,6	2,0	2,3	—	—	—
		1,5	1,8	—	—	—	—
	0,25	0,30	0,30	—	—	—	
	Чистовое	0,25	0,25	—	—	—	—
0,14	0,15	0,16	—	—	—		
Тонкое	0,14	0,14	—	—	—	—	

Номинальный диаметр, мм	Способ обработки поверхности	Припуск на диаметр при длине вала, мм					
		До 120	Свыше 120 до 260	Свыше 260 до 500	Свыше 500 до 800	Свыше 800 до 1250	Свыше 1250 до 2000
Свыше 30 до 50	Черновое и однократное	1,8	2,3	3,0	3,5	—	—
		1,7 0,30	2,0 0,30	2,7 0,30	— 0,35		
	Чистовое	0,50 0,15	0,30 0,16	0,30 0,19	— 0,21	—	—
	Тонкое	0,15	0,15	0,17	—	—	—
Свыше 50 до 80	Черновое и однократное	2,2	2,9	3,4	4,2	5,0	—
		2,0 0,30	2,6 0,30	2,9 0,35	3,6 0,40	— 0,45	
	Чистовое	0,30 0,16	0,30 0,18	0,30 0,20	0,35 0,22	— 0,26	—
	Тонкое	0,16	0,17	0,18	0,20	—	—
Свыше 80 до 120	Черновое и однократное	2,6	3,3	4,3	5,2	6,3	8,2
		2,3 0,30	3,0 0,30	3,8 0,40	4,5 0,45	5,2 0,50	— 0,60
	Чистовое	0,30 0,17	0,30 0,19	0,35 0,23	0,40 0,26	0,45 0,30	— 0,38
	Тонкое	0,17	0,18	0,21	0,24	0,26	—
Свыше 120 до 180	Черновое и однократное	3,2	4,6	5,0	6,2	7,5	—
		2,8 0,35	4,2 0,40	4,5 0,45	5,6 0,50	6,7 0,60	
	Чистовое	0,30 0,20	0,30 0,24	0,40 0,25	0,45 0,30	0,35 0,35	—
	Тонкое	0,20	0,22	0,23	0,27	0,32	—
<i>Шлифование заготовок</i>							
До 30	Предварительное после термообработки	0,3	0,60	—	—	—	—
	Предварительное после чистового точения	0,1	0,1	—	—	—	—
	Чистовое после предварительного шлифования	0,06	0,06	—	—	—	—
Свыше 30 до 50	Предварительное после термообработки	0,25	0,50	0,85	—	—	—

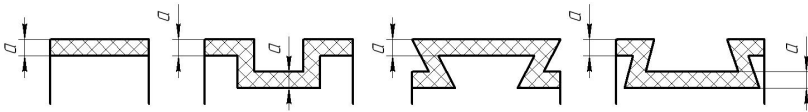
Номинальный диаметр, мм	Способ обработки поверхности	Припуск на диаметр при длине вала, мм					
		До 120	Свыше 120 до 260	Свыше 260 до 500	Свыше 500 до 800	Свыше 800 до 1250	Свыше 1250 до 2000
	Предварительное после чистового точения	0,10	0,10	0,10	–	–	–
	Чистовое после предварительного шлифования	0,06	0,06	0,06	–	–	–
Свыше 50 до 80	Предварительное после термообработки	0,25	0,40	0,75	1,20	–	–
	Предварительное после чистового точения	0,10	0,10	0,10	0,10	–	–
	Чистовое после предварительного шлифования	0,06	0,06	0,06	0,06	–	–
Свыше 80 до 120	Предварительное после термообработки	0,20	0,35	0,65	1,00	1,55	–
	Предварительное после чистового точения	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	–
	Чистовое после предварительного шлифования	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	–
Свыше 120 до 180	Предварительное после термообработки	0,17	0,30	0,55	0,85	1,30	2,10
	Предварительное после чистового точения	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
	Чистовое после предварительного шлифования	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06

Примечания.

1. Припуски при точении: верхнее значение указано при установке заготовки в центрах, нижнее – в патроне.
2. Если величина припуска при шлифовании не может быть снята за один проход, то 70 % его удаляют на первом и 30 % на втором проходе.
3. Величины припусков на обработку конических поверхностей принимать те же, что и на обработку цилиндрических, устанавливая их по наибольшему диаметру.

Таблица Б.3

Припуск на обработку плоскостей (мм)



Длина плоскости	Пределы припуска	Под чистовое фрезерование после черного			Под чистовое строгание после черного			Под чистовое шлифование после чистового фрезерования или чистового строгания					
		чугунных и стальных плоскостей			стальных закаленных плоскостей			чугунных и стальных плоскостей		стальных закаленных плоскостей			
		Ширина плоскости											
		До 100	Свыше 100 до 200	Свыше 200	До 100	Свыше 100 до 200	Свыше 200	До 100	Свыше 100 до 200	Свыше 200	До 100	Свыше 100 до 200	Свыше 200
До 100	min	0,75	–	–	0,60	–	–	0,20	–	–	0,23	–	–
	max	0,90	–	–	0,70	–	–	0,27	–	–	0,30	–	–
Свыше 100 до 250	min	0,80	0,90	–	0,60	0,70	–	0,20	0,25	–	0,25	0,30	–
	max	1,00	1,20	–	0,80	0,90	–	0,30	0,40	–	0,35	0,45	–
Свыше 250 до 500	min	0,90	1,00	1,00	0,70	0,75	0,80	0,25	0,25	0,30	0,30	0,35	0,40
	max	1,20	1,30	1,40	1,00	1,00	1,00	0,40	0,45	0,50	0,45	0,50	0,60
Свыше 500	min	1,00	1,10	1,10	0,80	0,90	1,00	0,30	0,30	0,35	0,35	0,40	0,45
	max	1,40	1,50	1,50	1,10	1,20	1,20	0,50	0,50	0,55	0,55	0,50	0,65

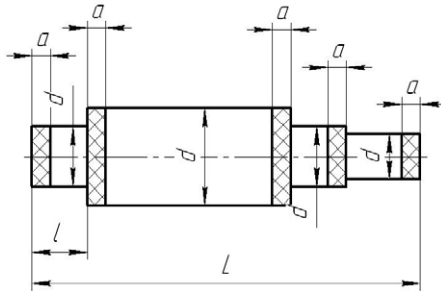
Таблица Б.4

Припуск на черновую обработку торцов (мм)

Диаметр обрабатываемой детали	Припуск	Диаметр обрабатываемой детали	Припуск	Диаметр обрабатываемой детали	Припуск	Диаметр обрабатываемой детали	Припуск
До 20	1,0	Свыше 30 до 45	1,5	Свыше 75 до 125	2,0	Свыше 150	2,5
Свыше 20 до 30	1,5	Свыше 45 до 75	1,5	Свыше 125 до 150	2,0		

Таблица Б.5

Припуск на чистовую подрезку и шлифование торцов (мм)



Диаметр обрабатываемой детали d	Припуск a и предельные отклонения длины l при длине детали L					
	До 30	Свыше 30 до 50	Свыше 50 до 120	Свыше 120 до 260	Свыше 260 до 500	Свыше 500
<i>Черновое подрезание торцов</i>						
Свыше 6 до 18	1,2±0,25	1,3±0,30	1,4±0,40	1,6±0,60	—	—
Свыше 18 до 30	1,2±0,25	1,3±0,30	1,5±0,40	1,7±0,60	2,1±0,70	2,3±0,80
Свыше 30 до 50	1,3±0,25	1,4±0,30	1,6±0,40	1,8±0,60	2,2±0,70	2,4±0,80
Свыше 50 до 80	1,5±0,25	1,6±0,30	1,8±0,40	2,2±0,60	2,4±0,70	2,6±0,80
Свыше 80 до 120	1,6±0,25	1,8±0,30	1,9±0,40	2,3±0,60	2,6±0,70	2,8±0,80
Свыше 120 до 180	1,8±0,25	1,9±0,30	2,0±0,40	2,4±0,60	2,7±0,70	3,0±0,80
Свыше 180 до 200	2,0±0,25	2,1±0,30	2,3±0,40	2,5±0,60	3,0±0,70	3,2±0,80
<i>Чистовое подрезание торцов</i>						
Свыше 6 до 18	0,6 _{-0,28}	0,6 _{-0,34}	0,8 _{-0,4}	0,9 _{-0,6}	—	—
Свыше 18 до 30	0,6 _{-0,28}	0,7 _{-0,34}	0,9 _{-0,4}	1,0 _{-0,6}	1,2 _{-0,76}	1,5 _{-0,9}
Свыше 30 до 50	0,7 _{-0,28}	0,8 _{-0,34}	0,9 _{-0,4}	1,1 _{-0,6}	1,3 _{-0,76}	1,6 _{-0,9}
Свыше 50 до 80	0,8 _{-0,28}	0,8 _{-0,34}	1,0 _{-0,4}	1,2 _{-0,6}	1,4 _{-0,76}	1,6 _{-0,9}
Свыше 80 до 120	0,8 _{-0,28}	0,9 _{-0,34}	1,1 _{-0,4}	1,3 _{-0,6}	1,5 _{-0,76}	1,7 _{-0,9}
Свыше 120 до 180	0,9 _{-0,28}	1,0 _{-0,34}	1,2 _{-0,4}	1,4 _{-0,6}	1,6 _{-0,76}	1,8 _{-0,9}
Свыше 180 до 200	1,0 _{-0,28}	1,1 _{-0,34}	1,3 _{-0,4}	1,5 _{-0,6}	1,7 _{-0,76}	1,9 _{-0,9}
<i>Шлифование</i>						
Свыше 6 до 18	0,3 _{-0,14}	0,3 _{-0,17}	0,3 _{-0,23}	0,4 _{-0,30}	—	—
Свыше 18 до 30	0,3 _{-0,14}	0,3 _{-0,17}	0,4 _{-0,23}	0,4 _{-0,30}	0,5 _{-0,38}	0,6 _{-0,45}
Свыше 30 до 50	0,3 _{-0,14}	0,3 _{-0,17}	0,4 _{-0,23}	0,4 _{-0,30}	0,5 _{-0,38}	0,6 _{-0,45}

Диаметр обрабатываемой детали d	Припуск a и предельные отклонения длины l при длине детали L					
	До 30	Свыше 30 до 50	Свыше 50 до 120	Свыше 120 до 260	Свыше 260 до 500	Свыше 500
Свыше 50 до 80	0,3 _{-0,14}	0,4 _{-0,17}	0,4 _{-0,23}	0,5 _{-0,30}	0,5 _{-0,38}	0,6 _{-0,45}
Свыше 80 до 120	0,3 _{-0,14}	0,4 _{-0,17}	0,4 _{-0,23}	0,5 _{-0,30}	0,6 _{-0,38}	0,6 _{-0,45}
Свыше 120 до 180	0,4 _{-0,14}	0,4 _{-0,17}	0,5 _{-0,23}	0,5 _{-0,30}	0,6 _{-0,38}	0,7 _{-0,45}
Свыше 180 до 200	0,5 _{-0,14}	0,5 _{-0,17}	0,5 _{-0,23}	0,6 _{-0,30}	0,7 _{-0,38}	0,8 _{-0,45}

Примечание. Припуски на черновое подрезание торцов приведены для случаев, когда заготовки отрезают механическими ножовками, дисковыми пилами и фрезами на фрезерных, фрезерно-отрезных станках и отрезными резцами на токарных станках. Величины припусков даны на сторону. При обработке валов с уступами брать на каждый уступ отдельно, исходя из его диаметра и общей длины вала. Предельные отклонения и шероховатость поверхности приняты: под черновое подрезание по $IT14/2$, $IT13/2$; под чистовое подрезание – по $h12$, $h13$ и Ra 12,5 мкм; под шлифование – по $h11$ и Ra 6,3 мкм. Предельные отклонения установлены на измеряемый размер.

Проектирование штамповки

Таблица В.1

Получаемый класс точности поковок при использовании различного оборудования и технологических процессов

Основное деформирующее оборудование, технологические процессы	Класс точности				
	T1	T2	T3	T4	T5
Кривошипные горячештамповочные прессы: – открытая (облойная) штамповка – закрытая штамповка – выдавливание		+	+	+	+
Горизонтально-ковочные машины				+	+
Прессы винтовые, гидравлические				+	+
Горячештамповочные автоматы		+	+		
Штамповочные молоты				+	+
Калибровка объемная (горячая и холодная)	+	+			
Прецизионная штамповка	+				

Стали с массовой долей углерода до 0,35 % включительно и суммарной массовой долей легирующих элементов до 2 % включительно отнесены к первой группе (М1). Ко второй группе (М2) отнесены стали с массовой долей углерода свыше 0,35 до 0,65 % включительно или суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 2,0 до 5 % включительно. Стали с массовой долей углерода свыше 0,65 % или суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 5,0 % отнесены к третьей группе (М3).

Таблица В.2

Соотношения между степенью сложности поковки и отношением масс

Степень сложности	G_n/G_ϕ	
	Свыше	Включительно
C1	0,63	–
C2	0,32	0,63
C3	0,16	0,32
C4	–	0,16

Таблица В.3

Связь между массой поковки и номером интервала

Масса поковки, кг		Номер интервала, N1	Масса поковки, кг		Номер интервала, N1
Свыше	Включительно		Свыше	Включительно	
–	До 0,5	1	5,6	10,0	6
0,5	1,0	2	10,0	20,0	7
1,0	1,8	3	20,0	50,0	8
1,8	3,2	4	50,0	125,0	9
3,2	5,6	5	125,0	250,0	10

Исходный индекс принимает значения в диапазоне 1–23. Численную величину исходного индекса (ИН) можно определить по формуле

$$\text{ИН} = N1 + (MS - 1) + (ST - 1) + 2(KT - 1), \quad (\text{B.1})$$

где N1 – номер интервала, в который попадает масса поковки (принимается по табл. В.3); MS – группа стали (MS = 1 для группы стали M1, MS = 2 для группы M2 и MS = 3 для группы M3 соответственно); ST – степень сложности поковки (ST = 1 для C1, ST = 2 для C2, ST = 3 для C3 и ST = 4 для C4); KT – класс точности (KT = 1 для T1, KT = 2 для T2, KT = 3 для T3 и KT = 4 для T4).

Ориентировочную величину расчетной массы поковки (G_n) допускается определять по формуле

$$G_n = G_d \cdot K_p, \quad (\text{B.2})$$

где G_d – масса детали, кг; K_p – расчетный коэффициент, устанавливаемый в соответствии с табл. В.4.

Таблица В.4

Значения расчетных коэффициентов для определения расчетной массы поковки

Группа	Характеристика детали	Типовые детали	K_p
1	Удлиненной формы		
1.1	С прямой осью	Валы, оси, цапфы, шатуны	1,3–1,6
1.2	С изогнутой осью	Рычаги, сошки рулевого управления	1,1–1,4
2	Круглая и многогранная в плане		
2.1	Круглые	Шестерни, ступицы, фланцы	1,5–1,8
2.2	Квадратные, многогранные, прямоугольные	Фланцы, ступицы, гайки	1,3–1,7
2.3	С отрезками	Крестовины, вилки	1,4–1,6

Группа	Характеристика детали	Типовые детали	K_p
3	Комбинированная (сочетающая элементы групп 1-й и 2-й конфигурации)	Кулаки поворотные, коленчатые валы	1,3–1,8
4	С большим объемом необрабатываемых поверхностей	Балки передних осей, рычаги переключения коробок передач, буксирные крюки	1,1–1,3
5	С отверстиями, углублениями, поднутрениями, не оформленными в поковке при штамповке	Полые валы, фланцы, блоки шестерен	1,8–2,2

Таблица В.5

Основные припуски на механическую обработку (на сторону), мм

Исходный индекс (ИН)	Толщина детали, мм											
	До 25			25–40			40–63			63–100		
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота, мм											
	До 40			40–100			100–160			160–250		
	Шероховатость поверхности, мкм											
	100–2,5	10–1,6	1,25	100–2,5	10–1,6	1,25	100–12,5	10–1,6	1,25	100–12,5	10–1,6	1,25
1	0,4	0,6	0,7	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9
2	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9
3	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0
4	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1
5	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2
6	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4
7	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5
8	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6
9	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8
10	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9
11	1,2	1,5	1,6	1,2	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0
12	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2
13	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5
14	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7
15	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0
16	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3
17	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5
18	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8
19	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1
20	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7
21	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1

Исходный индекс (ИН)	Толщина детали, мм											
	До 25			25–40			40–63			63–100		
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота, мм											
	До 40			40–100			100–160			160–250		
	Шероховатость поверхности, мкм											
100–2,5	10–1,6	1,25	100–2,5	10–1,6	1,25	100–12,5	10–1,6	1,25	100–12,5	10–1,6	1,25	
22	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6
23	3,4	4,3	4,7	3,7	1,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2

Продолжение табл. В.5

Исходный индекс (ИН)	Толщина детали, мм														
	100–160			160–250			Свыше 250								
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота детали, мм														
	250–400			400–630			630–1000			1000–1600			1600–2500		
	Шероховатость поверхности, мкм														
100–12,5	10–1,6	1,25	100–12,5	10–1,6	1,25	100–12,5	10–1,6	1,25	100–12,5	10–1,6	1,25	100–12,5	10–1,6	1,25	
1	0,6	0,8	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
2	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
3	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
4	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
5	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	0,0	0,0	
6	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	
7	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	
8	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	
9	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	
10	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	
11	1,7	2,0	2,0	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	
12	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	
13	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	
14	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	
15	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	
16	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	
17	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	
18	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	
19	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	
20	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	
21	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5	5,8	7,4	
22	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5	5,8	7,4	8,1	6,2	7,2	
23	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5	5,8	7,4	8,1	6,2	7,9	8,7	7,1	9,1	

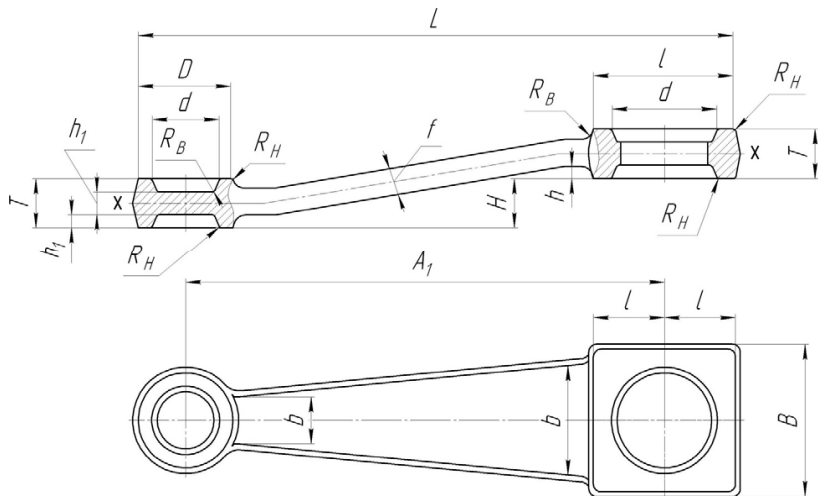


Рис. В.1. Геометрические параметры поковки, учитываемые при назначении припусков на обработку: A_1 – межсоевое расстояние; B, b – ширина; D, d – диаметр; R_B, R_H – радиус внутренний и наружный; H, h_1 – глубина; l, L – длина; t, T – толщина

Таблица В.6

Допуски и допускаемые отклонения линейных размеров поковки, мм

Исходный индекс (ИН)	Наибольшая толщина поковки							
	До 40		40–63		63–100		100–160	
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота поковки							
	До 40		40–100		100–160		160–250	
	Предельные отклонения (верхнее +, нижнее –)							
	+	–	+	–	+	–	+	–
1	0,2	0,1	0,3	0,1	0,3	0,2	0,4	0,2
2	0,3	0,1	0,3	0,2	0,4	0,2	0,5	0,2
3	0,3	0,2	0,4	0,2	0,5	0,2	0,5	0,3
4	0,4	0,2	0,5	0,2	0,5	0,3	0,6	0,3
5	0,5	0,2	0,5	0,3	0,6	0,3	0,7	0,3
6	0,5	0,3	0,6	0,3	0,7	0,3	0,8	0,4
7	0,6	0,3	0,7	0,3	0,8	0,4	0,9	0,5
8	0,7	0,3	0,8	0,4	0,9	0,5	1,1	0,5
9	0,8	0,4	0,9	0,5	1,1	0,5	1,3	0,7

Исход- ный индекс (ИН)	Наибольшая толщина поковки							
	До 40		40–63		63–100		100–160	
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота поковки							
	До 40		40–100		100–160		160–250	
	Предельные отклонения (верхнее +, нижнее –)							
	+	–	+	–	+	–	+	–
10	0,9	0,5	1,1	0,5	1,3	0,7	1,4	0,8
11	1,1	0,5	1,3	0,7	1,4	0,8	1,6	0,9
12	1,3	0,7	1,4	0,8	1,6	0,9	1,8	1,0
13	1,4	0,8	1,6	0,9	1,8	1,0	2,1	1,1
14	1,6	0,9	1,8	1,0	2,1	1,1	2,4	1,2
15	1,8	1,0	2,1	1,1	2,4	1,2	2,7	1,3
16	2,1	1,1	2,4	1,2	2,7	1,3	3,0	1,5
17	2,4	1,2	2,7	1,3	3,0	1,5	3,3	1,7
18	2,7	1,3	3,0	1,5	3,3	1,7	3,7	1,9
19	3,0	1,5	3,3	1,7	3,7	1,9	4,2	2,1
20	3,3	1,7	3,7	1,0	4,2	2,1	4,7	2,4
21	3,7	1,9	4,2	2,1	4,7	2,4	5,3	2,7
22	4,2	2,1	4,7	2,4	5,3	2,7	6,0	3,0
23	4,7	2,4	5,3	2,7	6,0	3,0	6,7	3,3

Продолжение табл. В.6

Исход- ный индекс (ИН)	Наибольшая толщина поковки									
	160–250		Св. 250							
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота поковки									
	250–400		400–630		630–1000		1000–1600		1600–2500	
	Предельные отклонения (верхнее +, нижнее –)									
	+	–	+	–	+	–	+	–	+	–
1	0,5	0,2	–	–	–	–	–	–	–	–
2	0,5	0,3	0,6	0,3	–	–	–	–	–	–
3	0,6	0,3	0,7	0,3	0,8	0,4	–	–	–	–
4	0,7	0,3	0,8	0,4	0,9	0,5	–	–	–	–
5	0,8	0,4	0,9	0,5	1,1	0,5	1,3	0,7	–	–
6	0,9	0,5	1,1	0,5	1,3	0,7	1,4	0,8	1,6	0,9
7	1,1	0,5	1,3	0,7	1,4	0,8	1,6	0,9	1,8	1,0
8	1,3	0,7	1,4	0,8	1,6	0,9	1,8	1,0	2,1	1,1
9	1,4	0,8	1,6	0,9	1,8	1,0	2,1	1,1	2,4	1,2
10	1,6	0,9	1,8	1,0	2,1	1,1	2,4	1,2	2,7	1,3
11	1,8	1,0	2,1	1,1	2,4	1,2	2,7	1,3	3,0	1,5
12	2,1	1,1	2,4	1,2	2,7	1,3	3,0	1,6	3,3	1,7
13	2,4	1,2	2,7	1,3	3,0	1,5	3,3	1,7	3,7	1,9

Исход- ный индекс (ИН)	Наибольшая толщина поковки									
	160–250		Св. 250							
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота поковки									
	250–400		400–630		630–1000		1000–1600		1600–2500	
	Предельные отклонения (верхнее +, нижнее –)									
	+	–	+	–	+	–	+	–	+	–
14	2,7	1,3	3,0	1,5	3,3	1,7	3,7	1,9	4,2	2,1
15	3,0	1,5	3,3	1,7	3,7	1,9	4,2	2,1	4,7	2,4
16	3,3	1,7	3,7	1,9	4,2	2,1	4,7	2,4	5,3	2,7
17	3,7	1,9	4,2	2,1	4,7	2,4	5,3	2,7	6,0	3,0
18	4,2	2,1	4,7	2,4	5,3	2,7	6,0	3,0	6,7	3,3
19	4,7	2,4	5,3	2,7	6,0	3,0	6,7	3,3	7,4	3,6
20	5,3	2,7	6,0	3,0	6,7	3,3	7,4	3,6	8,0	4,0
21	6,0	3,0	6,7	3,3	7,4	3,6	8,0	4,0	8,6	4,4
22	6,7	3,3	7,4	3,6	8,0	4,0	8,6	4,4	9,2	4,8
23	7,4	3,6	8,0	4,0	8,6	4,4	9,2	4,8	10,0	6,0

Таблица В.7

Допускаемая величина смещения по поверхности разреза штампа

Масса поковки, кг		Допускаемая величина смещения по поверхности разреза штампа, мм							
		Плоская поверхность разреза (П)							
		T1	T2	T3	T4	T5			
		Симметрично изогнутая (И _с)							
			T1	T2	T3	T4	T5		
		Несимметрично изогнутая (И _н)							
Свыше	До			T1	T2	T3	T4	T5	
–	0,5	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	
0,5	1,0	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	
1,0	1,8	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	
1,8	3,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	
3,2	5,6	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	
5,6	10,0	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	
10,0	20,0	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8	
20,0	50,0	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8	2,5	
50,0	125,0	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8	2,5	3,2	
125,0	250,0	1,0	1,2	1,4	1,8	2,5	3,2	4,0	

Проектирование отливки

Таблица Г.1

Классы точности размеров и масс и ряды припусков
на механическую обработку отливок для различных способов литья

Литье	Наибольшие габаритные размеры отливки, мм	Металлы и сплавы		
		цветные с температурой плавления ниже 700 °С	цветные с температурой плавления выше 700 °С, серый чугун	ковкий, высокопрочный и легированный чугун и сталь
Под давлением в металлические формы	До 100	$\frac{3T-5}{1}$	$\frac{3-6}{1}$	$\frac{4-7T}{1}$
	Свыше 100	$\frac{3-6}{1}$	$\frac{4-7T}{1}$	$\frac{5T-7}{1}$
В керамические формы и по выплавляемым и выжигаемым моделям	До 100	$\frac{3-6}{1}$	$\frac{4-7T}{1-2}$	$\frac{5T-7}{1-2}$
	Свыше 100	$\frac{4-7}{1-2}$	$\frac{5T-7}{1-2}$	$\frac{5-8}{1-2}$
В кокиль и под низким давлением в металлические формы с песчаными стержнями и без них, литье в песчаные формы, отверждаемые в контакте с оснасткой	До 100	$\frac{4-9}{1-2}$	$\frac{5T-10}{1-3}$	$\frac{5-11}{1-3}$
	Свыше 100 до 630	$\frac{5T-10}{1-3}$	$\frac{5-11T}{1-3}$	$\frac{6-11}{2-4}$
	Свыше 630	$\frac{5-11T}{1-3}$	$\frac{6-11}{2-4}$	$\frac{7T-12}{2-5}$
В песчаные формы, отверждаемые вне контакта с оснасткой, центробежное, в сварные и сухие песчано-глинистые формы	До 630	$\frac{6-11}{2-4}$	$\frac{7T-12}{2-4}$	$\frac{7-13T}{2-5}$
	Свыше 630 до 4000	$\frac{7-12}{2-4}$	$\frac{8-13T}{3-5}$	$\frac{9T-13}{3-6}$
	Свыше 4000	$\frac{8-13T}{3-5}$	$\frac{9T-13}{3-6}$	$\frac{9-14}{4-6}$

Примечания

1. В числителе указаны классы точности размеров и масс, в знаменателе – ряды припусков. Меньшие их значения относятся к простым отливкам и условиям массового автоматизированного производства; большие значения – к сложным, мелкосерийно и индивидуально изготовленным отливкам; средние значения – к отливкам средней сложности и условиям механизированного серийного производства.
2. Классы точности масс следует принимать соответствующими классам точности отливок.

Таблица Г.2

Допуски линейных размеров отливок (мм, не более)

Интервалы номинальных размеров, мм	Класс точности размеров отливок											
	1	2	3т	3	4	5т	5	6	7т	7	8	9т
До 4	0,06	0,08	0,1	0,12	0,16	0,2	0,24	0,32	0,4	0,5	0,64	0,8
Свыше 4 до 6	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,7	0,9
» 6 » 10	0,08	0,1	0,12	0,16	0,2	0,24	0,3	0,4	0,5	0,64	0,8	1,0
» 10 » 16	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,7	0,9	1,1
» 16 » 25	0,1	0,12	0,16	0,2	0,24	0,32	0,4	0,5	0,64	0,8	1,0	1,2
» 25 » 40	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,7	0,9	1,1	1,4
» 40 » 63	0,12	0,16	0,2	0,24	0,32	0,4	0,5	0,64	0,8	1,0	1,2	1,6
» 63 » 100	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,7	0,9	1,1	1,4	1,8
» 100 » 160	0,16	0,2	0,24	0,32	0,4	0,5	0,64	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0
» 160 » 250	—	—	0,28	0,36	0,44	0,56	0,7	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2
» 250 » 400	—	—	0,32	0,4	0,5	0,64	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4
» 400 » 630	—	—	—	—	0,56	0,7	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8
» 630 » 1000	—	—	—	—	—	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2
» 1000 » 1600	—	—	—	—	—	—	—	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6
» 1600 » 2500	—	—	—	—	—	—	—	—	2,0	2,4	3,2	4,0
» 2500 » 4000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,2	3,6	4,4
» 4000 » 6300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,0
» 6300 » 10000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение табл. Г.2

Интервалы номинальных размеров, мм	Класс точности размеров отливок										
	9	10	11т	11	12	13т	13	14	15	16	
До 4	1,0	1,2	1,6	2,0	—	—	—	—	—	—	
Свыше 4 до 6	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	—	—	—	—	—	
» 6 » 10	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	—	—	—	
» 10 » 16	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	—	—	
» 16 » 25	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10	12	

Интервалы номинальных размеров, мм	Класс точности размеров отливок									
	9	10	11т	11	12	13т	13	14	15	16
» 25 » 40	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9	11	14
» 40 » 63	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10	12	16
» 63 » 100	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11	14	18
» 100 » 160	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12	16	20
» 160 » 250	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14	18	22
» 250 » 400	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16	20	24
» 400 » 630	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18	22	28
» 630 » 1000	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20	24	32
» 1000 » 1600	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0	22	28	36
» 1600 » 2500	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20	24	32	40
» 2500 » 4000	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0	22	28	36	44
» 4000 » 6300	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20	24	32	40	50
» 6300 » 10000	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24	32	40	50	64

Примечания

1. Классы точности размеров отливок см. в табл. Г.1.
2. Допуски размеров, указанные в табл. Г.1, не учитывают смещение и коробление отливок.
3. Допуски угловых размеров в пересчете на линейные не должны превышать значений, установленных в табл. Г.1.
4. Допуски размеров элементов отливки, образованных двумя полуформами, перпендикулярными к плоскости разъема, следует устанавливать соответствующими классу точности размеров отливки. Допуски размеров элементов отливки, образованных одной частью формы или одним стержнем, устанавливают на 1–2 класса точнее. Допуски размеров элементов, образованных тремя частями формы и более, несколькими стержнями или подвижными элементами формы, а также толщины стенок, ребер и фланцев устанавливают на 1–2 класса грубее.
5. Допуски размеров от предварительно обработанной поверхности, используемой в качестве базы, до литой поверхности следует устанавливать на 2 класса точнее.
6. Допускается устанавливать симметричные и несимметричные предельные отклонения, при этом предпочтительно следующее расположение полей допусков: несимметричные односторонние «в тело» – для размеров элементов отливки (кроме толщин стенок), расположенных в одной части формы и не подвергаемых механической обработке, при этом для охватываемых элементов (отверстие) поле допуска располагают «в плюс», а для охватываемых элементов (вал) – «в минус»; симметричные – для размеров всех остальных элементов отливок, как не подвергаемых, так и подвергаемых механической обработке.

Таблица Г.3

Основные припуски на механическую обработку отливок

Допуск размеров отливок (мм)	Основной припуск на сторону для рядов (мм)					
	1	2	3	4	5	6
До 0,12	0,2; 0,4	—	—	—	—	—
Свыше 0,12 до 0,16	0,3; 0,5	0,6; 0,8	—	—	—	—
» 0,16 » 0,20	0,4; 0,6	0,7; 1,0	1,0; 1,4	—	—	—
» 0,20 » 0,24	0,5; 0,7	0,8; 1,1	1,1; 1,5	—	—	—
» 0,24 » 0,30	0,6; 0,8	0,9; 1,2	1,2; 1,6	1,8; 2,2	2,6; 3,0	—
» 0,30 » 0,40	0,7; 0,9	1,0; 1,3	1,4; 1,8	1,9; 2,4	2,8; 3,2	—
» 0,40 » 0,50	0,8; 1,0	1,1; 1,4	1,5; 2,0	2,0; 2,6	3,0; 3,4	—
» 0,50 » 0,60	0,9; 1,2	1,2; 1,6	1,6; 2,2	2,2; 2,8	3,2; 3,6	—
» 0,60 » 0,80	1,0; 1,4	1,3; 1,8	1,8; 2,4	2,4; 3,0	3,4; 3,8	4,4; 5,0
» 0,80 » 1,0	1,1; 1,6	1,4; 2,0	2,0; 2,8	2,6; 3,2	3,6; 4,0	4,6; 5,5
» 1,0 » 1,2	1,2; 2,0	1,6; 2,4	2,2; 3,0	2,8; 3,4	3,8; 4,2	4,8; 6,0
» 1,2 » 1,6	1,6; 2,4	2,0; 2,8	2,4; 3,2	3,0; 3,8	4,0; 4,6	5,0; 6,5
» 1,6 » 2,0	2,0; 2,8	2,4; 3,2	2,8; 3,6	3,4; 4,2	4,2; 5,0	5,5; 7,0
» 2,0 » 2,4	2,4; 3,2	2,8; 3,6	3,2; 4,0	3,8; 4,6	4,6; 5,5	6,0; 7,5
» 2,4 » 3,0	2,8; 3,6	3,2; 4,0	3,6; 4,5	4,2; 5,0	5,0; 6,3	6,5; 8,0
» 3,0 » 4,0	3,4; 4,5	3,8; 5,0	4,2; 5,5	5,0; 6,5	5,5; 7,0	7,0; 9,0
» 4,0 » 5,0	4,0; 5,5	4,4; 6,0	5,0; 6,5	5,5; 7,5	6,0; 8,0	8,0; 10,0
» 5,0 » 6,0	5,0; 7,0	5,5; 7,5	6,0; 8,0	6,5; 8,5	7,0; 9,5	9,0; 11,0
» 6,0 » 8,0	—	6,5; 9,5	7,0; 10,0	7,5; 11,0	8,5; 12,0	10,0; 13,0
» 8,0 » 10,0	—	—	9,0; 12,0	10,0; 13,0	11,0; 14,0	12,0; 15,0
» 10,0 » 12,0	—	—	10,0; 13,0	11,0; 14,0	12,0; 15,0	13,0; 16,0
» 12,0 » 16,0	—	—	13,0; 15,0	14,0; 16,0	15,0; 17,0	16,0; 19,0
» 16,0 » 20,0	—	—	—	17,0; 20,0	18,0; 21,0	19,0; 22,0
» 20,0 » 24,0	—	—	—	20,0; 23,0	21,0; 24,0	22,0; 25,0
» 24,0 » 30,0	—	—	—	—	26,0; 29,0	27,0; 30,0
» 30,0 » 40,0	—	—	—	—	—	34,0; 37,0
» 40,0 » 50,0	—	—	—	—	—	42,0
» 50,0 » 60,0	—	—	—	—	—	50,0

Примечания

1. Для каждого интервала значений допусков размеров отливки в каждом ряду припусков предусмотрены два значения основного припуска.
2. Меньшие значения припуска устанавливают при более грубых качествах точности обработки деталей, большие значения припуска устанавливают при более точных качествах согласно следующим данным:

Класс точности размеров отливок	1–3т	3–5т	5–7	7–9т	9–16
Квалитет точности размеров деталей, полу-чаемых механической обработкой отливок	IT9 и грубее	IT10 и грубее	IT11 и грубее	IT12 и грубее	IT13 и грубее
	IT8 и точнее	IT8–IT9	IT9–IT10	IT9–IT11	IT11–IT12

3. При более высоких требованиях к точности размеров обрабатываемых деталей допускается увеличение основного припуска до ближайшего большего значения из того же ряда.

Таблица Г.4

Предельные отклонения смещения элементов отливки по плоскости разъема

Расстояние между центрирующими устройствами форм, мм	Предельные отклонения смещения (\pm мм, не более) для классов точности размеров отливок									
	1–3	4–5т	5–6	7–7т	8–9т	9–10	11т–11	12–13т	13–14	15–16
До 630	0,24	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0
630...1600	0,30	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4
1600...4000	0,40	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,0
Свыше 4000	0,50	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,0	4,0

Таблица Г.5

Степень коробления элементов отливки

Отношение наименьшего размера элемента отливки к наибольшему (толщины или высоты к длине элемента отливки)	Степень коробления элементов отливки			
	Многократные формы		Разовые формы	
	нетермообрабатываемые	термообрабатываемые отливки после правки	нетермообрабатываемые	термообрабатываемые отливки после правки
Свыше 200	1–4	2–5	3–6	4–7
От 0,100 до 0,200	2–5	3–6	4–7	5–8
От 0,050 до 0,100	3–6	4–7	5–8	6–9
От 0,025 до 0,050	4–7	5–8	6–9	7–10
До 0,025	5–8	6–9	7–10	7–11

Таблица Г.6

Допуски формы и расположения элементов отливок

Номинальный размер нормируемого участка, мм	Допуски формы и расположения элементов отливок (мм, не более) для степеней коробления					
	3	4	5	6	7	8
До 125	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64
Свыше 125 до 160	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	1,00
Свыше 160 до 250	0,32	0,40	0,50	0,64	1,00	1,2
Свыше 250 до 315	0,50	0,64	0,80	1,00	1,2	1,6
Свыше 315 до 400	0,64	0,80	1,00	1,2	1,6	2,00
Свыше 400 до 500	0,80	1,00	1,2	1,6	2,00	2,40
Свыше 500 до 600	1,00	1,2	1,6	2,00	2,40	3,20

Формулы для расчета основного времени

Основные условные обозначения

Размеры обрабатываемой детали:

D, d – диаметр обрабатываемой поверхности или диаметр режущего инструмента, мм;

l_1 – длина обрабатываемой поверхности, мм (см. табл. Д.2);

l_2 – величина перебега инструмента, мм (см. табл. Д.2);

L – расчетная длина рабочего хода инструмента, принимаемая для определения основного (технического) времени, мм;

L_1 – длина хода в направлении главного движения на станках с механизмами возвратно-поступательного движения, мм;

$L_{\text{поп}} (L_{\text{пр}})$ – расчетная длина поперечного (продольного) рабочего хода инструмента, мм;

B – расчетная ширина обрабатываемой поверхности, мм;

b – ширина резца или фрезы, мм;

$D_{\text{к}}$ – диаметр шлифовального круга, мм;

$D_{\text{вк}}$ – диаметр ведущего круга при бесцентровом шлифовании, мм;

$B_{\text{к}}$ – ширина шлифовального круга, мм;

$D_{\text{ср}}$ – средний диаметр рабочей зоны круглого стола, мм;

$H (H_1)$ – ширина исходной (обработанной) шлифуемой поверхности, мм;

z – число зубьев зубчатого колеса или число шлицев.

Режимы обработки:

v – скорость резания, м/мин;

S_o – подача на оборот шпинделя, мм/об.;

S_z – подача на зуб фрезы, мм/зуб;

$S_{\text{мин}}$ – подача на минуту (минутная подача), $S_{\text{мин}} = S_z Zn$, мм/мин;

$S_{\text{рад}}$ – радиальная подача инструмента на оборот детали, мм/об.;

S_B – продольная или поперечная подача на двойной ход изделия в долях ширины шлифовального круга;

$S_{\text{поп}}$ – продольная подача на оборот детали, мм/об.;

S_{2x} – подача на двойной ход стола или круговая подача на двойной ход долбяка, мм/дв. ход;

$S_{\text{верт}}$ – подача на глубину шлифования за оборот стола, детали, мм/об.;

t – глубина резания, мм;

n – частота вращения шпинделя, об./мин;

n_d – частота вращения изделия, об./мин;

n_{2x} – число двойных ходов стола в минуту;

$n_{2x \text{ пред}}$ – число двойных ходов при предварительном и получистовом шлифовании в минуту;

$n_{\text{всп}}$ – частота вращения шпинделя при вспомогательных ходах, мм/об.;

$n_{\text{2х чист}}$ – число двойных ходов при чистовом шлифовании в минуту;

$n_{\text{обк}}$ – число двойных ходов или обкатов в минуту (зубошлифование).

Прочие условные обозначения:

Q – число одновременно обрабатываемых деталей;

P – шаг нарезаемой резьбы, мм;

i – число проходов инструмента;

i_1 – число проходов при предварительном шлифовании;

i_2 – число проходов при получистовом шлифовании;

i_3 – число проходов при чистовом шлифовании;

a – припуск на обработку на одну сторону, мм;

$t_{\text{дел}}$ – время переключения и деление на один проход, мин;

K – коэффициент, учитывающий выхаживание и доводку при шлифовании ($K = 1, 2 \dots 1, 5$);

q – число заходов резьбы, число заходов фрезы;

t_0 – основное время на операцию, мин;

T_z – время обработки одного зуба, устанавливаемое кинематической настройкой станка, с.

Схема обработки и расчетные формулы для определения основного времени обработки деталей

1. Точение (рис. Д.1)

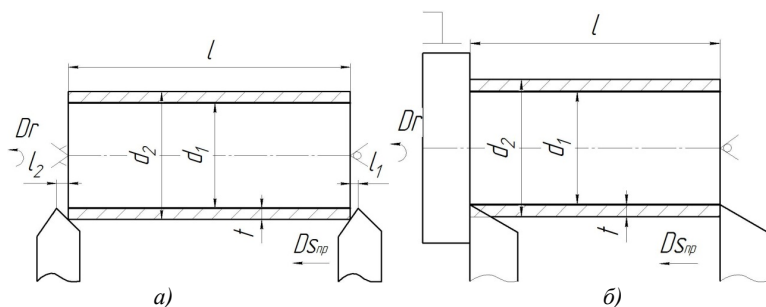


Рис. Д.1. Схема продольного точения: а – на проход; б – в упор

$$t_0 = L \cdot i / (n \cdot S_0), \quad (\text{Д.1})$$

где L – длина рабочего хода, мм; n – частота вращения заготовки, об./мин; S_0 – подача на оборот заготовки, мм/об.; i – число проходов.

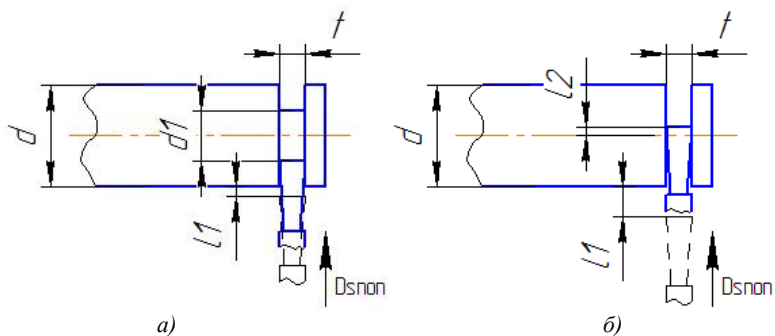


Рис. Д.2. Точение: а – точение канавки; б – отрезание

$$L = 0,5(d - d_1) + l_1, \text{ – вариант «а»};$$

$$L = 0,5d + l_1 + l_2, \text{ – вариант «б»},$$

где d – диаметр заготовки, мм; d_1 – диаметр канавки, мм; l_1 – длина врезания, мм; l_2 – длина перебега, мм. Величины l_1 и l_2 приведены в табл. Д.1.

2. Растачивание (рис. Д.3)

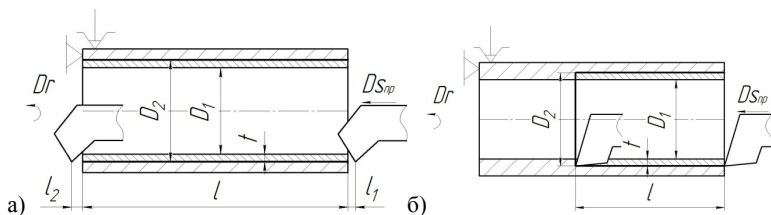


Рис. Д.3. Растачивание а – на проход; б – в упор

$$t_o = L \cdot i / (n \cdot S_o), \quad (\text{Д.2})$$

где L – длина рабочего хода, мм; n – частота вращения заготовки, об./мин; S_o – подача на оборот заготовки, мм/об.; i – число рабочих ходов.

$$L = l + l_1 + l_2, \quad (\text{Д.3})$$

где l – длина обрабатываемой поверхности, мм; l_1 – длина врезания, мм; l_2 – длина перебега, мм. Величины l_1 и l_2 приведены в табл. Д.1.

Таблица Д.1

Величина врезания l_1 при работе резцами, мм

Резцы		Глубина резания t											
		1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16
		Величина врезания l_1											
Прходные и расточные с углом φ°	15	5	9	13	16	20	24	28	31	39	—	—	
	30	3	5	7	8	10	12	14	15	19	26	26	29
	45	2	3	4	5	6	7	8	9	12	14	16	18
	60	1	2	3	3	4	4	5	5	6	7	9	11
	75		1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5
	90	3											5
Подрезные	При работе в упор – 3 При работе на проход – 5												
Отрезные													
Прорезные													
Фасонные													
<p><i>Примечание.</i> Величина перебега l_2 при работе на проход вне зависимости от величины φ при глубине резания $t = 1...2$ мм $l_2 = 1$ мм; при $t = 3...7$ мм $l_2 = 2$ мм; при $t = 8...16$ мм $l_2 = 3$ мм.</p>													

3. Фрезерование торцовыми фрезами (рис. Д.4)

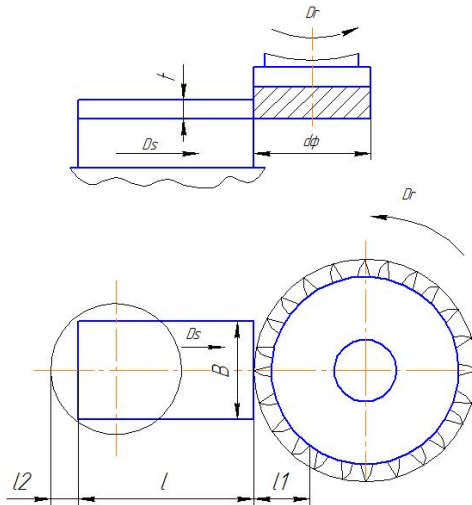


Рис. Д.4. Фрезерование торцовыми фрезами

$$l_1 = 0,5 \left[d_{\phi}^2 - \sqrt{d_{\phi}^2 - B^2} + \frac{t}{tg\varphi} \right]; \quad (Д.4)$$

$$l_2 = l_1 + (5...10), \quad (Д.5)$$

где d_{ϕ} – диаметр фрезы, мм; B – ширина фрезерования, мм; t – глубина фрезерования, мм; φ – главный угол фрезы в плане, град.

4. Фрезерование шпоночных канавок дисковой фрезой (рис. Д.5, табл. Д.2)

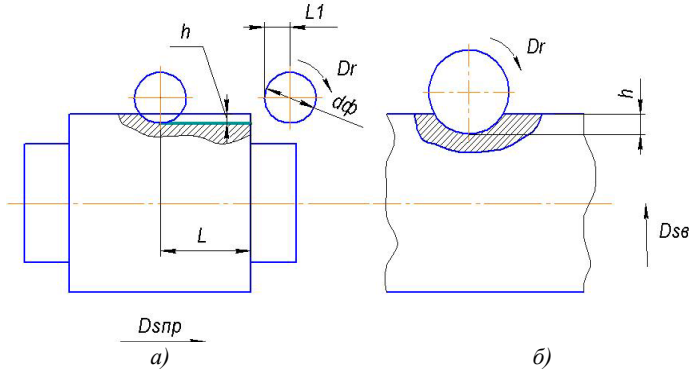


Рис. Д.5. Фрезерование дисковой фрезой:
а – с продольной; б – с вертикальной подачей

$$t_0 = (l + l_1) / S_{\text{мин пр}}, \quad (Д.6)$$

где l – длина обрабатываемого участка, мм; l_1 – длина врезания, мм; $S_{\text{мин пр}}$ – минутная продольная подача, мм/мин.

$$l_1 = \sqrt{h(d_{\phi} - h)} + (0,5 \dots 2), \quad (Д.7)$$

где d_{ϕ} – диаметр фрезы, мм; h – глубина канавки, мм.

Величина l_1 может быть определена по табл. Д.2.

$$t_0 = (h + (0,5...1)) / S_{\text{мин в}}, \quad (Д.8)$$

где h – глубина канавки, мм; $S_{\text{мин в}}$ – минутная вертикальная подача, мм/мин.

5. Фрезерование шпоночных канавок концевой фрезой (рис. Д.6, табл. Д.3):

- с продольной подачей:

$$t_0 = [(h + (0,5...1)) / S_{\text{мин в}}] + [(l - d_{\phi}) / S_{\text{мин пр}}], \quad (Д.9)$$

где l – глубина канавки, мм; $S_{\text{мин в}}$ – минутная вертикальная подача, мм/мин; h – длина канавки, мм; d_{ϕ} – диаметр фрезы, мм; $S_{\text{мин пр}}$ – минутная продольная подача, мм/мин;

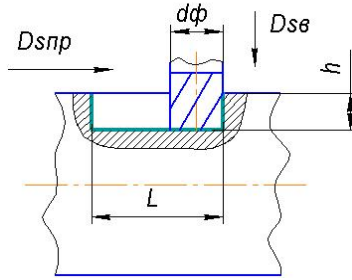


Рис. Д.6. Фрезерование концевой фрезой

- с маятниковой подачей:

$$t_o = \frac{[(l - d_\phi) - (0,5 \dots 1)] \left(\frac{h}{t}\right)}{S_{\text{мин пр}}} \quad (\text{Д.9а})$$

где l – длина канавки, мм; d_ϕ – диаметр фрезы, мм; $S_{\text{мин пр}}$ – минутная продольная подача, мм/мин; h – глубина канавки, мм; t – величина вертикальной подачи за один ход, мм.

- 6. Протягивание (рис. Д.7).

$$t_o = \frac{L}{1000} \cdot \left(\frac{1}{v_p} + \frac{1}{v_{o,x}} \right), \quad (\text{Д.10})$$

где L – длина рабочего хода, мм; v_p – скорость резания, м/мин; $v_{o,x}$ – скорость обратного хода, м/мин.

Таблица Д.2

Суммарная величина врезания l_1 и перебега l_2 при фрезеровании цилиндрическими, дисковыми, прорезными и фасонными фрезами (мм)

Глубина резания t	Диаметр фрезы D									
	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250
1	7	8	9	10	11	13	15	16	18	20
2	9	11	12	14	15	17	19	21	24	26
3	11	13	14	16	18	20	22	25	27	31
4	12	14	16	18	20	23	26	29	32	35
5	13	15	17	20	22	25	28	31	35	39
6	14	16	18	21	24	27	30	34	38	42
7	15	17	19	22	25	29	32	36	41	45

Глубина резания t	Диаметр фрезы D									
	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250
8	15	18	20	24	27	30	34	38	43	48
9	16	19	21	25	28	32	35	40	46	51
10	16	19	22	26	29	33	38	42	48	53
12		20	23	27	31	35	40	46	52	58
14			24	29	33	38	43	49	55	62
16			25	30	35	40	45	52	58	65
18				31	36	42	47	54	61	69
20				32	38	43	50	57	64	72
22				33	39	44	51	59	67	75
25					40	46	54	62	70	78
28					41	48	56	65	74	83
30						49	57	66	76	85
35						51	60	70	80	91
40							62	73	84	96

Примечание. При чистовой обработке величину врезания и перебега для дисковых фрез следует брать вдвое больше приведенной в табл. Д.2.

Таблица Д.3

Суммарная величина врезания l_1 и перебега l_2
при работе концевыми фрезами (мм)

Диаметр фрезы D	Глубина резания t										
	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	10	
12	4	5	6	7	8	9	—	—	—	—	
14											
16	5	6	7	8	9	10	11	—	—	—	
18											
20			8	9	10	11	12	13	14	—	—
22											
25											
28			6	7	9	11	13	14	15	16	17
30											
35	10	13			15	16	17	18	19	—	
40											
45	8	9	13	15	17	18	19	20	21	22	
50											4

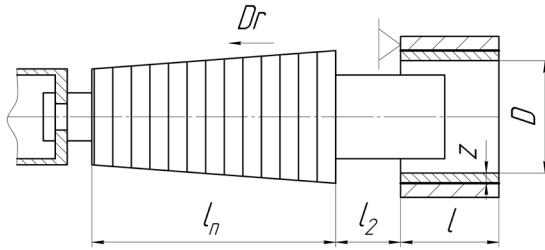


Рис. Д.7. Протягивание

$$L = l + l_n + l_2, \quad (\text{Д.11})$$

где l – длина протягиваемой поверхности, мм; l_n – длина рабочей части протяжки, мм; l_2 – длина перебега ($l_2 = 30 \dots 50$), мм.

7. Шлифование с продольной подачей (рис. Д.8)

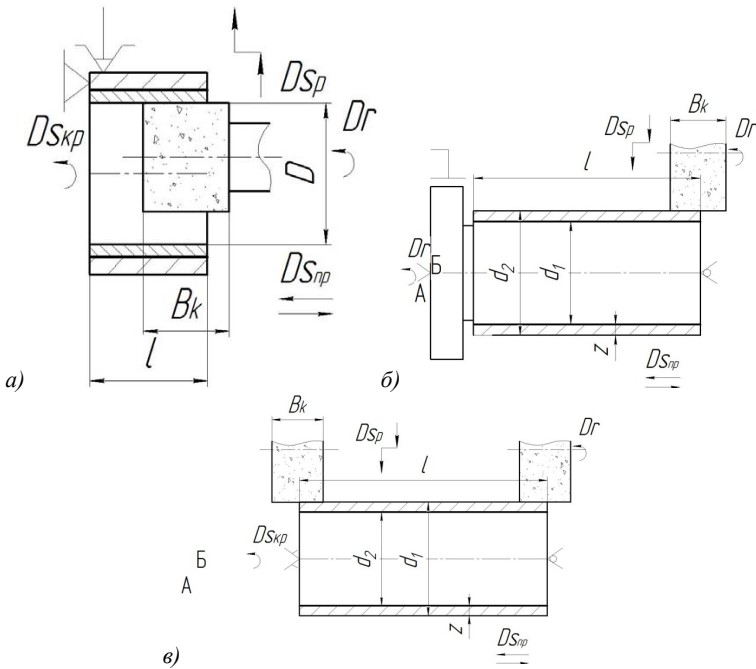


Рис. Д.8. Круглое шлифование:

a – внутреннее; b – наружное в упор; v – наружное на проход

$$t_o = \frac{2L}{n_3 \cdot S_{\text{пр}}} \cdot \left(\frac{Z}{t}\right) \cdot k, \quad (\text{Д.12})$$

где L – длина продольного хода стола, мм; $L = 1 - (0,2...0,4)B_k$ – шлифование на проход; $L = 1 - (0,4...0,5)B_k$ – шлифование в упор; n_3 – частота вращения заготовки, об./мин; $S_{\text{пр}}$ – продольная подача на один оборот заготовки, мм/об.; Z – припуск на сторону, мм; t – глубина шлифования, мм (радиальная подача на двойной ход круга); k – коэффициент выхаживания: $k = 1,2...1,4$ – для предварительного шлифования; $k = 1,25...1,7$ – для окончательного шлифования.

Нарезание резьбы

8. Многопроходное нарезание резцом (рис. Д.9)

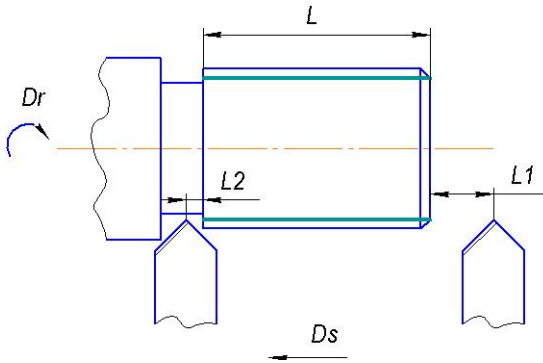


Рис. Д.9. Нарезание резьбы резцом

$$t_o = [(l + l_1 + l_2)/(S_o \cdot n)] \cdot i \cdot q, \quad (\text{Д.13})$$

где l – длина обрабатываемой поверхности, мм; l_1 – длина врезания, мм; l_2 – длина перебега, мм; n – частота вращения заготовки, мм/об.; S_o – подача при рабочем ходе, мм/об.; i – число рабочих ходов при нарезании одного зуба; q – число заходов резьбы. Величины l_1 и l_2 приведены в табл. Д.4.

9. Нарезание плашками (рис. Д.10)

$$t_o = [(l + l_1 + l_2)/(S_o \cdot n)] + [(l + l_1 + l_2)/(S_o \cdot n_o)], \quad (\text{Д.14})$$

где l – длина резьбового участка, мм; l_1 – длина врезания ($l_1 = 1P...2P$), мм; l_2 – длина перебега ($l_2 = 1P...2P$), мм; n – частота вращения заготовки при рабочем ходе, об./мин; n_o – частота вращения заготовки при обратном ходе ($n_o = 1,5n$), об./мин; S_o – подача при рабочем ходе ($S_o = P$), мм/об.

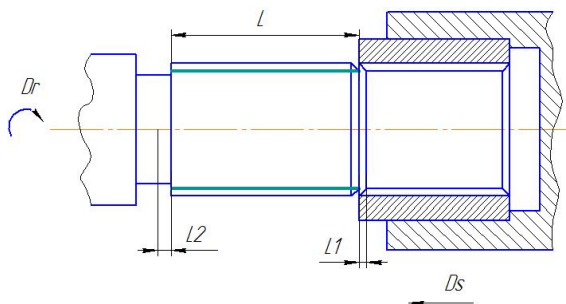


Рис. Д.10. Нарезание резьбы плашкой

10. Фрезерование резьбы (рис. Д.11):

а) дисковой фрезой по схеме внешнего касания

Таблица Д.4

Сумма перебега и длины врезания при резьбонарезании

Вид обработки		$l_1 + l_2$, мм	
Нарезание резцом	На проход при шаге резьбы Р, мм	≤ 6	4Р
		≤ 10	3Р
		> 10	2Р
	В упор		3Р
Нарезание плашками, самоцентрирующимися головками			2Р
Фрезерование дисковыми фрезами	При шаге резьбы Р, мм	≤ 6	3Р
		≤ 10	2Р
		> 10	1,5Р
Вихревое нарезание		—	3Р
Нарезание метчиками машинными	На проход		6Р
	В упор		3Р

$$t_o = \left[\frac{l + l_1 + l_2}{S_o} \right] \cdot \left[\frac{\pi \cdot d}{S_{\text{мин}} \cdot \cos \alpha} \right] \cdot i \cdot q, \quad (\text{Д.15})$$

где l – длина резьбы, мм; l_1 – длина врезания, мм; l_2 – длина перебега (для резьбы на проход $l_2 = 1Р...3Р$, для резьбы в упор $l_2 = 0$ мм); S_o – продольная подача ($S_o = P$), мм/об.; d – наружный диаметр резьбы, мм; $S_{\text{мин}}$ – минутная круговая подача заготовки, мм/мин; i – число рабочих ходов; q – число заходов резьбы.

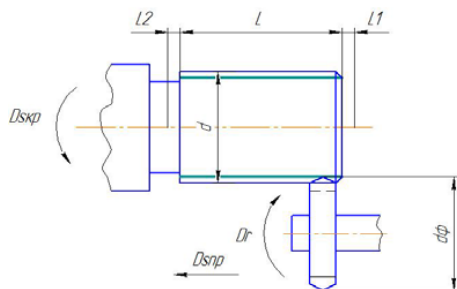


Рис. Д.11. Фрезерование резьбы дисковой фрезой

$$S_{\text{мин}} = S_z \cdot Z \cdot n_{\phi}, \quad (\text{Д.16})$$

где S_z – подача на зуб, мм/зуб; Z – число зубьев фрезы; n_{ϕ} – частота вращения фрезы, об./мин:

$$n_{\phi} = 1000 \cdot \frac{v}{\pi} \cdot d_{\phi}, \quad (\text{Д.17})$$

где d_{ϕ} – диаметр фрезы, мм; v – скорость фрезерования, м/мин.

$$l_1 = \sqrt{h(d_{\phi} - h)}, \quad (\text{Д.18})$$

где h – высота профиля резьбы, мм;

б) гребенчатой фрезой

$$t_o = 1,2\pi \cdot d / S_{\text{мин}}, \quad (\text{Д.19})$$

где d – наружный диаметр резьбы, мм; $S_{\text{мин}}$ – минутная подача заготовки, мм/мин.

в) по схеме внутреннего касания (вихревое нарезание резьбы) (рис. Д.12):

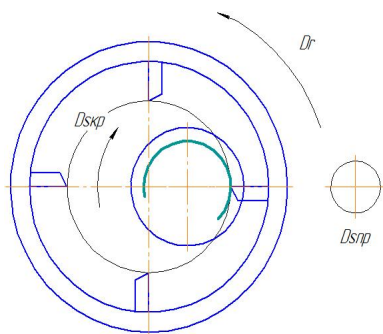


Рис. Д.12. Фрезерование резьбы методом внутреннего касания

$$t_o = \frac{m+0,2}{n_3} = (m+0,2) \cdot \pi d_p / (S_z \cdot Z \cdot n_\phi), \quad (\text{Д.20})$$

где m – число витков нарезания резьбы; n_3 – частота вращения заготовки, об./мм; d_p – диаметр резьбы, мм; S_z – подача на зуб, мм/зуб; Z – число зубьев фрезы; n_ϕ – частота вращения фрезы, об./мин.

11. Нарезание метчиком

$$t_o = [(l + l_1 + l_2)/(S_o \cdot n)] + [(l + l_1 + l_2)/(S_o \cdot n_o)], \quad (\text{Д.21})$$

где l – длина нарезаемой резьбы, мм; l_1 – длина врезания ($l_1 = 1P...3P$), мм; l_2 – длина перебега (при сквозном отверстии $l_2 = 2P...3P$, при глухом $l_2 = 0$), мм; n – частота вращения заготовки или метчика при рабочем ходе, об./мин; n_o – частота вращения при обратном ходе ($n_o = 1,5n$), об./мин; S_o – продольная подача ($S_o = P$), мм/об.

12. Шлифование резьбы

а) односторонним кругом

$$t_o = [(l + l_1 + l_2) \cdot Z / (n_3 \cdot S_o \cdot S_{\text{вп}})] \cdot K, \quad (\text{Д.22})$$

где l – длина резьбы, мм; l_1 – длина врезания ($l_1 = 1P...3P$), мм; l_2 – длина перебега ($l_2 = 1P...3P$), мм; n_3 – частота вращения заготовки, об./мин; S_o – продольная подача круга ($S_o = P$), мм/об.; $S_{\text{вп}}$ – подача врезания (глубина шлифования) на один рабочий ход, мм/ход; K – коэффициент выхаживания ($K = 1,25...1,7$); Z – припуск (высота профиля резьбы), мм;

б) многониточным кругом

$$t_o = d \cdot \pi \cdot \frac{n_3}{1000} \cdot v, \quad (\text{Д.23})$$

где d – наружный диаметр резьбы, мм; n_3 – число оборотов заготовки за время нарезания резьбы ($n_3 = 2,2$, так как обычно шлифуют резьбы за два рабочих хода: первый оборот – предварительное, второй – окончательное), об.; v – скорость вращения заготовки (круговая подача), м/мин.

Обработка цилиндрических зубчатых колес

13. Нарезание зубьев модульной дисковой фрезой (рис. Д.13)

$$t_o = (l + l_1 + l_2) \cdot \left(\frac{l}{S_{\text{мин.р}}} + \frac{l}{S_{\text{мин.о.х}}} \right) \cdot \left(Z \cdot \frac{i}{q} \right) + \left(\tau \cdot Z \cdot \frac{i}{q} \right), \quad (\text{Д.24})$$

где l – длина нарезаемого зуба, мм; l_1 – длина врезания, мм; l_2 – длина перебега, мм; $S_{\text{мин.р}}$ – минутная подача при рабочем ходе, мм/мин; $S_{\text{мин.о.х}}$ – минутная подача при обратном ходе, мм/мин;

q – количество одновременно нарезаемых колес; Z – число зубьев нарезаемого колеса; i – число рабочих ходов при нарезании одного зуба; τ – время на поворот заготовки на 1 зуб, мин.

$$l_1 = \sqrt{h(d_\phi - h)} + (1 \dots 2), \quad l_2 = 1 \dots 2, \text{ мм}, \quad (\text{Д.25})$$

где d_ϕ – диаметр фрезы, мм; h – высота зуба, мм.

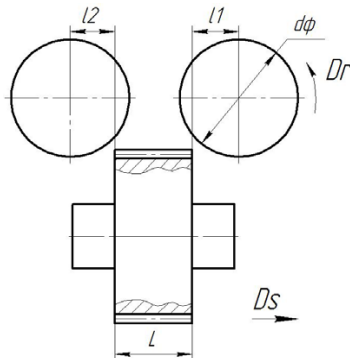


Рис. Д.13. Фрезерование зубьев модульной фрезой

14. Нарезание зубьев зубодолбежной головкой (рис. Д.14)

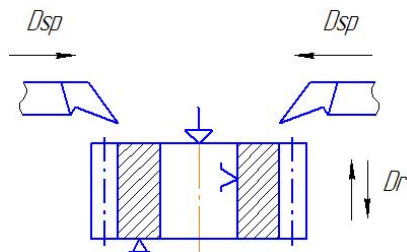


Рис. Д.14. Нарезание зубьев зубодолбежной головкой

$$t_o = h / (S_p \cdot n_3), \quad (\text{Д.26})$$

где h – глубина впадины между зубьями (высота зуба), мм; S_p – радиальная подача резцов на один двойной ход заготовки, мм/дв. х.; n_3 – число двойных ходов заготовки в минуту, дв. х./мин:

$$n_3 = (500 \cdot v) / L, \quad (\text{Д.27})$$

где v – скорость резания, м/мин; L – длина рабочего хода заготовки, мм. При определении L можно использовать данные, приведенные в пункте 15.

15. Нарезание зубьев долбяком (рис. Д.15)

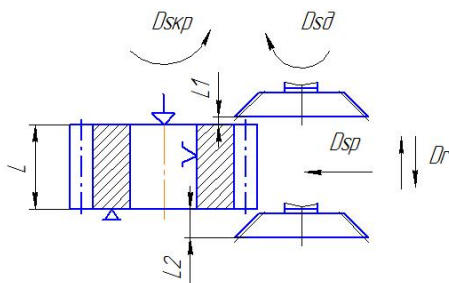


Рис. Д.15. Зубодолбление

$$t_o = \frac{h}{S_p \cdot n_d} + (\pi \cdot m_t \cdot Z) / (S_{кр} \cdot n_d), \quad (Д.28)$$

где h – глубина впадины между зубьями колеса, мм; S_p – радиальная подача долбяка на один его двойной ход, мм/дв. х.; n_d – число двойных ходов долбяка в минуту, дв. х./мин; m_t – модуль зубчатого колеса в торцовом сечении, мм; Z – число зубьев нарезаемого колеса; $S_{кр}$ – круговая подача заготовки на один двойной ход долбяка, мм/дв. х.

$$n_d = (500 \cdot v \cdot \cos \beta) / L, \quad (Д.29)$$

где v – скорость, фрезерования, м/мин; β – угол наклона колеса, град; L – длина хода долбяка, мм;

$$L = l + l_1 + l_2, \quad (Д.30)$$

где l – ширина зубчатого венца, мм; l_1 – длина врезания, мм; l_2 – длина перебега, мм. Величину $l_1 + l_2$ определяем из табл. Д.5.

Таблица Д.5

Перебеги долбяков

Ширина зубчатого венца l , мм	<19	<51	<72	<85	<122	<165
Перебег долбяка $l_1 + l_2$, мм	5	8	12	15	20	25

16. Зубофрезерование червячной фрезой с осевым врезанием (рис. Д.16)

$$t_o = [(l + l_1 + l_2) / (S_o \cdot n_\phi \cdot q \cdot \cos \beta)] \cdot Z, \quad (Д.31)$$

где l – длина зуба колеса, мм; l_1 – длина врезания, мм; l_2 – длина перебега, мм; S_o – подача фрезы за один оборот заготовки (осевая подача), мм/об.; n_ϕ – частота вращения фрезы, об./мин; q – число

заходов фрезы; Z – число нарезаемых зубьев; β – угол наклона зуба колеса, град.

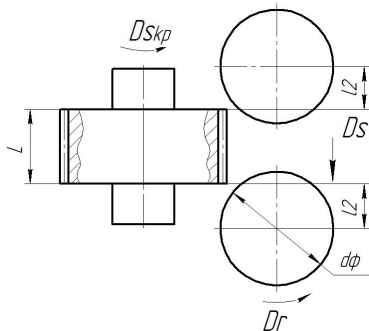


Рис. Д.16. Зубофрезерование червячными фрезами

а) для прямозубых колес:

$$l_1 = \sqrt{h(d_{\phi} - h)}, \quad l_2 = 3 \dots 5, \quad (\text{Д.32})$$

где d_{ϕ} – диаметр фрезы, мм; h – высота зуба, мм;

б) для косозубых колес:

$$l_1 = \frac{h(d_{\phi} - h)}{\cos(\beta \pm \lambda)}; \quad (\text{Д.33})$$

$$l_2 = 3m \cdot \operatorname{tg}(\beta \pm \lambda) \pm (3 \dots 5), \quad (\text{Д.34})$$

где λ – угол наклона стружечных канавок червячной фрезы, град.

Табличные значения для зубо- и шлиценарезания червячной фрезой: l_1 длину врезания и l_2 длину перебега – см. в табл. Д.6–Д.8.

17. Шевингование дисковым шевером (рис. Д.17)

Таблица Д.6

Суммарная величина врезания l_1 и перебега l_2 при фрезеровании шлицев червячными фрезами, мм

Глубина шлица	Диаметр фрезы											
	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100	110	120
1,5	12		13		14			15			16	
2,0	13		14		15			16		17	18	
3,0	15	16	16	17	17	18	18	19	20	20	21	22
4,0	17	17	18	19	19	20	20	21	22	23	24	25
5,0	18	19	20	20	21	22	22	23	24	25	26	27
6,0	19	20	21	22	23	23	24	25	26	27	28	29
7,0	20	21	22	23	24	25	26	26	27	29	30	31
8,0	21	22	23	24	25	26	27	28	28	30	32	33

Таблица Д.7

Длина врезания при зубофрезеровании червячными
фрезами косозубых колес

Нарезаемые колеса		№ хода	Значения l_1 (мм) при t (мм)										
β , град.	Z		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
			Диаметр фрезы d_ϕ (мм)										
			50	63	80	90	100	111	118	125	140	150	
До 15	20	1	11	18	24	30	35	40	44	48	55	60	
	40		11	20	26	32	40	45	50	54	62	70	
	90		12	21	28	35	43	49	56	60	70	80	
	100		12	22	30	37	48	55	63	70	80	91	
15–30	20		13	20	27	33	38	45	49	55	61	67	
	40		13	21	29	31	43	53	56	62	70	78	
	80		14	22	32	42	51	59	68	76	86	98	
30–45	20		15	24	33	42	49	56	62	69	77	85	
	40		20	29	37	50	59	68	76	84	103	110	
	80		23	35	57	69	73	88	93	112	129	141	
До 15	20		2	–	–	11	11	12	14	14	15	16	17
	80			–	–	12	12	13	16	16	17	18	20
15–30	20	–		–	12	13	14	15	16	18	19	19	
	80	–		–	16	17	19	21	22	25	26	28	
30–45	20	–		–	15	16	18	19	21	22	23	24	
	80	–		–	22	24	27	30	32	35	37	40	

Примечание. Значения l_1 приведены для разнонаправленных наклонов зубьев колеса и витков фрезы.

Таблица Д.8

Длина перебега l_2 при зубофрезеровании

Угол наклона зубьев колеса β , град.	Длина перебега l_2 (мм) при t (мм)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Диаметр фрезы d_ϕ (мм)									
	50	61	80	90	100	112	118	125	140	150
До 15	4	5	6	8	9	10	13	14	15	16
15–30	5	7	9	12	14	16	20	22	24	26
30–45	7	10	13	18	21	25	30	34	37	41

Суммарная величина врезания и перебега
при зубофрезеровании червячными фрезами прямозубых
цилиндрических зубчатых колес, мм

Модуль нареза- емого колеса m	Диаметр фрезы D	Врезание l_1 + перебег l_2 при обработке			Мо- дуль нареза- емого колеса m	Диаметр фрезы D	Врезание l_1 + перебег l_2 при обработке		
		в один проход	в два прохода				в один проход	в два прохода	
			Первый проход	Второй проход				Первый проход	Второй проход
1	63	15	—	—	3–3,5	112	32	28	14
	70	16	—	—	4–4,5	100	34	31	14
1,25–1,5	63	17	—	—		5	125	36	34
	80	21	—	—	112		42	35	15
1,75–2	70	21	—	—	6	140	49	38	16
	90	24	—	—		125	46	39	16
2,25–2,5	80	27	—	—	8	160	55	43	17
	100	29	—	—		140	50	48	18
3–3,5	90	29	24	13		180	66	55	20

Примечание

1. При зубофрезеровании прямозубых цилиндрических колес фрезами другого диаметра расчет величины врезания l_1 проводят по формуле $l_1 = \sqrt{a(D-d)}$; величину перебега принимают равной 3...5 мм.
2. При зубофрезеровании косозубых цилиндрических колес величина врезания $l_1 = \sqrt{K(D-d)}$, где K – коэффициент, принимаемый в зависимости от угла наклона зуба β ; при $\beta = 15^\circ$ $K = 1,25$; при $\beta = 30^\circ$ $K = 1,5$; при $\beta = 45^\circ$ $K = 2,1$.

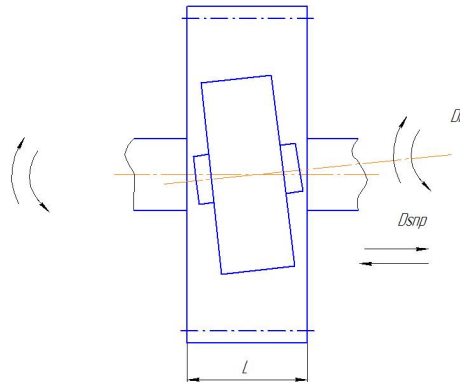


Рис. Д.17. Зубошевингование

$$t_o = \left[L \cdot \frac{Z_k}{n_{ш} \cdot S_{пр} \cdot Z_{ш}} \right] \cdot \left(\frac{a}{S_{вр}} \right) \cdot K, \quad (Д.35)$$

где L – длина хода стола станка, мм; $n_{ш}$ – частота вращения шевера, об./мин; $S_{пр}$ – подача в продольном направлении на один оборот колеса, мм/об.; $S_{вр}$ – подача врезания на один ход стола, мм/ход; $Z_{ш}$ – число зубьев шевера; Z_k – число зубьев колеса; a – припуск на шевингование на сторону по профилю зуба, мм; K – коэффициент, учитывающий дополнительное выхаживание ($K = 1,1 - 1,2$).

$$L = l + m, \quad (Д.36)$$

где l – длина зуба колеса, мм; m – модуль колеса, мм.

18. Шлифование зубьев

а) профильным кругом (рис. Д.18)

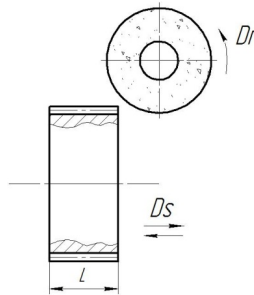


Рис. Д.18. Зубошлифование профильным кругом

$$t_o = (2L \cdot i \cdot \alpha \cdot Z) / (1000 \cdot v), \quad (Д.37)$$

где L – длина хода стола, мм; i – число рабочих ходов; α – коэффициент, учитывающий время деления ($\alpha = 1,3 \dots 1,5$); Z – число зубьев колеса; v – скорость продольной подачи, м/мин.

$$L = l + \sqrt{h(d_k - h)} + 10, \quad (Д.38)$$

где l – длина зуба колеса, мм; d_k – диаметр шлифовального круга, мм; h – высота зуба колеса, мм.

$$i = i_1 + i_2 + i_3, \quad (Д.39)$$

где i_1 – число черновых рабочих ходов; i_2 – число получистовых рабочих ходов; i_3 – число чистовых рабочих ходов.

$$i = a / (S_p \cdot K), \quad (Д.40)$$

где a – припуск на толщину зуба, мм; S_p – радиальная подача на двойной ход стола; K – коэффициент, учитывающий угол зубчатого зацепления ($K = 2,9$ при $\alpha = 20^\circ$, $K = 3,7$ при $\alpha = 15^\circ$).

б) двумя тарельчатыми кругами (рис. Д.19)

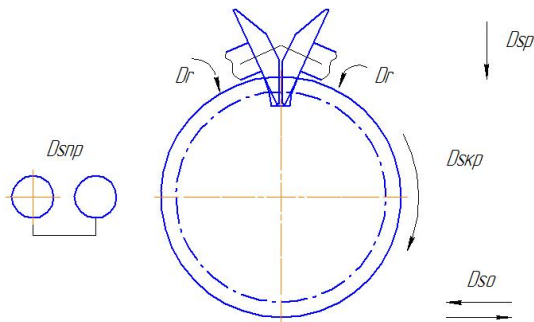


Рис. Д.19. Зубошлифование тарельчатыми кругами

$$t_o = \left[L \cdot \frac{i}{n \cdot S_{np}} + i \cdot \tau \right] \cdot Z, \quad (\text{Д.41})$$

где L – длина продольного (вдоль зуба) хода стола, мм; i – число рабочих ходов, рассчитывается по формуле (Д.39); n – число обкатов в минуту; S_{np} – продольная подача на один обкат, мм; τ – время на переключение и деление, мин; Z – число зубьев колеса.

$$L = l + 2 \cdot [\sqrt{h(d_k - h)} + 5], \quad (\text{Д.42})$$

где l – длина зуба колеса, мм; d_k – диаметр шлифовального круга, мм; h – высота зуба, мм;

в) червячным абразивным инструментом (рис. Д.20)

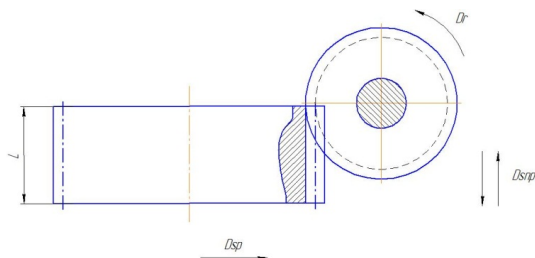


Рис. Д.20. Зубошлифование червячным кругом

$$t_o = \left[L \cdot \frac{i}{n \cdot S_o} \right] \cdot Z, \quad (\text{Д.43})$$

где L – длина рабочего хода, мм; i – число рабочих ходов; n – частота вращения инструмента, об./мин; S_0 – подача круга за один оборот, мм/об.; Z – число зубьев колеса.

$$L = l + l_1 + l_2, \text{ мм}, \quad (\text{Д.44})$$

где l_1 и l_2 – длины врезания и перебега в мм, рассчитываются по формулам (Д.32–Д.34).

19. *Обработка конических колес*

$$t_0 = (t_{01} \cdot Z \cdot i) / 60, \quad (\text{Д.45})$$

где t_{01} – основное время обработки, мин; Z – число нарезаемых зубьев; i – число проходов.

20. *Обработка осевым инструментом: сверление, зенкерование, развертывание* (рис. Д.21, Д.22)

Формулы для расчета (Д.1) см. в п. 1.

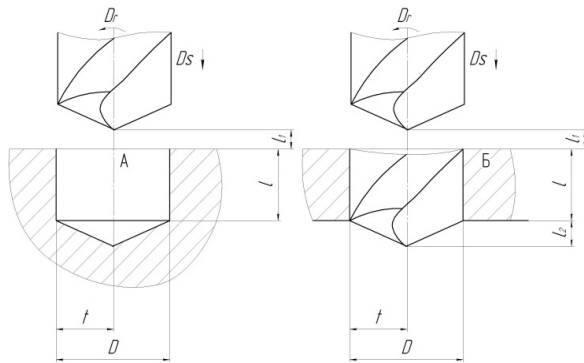


Рис. Д.21. Сверление глухого и сквозного отверстий

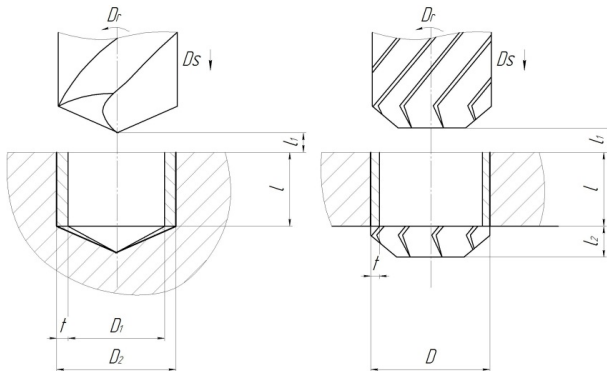


Рис. Д.22. Разверливание и зенкерование

Таблица Д.10

Суммарная величина врезания l_1 и перебега l_2 при работе сверлами, зенкерами и развертками (мм)

Вид работы		Диаметр инструмента D									
		3	5	10	15	20	25	30	40	50	60 и более
		Врезание l_1 + перебеги l_2									
Сверление на проход при заточке сверла	одинарной	1	2,5	5	6	8	10	12	15	18	23
	двойной	—	—	6	8	10	15	17	18	22	27
Сверление в упор		1,5	2	4	6	7	9	11	14	17	21
Рассверливание при глубине резания	5	—	—	—	4		5		6		
	10	—	—	—	—	7	8		9		
	15	—	—	—	—	—	11		12		
	20	—	—	—	—	—	—	14		15	
	30	—	—	—	—	—	—	—	—	18	
Зенкерование на проход при глубине резания	1	—	—	—	3			4		5	
	3	—	—	—	5			6		7	
	5	—	—	—	—	7		8		9	
	10	—	—	—	—	—	12	13	14	15	
Зенкерование в упор		—	—	—	2			3		4	
Развертывание цилиндрических отверстий	на проход	—	8	9	15	18	19		24	25	26
	в упор										
Центрование отверстий*		1–2	2	—	—	—	—	—	—	—	—

*При обработке в упор дана величина врезания l_1

21. Круглое наружное шлифование

а) врезное (рис. Д.23)

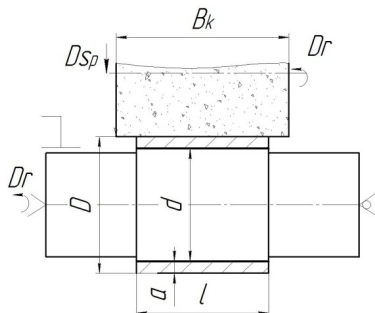


Рис. Д.23. Круглое наружное врезное шлифование

$$t_o = (L/n_d S_{\text{рад}})k; \quad (\text{Д.46})$$

$$L = a = (D - d)/2, \quad (\text{Д.47})$$

где L – длина поперечного хода инструмента, мм; n_d – частота вращения заготовки, об./мин; $S_{\text{рад}}$ – радиальная подача на один оборот заготовки, мм/об.; a – припуск на сторону, мм; k – коэффициент выхаживания: $k = 1,2 \dots 1,4$ – для предварительного шлифования; $k = 1,25 \dots 1,7$ – для окончательного шлифования;

б) бесцентровое (рис. Д.24)

Действительна формула (Д.46), где

$$n_d = n_{\text{в.к}} D_{\text{в.к}} / D, \quad (\text{Д.48})$$

где $D_{\text{в.к}}$ – диаметр ведущего круга, мм; $n_{\text{в.к}}$ – частота вращения ведущего круга, об./мин.

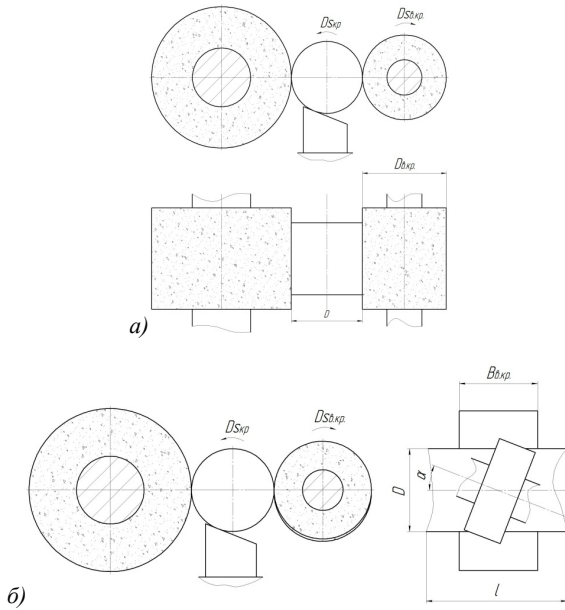


Рис. Д.24. Круглое наружное бесцентровое шлифование:
 a – врезное; b – на проход

Нормативы времени
Нормативы времени для массового производства

Таблица Е.1

Число контрольных измерений деталей на операции

Наименование операции	Точность измерения	Контролируемый размер, мм	Число контрольных измерений (в процентах от общего числа деталей) при способе достижения размеров обработки, обусловленном		
			конструктивными размерами инструмента	работой инструментом, установленным на размер	работой с пробным промером
Точение, растачивание, круглое шлифование, наружное и внутреннее	11...12 квалитет	50	20	25	60
		200	25	30	70
	Свыше 200	30	40	40	80
		50	40	50	100
6...8 квалитет	200	50	60	100	
	Свыше 200	—	—	—	
Бесцентровое шлифование	11...12 квалитет	100		1	
	6...8 квалитет			2	
Хонингование и суперфиниш				100	
Плоское шлифование	0,01 мм	200			100
	0,05 мм	50			80
		200			90
		Свыше 200			100
	0,1 мм	50			70
200				80	
Свыше 200	Свыше 200			90	
	0,2 мм	50			40
Плоское фрезерование	До 0,1 мм	200		10	
		Свыше 200		20	
		Свыше 200		30	
Сверление		10	1		
		25	2		
		50	3		
		Свыше 50	4		

Наименование операции	Точность измерения	Контролируемый размер, мм	Число контрольных измерений (в процентах от общего числа деталей) при способе достижения размеров обработки, обусловленном		
			конструктивными размерами инструмента	работой инструментом, установленным на размер	работой с пробным промером
Накатывание резьбы		10			1
		25			2
		50			3
Нарезание резьбы плашками, метчиками и головками		10	10		
		25	20		
		50	30		
		Свыше 50	40		
Фрезерование резьбы		100		20	
Шлифование резьбы		50		100	

Таблица Е.2

Вспомогательное время на установку и снятие детали вручную (мин) (патроны самоцентрирующие)

Содержание работы: взять деталь, установить и закрепить; открепить деталь, снять и отложить.

Способ установки и крепления детали	Масса детали (кг) до							
	0,25	0,5	1	3	5	8	12	20
В бесключевом патроне	0,05	0,06	0,06	0,08	0,1	0,13		
В самоцентрирующем патроне с креплением:								
– пневматическим зажимом	0,06	0,07	0,08	0,1	0,12	0,15	0,18	0,22
– ключом	–	0,15	0,17	0,23	0,27	0,3	0,4	0,5
Подвести и отвести центр задней бабки, закрепить и открепить пиноль рукояткой:								
– пневматически	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
– рычагом	–	–	–	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05
– маховичком	–	–	–	0,04	0,05	0,06	0,06	0,07

Таблица Е.3

Вспомогательное время на установку и снятие прутка
в цанговом патроне (мин)

Способ установки и крепления прутка	Диаметр прутка (мм) до					
	12	20	30	40	50	60
Взять пруток и вставить в трубу. Заправить пруток в патрон, ус- тановить в размер на подрезку, проверить регулировку зажима и закрепить:	0,2	0,24	0,3	0,44	0,6	0,9
– пневматическим зажимом	0,11	0,18	0,28	0,38	0,47	0,52
– рукояткой рычага	0,12	0,2	0,3	0,4	0,5	0,55
Разжать патрон для освобожде- ния остатка прутка:						
– пневматическим зажимом	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
– рукояткой рычага	0,025	0,028	0,031	0,036	0,04	0,045
Вынуть остаток прутка из пат- рона и отложить	0,015	0,018	0,021	0,025	0,03	0,035

Таблица Е.4

Вспомогательное время на установку детали в центрах
и снятие ее (вручную), мин

Содержание работы: взять деталь (оправку с деталями), устано-
вить в центрах, закрепить центром задней бабки; отвести центр зад-
ней бабки, снять деталь (оправку с деталями) и отложить.

Способ подвода центра задней бабки и крепления пиноли	Масса детали (оправки с деталями), кг						
	0,6	1	3	5	8	12	20
Рукояткой пневматического зажима	0,06	0,07	0,08	0,10	0,13	0,16	0,21
Отводной пружинной руко- яткой с креплением пиноли рукояткой	0,07	0,08	0,10	0,12	0,15	0,18	0,23
Закрывать, открыть, закрепить и открепить крышку люнета закрытого типа	–	–	–	0,087	0,099	0,111	0,124

Таблица Е.5

Вспомогательное время на установку и снятие одной детали (мин)

1. На магнитном столе

Содержание работы: взять деталь, установить; снять деталь, отложить, очистить плиту от стружки.

Количество одно- временно устанавливаемых деталей	Масса детали (кг) до							
	0,05	0,1	0,5	1	3	5	8	12
1				0,049	0,057	0,067	0,078	0,09
3				0,04	0,051			
5	0,017	0,019	0,023	0,028				
10	0,014	0,016	0,02					
15	0,011	0,013	0,016					
20 и более	0,01	0,012						

2. На опорный нож при бесцентровом шлифовании

Содержание работы: установить деталь на опорный нож при работе на проход или установить деталь на опорный нож, подвести и отвести круг, снять деталь с опорного ножа при работе врезанием.

Схема обработки деталей	Масса детали (кг) до							
	0,05	0,1	0,5	1	3	5	8	12
На проход			0,028	0,033	0,044	0,05		
До упора			0,049	0,058	0,078	0,091	0,101	0,114

Таблица Е.6

Вспомогательное время на установку и снятие детали (мин)
(различные приспособления)

Содержание работы: взять деталь, установить, закрепить; открепить деталь, снять, отложить.

Способ установки и крепления детали	Масса детали (кг) до							
	0,25	0,5	1	3	5	8	12	20
В цанговом патроне с креплением:								
– пневмозажимом	0,06	0,07	0,08	0,11	0,13	0,16	0,19	0,24
– рукояткой рычага	0,07	0,08	0,09	0,12	0,14	0,17	0,2	0,25
На гладкой оправке без крепления	0,06	0,08	0,08	0,12	0,15	0,20	–	–

Способ установки и крепления детали	Масса детали (кг) до							
	0,25	0,5	1	3	5	8	12	20
На гладкой оправке с креплением гайкой с быстросъемной шайбой	0,11	0,13	0,15	0,20	0,26	0,32	0,39	0,47
На резьбовой оправке	0,1	0,12	0,13	0,19	0,25	–	–	–
Установка детали по зубу долбяка, фрезы с подводом инструмента к детали	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06
Установка на оправке каждой последующей детали свыше одной	0,06	0,06	0,06	0,07	0,09	0,11	–	–
Установить и снять быстросъемную шайбу	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036
Установка в тисках с креплением:								
– пневмозажимом	0,06	0,07	0,07	0,08	0,10	0,11	0,14	0,17
– эксцентриковым зажимом	0,06	–	0,08	0,09	0,10	0,12	0,15	0,18
Установка в тисках каждой последующей детали свыше одной	0,03	–	0,04	0,05	0,06	–	–	–

Таблица Е.7

Вспомогательное время на установку детали вручную в специальных приспособлениях и на ее снятие (мин)

Установочные плоскости, элементы приспособления и его тип	Масса детали, кг							
	0,25	0,5	1	2	5	8	12	20
Установка на горизонтальную плоскость или призму в приспособлении								
– открытом – первая деталь	0,034	0,038	0,043	0,053	0,063	0,078	0,1	0,13
– то же – каждая последующая деталь	0,024	0,027	0,03	0,037	0,05	0,062	0,08	0,104
– закрытом	0,037	0,042	0,047	0,058	0,069	0,086	0,11	0,143
Установка на горизонтальную плоскость с упором или призму, расположенную вертикально в приспособлении								
– открытом – первая деталь	0,037	0,042	0,047	0,058	0,069	0,086	0,11	0,142
– то же – каждая последующая деталь	0,026	0,029	0,033	0,041	0,055	0,069	0,088	0,114
– закрытом	0,041	0,046	0,052	0,064	0,076	0,095	0,121	0,156

Установочные плоскости, элементы приспособления и его тип	Масса детали, кг							
	0,25	0,5	1	2	5	8	12	20
Установка на горизонтальную плоскость и палец гладкий или вертикальную плоскость с упором в приспособлении:								
– открытым – первая деталь	0,041	0,046	0,051	0,063	0,075	0,095	0,119	0,154
– то же – последующие	0,029	0,032	0,036	0,044	0,06	0,076	0,095	0,123
– закрытом	0,045	0,051	0,056	0,069	0,083	0,105	0,131	0,169
Установка в отверстие или гнездо в горизонтальной плоскости; на палец гладкий и вертикальную плоскость в приспособлении:								
– открытым – первая деталь	0,044	0,049	0,055	0,068	0,082	0,102	0,129	0,168
– то же – последующие	0,031	0,034	0,039	0,048	0,066	0,082	0,103	0,134
– закрытом	0,048	0,054	0,061	0,075	0,09	0,112	–	–
Установка на горизонтальную плоскость и два пальца или в отверстие и на вертикальную плоскость в приспособлении:								
– открытым – первая деталь	0,048	0,054	0,06	0,075	0,089	0,112	0,141	0,152
– то же – последующие	0,034	0,038	0,042	0,053	0,071	0,09	0,113	0,122
– закрытом	0,053	0,059	0,066	0,083	0,098	0,123	0,155	0,167
Установка на палец шлицевый в горизонтальной плоскости или на два пальца и вертикальную плоскость в приспособлении:								
– открытым – первая деталь	0,053	0,059	0,066	0,082	0,098	0,121	0,158	0,197
– то же – последующие	0,037	0,041	0,046	0,057	0,078	0,097	0,126	0,157
– закрытом	0,058	0,065	0,073	0,09	0,108	0,133	0,174	0,217
Установка по горизонтальному пазу или на палец шлицевый в вертикальной плоскости в приспособлении:								
– открытым – первая деталь	0,037	0,042	0,047	0,058	0,069	0,086	0,11	0,142
– то же – последующие	0,026	0,029	0,033	0,041	0,055	0,069	0,088	0,114
– закрытом	0,041	0,046	0,052	0,064	0,076	0,095	–	–
Установка на призму и палец горизонтально в открытом приспособлении:								
– первая деталь	0,045	0,051	0,056	0,069	0,083	0,105	0,131	0,169
– каждая последующая	0,032	0,036	0,039	0,048	0,066	0,084	0,105	0,135
Установка на призму и в паз горизонтально в открытом приспособлении:								
– первая деталь	0,041	0,046	0,052	0,064	0,076	0,095	0,121	0,156
– каждая последующая	0,029	0,032	0,036	0,045	0,061	0,076	0,101	0,125

Таблица Е.8

Вспомогательное время на закрепление и открепление детали
в специальных приспособлениях (мин)

Способ крепления	Количество зажимов	Масса детали (кг) до				
		1	5	12	20	свыше 20
Крепление в приспособлениях						
Рукояткой:						
– пневматического зажима и гидравлического	1	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024
– эксцентрикового зажима	1	0,03	0,034	0,036	–	–
– то же	2	–	0,054	0,061	0,065	0,082
Винтовым зажимом, маховичком, звездочкой	1	0,034	0,042	0,055	0,068	0,128
То же	2	0,06	0,076	0,097	0,12	0,196
Гаечным или винтовым зажимом с помощью гаечного ключа	1	0,094	0,11	0,135	0,16	0,2
То же	2	0,153	0,18	0,22	0,26	0,32
»	3	–	0,24	0,29	0,35	0,42
»	4	–	0,3	0,39	0,44	0,55
Гаечным зажимом с быстросъемной шайбой при помощи гаечного ключа	1	0,085	0,1	0,12	0,135	0,17
Рукояткой пневматического зажима и винтовым зажимом	2	0,052	0,06	0,071	0,083	0,137
Рукояткой эксцентрикового зажима и винтовым зажимом	2	0,058	0,068	0,082	0,095	0,154
Крепление откидной или скользящей планкой						
Рукояткой пневматического зажима	1	0,034	0,042	0,046	0,05	0,06
Рукояткой эксцентрикового зажима	1	0,04	0,052	0,058	0,064	0,079
Винтовым зажимом вручную	1	0,044	0,06	0,077	0,094	0,163
Винтовым или гаечным зажимом с помощью гаечного ключа	1	0,104	0,123	0,157	0,186	0,235
Рукояткой пневматического зажима и винтовым зажимом	2	0,062	0,078	0,093	0,109	0,172

Таблица Е.9

Вспомогательное время на приемы управления станками

Содержание приема управления	Время, мин
<i>Разные станки</i>	
Включить или выключить станок или его узлы:	
– кнопкой	0,01
– рычагом	0,02
Повернуть резцовую головку на следующую позицию	0,04
Повернуть револьверную головку на следующую позицию	0,015
Установить и снять инструмент в быстросъемном патроне:	
– при диаметре инструмента до 15 мм	0,035
– до 25 мм	0,04
– до 30 мм	0,06
– свыше 30 мм	0,08
Поставить и снять кондукторную втулку:	
– при внутреннем диаметре втулки до 20 мм	0,05
– при внутреннем диаметре втулки до 40 мм	0,06
– свыше 40 мм	0,07
Подвести инструмент при снятии одной фаски	0,016
То же, при снятии каждой последующей	0,01
Свести плашки резьбонарезной головки рычагом	0,02
Разжать бруски хонинговальной головки:	
– ручную	0,03
– гидравлической подачей	0,02
Сжать бруски хонинговальной головки:	
– ручную	0,025
– гидравлической подачей	0,015
Закрепить или открепить каретку	0,02
Повернуть стол с рабочей позиции на загрузочную	0,05
Подвести или отвести инструмент к детали при обработке:	
резец	0,025
револьверную головку	0,02
сверло, развертку, метчик, зенкер, плашки	0,01
фрезу к детали в вертикальном направлении	0,04
то же, в горизонтальном направлении	0,04

Содержание приема управления	Время, мин
деталь к фрезе в поперечном направлении	0,04
– то же, в продольном направлении	0,03
шлифовальный круг к детали до появления искры:	
– в вертикальном направлении	0,04
– в поперечном или продольном направлении	0,02
деталь к шлифовальному кругу подъемом стола до появления искры	0,04
Подвести или отвести инструмент к детали при обработке:	
хонинговальную головку	0,01
державку с брусками суперфинишной головки:	
– ручную	0,06
– с механической подачей	0,04
долбяк:	
– в вертикальном направлении	0,06
– в горизонтальном направлении	0,06
деталь к шеверу	0,04
шлифовальный круг для торцевого шлифования	0,025
<i>Зубострогальные станки</i>	
Включить или выключить движение ползунов и подачу:	
– кнопкой	0,01
– рычагом	0,02
Отвести деталь от резцов перемещением каретки	0,04
Закрепить или открепить каретку	0,02
<i>Болторезные станки</i>	
Включить или выключить вращение шпинделя	0,01
Включить или выключить продольную подачу	0,01
Переключить направление вращения шпинделя	0,01
Подвести и направить деталь в плашки	0,015
Отвести каретку в исходное положение на длину:	
– до 100 мм	0,015
– свыше 100 мм	0,025
<i>Протяжные станки для внутреннего и наружного протягивания</i>	
Включить движение ползуна (рабочий или холостой ход):	
– ножной педалью	0,015
– кнопкой	0,01

Содержание приема управления	Время, мин
– рычагом	0,02
Установить протяжку в зажимной патрон:	
– диаметр протяжки до 20 мм	0,06
– до 40 мм	0,08
– до 80 мм	0,11
Закрепить протяжку в зажимном патроне рукояткой	0,015
Открепить протяжку рукояткой патрона	0,015
Очистить протяжку от стружки:	
– диаметр протяжки до 40 мм	0,03
– до 80 мм	0,05
– свыше 80 мм	0,07
Подвести или отвести стол	0,04
<i>Зубошлифовальные станки</i>	
Включить или выключить вращение шлифовального круга	0,01
Включить или выключить подачу обкатки и возвратно-поступательное движение каретки	0,01
Включить счетчик продолжительности обкатки	0,01
Установить глубину шлифования и равномерность припуска для первого прохода	0,5
Подвести шлифовальный круг и установить на размер для последующего прохода	0,05
Отвести шлифовальный круг от детали	0,035
<i>Шлицшлифовальные станки</i>	
Включить станок	0,01
Включить или выключить вращение шлифовального круга	0,01
То же, движение стола	0,01
» вертикальную подачу круга	0,01
» подачу делительного механизма	0,01
Подвести шлифовальный круг к детали в вертикальном направлении и установить на размер до появления искры	0,04
Отвести шлифовальный круг от детали в вертикальном направлении	0,035
Переместить стол в продольном направлении (подвод или отвод):	
– на длину до 100 мм	0,035
– до 200 мм	0,05

Таблица Е.10

Вспомогательное время на приемы управления станком, связанные с перемещением рабочих органов станка (мин)

Тип станка	Содержание приема	Длина перемещения (мм) до					
		50	100	200	300	400	500
Токарно-центровой операционный и токарно-многорезцовый	Переместить каретку суппорта в продольном направлении:						
	наибольший диаметр обработки 400 мм	–	0,04	0,06	0,09	0,11	0,14
	то же, 600 мм	–	0,05	0,08	0,11	0,13	0,16
Расточный	Переместить шпиндель в исходное положение	0,03	0,05	0,09	0,12	0,15	0,18
Револьверный с вертикальной осью вращения	Переместить каретку суппорта в продольном направлении	–	0,05	0,08	0,09	–	–
	Переместить суппорт в поперечном направлении	0,05	0,08	–	–	–	–
	Переместить револьверную головку	–	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07
Сверлильный	Переместить шпиндель в вертикальном направлении	–	0,01	0,015	0,02	0,03	–
Горизонтально- и вертикально-фрезерный	Переместить стол в продольном или поперечном направлении при длине стола до:						
	750 мм	–	0,04	0,07	0,11	0,13	0,16
	1250 мм	–	0,05	0,09	0,14	0,16	0,19
	1800 мм	–	0,06	0,11	0,15	0,18	0,21
Зубофрезерный	Переместить фрезерную головку в горизонтальном направлении:						
	наибольший модуль 12 мм	0,1	0,19	0,36	–	–	–
	свыше 12 мм	0,15	0,28	0,52	–	–	–
	Переместить фрезерную головку в вертикальном направлении:						
	наибольший модуль до 12 мм	0,1	0,18	0,34	–	–	–
	свыше 12 мм	0,15	0,27	0,5	–	–	–
Шлицефрезерный	Переместить фрезерную головку в продольном направлении	–	0,06	0,1	0,14	0,18	0,26

Таблица Е.11

Вспомогательное время на измерение калибр-пробками

Измерительный инструмент	Точность измерения, квалитет	Измеряемый размер (мм) А _о	Время, мин
Калибр-пробка гладкая двусторонняя (полный промер)	7	10...25	0,11
		50	0,13
		75	0,15
	8, 9, 10	25	0,09
		50	0,11
		75	0,12
	11, 12, 13	25	0,06
		50	0,07
		75	0,08
Калибр-пробка плоская	7	75	0,22
		100	0,24
		125	0,25
	8, 9, 10	75	0,17
		100	0,19
		125	0,2
	11, 12, 13	75	0,096
		100	0,11
		125	0,12
Калибр-пробка шлицевая	7	25	0,1
		50	0,14
		75	0,16
	8, 9, 10	25	0,09
		50	0,12
		75	0,14
Калибр-вкладыш шлицевый		25	0,05
		50	0,06
		75	0,07

Таблица Е.12

Вспомогательное время на измерение шлицевыми калибр-кольцами (мин)

Измерительный инструмент	Точность измерения, квалитет	Измеряемый размер (мм) до	Измеряемая длина (мм) до			
			50	100	200	300
Калибр-кольцо шлицевое	7	25	0,15	0,18	0,21	0,23
		50	0,2	0,23	0,27	0,34
		75	0,23	0,27	—	—
	8, 9, 10	25	0,13	0,14	0,16	0,18
		50	0,17	0,2	0,23	0,24
		75	0,2	0,23	—	—

Таблица Е.13

Вспомогательное время на измерение скобами (мин)

Измерительный инструмент	Точность измерения	Измеряемый размер (мм) до	Длина измеряемой поверхности (мм) A_0		
			50	100	250
<i>Квалитет</i>					
Скоба двусторонняя предельная (полный промер)	6, 7	50	0,09	0,11	0,15
		100	0,11	0,13	0,18
	8, 9	50	0,07	0,09	0,13
		100	0,09	0,11	0,15
Скоба односторонняя предельная	6, 7	50	0,07	0,08	0,1
		100	0,08	0,1	0,14
	8, 9	50	0,06	0,07	0,1
100		0,07	0,09	0,13	
	10...12	50	0,03	0,04	0,06
		100	0,04	0,05	0,07
<i>Степень точности</i>					
Скоба резьбовая	6, 7	50	0,08	0,09	0,12
		100	0,09	0,11	0,15
	8, 9	50	0,07	0,08	0,11
100		0,08	0,1	0,14	
	10	50	0,03	0,04	0,07
		100	0,04	0,06	0,08
Скоба индикаторная	0,01 мм	50	0,07	0,08	0,12
		100	0,09	0,11	0,14
		200	0,12	0,13	0,17

Таблица Е.14

Вспомогательное время на измерение резьб с точностью 6...8g и 6...7H пробками и кольцами резьбовыми в массовом производстве (мин)

Измеряемый размер (мм) до		Длина измеряемой резьбы (мм) до									
		D	S	5	10	15	20	30	40	50	60
<i>Измерение резьбовой пробкой</i>											
10	0,5	0,21	0,39	0,54	0,72						
	1	0,12	0,21	0,3	0,39	0,54					
	1,5	0,08	0,15	0,21	0,27	0,39					

Измеряемый размер (мм) до		Длина измеряемой резьбы (мм) до								
D	S	5	10	15	20	30	40	50	60	80
20	1	0,13	0,22	0,31	0,4	0,59				
	1,5	0,09	0,16	0,22	0,29	0,41	0,54	0,63		
	2	0,08	0,13	0,17	0,22	0,31	0,41	0,5		
	2,5	0,07	0,1	0,14	0,19	0,26	0,33	0,4		
40	1	0,14	0,24	0,34	0,44	0,63	0,81	1,04		
	1,5	0,11	0,18	0,24	0,31	0,44	0,59	0,72		
	2	0,09	0,14	0,19	0,24	0,34	0,44	0,54		
	2,5	0,08	0,13	0,16	0,2	0,28	0,36	0,44		
	3	–	0,11	0,14	0,18	0,24	0,31	0,38		
60	1	0,15	0,27	0,38	0,5	0,72	0,9	1,13		
	1,5	0,12	0,2	0,27	0,35	0,5	0,63	0,72	0,9	
	2	0,1	0,15	0,22	0,27	0,38	0,5	0,59	0,72	
	3	–	0,12	0,15	0,19	0,27	0,35	0,4	0,5	
<i>Измерение резьбовым кольцом</i>										
10	0,5	0,15	0,28	0,41	0,54					
	1	0,09	0,15	0,22	0,28	0,41	0,54	0,68		
	1,5	0,06	0,1	0,15	0,2	0,28	0,38	0,54		
20	1	0,09	0,16	0,23	0,3	0,45	0,59	0,72		
	1,5	0,07	0,12	0,16	0,21	0,3	0,39	0,48	0,59	
	2	0,05	0,1	0,13	0,16	0,23	0,3	0,37	0,45	0,59
	2,5	0,04	0,07	0,1	0,13	0,19	0,26	0,3	0,36	0,45
40	1	0,1	0,18	0,25	0,32	0,5	0,63	0,77		
	1,5	0,07	0,13	0,18	0,23	0,32	0,44	0,54	0,63	
	2	0,07	0,1	0,13	0,18	0,25	0,32	0,41	0,5	0,63
	2,5	0,05	0,09	0,12	0,15	0,21	0,27	0,32	0,39	0,5
	3	–	0,07	0,1	0,13	0,18	0,23	0,27	0,32	0,43
60	1	0,11	0,2	0,30	0,38	0,54	0,72	0,9		
	1,5	0,08	0,15	0,2	0,26	0,38	0,5	0,59	0,72	
	2	0,07	0,13	0,16	0,22	0,29	0,38	0,45	0,59	0,72
	3	–	0,08	0,12	0,15	0,2	0,26	0,32	0,38	0,5

Примечание. При измерении резьб более высокой степени точности время по таблице применять с коэффициентом 1,2.

Таблица Е.15

Вспомогательное время на измерение шаблонами (мин)

Измерительный инструмент	Точность измерения, мм	Измеряемый размер (мм) до				
		100	300	500	750	1000
Шаблон линейный односторонний	0,2...0,5	0,04	0,06	0,07	0,08	0,09
	До 0,2	0,07	0,09	0,11	0,13	0,14
Шаблон линейный двусторонний	0,2...0,5	0,06	0,07	0,09	0,1	0,11
	До 0,2	0,08	0,11	0,14	0,15	0,17
Шаблон фасонный простого профиля	0,15...0,25	0,07	0,08	0,1		
	До 0,15	0,09	0,12	0,15		
Шаблон фасонный сложного профиля	0,15...0,25	0,09	0,11	0,13		
	До 0,15	0,17	0,21	0,22		

Таблица Е.16

Вспомогательное время на проверку биения или эллиптичности индикатором часового типа

Контролируемый размер (мм) до	Время, мин
50	0,05
100	0,055
200	0,061
300	0,065
400	0,068

Таблица Е.17

Вспомогательное время на контрольные промеры универсальным инструментом с установкой его на размер в процессе измерения (мин)

Измерительный инструмент	Точность измерения	Измеряемый размер (мм) до	Измеряемая длина (мм) до				
			50	100	200	300	500
Штангенглубиномер	0,02...0,05 мм		0,16	0,18	0,2	0,22	0,24
Штангенциркуль	До 0,1 мм	50	0,12	0,15	0,18	0,2	0,24
		100	0,13	0,16	0,19	0,22	0,24
		200	0,16	0,17	0,21	0,23	0,25
		400	0,22				

Измерительный инструмент	Точность измерения	Измеряемый размер (мм) до	Измеряемая длина (мм) до				
			50	100	200	300	500
Микрометр	6...7 квалитет	100	0,22	0,22	0,23	0,28	0,33
		200	0,27	0,27	0,28	0,29	0,33
Нутромер индикаторный	6...7 квалитет	50	0,17	0,2	0,23	0,26	–
		100	0,19	0,22	0,24	0,27	–
		200	0,22	0,26	0,27	0,29	–
Угломер универсальный	Свыше 5' До 5'		0,2	0,23	0,24	0,27	0,33
			0,23	0,26	0,35	0,36	0,38

Таблица Е.18

Техническое обслуживание рабочего места.
Время на смену режущего инструмента $t_{см}$ (мин)

Режущий инструмент	Способ закрепления инструмента на станке	Точность установки (мм)	Размер инструмента – диаметр или квадрат (мм) до			
			Ø 29 10×10	Ø 30 15×15	Ø 50 25×25	Ø >50 >25×25
<i>Токарно-операционные, многорезцовые, токарные автоматы, расточные и револьверные</i>						
Резцы проходные, подрезные расточные	В резцедержатель суппорта	–	1	1,3	1,5	1,7
		Свыше 0,2	1,7	2	2,5	3
		До 0,2	2,5	3,3	4	5,8
	В гнездо головки	–	2	2,5	–	–
Резцы отрезные, канавочные, фасонные	В резцедержатель суппорта	–	0,8	1,1	1,2	1,3
		Свыше 0,2	1,3	1,5	2	2
		До 0,2	1,7	2	2,3	2,3
	В гнездо головки		1,2	1,5		
Резцы фасонные	В резцедержатель суппорта	–	1,5	2	2,5	3
		Свыше 0,2	2	3	4	5
		До 0,2	3,5	5	6	7
	В гнездо головки	–	2,5	3,5		
Сверла, зенкеры, развертки, метчики		–	0,4	0,5	0,6	0,7

Режущий инструмент	Способ закрепления инструмента на станке	Точность установки (мм)	Размер инструмента – диаметр или квадрат (мм) до			
			∅ 29 10×10	∅ 30 15×15	∅ 50 25×25	∅ >50 >25×25
<i>Сверлильные одношпиндельные, многошпиндельные полуавтоматы и автоматы</i>						
Сверла, зенкеры, развертки, зенковки, метчики	В конус шпинделя	–	0,3	0,35	0,4	0,5
	В конус шпинделя с переходной втулкой	–	0,5	0,55	0,6	0,65
	В кулачковый патрон	–	0,5	0,6		
Комбинированные сверла, зенкеры, развертки					0,8	1

Таблица Е.19

Техническое обслуживание рабочего места. Время на смену режущего инструмента на фрезерных одношпиндельных, многошпиндельных автоматах $t_{см}$ (мин)

Фрезы	Количество фрез в наладке	Диаметр фрезы (мм) до							
		50	80	100	160	200	320	400	500
Торцевые	1	1,5	1,9	2,2	2,8	3,1	4	4,5	5
	2	2,5	3,2	3,7	4,8	5,3	6,8	7,6	8,5
	3	3,5	4,5	5,2	6,7	7,5	9,6	10,7	12
	4	4,5	5,8	6,7	8,6	9,7	12,4	13,8	15,5
Концевые	1	1,8	2						
	2	2,7	3						
Набор фрез с оправкой	–	3	3	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	–
Цилиндрические	1	2	2,8	3,6	4,4	5,2			
	2	2,5	3,3	4,1	4,9				
	3	3	3,8	4,6	5,4				
	4	3,5	4,3	5,1	5,9				

Фрезы	Количество фрез в наладке	Диаметр фрезы (мм) до							
		50	80	100	160	200	320	400	500
Дисковые пазовые отрезные	1	2	3	4	5	6	7		
	2	2,6	3,6	4,6	5,6	6,6	7,6		
	4	3,8	4,8	5,8	6,8	7,8	8,8		
	6	5	6	7	8	9	10		

Таблица Е.20

Техническое обслуживание рабочего места при шлифовании.
Время на одну правку шлифовального круга t_n (мин)

Правка	Правящий инструмент	Поверхность правки	Ширина круга или радиус	Шероховатость поверхности Ra (мкм) до	
				0,63	0,32
<i>Круглошлифовальные станки</i>					
С установкой правящего инструмента на станке	Алмаз, алмазно-металлический карандаш, твердосплавные диски и ролики	Периферия круга	40	1,8	2
			60	2	2,3
			80	2,3	2,6
		Торец	До 10	1,5	1,6
	Шлифовальный круг, гофрированные шарошки	Периферия круга	40	1,6	1,9
			60	1,8	2,2
			80	2,1	2,5
		Торец	До 10	1,3	1,5
Без установки правящего инструмента на станке	Алмаз, алмазно-металлический карандаш, твердосплавные диски и ролики	Периферия круга	40	1,4	1,6
			60	1,6	1,9
			80	1,8	2,2
		Торец	До 10	1,1	1,2
<i>Внутришлифовальные станки (диаметр круга до 150 мм)</i>					
Без установки правящего инструмента на станке	Алмаз, алмазно-металлический карандаш	Периферия круга	До 20	0,9	1
			30	1	1,1
			40	1,1	1,2
			60	1,2	1,3
	Твердосплавные диски и ролики	Периферия круга	До 20	1,2	1,3
			30	1,4	1,5
			40	1,5	1,7
			60	1,8	2,1

Правка	Правящий инструмент	Поверхность правки	Ширина круга или радиус	Шероховатость поверхности Ra (мкм) до		
				0,63	0,32	
<i>Плоскошлифовальные станки, работающие периферией круга</i>						
С установкой правящего инструмента на станке	Алмаз, алмазнометаллический карандаш, твердосплавные ролики, шлифовальный круг, шарошка	Периферия круга	До 20	1,2	1,4	
			40	1,4	1,6	
			60	1,7	1,9	
		Торец	До 10	1,3	1,4	
			Свыше 10	1,1	1,2	
<i>Бесцентровошлифовальные станки</i>						
С установкой правящего инструмента на станке	Алмаз, алмазнометаллический карандаш	Периферия круга	60	1,9	2,2	
			100	2,6	3	
			150	2,9	4	
			200	4,2	4,8	
	Твердосплавные ролики	Периферия круга	60	1,6	1,9	
			100	2,1	2,6	
			150	2,7	3,3	
			200	3,3	4	
	Металлические диски, шарошки	Металлические диски, шарошки	Периферия круга	60	1,4	–
				100	1,8	–
150				2,3	–	
200				2,8	–	

Таблица Е.21

Затраты времени на техническое обслуживание рабочего места в процентах от основного времени

Наименование станков	$P_{\text{тех}}$ (%)
Плоскошлифовальные станки, работающие торцом круга:	
а) черновое шлифование поверхностей шириной:	
– до 100 мм	3
– до 200 мм	4
– до 300 мм	5
б) чистовое шлифование поверхностей шириной:	
– до 200 мм	2
– до 300 мм	3
Хонинговальные	4

Наименование станков	$P_{\text{тех}}$ (%)
Станки для суперфиниша	4
Зубошлифовальные	6
Шлицешлифовальные	6,5
Зубофрезерные	2,5
Зубодолбежные	2,5
Зубошевинговальные	2
Зубозакругляющие	2
Зубострогальные для прямозубых конических колес	2,5
Зубострогальные для конических колес с криволинейным зубом	2
Резьбофрезерные	2
Гайконарезные	2
Резьбонакатные полуавтоматы	2
Болтонарезные	2
Протяжные для внутреннего протягивания	2
Протяжные для наружного протягивания	2
Центровальные	5,5

Таблица Е.22

Затраты времени на организационное обслуживание рабочего места $t_{\text{орг}}$ в процентах P от оперативного времени $t_{\text{оп}}$

Станки	Размерные характеристики станков, мм	Основные размеры или модели станков	Условия работы	
			с охлаждением	без охлаждения
Токарно-центровые операционные	Наибольший диаметр изделия над станиной	300	1,3	1
		400	1,5	1,2
		600	1,7	1,4
Токарные многорезцовые		–	1,7	1,4
Токарные многошпиндельные полуавтоматы			2,4	2,1
			3,1	2,9
Резьботокарные полуавтоматы для коротких резьб			1,3	1
Револьверные			1,3	1
Расточные			1,7	1,4

Станки	Размерные характеристики станков, мм	Основные размеры или модели станков	Условия работы	
			с охлаждением	без охлаждения
Вертикально-сверлильные			1	0,8
Вертикально-сверлильные многошпиндельные			2,4	2,1
Горизонтально- и вертикально-фрезерные			1,4	1,2
Фрезерные полуавтоматы карусельного типа	Диаметр стола до	1000	2,4	2,1
		2000	3,0	2,8
Фрезерные полуавтоматы барабанного типа			2,4	2,1
Шлицефрезерные			2,1	1,7
Шпоночно-фрезерные вертикальные			1,4	1,2
Круглошлифовальные			1,7	1,3
Внутришлифовальные		–	2	1,7
Плоскошлифовальные с круглым столом	Диаметр стола до	900	1,8	1,5
		1000	2	1,8
Плоскошлифовальные с прямоугольным столом	Габариты стола до	1000	1,8	1,5
		2000	2	1,8
Бесцентровошлифовальные			2,2	–
Хонинговальные			2,0	–
Станки для суперфиниша			2	–
Зубошлифовальные			1,8	1,5
Шлицешлифовальные			1,8	–
Зубофрезерные			1,8	1,4
Зубодолбежные, работающие круглыми долбьями и режущей рейкой			1,8	1,4
Зубошевинговальные			1,6	–
Зубозакругляющие			1,6	–
Зубострогальные			1,8	–
Зуборезные для конических колес с криволинейным зубом			1,3	–
Резьбофрезерные			1,3	1

Станки	Размерные ха- рактеристики станков, мм	Основные раз- меры или мо- дели станков	Условия работы	
			с охлаж- дением	без ох- лаждения
Протяжные станки для внутреннего про- тягивания			1,5	–
Протяжные станки для наружного протя- гивания			2,0	–
Центровальные			–	1,0

Таблица Е.23

Затраты времени на перерывы, отдых и личные надобности
 $t_{отд}$ при установке деталей вручную в процентах $P_{от}$
от оперативного времени $t_{оп}$

Масса дета- ли (кг) до	Процент основно- го времени t_o от $t_{оп}$	$t_{оп}$ (мин) до						
		0,1	0,2	0,5	1	3	5	Свыше 5
При работе с ручной подачей								
1	20	8	7	7	6	6	–	–
	40	8	7	7	7	7	–	–
	80	8	8	8	8	8	–	–
5	20	–	8	7	6	6		
	40	–	8	7	7	7	–	–
	80	–	8	8	9	9	–	–
10	20	–	–	8	6	6	–	–
	40	–	–	8	7	7	–	–
	80	–	–	8	9	9	–	–
20	20	–	–	9	8	8	–	–
	40	–	–	9	9	9	–	–
	80	–	–	9	10	10	–	
При работе с механической подачей								
1	40			7	6	6	5	–
	80	–	–	7	6	5	5	–
5	40	–	–	7	6	6	6	–
	80	–	–	7	6	6	5	–
10	40	–	–	8	6	6	6	5
	80	–	–	7	6	6	5	5
20	40	–	–	–	8	8	7	5
	80	–	–	–	7	7	6	5

Примечание. При установке деталей массой свыше 20 кг подъемником во всех случаях принимается 5 % от $t_{оп}$.

Нормативы времени для серийного производства

Таблица Е.24

Нормативы времени на обслуживание рабочего места,
отдых и естественные надобности

Наименование станка	$P_{об\ отд}$ (%)
Токарные:	
– высота центров до 125 мм	6
– до 200 мм	6,5
– до 300 мм	7
Вертикально- и радиально-сверлильные (работа с механической подачей):	
– наибольший диаметр сверления до 12 мм	5,5
– до 50 мм	6
– до 75 мм	6,5
Горизонтально-, вертикально- и универсально-фрезерные (работа с механической подачей):	
– длина стола станка до 750 мм	6...8
– до 1800 мм	7...9
– до 2500 мм	7,5...9,5
Резьбофрезерные:	
– высота центров до 150 мм	7,2
– до 200 мм	8
– до 300 мм	8,8
Зубофрезерные	8
Шлицефрезерные	7,6
Зубодолбежные	7,7
Шевинговальные	7,2
Зубострогальные	8
Зубострогальные для конических колес с криволинейными зубьями	8
Зубозакругляющие	8
Горизонтально- и вертикально-протяжные	7...8
Шлицешлифовальные	12
Хонинговальные	10
Суперфинишные	10

Примечание. При фрезеровании меньшие значения суммарного процента $P_{об\ отд}$ брать для фрез из быстрорежущей стали, большие – для фрез, оснащенных пластинками из твердых сплавов.

Таблица Е.25

Нормативы времени на отдых и естественные надобности

Наименование станка	$P_{отд}$ (%)	Наименование станка	$P_{отд}$ (%)
Круглошлифовальные:		Внутришлифовальные:	
– точность шлифования 5 квалитет	6	– точность шлифования 6 квалитет	6
– то же, 6 квалитет	5	– то же, 7 квалитет	5
– » 7 квалитет	4	– » 8 квалитет	4
Бесцентровые круглошли- фовальные:		Плоскошлифовальные	4
– масса шлифуемой детали до 0,5 кг	5	Зубошлифовальные	4
– то же, до 1 кг	0		
– » свыше 1 кг	7		

Таблица Е.26

Нормативы подготовительно-заключительного времени
при работе на токарных станках (мин)

Способ установки детали или наименование приемов	Количество режущих инс- трументов	Высота центров станка		
		125	200	300
<i>На наладку станка, инструмента и приспособлений</i>				
В центрах	2	6	7	8
	4	8	9	10
	6	10	12	14
В патроне самоцентрирующем, цанговом или пневматическом	2	7	8	12
	4	9	10	14
	6	11	12	16
В патроне самоцентрирующем с поджатием центром задней бабки	2	9	10	13
	4	11	12	15
	6	12	13	17
На планшайбе с угольником или в центрирующем приспособлении	2	11	12	16
	4	12	14	19
	6	16	18	22
На шпиндельной оправке (кон- цевой конусной, разжимной или резьбовой)	2	6	7	11
	4	8	9	13
	6	10	11	15

Способ установки детали или наименование приемов	Количество режущих инструментов	Высота центров станка		
		125	200	300
<i>На дополнительные приемы</i>				
Установка упора		1	1,5	2
Установка копира		4	4	5
Установка резца на многорезцовой державке на сопряженный размер		2	2	3
Установка люнета с регулировкой		2	2,7	3,8
Поворот суппорта на угол для обточки конуса		1	1	1
Смещение задней бабки для обточки конуса		2	2,5	3
Установка подачи по ходовому винту для нарезания резьбы:				
– рычагом коробки передач		1	1	1
– перестановкой зубчатых колес гитары		3	3	4
Получение инструмента и приспособлений до начала и сдача после окончания обработки			7...10	

Таблица Е.27

Нормативы подготовительно-заключительного времени при работе на радиально- и вертикально-сверлильных станках (мин)

Способ крепления детали и наименование дополнительных приемов	Количество режущих инструментов	Наибольший диаметр сверления, допускаемый станком (мм)		
		12	50	75
<i>На наладку станка и установку приспособлений</i>				
На столе без крепления	1...5	3	4	5
	6...10	–	5	6
	Свыше 10	–	7	8
На столе с креплением двумя болтами с планками	1...5	4	5	6
	6...10	–	7	8
	Свыше 10	–	8	10
В приспособлении или тисках при установке вручную и без их крепления	1...5	5	6	7
	6...10	–	7	8
	Свыше 10	–	9	10
В приспособлении или тисках при установке вручную с креплением приспособления четырьмя болтами	1...5	–	9	10
	6...10	–	10	11
	Свыше 10	–	13	13

Способ крепления детали и наименование дополнительных приемов	Количество режущих инструментов	Наибольший диаметр сверления, допускаемый станком (мм)		
		12	50	75
Сбоку стола или на весу с креплением болтами с планками	1...5	–	13	20
	6...10	–	15	22
	Свыше 10	–	17	24
<i>На дополнительные приемы</i>				
Установка дополнительного стола		–	3	
Поворот стола на угол		–	2	
Установка многошпиндельной головки		–	20	
Установка одного упора. Установка каждого дополнительного болта		1	1	0,6
На получение инструмента и приспособлений до начала и сдачу после окончания обработки	1...5	5	5	5
	6...10	7	7	7

Таблица Е.28

Нормативы подготовительно-заключительного времени при работе на горизонтально- и вертикально-фрезерных станках (мин)

Способ установки деталей и наименование дополнительных приемов	Длина стола станка (мм) до			
	750	1250	1800	2500
<i>На наладку станка и установку приспособлений</i>				
На столе с креплением болтами и планками	12	14	16	18
В тисках или патроне с креплением их четырьмя болтами	14	16	18	20
В центрах или в патроне с делительной головкой: в делительном приспособлении с креплением его четырьмя болтами	17	19	21	23
В специальном приспособлении, устанавливаемом вручную и закрепляемом четырьмя болтами	14	16	18	20
<i>На установку фрез</i>				
Установка фрез:				
– 1–2 шт.	2	2	2	2
– 3–4 шт.	4	4	4	4
– 5–6 шт.	6	6	6	6

Способ установки деталей и наименование дополнительных приемов	Длина стола станка (мм) до			
	750	1250	1800	2500
<i>На дополнительные приемы</i>				
Установка двух стоек, придерживающих хобот	2	2	2	2
Установка шестерен для нарезки спиралей	3	4	4	5
Установка круглого стола	6	7	7	8
Установка копира	7	8	9	10
Поворот шпиндельной бабки на угол	2	2	2	3
Поворот стола на угол	1	1	1	2
Установка упора	2	3	3	4
Установка домкрата или распорки	2	2	2	3
Получение инструмента и приспособлений до начала и сдача их после обработки партии деталей	7	7	10	10

Таблица Е.29

**Нормативы подготовительно-заключительного времени
на зубо- и шлицеобрабатывающих станках (мин)**

Способ установки детали и наименование дополнительных приемов	Наибольший модуль, нарезаемый на станке (мм), до	
	6	12
<i>Зубофрезерные станки</i>		
На наладку станка, инструмента и приспособлений		
На оправке или переходной втулке с креплением в конусе стола гайкой	15	19
В центрах	21	26
Установка детали на оправке с подставкой и на подставках	40	40
На дополнительные приемы		
Настройка станка на нарезание зубчатых колес с наклонным зубом на станках:		
– с дифференциалом	4	5
– без дифференциала	3	3,5
Настройка станка на нарезание зубчатых колес червячной фрезой методом протягивания или поперечной подачи	3	3,6
Смена оправки фрезы	2	3
Смена фрезерной головки	6	10

Способ установки детали и наименование дополнительных приемов	Наибольший модуль, нарезаемый на станке (мм), до	
	6	12
<i>Шлицефрезерные станки</i>		
Способ установки детали и наименование дополнительных приемов	Время, мин	
На наладку станка, инструмента и приспособлений		
В центрах или цанговом патроне с центром	20	
На дополнительные приемы		
Установка и снятие люнета	4	
Смена оправки фрезы	4	
<i>Шевинговальные станки</i>		
На наладку станка, инструмента и приспособлений		
В центрах на оправке	13	
На дополнительные приемы		
Смена шевера	2,5	
Поворот бабки на угол	2	
<i>Зубодолбежные станки</i>		
Способ установки детали и наименование дополнительных приемов	Наибольший модуль, нарезаемый на станке (мм), до	
	6	8
На наладку станка, инструмента и приспособлений		
На оправке	18	22
В приспособлении	20	25
На дополнительные приемы		
Смена направляющих букс	5	6
Смена копира	4	5
Регулировка длины хода долбяка	6	8
<i>Зубострогальные станки</i>		
Способ установки детали	Наибольший модуль, нарезаемый на станке (мм), до	
	6	12
На оправке или в цанговом патроне:		
– с регулировкой резцовых головок	22	30

– с установкой мерных прокладок для резцов	20	28
Способ установки детали	Наибольший модуль, нарезаемый на станке (мм), до	
	6	12
<i>Зубофрезерные станки для конических колес с криволинейными зубьями</i>		
Способ установки детали	Время, мин	
На оправке или в цанговом патроне	30	
<i>Зубозакругляющие станки</i>		
На наладку станка, инструмента и приспособлений		
На оправке	12,5	
В центрах	11	
На дополнительные приемы		
Смена номерного кулачка	4	

Таблица Е.30

Нормативы подготовительно-заключительного времени на вертикально- и горизонтально-протяжные станки (мин)

Содержание работы	Масса детали (кг) до				
	3	10	25	80	Свыше 80
На весь комплекс работ, связанных с подготовительно-заключительным временем	9	11	14	19	24

Таблица Е.31

Нормативы подготовительно-заключительного времени при работе на шлифовальных станках (мин)

Круглошлифовальные станки		
Способ установки деталей	Высота центров станка (мм) до	
	150	200
В центрах, в центрах на оправке	7	8
В самоцентрирующем патроне	10	11

В самоцентрирующем патроне и люнете	12	14	
В четырехкулачковом патроне и люнете	14	16	
Внутришлифовальные станки			
Способ установки деталей	Наибольший диаметр шлифуемого отверстия (мм) до		
	130	260	500
В самоцентрирующем или цанговом патроне	7	9	11
В четырехкулачковом патроне	15	17	19
В специальном приспособлении для зубчатых колес	16	19	23
В специальном приспособлении:			
– устанавливаемом вручную	8	10	12
– то же, подъемником	–	13	15
Бесцентровые шлифовальные			
Способ установки детали	Метод шлифования	Допуск на обработку (мм)	
		до 0,03	свыше 0,03
На направляющем ноже	Шлифование на проход:		
	– со сменой направляющего ножа	17	15
	– без смены направляющего ножа	11	9
	Шлифование врезанием с продольным упором:		
	– со сменой направляющего ножа	20	18
	– без смены направляющего ножа	13	11
	Дополнительное время на каждый проход свыше одного	7	7

Плоскошлифовальные станки		
Способ установки детали	Наибольшая длина рабочей поверхности стола или диаметр стола (мм) до	
	1000	2000
Плоскошлифовальные станки с прямоугольным столом		
На магнитном столе	3	4
На столе станка с креплением болтами и планками	6	7
Плоскошлифовальные станки с круглым столом		
На магнитном столе	4	5
В приспособлении или в самоцентрирующем патроне, устанавливаемом на магнитном столе без крепления	6	7
В специальном приспособлении, установленном на столе станка с креплением болтами и планками	7,5	9
Дополнительное время на установку и снятие магнитной плиты	3,5	5

Таблица Е.32

Нормативы подготовительно-заключительного времени

Условия обработки и установки детали	Время, мин
Зубошлифовальные станки	
Обрабатываемые по 7-й степени точности двумя тарельчатыми кругами методом обкатки	120
Обрабатываемые по 7-й степени точности дисковым кругом методом обкатки	160
Обрабатываемые по методу копирования	180
Шлицешлифовальные станки	
Шлифование фасонным кругом внутренней и боковых поверхностей в центрах или цанговом патроне с поджатием центром	23
Шлифование боковых поверхностей двумя цилиндрическими кругами в центрах или цанговом патроне с поджатием центром	18
Шлифование боковых поверхностей двумя коническими кругами в центрах или цанговом патроне с поджатием центром	20
Хонинговальные станки	
Для всех условий установки и обработки	5
Суперфинишные станки	
Для всех случаев обработки и установки	10