



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЦЕНТР ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Технология машиностроения»

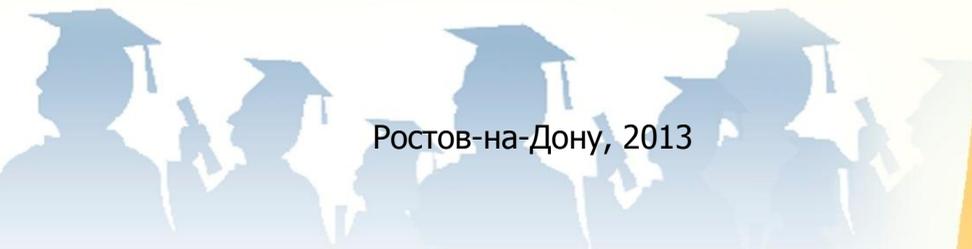
## УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

# «Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины»

Авторы

Мельников А.С., Тамаркин М.А., Азарова А.И.

Ростов-на-Дону, 2013





## Аннотация

Содержание учебного пособия соответствует части 2 типовой рабочей программы дисциплины «Основы технологии машиностроения». В нем анализируется формирование технологической себестоимости машины в процессе ее изготовления. Приводится общая методика расчета технологической себестоимости и ее составляющих. Проектирование заготовки рассмотрено сквозь призму формирования затрат на материалы и показаны технологические возможности их сокращения. Изложены основы технического нормирования технологических процессов. Проанализированы возможности уменьшения элементов нормы времени как важнейшего средства сокращения затрат как живого, так и овеществленного труда. Показана роль структуры проектируемой технологической операции в достижении минимума затрат в конкретных производственных условиях. Показана роль затрат на технологическую подготовку производства в формировании общих затрат на изготовление машины и основные мероприятия, позволяющие их сократить и повысить производительность и качество технологического проектирования. Изложены принципиальные основы проектирования технологических процессов.

Учебное пособие предназначено для студентов вузов, обучающихся по специальностям и направлениям подготовки машиностроительного профиля, может быть полезным для практикующих технологов машиностроительных предприятий.

## Авторы

**Мельников А.С. - к.т.н, проф**

**Тамаркин М.А. - проф., д.т.н.**

**Азарова А.И. - к.т.н., доцент**



## Оглавление

<b>Глава 1. Оценка экономической эффективности ТП</b>	<b>4</b>
1.1 Структура технологической себестоимости	5
1.2 Выбор экономически эффективного варианта ТП	18
<b>Глава 2. Технологические возможности снижения затрат на материалы</b>	<b>24</b>
<b>Глава 3. Техническое нормирование</b>	<b>46</b>
3.1. Структура технической нормы времени	46
3.2. Методы нормирования	55
<b>Глава 4. Технологические возможности уменьшения нормы времени</b>	<b>71</b>
4.1. Пути и меры снижения цикловых затрат времени	71
4.2. Пути и меры снижения внецикловых затрат времени	95
4.3. Построение структуры операций механической обработки	100
<b>Глава 5. Возможности снижения затрат на проектирование технологических процессов (ТП)</b>	<b>121</b>
5.1. Типизация деталей и ТП	122
5.2. Групповая технология	126
5.3. Улучшение технологичности конструкции	128
5.4. Автоматизация проектирования ТП	134
<b>Глава 6. Методология проектирования ТП</b>	<b>139</b>
6.1 Классификация ТП	139
6.2 Исходные данные для проектирования ТП	141
6.3 Последовательность работ по проектированию единичных ТП	142
<b>Литература</b>	<b>163</b>



## ГЛАВА 1. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТП

Для производства машин необходимы затраты исходных материалов, живого и овеществленного труда. Все виды затрат на производство машины могут быть измерены и оценены в денежном выражении. Затраты живого труда в денежном выражении представляют собой заработную плату персонала машиностроительного предприятия. Затраты овеществленного труда могут быть выражены через стоимость средств производства – зданий, сооружений, технологического оборудования, технологического оснащения и т.д. Сумма всех затрат предприятия, отнесенная к единице произведенной продукции, представляет собой производственную себестоимость. Различают себестоимость машины в целом, себестоимость отдельных сборочных единиц и деталей.

Естественное стремление любого производителя – снизить производственную себестоимость и тем самым повысить экономическую эффективность своего бизнеса. Однако при этом надо иметь в виду, что снижение затрат нельзя достигать за счет снижения качества. Снижение качества машины приведет к увеличению расходов на эксплуатацию (на ее техническое обслуживание, ремонты и т.д. в связи со снижением надежности), сокращению срока ее службы и другим неприятностям, что в конечном итоге увеличит суммарные расходы потребителя, снизит конкурентоспособность как машины, так и предприятия, выпускающего продукцию ниже заявленного качества, и может привести к краху всего бизнеса. Показательный пример такого результата – ситуация в российском автопроме, прежде всего на АвтоВАЗе. Если бы не поддержка Правительства РФ, АвтоВАЗ давно уже был бы банкротом и исчез даже с российского с рынка автомобилей.



### 1.1 Структура технологической себестоимости

Для выявления технологических возможностей снижения себестоимости нужна модель ее формирования. Простейшей такой моделью может служить расчетная формула, пользуясь которой определяют себестоимость единицы продукции бухгалтеры:

$$C = M + Z + H, \text{ руб.}, \quad (1)$$

Где  $M$  – расходы на материалы на единицу продукции за вычетом стоимости отходов;  $Z$  – зарплата производственных рабочих, приходящаяся на единицу продукции;  $H$  – все остальные расходы, приходящиеся на единицу продукции, называемые накладными расходами. Величину этих накладных расходов бухгалтеры исчисляют в процентах от зарплаты производственных рабочих.

Эта формула выделяет только два места возникновения расходов – стоимость исходных материалов и зарплата производственных рабочих на единицу продукции. Но этим не исчерпывается перечень расходов, величина которых зависит от применяемой технологии. Технологические процессы как правило многовариантны, применяемое оборудование, технологическая оснастка, рабочие и мерительные инструменты, различны в технологических процессах одинаковых деталей и СЕ в условиях производств разных типов (единичном, серийном, массовом), а, следовательно, и различны затраты на них. Поэтому формула (1) не дает представления обо всех элементарных расходах, зависящих от применяемой технологии. Для оценки экономической эффективности технологических решений из общей себестоимости выделяются расходы, зависящие от технологии, и их сумму называют технологической себестоимостью единицы продукции:

$$C_T = \sum_{i=1}^p M_i + \sum_{j=1}^m (C_A + C_O + C_{\text{Э}} + C_{\text{П}} + C_{\text{И}} + C_{\text{ПЗ}} + \dots)_j \quad (2)$$

где:  $p$  – число различных марок материалов, идущих



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

на единицу продукции;

$M_i$  – стоимость  $i$ -го материала, идущего на единицу продукции;  $m$  – число технологических операций, которые необходимо выполнить для изготовления единицы продукции;  $CA$  – амортизационные отчисления оборудования, применяемого на  $j$ -той технологической операции;  $CO$  – расходы на эксплуатацию оборудования на  $j$ -той технологической операции;  $CE$  – расходы на энергию всех видов, расходуемую в технологических целях, на  $j$ -той технологической операции;  $CP$  – расходы на амортизацию и эксплуатацию приспособлений на  $j$ -той технологической операции;  $CI$  – расходы на инструмент и его эксплуатацию на  $j$ -той технологической операции;  $CP3$  – расходы на подготовку рабочего места для выполнения  $j$ -той технологической операции. Таким образом, технологическая себестоимость – это часть производственной себестоимости. Число элементарных составляющих расходов может быть различным и зависит от задач, которые нужно решить в ходе анализа в технологической себестоимости. Например, в массовом производстве в технологическую себестоимость нет смысла включать  $CP3$ , при сравнении экономической эффективности вариантов технологического процесса изготовления детали, в которых используются одинаковые рабочие инструменты, нет необходимости включать в технологическую себестоимость затраты на инструмент  $CI$ .

Формула (2) может служить моделью формирования технологической себестоимости для анализа технологических возможностей ее уменьшения. По этой формуле можно определить технологическую себестоимость всего изделия, отдельной его части, технологического процесса или отдельной его операции. Понятно, что уменьшения  $CT$  можно добиться сокращением одного или нескольких слагаемых в формуле (2). Для выявления всех технологических возможностей необходимо иметь модели формирования всех



элементарных расходов.

Все элементарные составляющие технологической себестоимости по способу определения их величины, приходящейся на единичное изделие, можно разделить на две группы: прямые и косвенные.

Прямые непосредственно связаны с изготовлением конкретного вида продукции и полностью включаются в ее себестоимость (сырье, материалы, топливо, энергия, заработная плата производственных рабочих).

Косвенные связаны с изготовлением различных видов продукции и включаются в себестоимость отдельных видов продукции косвенно (условно), пропорционально какому-либо признаку (часть расходов на содержание и эксплуатацию оборудования, инструмента и т.д.). Например, в условиях серийного производства, когда на одном и том же технологическом оборудовании изготавливаются по очереди детали разных изделий, годовые расходы по амортизации, эксплуатации оборудования на рабочем месте нельзя включить в себестоимость одного вида продукции, нужно распределить их между теми изделиями, детали которых на этом рабочем месте обрабатываются. Признаки, по которым ведут это распределение, могут быть разными – пропорционально времени занятости оборудования изготовлением продукции определенного вида; часто их распределяют пропорционально заработной плате производственных рабочих. Определив долю таких расходов, приходящуюся на определенный вид продукции, и разделив ее на годовой объем выпуска этой продукции, получают величину косвенных расходов на единицу продукции.

Расчет затрат на материалы. В денежном выражении эти затраты можно определить по следующей формуле:

$$M = \sum_{i=1}^P m_i q_i - \sum_{i=1}^P m_{\epsilon i} q_{\epsilon i} \quad \text{руб.,} \quad (3)$$

где:  $m_i$  - масса  $i$ -го материала, идущего на



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

единицу продукции, которая складывается из чистой массы деталей из  $i$ -го материала (указана конструктором в чертежах деталей) и массы отходов:

$$m_i = m_{\text{чист}} + m_{\text{отх}};$$

В свою очередь масса отходов состоит из двух частей – масс безвозвратных и возвратных отходов  $m_{\text{отх}} = m_{\text{бв}} + m_{\text{в}};$

$m_{\text{бв}}$  – это потери материала в технологических процессах его переработки: угар при переплавке для получения заготовок методами литья, окалина при горячей обработке давлением, при резке проката (прутков, труб и т.д.) абразивными кругами – абразивная стружка в объеме толщины реза, равной ширине круга, массу этого отхода можно рассчитать. Например, при резке круглого проката диаметром  $d$  и длиной  $L$  на заготовки длиной  $l$  кругом толщиной  $b$  :

$$m_{\text{бв}} = \frac{\pi d^2}{4} b \rho \frac{L}{l}$$

$m_{\text{в}}$  – это отходы, которые могут быть каким либо образом использованы и принести частичный возврат вложенных в них средств. Это могут быть обрезки проката, литниковые системы литейных форм, обрубленный облой штамповок, стружка после обработки лезвийными инструментами и т.д.

$q_i$  – цена 1 кг  $i$ -го материала;

$q_{\text{в}i}$  – цена 1 кг возвратных отходов  $i$ -го материала, например, цена металлолома.

При разработке технологии изготовления деталей технолог сначала проектирует заготовку, и затем процесс получения из нее готовой детали с заданной точностью. Не вдаваясь в проблемы технологий заготовительного производства, обратим внимание на то, что степень использования материала в технологии изготовления детали из принятой заготовки можно оценить коэффициентом использования металла:



$$K_u = \frac{m_{дет}}{m_{заг}} \leq 1 \quad (4)$$

Как правило, этот коэффициент меньше единицы, порой значительно, и очень редко бывает ей равен. Если  $K_u=1$ , то технологию изготовления детали называют безотходной.

Все возможности технолога по сокращению затрат на материалы должны быть нацелены  $K_u$  к единице, или, другими словами, на максимальное приближение массы заготовки к массе готовой детали. Это достигается при проектировании заготовки максимальным приближением ее формы и размеров к форме и размерам готовой детали.

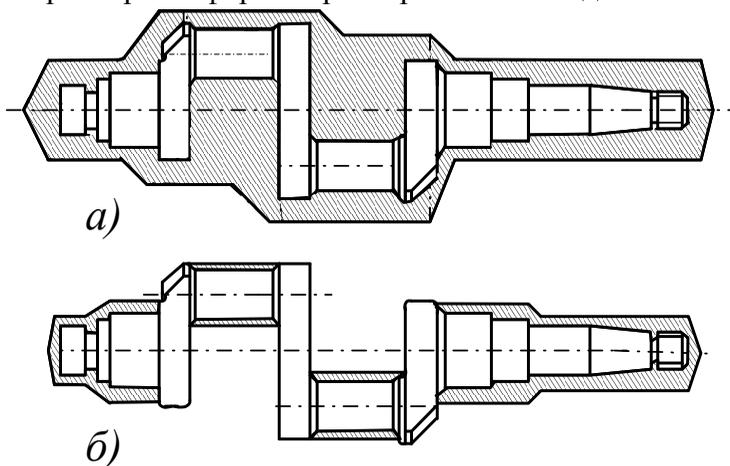


Рис. 1.1. Два варианта заготовки коленчатого вала  
а) поковка, б) штамповка

Пример, наглядно иллюстрирующий эффект от такого решения при проектировании заготовки коленчатого вала (см. рис.1.1) приводят Б.С. Балакшин [ 2 ] и И.М. Колесов [ 7 ] .

Таким образом, формулу (4) можно считать математической моделью, описывающей решение задачи снижения затрат на материалы



технологических процессах изготовления деталей.

Какими средствами располагает технолог для решения этой задачи описано в главе 2 настоящего пособия.

Расчет затрат на заработную плату производственных рабочих. Зарботная плата основных производственных рабочих, необходимая для изготовления одного изделия может быть рассчитана как сумма зарплат на всех операциях, которые необходимо выполнить для получения годного изделия, по следующей принципиальной формуле:

$$Z = \sum_{i=1}^m \frac{c_{\text{ч}} K_{\text{Г}} t}{60} \quad \text{руб.} \quad (5)$$

где:  $c_{\text{ч}}$  – часовая ставка рабочего первого разряда, установленная на предприятии;

$K_{\text{Г}i}$  – разрядный коэффициент работы на  $i$ -ой операции, который определяется по тарифно-квалификационным справочникам;  $t_i$  – норма времени на выполнение

$i$ -ой операции;  $m$  – общее число операций, которые нужно выполнить для изготовления единицы продукции.

На машиностроительных предприятиях, как правило, вводятся системы доплат, поощряющих повышение производительности труда рабочих, учитывающих условия труда, уровень профессионального мастерства и т.д. Эти доплаты устанавливаются в процентах от основной заработной платы, поэтому формула (5) учитывает все факторы, определяющие затраты на зарплату в технологической себестоимости единичного изделия, и может быть принята в качестве математической модели формирования этих затрат для целей анализа возможностей их уменьшения.

Модель показывает, что затраты на зарплату можно снижать действиями технолога в трех направлениях:

Уменьшать количество операций  $m$  в технологических процессах за счет разработки структур концентрированных



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

операций. Возможные действия на этом направлении приведены в главе 4 настоящего пособия.

Понижать квалификацию рабочего на операции за счет исключения выверки при установке заготовок в технологическую систему, применения производительных методов наладки и подналадки, механизации и автоматизации процесса обработки. Возможные действия на этом направлении выявлены при изучении первой задачи технологии машиностроения – основ достижения требуемого качества машин (см. [ 19 ]).

Уменьшать норму времени, необходимого для выполнения операции. Состав нормы времени и возможные меры для ее уменьшения приведены в главе 4 настоящего пособия.

Определение затрат на амортизацию технологического оборудования. Амортизация как перенос по частям стоимости основных производственных фондов на стоимость произведенной продукции необходим для их воспроизводства. После продажи продукции эта часть возвращается на предприятие и в нормально функционирующем предприятии, как правило, включается в фонд накопления, из которого финансируется приобретение нового оборудования взамен износившегося. Амортизация относится к косвенным расходам, ее величина в себестоимости единичного изделия определяется распределением общей суммы амортизации между всеми произведенными на этом оборудовании изделиями. Обычная схема состоит в том, что определяется величина годовой амортизации в соответствии с принятой нормой:

$$A_{Г} = \frac{\Phi_{Б} N_{А}}{100} \text{ руб.}, \quad (6)$$

где:  $\Phi_{Б}$  – балансовая стоимость основных производственных фондов,

$N_{А}$  норма амортизации в %.

Эта сумма разбивается на 12 месяцев и включается



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

в себестоимость произведенной в течение этого месяца продукции. В случае массового производства, когда на рабочих местах в течение всего года выполняются одни и те же операции по изготовлению одинаковых изделий величина амортизации, включаемая в себестоимость единичного изделия, определяется делением АГ на годовой объем выпуска изделий в штуках или месячной доли амортизации на месячный выпуск:

$$C_A = \frac{A_G}{Q_G} = \frac{A_G}{Q_M} \text{ руб.} \quad (7)$$

Аналогичным образом определяется величина амортизации специального оборудования в любом типе производства, если оно используется только для изготовления одного изделия.

В случае серийного производства, когда на одних и тех же рабочих местах по очереди изготавливаются разные изделия, требуется предварительно решить дополнительную задачу распределения годовой амортизации между разными изделиями. Такое распределение можно провести пропорционально долям годового фонда времени работы оборудования, потраченным на изготовление каждого вида изделий, либо пропорционально долям фонда заработной платы производственных рабочих каждого вида изделий в общем фонде заработной платы. Второй вариант используется чаще, так как финансовым работникам, определяющим себестоимость, сведения о распределении заработной платы гораздо доступнее, чем сведения о времени занятости оборудования изготовлением того или иного вида изделий. В принципе, поскольку зарплата производственных рабочих пропорциональна нормам времени, во втором варианте распределения амортизация распределяется пропорционально времени занятости оборудования изготовлением разными изделиями опосредованно. Определенная тем или иным способом доля



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

амортизации конкретного вида изделий затем делится на объем выпуска этих изделий для получения величины СА в себестоимости единичного изделия.

Можно использовать другой способ расчета величины амортизации в себестоимости единичного изделия конкретного вида. Способ основан на определении доли годовой амортизации, приходящейся на 1 минуту фонда рабочего времени оборудования:

$$C_A^{мин} = \frac{A_G}{F_d 60 K_3} \text{ руб./мин.} \quad (8)$$

Где  $F_d$  – годовой действительный фонд времени работы оборудования, час.

$K_3$  – коэффициент загрузки оборудования.

Тогда

$$C_A = C_A^{мин} \times t, \quad (9)$$

где  $t$  – станкоемкость (время занятости оборудования изготовлением единичного изделия определенного вида), мин.

Определение расходов на содержание и эксплуатацию оборудования. Эти расходы относятся к числу косвенных и их доля, приходящаяся на единичное изделие, определяется путем распределения годовых расходов на эти цели между всеми изделиями, изготавливаемыми на этом оборудовании.

В общем случае эти расходы зависят от сложности оборудования. Состав оборудования полностью определяется технологией. Для оценки сложности того или иного оборудования используется понятие «единица ремонтной сложности». Сложность отдельного вида технологического оборудования определяется количеством этих единиц. Задавая удельные годовые расходы на единицу ремонтной сложности, общие затраты на содержание и эксплуатацию оборудования можно определить умножением этих удельных затрат на суммарное



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

количество единиц ремонтной сложности используемого оборудования.

$$C_O^{общ} = \sum_{i=1}^N (E_{PC} \times m)_i \times C_{EPC} \quad , \text{руб.}, \quad (10)$$

Где СЕРС – удельные расходы на содержание и эксплуатацию оборудования на единицу ремонтной сложности; ЕРС – число единиц ремонтной сложности в единице одинакового оборудования; m – количество одинакового оборудования; N – общее количество наименований оборудования в цехе.

В редких случаях, когда все оборудование цеха используется для изготовления изделия одного наименования и типоразмера, доля расходов на содержание и эксплуатацию оборудования, приходящаяся на единичное изделие, определяется делением общих годовых расходов на годовой объем выпуска этих изделий.

Чаще на оборудовании цеха изготавливаются различные изделия, включенные в годовую программу цеха. Тогда необходимо сначала распределить общие расходы между всеми изделиями, изготавливаемыми в цехе в течение года, а затем долю, приходящуюся на определенное изделие, разделить на годовой объем его выпуска. Распределение расходов между разными изделиями можно провести пропорционально их станкоемкости (пропорционально времени занятости оборудования изготовлением каждого изделия из номенклатуры) или заработной плате производственных рабочих.

Расчет расходов на электроэнергию в технологических целях. Расходы на электроэнергию в технологических целях относятся к прямым и их общая годовая величина зависит от объема выпуска изделия. Стоимость электроэнергии, потребляемой на изготовление единичного изделия, пропорциональна мощности установленных двигателей и др. типов потребителей электроэнергии (например, мощность нагревательных устройств и



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

т.п.) и времени их работы при изготовлении изделия:

$$C_{\text{э}} = \sum_{i=1}^m \frac{M_i q}{\eta_i 60} t_i, \text{ руб.}, \quad (11)$$

Где  $M_i$  – мощность электродвигателей оборудования на  $i$ -ой операции,  $q$  – цена 1 квт.часа электроэнергии,  $\eta_i$  – к.п.д. двигателей,  $m$  – общее число операций в технологических процессах изготовления изделия,  $t_i$  – время работы двигателей на  $i$ -ой операции, мин.

Определение расходов на амортизацию и эксплуатацию приспособлений. Эти расходы относятся к косвенным. Их доля для включения в технологическую себестоимость, приходящуюся на единичное изделие, определяется по-разному для специальных и универсальных приспособлений.

Для специальных приспособлений, которые применяются при изготовлении только определенного изделия, расходы на амортизацию и эксплуатацию, приходящиеся на единичное изделие, определяются делением их годовой величины на годовой объем выпуска изделий:

$$C_{\text{п}} = \frac{1}{Q} \sum_{i=1}^m \frac{\Pi_i n_i (a_1 + a_2)}{100}, \text{ руб.}, \quad (12)$$

где  $\Pi$  — стоимость приспособления на  $i$ -ой операции; количество одинаковых приспособлений на  $i$ -ой операции;  $a_1$  — процент амортизационных отчислений;  $a_2$  — годовые расходы на эксплуатацию приспособления в процентах от его стоимости ;  $Q$  — годовой объем выпуска изделий, шт.

Для универсальных приспособлений, используемых при изготовлении различных изделий, доля этих расходов, приходящаяся на единичное изделие, пропорциональна станкочемкости :



$$C_{II} = \sum_{i=1}^m \frac{\Pi_i n_i (a_1 + a_2)}{F_{\partial} k_3 \times 100 \times 60} t_i, \text{ руб.}, \quad (13)$$

где  $k_3$  – коэффициент загрузки оборудования (а, следовательно, и приспособления);  $t_i$  – время, затрачиваемое на операцию, мин.

Расчет затрат на инструмент. Затраты на режущий инструмент можно определить по следующей формуле:

$$C_{II} = \sum_{i=1}^m \sum_{i=1}^k \frac{Ц_i + S_{пер.i} K_{пер.i}}{T_i (K_{пер.i} + 1)} t_{II}, \text{ руб.}, \quad (14)$$

где  $Ц_i$  – стоимость (цена)  $i$ -ого инструмента;  $S_{пер.i}$  – затраты на одну переточку  $i$ -ого инструмента;  $K_{пер.i}$  – количество переточек  $i$ -ого инструмента, допускаемых до его полного износа;  $T_i$  – стойкость  $i$ -ого инструмента между двумя переточками, мин.;  $t$  – время работы  $i$ -ого инструмента на операции, мин.

Расчет затрат на подготовку рабочих мест для обработки партии деталей. Такие затраты характерны в серийном производстве. Подготовка рабочего места для обработки очередной партии деталей рабочий-станочник, затрачивая на это время подготовительно-заключительное время ТПЗ. За это время он получает зарплату в соответствии со своей квалификацией. Можно считать с достаточной степенью точности, что эта зарплата и составляет все расходы на подготовку рабочего места для обработки одной партии деталей на одной операции. Для обработки заданного объема выпуска такая работа повторяется многократно, и число этих повторений на каждом рабочем месте можно определить, разделив объем выпуска изделий  $Q$  на количество изделий в партии  $n$ .

Затраты на всех операциях, приходящиеся на единичное изделие, можно определить аналогично зарплате производственных расходов по следующей формуле, :



$$Z = \sum_{i=1}^m \frac{c_{ci} K_{Ti} T_{ПЗi}}{60n_i}, \text{ руб} \quad (15)$$

Анализ приведенных выше формул для определения составляющих технологической себестоимости показывает, что основным аргументом этих функций является время – либо общее время, затрачиваемое на рабочем месте, либо какая-то его часть (например, время работы электродвигателей, или время работы инструмента и т.п.). Таким образом, мощным рычагом уменьшения затрат, зависящих от технологии, является сокращение затрат времени на рабочем месте.

Структура затрат времени на рабочем месте, возможные направления и меры сокращения составляющих нормы времени рассматриваются в главах 2 и 4 настоящего пособия.



## 1.2 Выбор экономически эффективного варианта ТП

Технологическая себестоимость позволяет сравнить несколько вариантов технологического процесса или отдельных операций с целью выбора наиболее эффективного. Для этого все выше перечисленные затраты делятся на две группы – на условно переменные  $V$ , величина которых зависит от объема выпуска, и условно постоянные  $W$ , величина которых не зависит или зависит очень слабо от объема выпуска  $Q$ . Тогда технологическая себестоимость изготовления единичного изделия может быть записана в виде уравнения

$$C_T = V + \frac{W}{Q} \quad (16)$$

а выпуска  $Q$  изделий может быть определена по уравнению

$$C_T = V \times Q + W \quad (17)$$

Состав условно переменных и условно постоянных затрат зависит от конкретных условий производства и требует внимательного анализа. Например, затраты на амортизацию оборудования в условиях массового производства не зависят от объема выпуска, определяются по формулам (6) и (7) и включаются в постоянные, но в условиях серийного производства доля этих же затрат зависит от времени занятости оборудования выпуском конкретного изделия, т.е. от его объема выпуска, определяется по формулам (8) и (9) и включается в условно переменные расходы.

В координатах  $C_T-Q$  (см. рис. 1.2) уравнение (16) представляет собой гиперболу, а уравнение (17) – уравнение прямой линии. Эти графики наглядно показывают эффект объема – с увеличением объема выпуска себестоимость единичного изделия уменьшается.

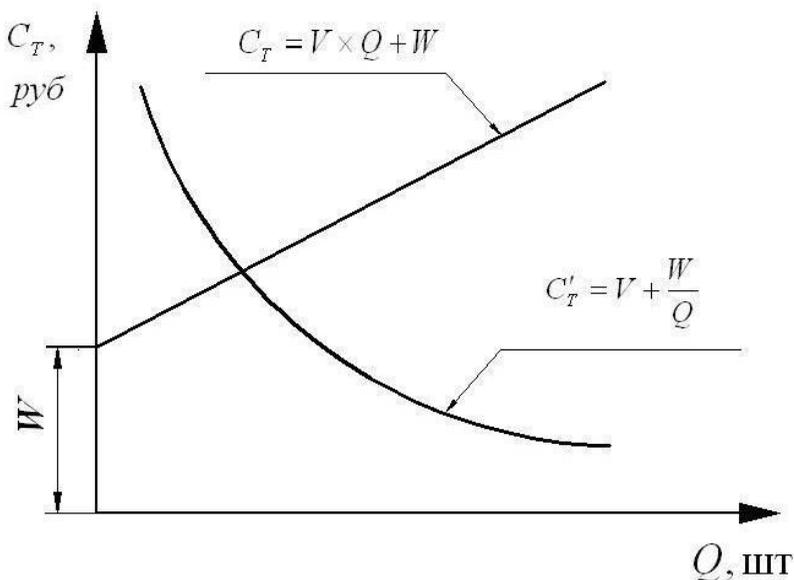


Рис 1.2. Зависимость технологической себестоимости от объема выпуска изделий

Но это уменьшение достигается только в определенных границах роста выпуска до значения  $Q_I$ , которое обусловлено производительностью технологического процесса. Дальнейший рост выпуска при той же технологии потребует дополнительной единицы оборудования, что приведет к соответствующему росту условно постоянных расходов и график себестоимости выпуска приобретет ступенчатый характер, как показано на рис. 1.3.

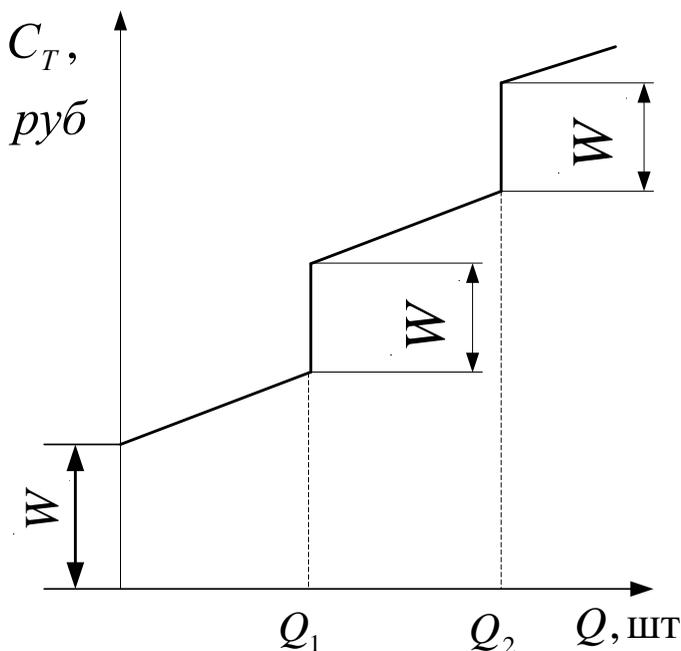


Рис. 1.3. Характер роста технологической себестоимости при введении дополнительных единиц оборудования

Вместо увеличения количества оборудования может быть разработан другой технологический процесс с большей производительностью, реализуемый на другом технологическом оборудовании, либо с другой технологической оснасткой или инструментом (например, протягивание отверстия вместо зенкерования и развертывания). Другой вариант технологического процесса будет иметь, во-первых, другой состав условно постоянных и условно переменных расходов, и, во-вторых, другой предел производительности. В конкретных условиях при заданном выпуске  $Q_{\text{вып}}$ , экономически целесообразным будет тот вариант, при котором достигается наименьшая величина технологической себестоимости. На рис. 1.4 показаны графики технологической себестоимости трех вариантов технологии обработки одних и тех же заготовок. Из этих графиков видно, что при



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

заданном выпуске до  $Q_1$  экономически целесообразно использовать первый вариант, при  $Q_1 \leq Q_{ВЫП} = Q_3$  выгоден второй вариант и при  $Q_{ВЫП} \geq Q_3$  наименьшую себестоимость обеспечивает третий вариант.

Критический объем выпуска, при котором технологическая себестоимость сравниваемых вариантов одинакова, можно определить расчетом, приравняв себестоимости, рассчитанные по формуле (17). Например, если сравнивать варианты II и III, то

$$C_T^{II} = C_T^{III} = V_2 \times Q_2 + W_2 = V_3 \times Q_2 + W_3, \text{ откуда}$$

$$Q_2 = Q_{КРИТ} = \frac{W_3 - W_2}{V_2 - V_3} \quad (18)$$

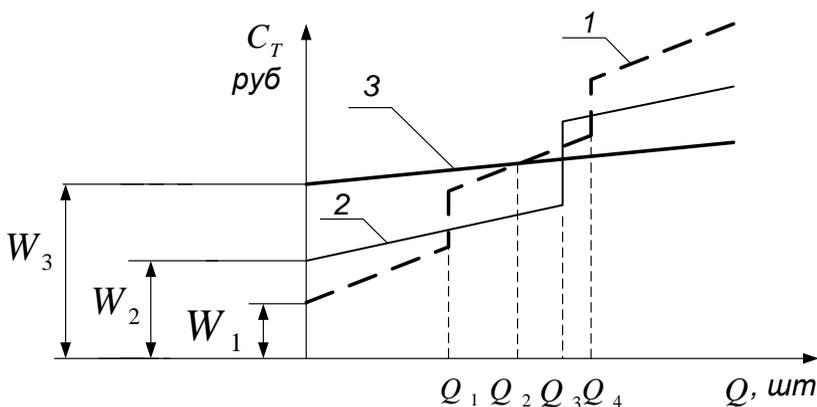


Рис. 1.4. Графическое сравнение себестоимости трех вариантов технологического процесса

Изложенную методику можно применять для оценки эффективности не только технологических процессов в целом, но и вариантов отдельных операций, применения для их исполнения разных технологического оборудования, приспособлений, инструментов.

В ряде случаев сравнения вариантов технологического процесса по технологической себестоимости для выбора



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

наиболее эффективного недостаточно. Особенно ярко это проявляется, когда для реализации одного из вариантов требуются большие капитальные вложения на приобретение специального высокопроизводительного оборудования или оснастки. Современный рынок инвестиций выбирает для вложения те проекты, которые обеспечивают наибольшую эффективность капитальных вложений. Поэтому требуется доказать инвестору (собственнику предприятия), что предлагаемый вариант технологического процесса обеспечит достаточную эффективность капитальных вложений. Оценка эффективности инвестиций осуществляется с помощью коэффициента эффективности капитальных вложений, который определяет годовую скорость возврата дополнительных капитальных вложений за счет снижения себестоимости:

$$E = \frac{C_1 - C_2}{K_2 - K_1}, \quad (19)$$

где  $C_1$  и  $C_2$  – себестоимость годового выпуска изделий по первому и второму вариантам технологического процесса;  $K_1$ ,  $K_2$  – капитальные вложения, необходимые для реализации первого и второго вариантов технологического процесса.

Коэффициент показывает годовую долю возврата 1 рубля капитальных вложений, получаемую за счет снижения себестоимости. Полученная величина коэффициента  $E$  не должна превышать нормативное значение  $E_H$ . Нормативное значение определяет инвестор, задавая желаемый срок возврата капитальных вложений:

$$E_H = \frac{1}{T_{OK}} \text{ руб./год} \quad (20)$$

Экономически целесообразным считается тот вариант, который обеспечивает коэффициент  $E$  больше нормативного:

$$E \geq E_H$$



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

Если вновь проектируемые технологические процессы требуют значительных капитальных вложений, для их сравнения используют приведенные затраты, определяемые с помощью нормативного коэффициента эффективности капитальных вложений:

$$Z_{\text{пр}} = C_T \times Q + E_H \times K \quad (21),$$

Где  $C_T$  – себестоимость изготовления одного изделия.

Таким образом приведенные затраты на годовой выпуск включают в себя нормативную экономию, необходимую для возврата в установленный срок окупаемости капитальных вложений в вариант технологического процесса.

Лучшим из сравниваемых признается вариант технологического процесса, который обеспечивает наименьшие приведенные затраты.

Контрольные вопросы.

1. Для каких целей используется понятие «технологическая себестоимость»?

2. Какова структура технологической себестоимости?

3. Какова роль затрат времени на рабочем месте в формировании элементов технологической себестоимости?

4. Как выбрать экономически эффективный вариант технологического процесса (технологической операции) для конкретных производственных условий?

5. Что понимается под капиталовложениями?

Как оценить эффект от капиталовложений, необходимых для реализации варианта технологического процесса?



## ГЛАВА 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ НА МАТЕРИАЛЫ

Материал и чистая масса детали определяются конструктором. Однако чтобы получить готовую деталь, как правило, нужно сначала изготовить заготовку, которая по размерам и массе всегда больше детали, и уж затем, воздействуя на заготовку несколькими методами обработки, получить готовую деталь. Подавляющее большинство методов обработки реализуется путем съема с заготовки некоторого слоя материала, который называют припуском, и который уходит в стружку. Поэтому затраты на материал больше, чем стоимость чистой массы деталей.

Поскольку технолог не может изменить ни марку материала, ни конструкцию детали, единственной его вся возможностью снизить затраты на материал является приближение заготовки по форме и размерам к готовой детали. Эта возможность реализуется при проектировании заготовки. Для этого на каждую подлежащую обработке поверхность технолог назначает припуск и рассчитывает размер заготовки.

Например, на рис. 2.1а приведена схема фрезерования плоскости для получения на детали размера  $A_{дет}$  путем съема материала (припуска) толщиной  $z$ . При обработке партии заготовок величина припуска не будет одинакова, так как и размеры заготовки  $A_{заг}$  и размеры готовых деталей  $A_{дет}$  будут рассеяны по соответствующим полям допусков  $T_{A_{заг}}$  и  $T_{A_{дет}}$ .

Можно различить три разных по величине припуска, показанных на рис. 2.1б:

Номинальный припуск представляет собой разность между номинальными размерами заготовки и готовой детали:

$$z_{ном} = A_{заг}^{ном} - A_{дет}^{ном} \quad (2.1)$$

Минимальный припуск представляет собой разность



между минимальным размером заготовки и максимальным размером готовой детали:

$$z_{\min} = A_{\text{заг}}^{\min} - A_{\text{дет}}^{\max} \quad (2.2)$$

Максимальный припуск представляет собой разность между максимальным размером заготовки и минимальным размером готовой детали:

$$z_{\max} = A_{\text{заг}}^{\max} - A_{\text{дет}}^{\min} \quad (2.3)$$

Приведенную на рис. 2.1б схему применяют для расчета размера заготовки с использованием нормативов припуска для различных методов обработки. В этих нормативах [8,27,28,40] приведены рекомендуемые величины номинального припуска. Тогда размер заготовки:

$$A_{\text{заг}} = \left( A_{\text{дет}}^{\text{ном}} + z_{\text{ном}} \right) \begin{matrix} +ES_{\text{заг}} \\ -EI_{\text{заг}} \end{matrix} \quad (2.4)$$

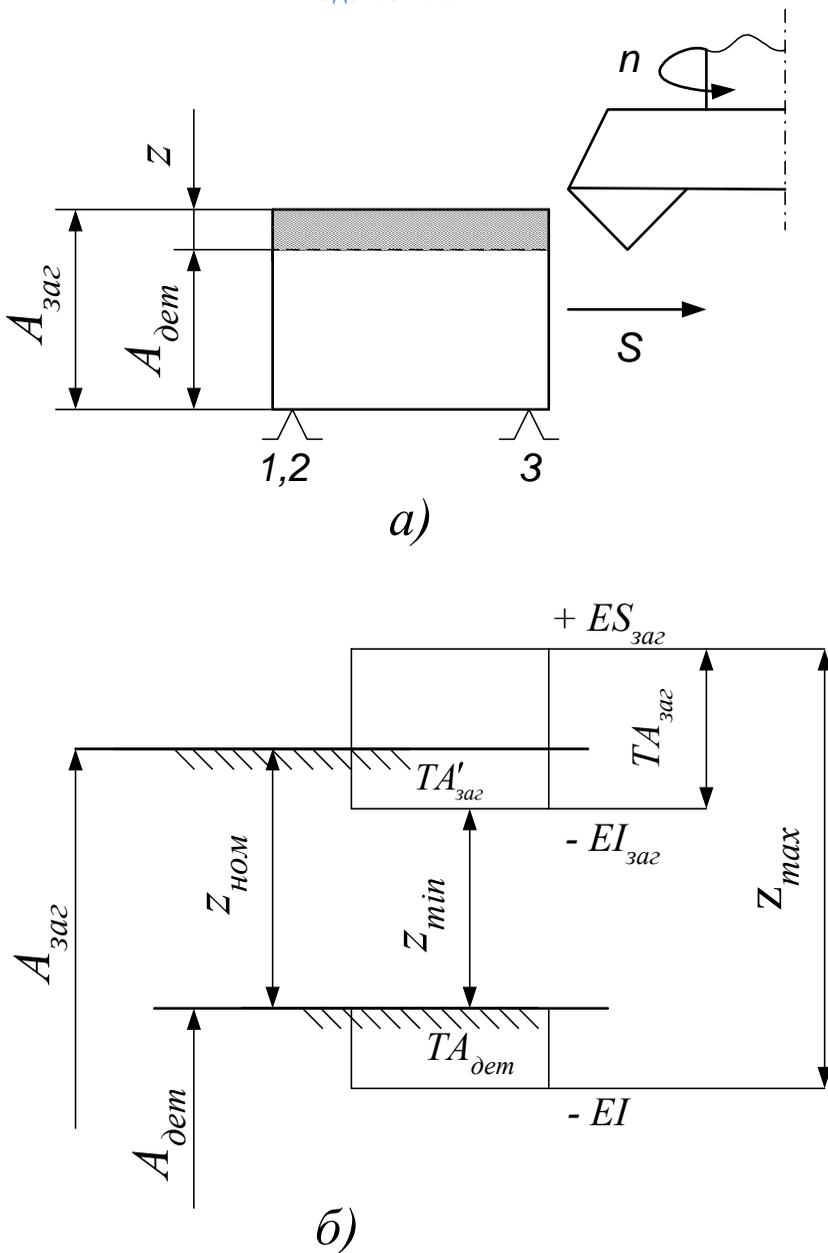


Рис. 2.1. Схема торцевого фрезерования плоскости и расчетная схема для определения охватываемого размера заготовки



В справочной литературе приводятся два вида нормативных значений припусков – *общие и межпереходные*.

**Общие припуски** не учитывают состава переходов в плане обработки поверхности и не зависят от их количества. Поэтому их величина рассчитана на тот наихудший случай, когда разрабатывается только маршрутный техпроцесс, а состав переходов в плане обработки поверхности и распределение общего припуска отдается на откуп квалифицированному рабочему. Такие ситуации характерны для единичного и мелкосерийного производств и в этих случаях размер заготовки определяют по формуле (2.4). Допуск на размер заготовки и отклонения  $ES_{заг}$  и  $EI_{заг}$  зависят от вида и метода ее получения и оговорены соответствующими стандартами на точность заготовок [41,42,43,44 и др.].

**Межпереходные припуски.** Если же план обработки поверхности разработан, то рассчитывается размер заготовки для каждого технологического перехода с использованием нормативных величин номинальных припусков для различных методов обработки, а общий припуск определяется суммой промежуточных (межпереходных) припусков.

В этих случаях для определения размера заготовки на каждом технологическом переходе используются расчетные схемы, аналогичные приведенной на рис. 2.1б. Расчетная схема для определения размера заготовки для обработки плоскости на трех технологических переходах приведена на рис. 2.2.

Эта схема продолжает пример обработки плоскости, приведенный на рис. 2.1а, но план обработки ее состоит из трех технологических переходов – фрезерование черновое, фрезерование чистовое и шлифование.

Согласно этой схеме размер заготовки для шлифования, получаемый после чистового фрезерования равен:

$$A_1 = T_{\text{чист.фр.}} = (A_{\text{дет}} + z_{\text{шлиф}}) - EI_1 \quad (2.5)$$

Размер заготовки для чистового фрезерования, полу-



чаемый после черного фрезерования, равен:

$$A_2 = T_{\text{чер.фр.}} = (A_{\text{дет}} + z_{\text{шлиф}} + z_{\text{фр.чист}}) - EI_2 \quad (2.6)$$

Размер заготовки:

$$A_{\text{заг}} = (A_{\text{дет}} + z_{\text{шлиф}} + z_{\text{фр.чист}} + z_{\text{фр.чер}})^{+ES_{\text{заг}}} - EI_{\text{заг}} \quad (2.7)$$

Где

$$z_{\text{шлиф}} + z_{\text{фр.чист}} + z_{\text{фр.чер}} = z_{\text{общ}}$$

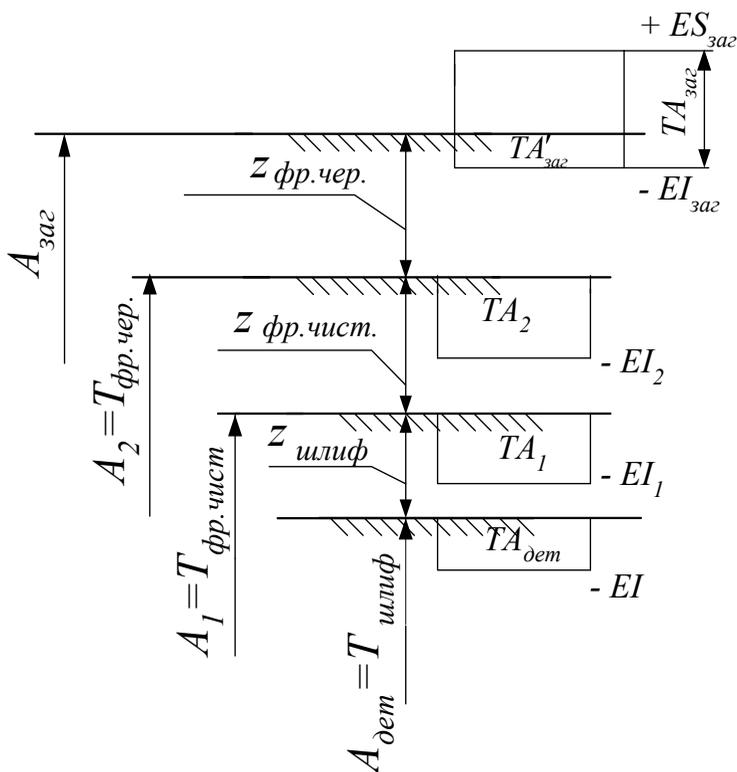


Рис. 2.2. Расчетная схема для определения межпереходных технологических размеров и размера заготовки для обработки плоскости на трех технологических переходах по схеме на рис. 2.1а с использованием табличных значений номинальных промежуточных припусков

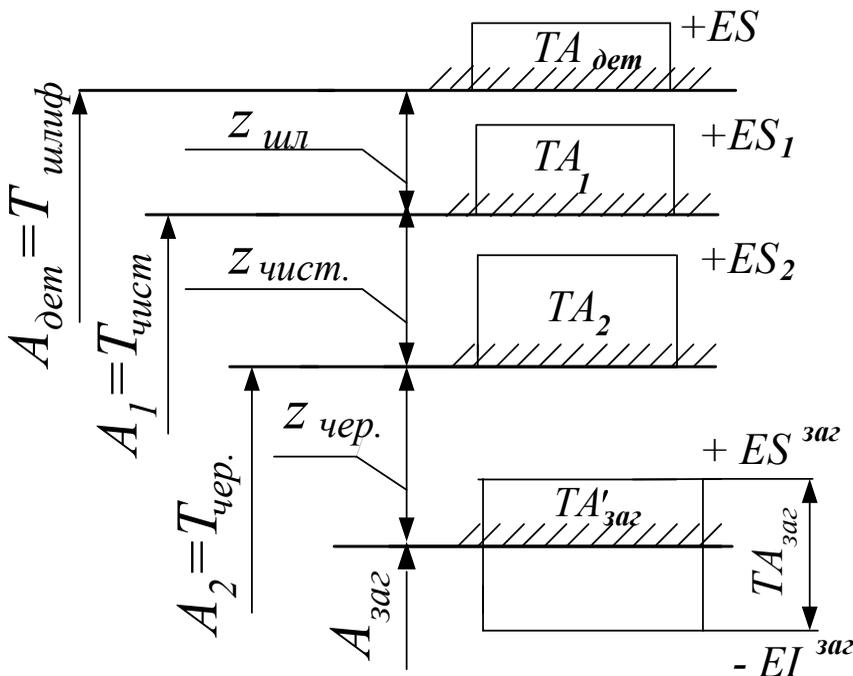


Рис.2.3. Схема расчета межпереходных технологических размеров и размера заготовки при обработке внутренней осесимметричной поверхности (отверстия)

Расчетная схема на рис. 2.2 и формулы (2.5–2.7) можно использовать и для случая обработки охватываемой осесимметричной поверхности (например, вала). При многопереходной обработке охватывающей поверхности (отверстия) используется расчетная схема на рис.2.3. На этой схеме отверстие обрабатывается на трех технологических переходах – черновом и чистовом растачивании и шлифовании. Согласно этой схеме

$$A_1 = T_{\text{чист.}} = (A_{\text{дет}} - z_{\text{шлиф}})^{+ES_1} \quad (2.8)$$

$$A_2 = T_{\text{чер.}} = (A_{\text{дет}} - z_{\text{шлиф}} - z_{\text{чист}})^{+ES_2} \quad (2.9)$$

$$A_{\text{заг}} = (A_{\text{дет}} - z_{\text{шлиф}} - z_{\text{чист}} - z_{\text{чер}})^{+ES_{\text{заг}}}_{-EI_{\text{заг}}} \quad (2.10)$$

Формулы (2.4) – (2.10) позволяют с использованием справочных величин припусков быстро и с небольшой трудоемкостью рассчитать размеры заготовки. Такой способ называют проектированием заготовки по укрупненным нормативам. Однако этот способ не позволяет выявить возможные пути и меры для уменьшения припусков в каждом конкретном случае, его использование переносит прошлый опыт, зафиксированный в рекомендуемых справочными нормативами общих и межпереходных припусках, в настоящее и будущее, другими словами, он не стимулирует использование передовых достижений науки и практики.

Рекомендуемые справочниками припуски ориентированы на самый наихудший случай, и для большинства конкретных случаев такой припуск больше необходимого. Это означает, что рассчитанная с их использованием заготовка будет иметь излишнюю массу.

Завышенные припуски позволяют достичь требуемой точности размера готовой детали, но приводят к дополнительным расходам как на материал для изготовления детали, так и дополнительным затратам на их удаление, т.е. на превращение этих припусков в стружку. Поэтому такие расчеты заготовок применяются в единичном и серийном производствах при небольших партиях.

В крупносерийном и массовом производствах применяют расчетно-аналитический способ определения размеров заготовки. Этот способ предполагает:

во-первых, использование в расчетах минимального припуска вместо номинального,



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

во-вторых, аналитический расчет минимального припуска для каждого технологического перехода,

в-третьих, обязательный расчет межпереходных (технологических) размеров для всех переходов в плане обработки поверхности,

в-четвертых, использование расчетных схем для определения размера заготовки, учитывающих конкретные условия обработки и наши знания о формировании погрешности технологического размера.

Расчетно-аналитический метод применяют для поверхностей детали, определяющих ее металлоемкость. Он позволяет уменьшить массу заготовки, значительно повысить коэффициент использования металла и, как следствие, снизить технологическую себестоимость детали как за счет сокращения затрат на материал, так и за счет сокращения других затрат, зависящих от объема удаляемого с заготовки металла во всем на технологическом процессе ее изготовления.

***Аналитический расчет минимально необходимого припуска.*** Теоретической целью любого метода обработки является удаление (уничтожение) погрешностей заготовки, т.е. погрешностей предыдущего метода обработки. Реально же любой метод обработки, удаляя погрешности предыдущей обработки, сопровождается формированием аналогичных погрешностей, но уменьшенных в  $\epsilon$ , раз. Это явление называют технологической наследственностью. Напомним себе, что размерное описание поверхности состоит из ее размера с допуском, допуска на макрогеометрические отклонения формы и допуска микрогеометрических отклонений формы (шероховатости). Кроме геометрической точности качество поверхности включает измененные характеристики поверхностного слоя материала. Таким образом, для определения величины минимального припуска необходимо выявить те погрешности предыдущей обработки, которые должны быть удалены в результате обработки на технологическом переходе.

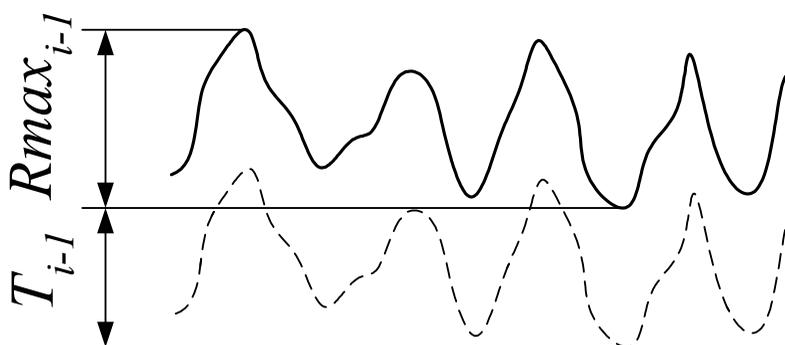


Рис. 2.4. Схема поверхностного слоя материала поверхности заготовки

Для анализа этих погрешностей обратимся к схеме фрезерования плоскости на рис. 2.1. Представим себе ту реальную поверхность заготовки (возможно заготовка – штамповка или отливка), которая будет уничтожена в результате обработки и вместо которой на детали появится обработанная поверхность. Конечно же, она шероховата и ее шероховатость характеризуется по стандарту средней высотой  $Rz$  или среднеарифметическим отклонением  $Ra$ . Для того чтобы на обработанной поверхности не осталось следов предыдущей обработки, необходимо удалить максимальную по высоте шероховатость, как это показано на рис. 2.4, и, следовательно, припуск не может быть меньше этой величины. В расчетах можно принять  $R_{max} \approx 1,2 Rz \approx 4 Ra$ .

Под этой шероховатой поверхностью залегает слой материала с измененными свойствами (возможно изменение хим. состава, фазового состава, структуры, твердости и т.д.), как это показано на рис. 2.4. В материале готовой детали эти изменения чаще всего не нужны, их надо удалить вместе со слоем  $T_{i-1}$ . Это – вторая составляющая минимально-



го припуска.

Первые две составляющие минимального припуска обусловлены технологическими возможностями того метода обработки, который был использован на предыдущем ( $i-1$ )-ом переходе поверхности, подлежащей обработке на  $i$ -ом переходе, для которого рассчитывается припуск. Но на предыдущем переходе сформировалась и погрешность положения подлежащей обработке поверхности относительно той технологической базы, которая будет использована на  $i$ -ом переходе. Поэтому третьей составляющей минимального припуска является пространственная погрешность положения  $\rho_{i-1}$  подлежащей обработке поверхности относительно используемой технологической базы на  $i$ -ом переходе в направлении получаемого размера. В примере на рис. 2.1 эта погрешность равна той части допуска размера заготовки

$TA'_{заг}$ , которая относительно номинального размера располагается в тело детали. Если эту часть допуска не включить в минимальный припуск, то на заготовке с минимальным размером останутся и шероховатость и дефектный слой материала заготовки, чего допустить нельзя. Другие примеры определения величины  $\rho_{i-1}$  приведены на рис. 2.5.

При обтачивании заготовки, установленной на центровые отверстия, ось подлежащей обработке поверхности может не совпадать с осью центровых отверстий (двойной направляющей базой) по двум причинам: во-первых, из-за эксцентричной зацентровки заготовки на предыдущей операции и, во-вторых, из-за прогиба оси заготовки по различным причинам. Это несовпадение можно оценить величиной  $\Delta$ , как показано на рис. 2.5а. Минимальный припуск на радиус должен быть больше  $\rho = \Delta$ , в противном случае на обработанной поверхности могут остаться следы предыдущей обработки, что недопустимо.

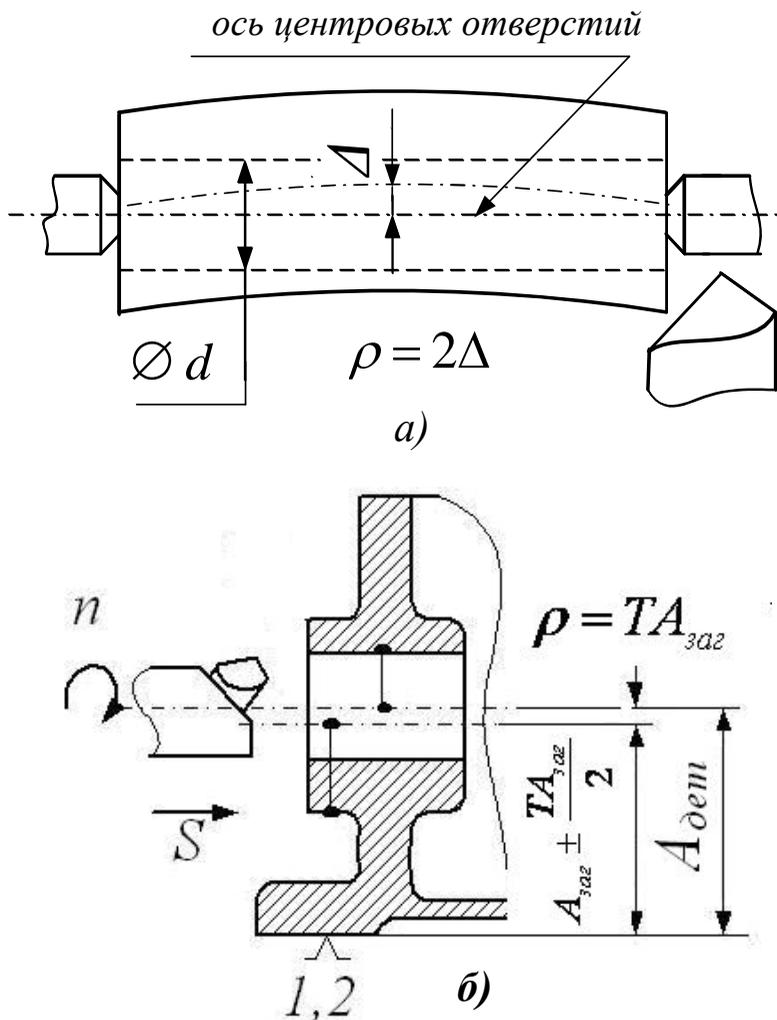


Рис. 2.5. Примеры определения величины  $\rho_{i-1}$

При растачивании отверстия в корпусе по схеме на рис. 2.5б положение оси отверстия в партии заготовок (отливок) относительно установочной базы в направлении технологического размера  $A_{дем}$  будет рассеяно по полю допуска размера в заготовке, приходящей с предыдущей операции (фрезерование плоскости установочной базы). Чтобы у



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

некоторых обработанных деталей на поверхности отверстия не осталось следов предыдущей обработки, минимальный припуск на диаметр должен быть, как минимум, не меньше  $\rho_{i-1} = TA_{заг}$ .

Наконец, при установке заготовок в технологическую систему на  $i$ -ом переходе положение технологической базы в направлении технологического размера получает рассеяние по полю, называемому погрешностью установки  $\omega_y$ . Расчет этой погрешности см. в [19]. Естественно, что и подлежащая обработке поверхность заготовки в партии получает то же самое рассеяние и его надо учесть в минимальном припуске для того, чтобы на обработанной поверхности некоторых деталей не осталось следов предыдущей обработки.

В результате проведенного анализа минимальный припуск в общем случае может быть рассчитан по следующей формуле:

$$z_{\min} = R \max_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \omega_{yi} \quad (2.11)$$

Используя эту общую формулу можно получить формулу для каждого конкретного случая.

По формуле (2.11) рассчитывается припуск на отдельно обрабатываемую плоскость, как показано на рис. 2.1а.

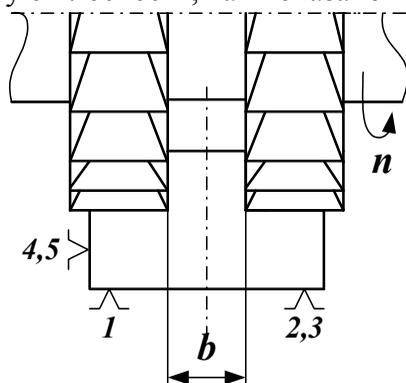


Рис.6. Схема обработки двух плоскостей набором дисковых фрез на горизонтально-фрезерном станке



Если обрабатываются одновременно двумя инструментами две связанные между собой плоскости, как показано на рис. 2.6, то суммарный минимальный припуск на эти две поверхности будет

$$z_{\min} = 2(R \max_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \omega_{y_i}) \quad (2.12)$$

При обработке осесимметричной поверхности (цилиндрической, конической и т.д.) с вращением детали  $\rho_{i-1}$  и  $\omega_y$  получают векторную направленность с чрезвычайно малой вероятностью совпадения их направлений, поэтому их следует суммировать между собой по правилу квадратного корня. В результате получаем формулу минимального припуска на диаметр:

$$z_{\min} = 2(R \max_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \omega_{y_i}^2}) \quad (2.13)$$

При обработке поверхности цилиндрического отверстия протяжкой или плавающей разверткой заготовка базируется по ранее обработанному отверстию, поэтому в этом случае  $\rho_{i-1} = 0$  и  $\omega_y = 0$  и минимальный припуск на диаметр равен:

$$z_{\min} = 2(R \max_{i-1} + T_{i-1}) \quad (2.14)$$

При суперфинише или полировании цилиндрической поверхности, когда в результате обработки только уменьшается высота шероховатостей в пределах уже достигнутой ранее точности ее размера, минимальный припуск на диаметр будет равен:

$$z_{\min} = 2R \max_{i-1} \quad (2.15)$$

При шлифовании поверхностно закаленной поверхности детали, когда после обработки необходимо максимально сохранить закаленный слой материала в формулах (2.11), (2.13) следует принять  $T_{i-1} = 0$ , и формулы примут вид:

$$z_{\min} = R \max_{i-1} + \rho_{i-1} + \omega_{y_i} \quad (2.16)$$



$$z_{\min} = 2(R \max_{i-1} + \sqrt{\rho^2_{i-1} + \omega^2_{yi}}) \quad (2.17)$$

**Расчет межпереходных размеров и размера заготовки с использованием минимального припуска.** При использовании рассчитанных для каждого технологического перехода минимальных припусках схема для расчета межпереходных размеров и размера заготовки, приведенная на рис. 2.2, трансформируется в схему на рис. 2.7.

Из схемы:

– размер заготовки для шлифования, получаемый после чистового фрезерования

$$A_1 = T_{фр.чус.} = (A_{дем} + z_{\min ул.} + TA_1)_{-EI_1} \quad (2.18)$$

– размер заготовки для чистового фрезерования, получаемый после чернового фрезерования

$$A_2 = T_{фр.чер.} = (A_1 + z_{\min фр.чус.} + TA_2)_{-EI_2}, \text{ или}$$

$$A_2 = T_{фр.чер.} = (A_{дем} + z_{\min фр.чер.} + z_{\min фр.чус.} + TA_2)_{-EI_2} \quad (2.19)$$

– размер заготовки для чернового фрезерования, получаемый после штамповки (отливки)

$$A_{заг} = (A_2 + z_{\min фр.чер.} + TA'_{заг})_{-EI_{заг}}^{+ES_{заг}} \quad \text{или}$$

$$A_{заг} = (A_{дем} + z_{\min ул.} + z_{\min фр.чус.} + z_{\min фр.чер.} + TA_1 + TA_2 + TA'_{заг})_{-EI_{заг}}^{+ES_{заг}}$$

Или в общем виде:

$$A_{заг} = (A_{дем} + \sum_{i=1}^k z_{\min i} + TA_1 + TA_2 + TA'_{заг})_{-EI_{заг}}^{+ES_{заг}} \quad (2.20)$$

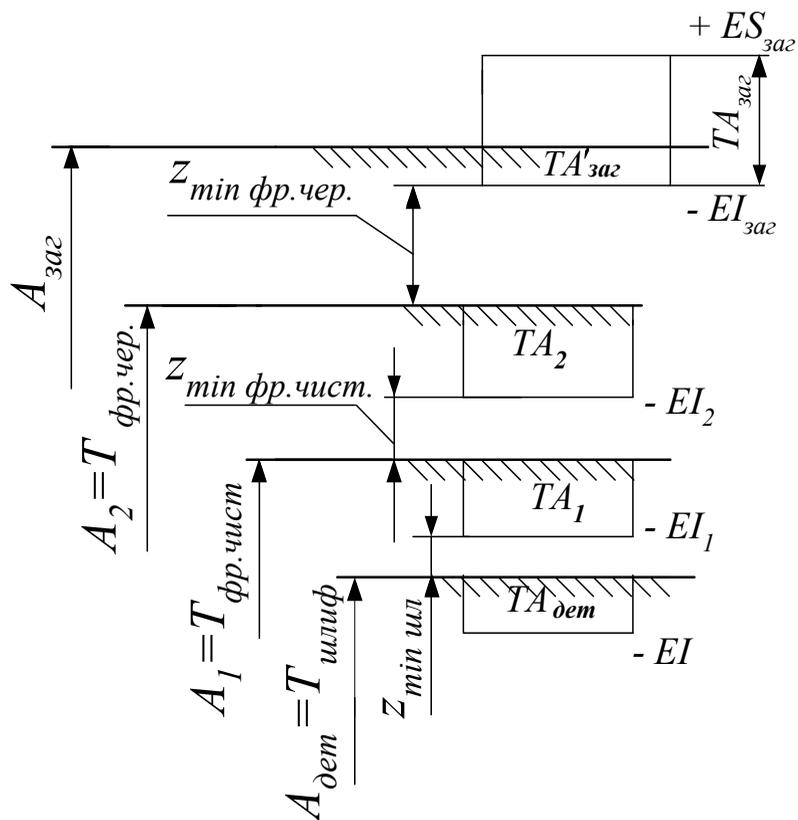


Рис. 2.7. Расчетная схема для определения размера заготовки с использованием минимальных припусков (охватываемый размер детали)

Схема для расчета межпереходных технологических размеров и размера заготовки при обработке внутренней осесимметричной поверхности (отверстия) с использованием минимальных припусков приведена на рис.2.8. На этой схеме отверстие обрабатывается аналогично схеме на рис.2.3 на трех технологических переходах. Согласно этой схеме

– размер заготовки для шлифования, получаемый после чистовой обработки



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

$$A_1 = T_{чус.} = (A_{дет} - z_{миншл.} - TA_1)^{+ES_1} \quad (2.21)$$

– размер заготовки для чистовой обработки, получаемый после черновой обработки

$$A_2 = T_{чер.} = (A_1 - z_{минчус.} - TA_2)^{+ES_2}, \quad \text{или}$$

$$A_2 = T_{чер.} = (A_{дет} - z_{минчер.} - z_{минчус.} - TA_2)^{+ES_2} \quad (2.22)$$

– размер заготовки для черновой обработки, получаемый после штамповки (отливки)

$$A_{заг} = (A_2 - z_{минфр.чер.} + TA'_{заг})^{+ES_{заг}}_{-EI_{заг}} \quad \text{или}$$

$$A_{заг} = (A_{дет} - z_{миншл.} - z_{минфр.чус.} - z_{минфр.чер.} - TA_1 - TA_2 - TA'_{заг})^{+ES_{заг}}_{-EI_{заг}}$$

Или в общем виде:

$$A_{заг} = (A_{дет} - \sum_{i=1}^k z_{минi} - TA_1 - TA_2 - TA'_{заг})^{+ES_{заг}}_{-EI_{заг}} \quad (2.23)$$

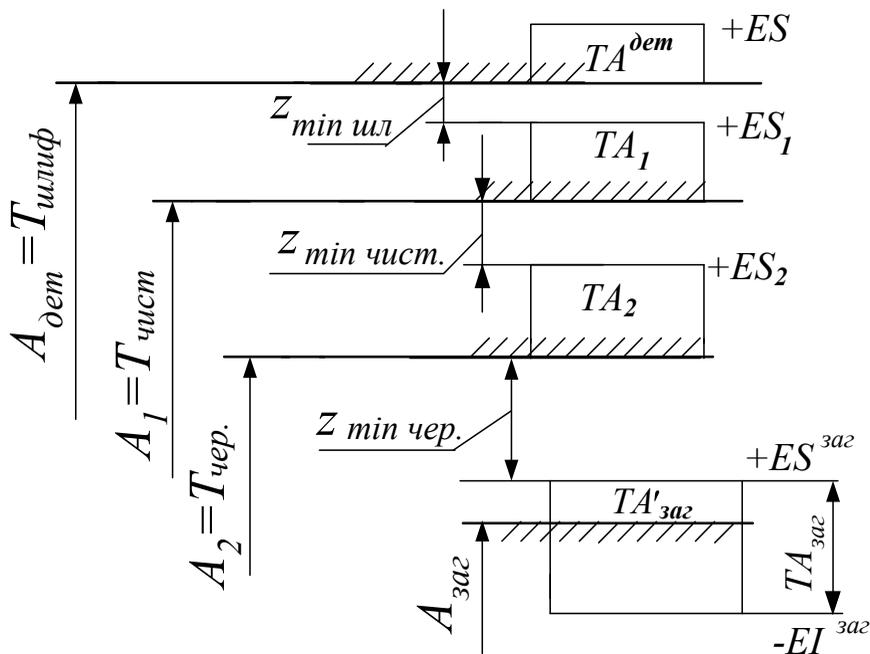


Рис. 2.8. Расчетная схема для определения размера отверстия в заготовке с использованием минимальных припусков (охватывающий размер детали)

Рассчитанный по формуле (2.20) размер заготовки окажется существенно меньше рассчитанного для той же поверхности по формуле (2.7) за счет уменьшения суммы минимальных припусков при одинаковых значениях  $TA_1$ ,  $TA_2$  и  $TA'_{заг}$ . В этом и состоит эффект расчетов минимальных припусков.

Есть еще одна возможность для уменьшения размера заготовки. Расчетная схема на рис. 2.8 построена из предположения, что из заготовки с любым размером в пределах допуска  $TA_{заг}$  можно получить деталь любого размера в пределах допуска  $TA_{дет}$ . Это означает, что из заготовки с максимальным размером можно получить деталь с минимальным размером и наоборот. Наши знания о жесткости



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

технологических систем и возникающих по этой причине упругих перемещениях (см. [19]) позволяют утверждать, что это далеко не всегда так. При обработке на настроенных станках заготовки с максимальным размером, а, следовательно, и с максимальным припуском величина упругих перемещений в технологической системе будет максимальной. Это означает, что из заготовки с максимальным размером никогда не получится деталь с минимальным размером. Закон копирования погрешностей утверждает, что в этом случае и обработанная деталь будет иметь максимальный размер. А раз это так, то нет смысла на расчетной схеме откладывать минимальный припуск от верхней границы поля допуска размера детали, логично отложить его от нижней границы поля допуска размера детали (для охватываемого размера как на рис. 2.1), как это показано на рис. 2.9. Размер заготовки согласно этой схеме равен:

$$A_{заг} = (A_{дет} - TA_{дет} + z_{min} + TA'_{заг})^{+ES_{заг}}_{-EI_{заг}} \quad (2.24)$$

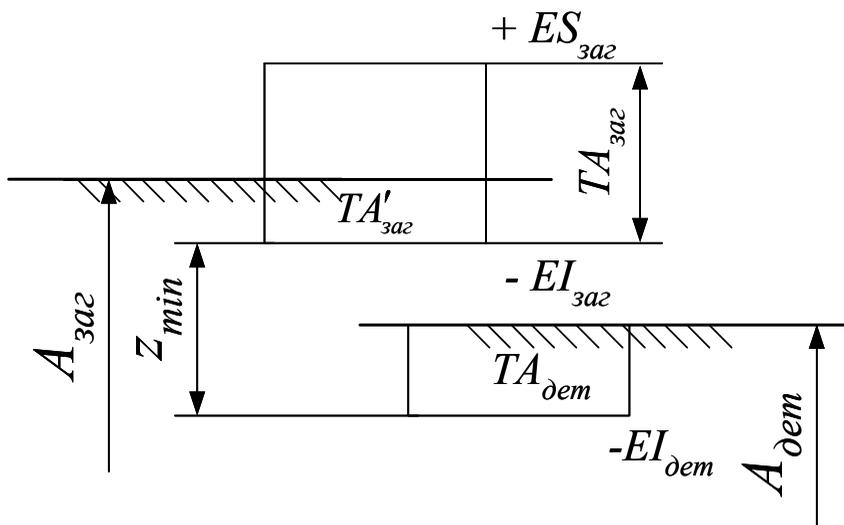


Рис. 2.9. Расчетная схема для определения размера заготовки с учетом закона копирования погрешностей (охватываемый размер детали)



## Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

Закон копирования погрешностей проявляет себя на черновых и получистовых переходах. На чистовых и отделочных переходах, где припуски малы, а, следовательно, малы и силы резания, а жесткость технологических систем велика, риск иметь недостаточный припуск при использовании расчетной схемы на рис. 2.7 оказывается большим.

Поэтому для расчета размера заготовки при плане обработки поверхности из нескольких технологических переходов применяют комбинированные расчетные схемы вместо схем на рис. 2.7. и 28. На рис. 2.9 приведены примеры таких схем для обработки наружной и внутренней поверхностей последовательно на трех технологических переходах.

Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

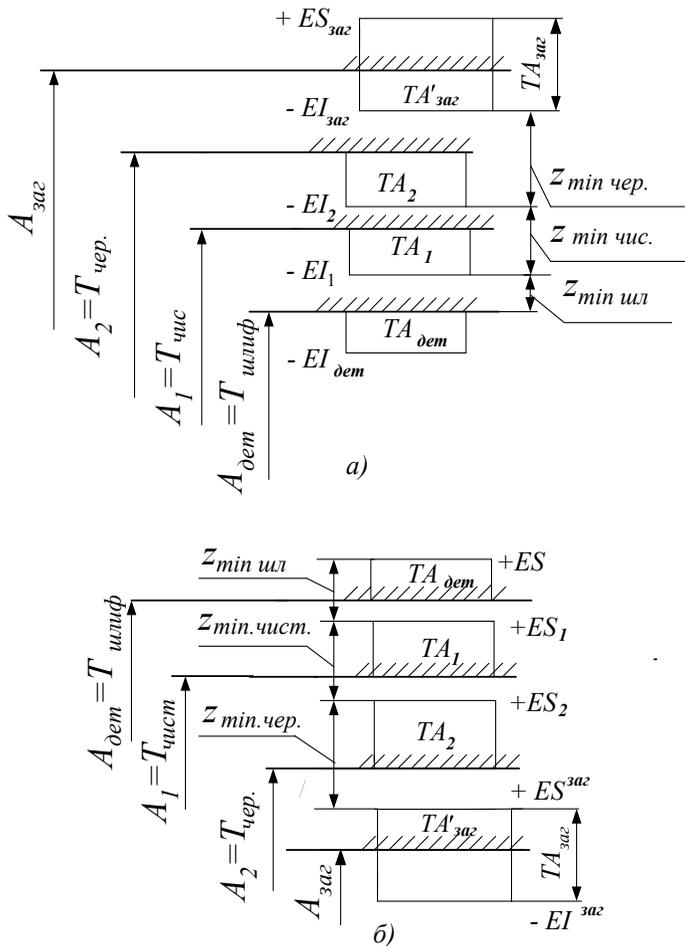


Рис. 2.9. Комбинированные схемы для расчета размера заготовки при обработке на трех технологических переходах  
 а) вала, б) отверстия



При такой схеме:

для обработки вала

$$A_1 = T_{чис.} = (A_{дет} - TA_{дет} + z_{\min шл.} + TA_1)_{-EI_1} \quad (2.25)$$

$$\begin{aligned} A_2 = T_{чер.} &= (A_1 - TA_1 + z_{\min чис.} + TA_2)_{-EI_2} \\ &= (A_{дет} + z_{\min шл.} + z_{\min чис.} + TA_2)_{-EI_2} \end{aligned} \quad (2.26)$$

$$\begin{aligned} A_{заг} &= (A_2 - TA_2 + z_{\min чер.} + TA'_{заг})_{-EI_{заг}}^{+ES_{заг}} = \\ &= (A_{дет} + z_{\min шл.} + z_{\min чис.} + z_{\min чер.} + TA'_{заг})_{-EI_{заг}}^{+ES_{заг}} \end{aligned}$$

Или

$$A_{заг} = (A_{дет} + \sum_{i=1}^k z_{\min i} + TA'_{заг})_{-EI_{заг}}^{+ES_{заг}} \quad (2.27)$$

для обработки отверстия

$$A_1 = T_{чис.} = (A_{дет} + TA_{дет} - z_{\min шл.} - TA_1)_{-EI_1}^{+ES_1} \quad (2.28)$$

$$\begin{aligned} A_2 = T_{чер.} &= (A_1 + TA_1 - z_{\min чис.} + TA_2)_{-EI_2}^{+ES_2} \\ &= (A_{дет} - z_{\min шл.} - z_{\min чис.} + TA_2)_{-EI_2}^{+ES_2} \end{aligned} \quad (2.29)$$

$$\begin{aligned} A_{заг} &= (A_2 + TA_2 - z_{\min чер.} + TA'_{заг})_{-EI_{заг}}^{+ES_{заг}} = \\ &= (A_{дет} - z_{\min шл.} - z_{\min чис.} - z_{\min чер.} + TA'_{заг})_{-EI_{заг}}^{+ES_{заг}} \end{aligned} \quad (2.30)$$

Сравнение формул (2.27) и (2.20) показывает эффективность комбинированной схемы расчета размера заготовки.

### Контрольные вопросы.

Каковы принципиальные возможности, которыми располагает технолог для уменьшения затрат на материалы?

Что называют припуском на обработку? Какой



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

припуск называют номинальным и какой – минимальным?

Как рассчитать размер заготовки, используя табличные нормативные значения номинальных припусков? Когда применяют такой расчет в производстве?

В чем заключается расчетно-аналитический метод определения размера заготовки?

Какова структура минимального припуска?

Как определяется размер заготовки с использованием минимального припуска, рассчитанного для конкретных условий обработки?

Как знание механизма формирования размера динамической настройки позволяет уменьшить расходы на материал?



## ГЛАВА 3. ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ

### 3.1. Структура технической нормы времени

Заключительным этапом проектирования технологического процесса является техническое нормирование.

Технической нормой времени называют календарный отрезок времени, который должен (может) затратить рабочий определенной квалификации на выполнение технологической операции при нормальной интенсивности труда. Норма времени на определенную операцию или весь технологический процесс является мерой труда, необходимого при изготовлении изделия. Нормы времени классифицируются согласно схеме, представленной на рис. 3.1.

Сумма технических норм времени всех операций технологического процесса определяет трудоемкость обработки детали (сборки СЕ). Суммой норм времени всех технологических процессов оценивается трудоемкость изготовления машины (изделия). Таким образом, *техническими нормами времени измеряется плановая трудоемкость изделия*, т.е. планируемые затрат живого труда на единичное изделие. Процесс назначения нормы времени называют *техническим нормированием*.

Так как операция есть законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте, то для обоснованного назначения нормы времени на ее выполнение нужно проанализировать структуру всех затрат времени рабочего. Структурирование затрат рабочего времени решает *главную задачу технического нормирования* – позволяет устанавливать необходимые затраты труда на выполнение заданной работы.

Кроме этого изучение структуры затрат времени и анализ ее составляющих позволяет дополнительно:

- определить возможные пути и меры повышения производительности технологических процессов и операций за счет сокращения необходимых затрат времени;
- изучать состояние организации труда и исполь-



## Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

зование рабочего времени, наиболее полно выявлять потери рабочего времени с установлением их причин;

- устанавливать степень необходимости и целесообразности отдельных затрат времени при выполнении заданной работы,
- выявлять нерациональные затраты рабочего времени и их причины;
- изучать и анализировать время использования оборудования во взаимосвязи с рабочим временем исполнителя;

Необходимые затраты времени на реализацию технологического процесса в большей степени определяются принятыми при его проектировании техническими решениями. Технологические возможности их сокращения описаны в главе 4.

Решение других задач является предметом деятельности менеджмента предприятия. Способы и инструменты решения этих задач описаны в специальной литературе по менеджменту.

Классификация затрат времени на рабочем месте представлена на рис. 3.2.

В общем случае все затраты времени на рабочем месте можно разделить на время работы и время перерывов по разным причинам. Время работы в свою очередь делится на время выполнения производительной (полезной) работы, затрачиваемое на изготовление детали (сборку СЕ), и время непроизводительной работы, которой в идеальном случае не должно быть (например, изготовление негодной детали, которая будет забракована при контроле, или поиск рабочим заготовок, которые не поставлены на рабочее место в срок и т.п.).

Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины



Рис. 3.1. Классификация норм времени



Время полезной работы по способу отнесения его на единичное изделие можно разделить на две группы – цикловые и внецикловые затраты времени. Цикловые затраты идут на действия, необходимые для выполнения обработки каждой следующей заготовки (сборки СЕ), т.е. повторяются и образуют цикл обработки детали (сборки СЕ). Эти действия включаются в состав технологических или вспомогательных переходов. Цикловые затраты называют в техническом нормировании оперативным временем.

Напомним, что технологическим переходом называется законченная часть операции, включающая действия по изменению формы, размеров, свойств материала детали (положения детали в СЕ при сборке). ***Затраты времени на выполнение технологических переходов оценивается основным (технологическим) временем, которое обозначается  $t_o$ .***

Вспомогательным переходом называется законченная часть технологической операции, содержащая действия, не приводящие к изменению формы, размеров, свойств материала детали (положения детали в СЕ при сборке), но необходимые для подготовки к выполнению технологического перехода. ***Время, затрачиваемое на выполнение вспомогательных переходов, называется вспомогательным и обозначается  $t_v$ .***

Таким образом, цикловые затраты или оперативное время определяются суммой основного и вспомогательного времен:

$$t_{ц} = t_{оп} = t_o + t_v \quad (3.1)$$

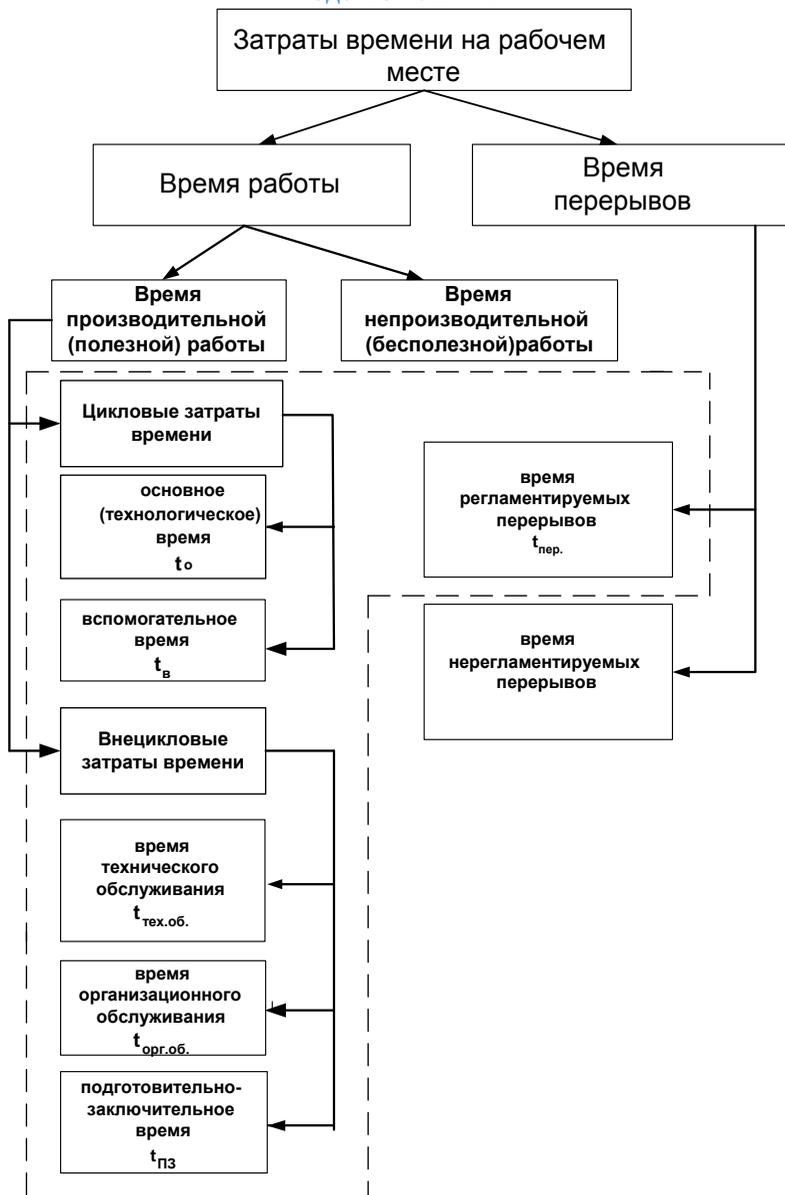


Рис. 3.2. Классификация затрат времени на рабочем месте



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

Внецикловые затраты времени идут на выполнение работ, повторяющихся для некоторой группы обрабатываемых деталей (собираемых СЕ) и распределяются равномерно между этими изделиями. К числу таких работ относятся техническое обслуживание рабочего места, организационное обслуживание рабочего места и подготовка рабочего места в условиях серийного производства к обработке партии очередной детали, закрепленной за этим рабочим местом.

**Время технического обслуживания  $T_{\text{тех.об.}}$**  затрачивается на придание технологической системе и поддержание в ней состояния, при котором обеспечивается выпуск годных изделий. Эти действия – наладка и подналадка технологической системы. Состав и содержание этих действий описаны в [19]. При назначении нормы времени на одно изделие время  $T_{\text{тех.об.}}$  распределяется равномерно между всеми  $k$  деталями, изготовленными при одной наладке технологической системы:

$$t_{\text{тех.об}} = \frac{T_{\text{тех.об.}}}{k} \quad \text{мин.} \quad (3.2)$$

**Время организационного обслуживания рабочего места  $T_{\text{орг.об.}}$**  затрачивается на поддержание всего рабочего места в рабочем состоянии. Это – чистка и смазка оборудования и приспособлений, удаление стружки с рабочего места, очистка и обновление СОЖ и т.п. Как правило, эти работы выполняются один раз в конце смены. При назначении нормы времени на одно изделие время  $T_{\text{орг.об.}}$  распределяется равномерно между всеми  $q$  деталями, изготовленными за смену, или другой промежуток времени между двумя уборками рабочего места:

$$t_{\text{орг.об}} = \frac{T_{\text{орг.об.}}}{q} \quad \text{мин.} \quad (3.3)$$



**Подготовительно-заключительное время  $T_{п.з.}$**  затрачивается в серийном производстве на рабочем месте всякий раз, когда на него поступает для обработки партия следующей закрепленной за рабочим местом детали. В состав таких подготовительно-заключительных работ, как правило, входят:

- получение технологической документации и наряда на работу, необходимых для выполнения работы материалов, инструментов, приспособлений,
- ознакомление с работой, технологической документацией, чертежом, получение инструктажа,
- установка в технологическую систему приспособлений (или их переналадка в случае использования универсально-переналаживаемой оснастки) и инструментов,
- снятие приспособлений и инструментов по окончании обработки партии изделий,
- сдача готовой продукции, приспособлений и инструментов, технологической документации и наряда.

Длительность подготовительно-заключительного времени не зависит от величины партии, а определяется конструктивно-технологическими особенностями подлежащей обработке детали, используемых на операции технологическом оборудовании и оснастки, особенностями организации работ в цехе, квалификацией рабочего.

При назначении нормы времени на одно изделие время  $T_{п.з.}$  распределяется равномерно между всеми  $n$  деталями партии:

$$t_{п.з.} = \frac{T_{п.з.}}{n} \text{ мин.} \quad (3.4)$$

**Время перерывов в работе  $T_{пер.}$**  по возможности регламентации их длительности делится на две группы – перерывы регламентируемые и нерегламентируемые.

**Время регламентируемых перерывов** затрачивается



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

на отдых (время, затрачиваемое рабочим для отдыха для предотвращения утомления и поддержки нормальной работоспособности), личные надобности (время, затрачиваемое рабочим на личную гигиену и естественные потребности) и на перерывы, установленные технологией и организацией производственного процесса (время перерывов, вызванных специфическими условиями проектирования технологического процесса);

**Нерегламентированные перерывы** включают в себя перерывы из-за нарушения нормального течения производственного процесса, т.е. перерывы в работе по организационно-техническим причинам вследствие плохой организации труда и производства, несвоевременной подачи материалов на рабочее место, из-за неисправности оборудования, перебоев в подаче электроэнергии и т.д., а также перерывы, вызванные нарушением трудовой дисциплины. Нерегламентируемые перерывы не могут быть включены в техническую норму времени на операцию.

Длительность регламентированных перерывов  $t_{пер.}$ , приходящихся на одно изделие, определяется, как правило, на основе статистических исследований этих затрат в конкретных производственных условиях и назначается в процентах от оперативного времени.

**В общем случае** в техническую норму времени на операцию включаются все составляющие затрат на производительную работу и время регламентированных перерывов (на рис. 3.1 они обведены пунктирной линией), и эта **норма называется штучно-калькуляционным временем:**

$$t_{шт.к.} = t_{раб.} + t_{пер.} = t_o + t_в + t_{тех.об.} + t_{орг.об.} + t_{н.з.} + t_{пер.} \quad (3.5)$$

**В массовом производстве**, где за одним рабочим местом закрепляется одна деталиеоперация, нет затрат подготовительно-заключительного времени, т.е.  $T_{н.з.} = 0$ , **техническая норма времени называется штучным временем:**



$$t_{ум.} = t_o + t_в + t_{тех.об.} + t_{орг.об.} + t_{пер.} \quad (3.6)$$

Таким образом, штучно-калькуляционное время может быть представлено суммой штучного времени и подготовительно-заключительного, приходящегося на одно изделие:

$$t_{ум.к.} = t_{ум} + t_{нз} = t_{ум} + \frac{T_{нз}}{n} \quad (3.7)$$



### 3.2. Методы нормирования

Под методом нормирования понимается совокупность приемов установления норм труда, которые включают в себя анализ трудового процесса, проектирование рациональной организации и расчет норм труда. Выбор метода определяется характером нормируемых работ и условий их выполнения.

Методы нормирования различаются по способу определения величины нормы времени. Классификация методов нормирования приведена на рис. 3.3.

**Суммарные методы** отличаются тем, что норма времени назначается в них на операцию или даже весь технологический процесс изготовления детали (сборки СЕ) без разделения ее на элементы затрат, приведенных на рис. 3.2. Они различаются между собой информационной базой, на основании которой определяется (назначается) норма времени.

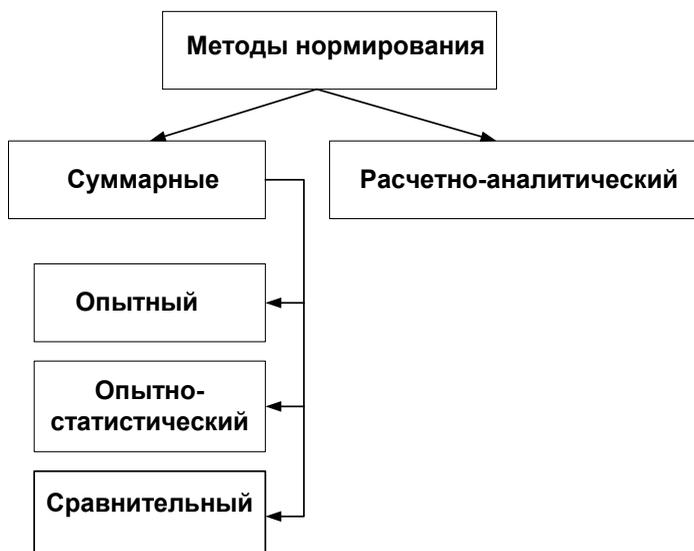


Рис. 3.3. Классификация методов нормирования



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

Общим достоинством всех суммарных методов является быстрота и малая трудоемкость нормирования и, следовательно, небольшие затраты на эту работу. Общим и существенным недостатком суммарных методов является невозможность поиска и реализации возможностей для уменьшения суммарной нормы времени. Поэтому эти методы находят рациональное применение в условиях единичного и мелкосерийного производств.

При *опытном методе* норма времени определяется и назначается на основе опыта лица, осуществляющего нормирование, т.е. нормировщика. Таким цеховым нормировщиком назначается наиболее опытный технолог, длительное время работавший в этом цехе и в памяти которого сформировалась информационная база об обработке деталей разных типов в прошлом и о трудоемкости их обработки на отдельных операциях или в целом технологическом процессе. На основе этой личной базы он и назначает норму времени на обработку очередной подлежащей изготовлению в этом цехе детали.

Дополнительными недостатками опытного метода являются, во-первых, потеря информационной базы с уходом нормировщика, и, во-вторых, возможность возникновения социальных конфликтов между рабочими и администрацией цеха. Рабочие всегда заинтересованы в увеличении нормы времени, чтобы при сдельной оплате труда за одну и ту же работу получить большую зарплату, либо при повременной оплате труда за одну и ту же зарплату иметь меньшую интенсивность труда. Администрация же заинтересована в снижении расходов на оплату труда как средстве снижения себестоимости изготовления единицы продукции. Нормировщик же находится на стыке интересов и оказывается в ситуации зерна между жерновами мельницы. И каждая из заинтересованных сторон стремится добиться через его решение достижения своих целей.

*Опытно-статистический метод* позволяет несколько уменьшить последние недостатки опытного метода.



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

В нем цеховая информационная база для назначения суммарной нормы времени формируется ведением специального журнала, в котором фиксируется технологический маршрут и реальная трудоемкость каждой изготавливаемой в цехе детали. Таким образом, документируется информационная база процесса нормирования. Нормировщик находит в этом журнале сведения об обработке близкой по конструктивно-технологическим параметрам детали и, опираясь на них, назначает норму времени на подлежащую обработке новую деталь. Достоинством этого метода является возможность аргументировать как перед рабочим, так и перед администрацией назначенную норму.

Как при опытном, так и при опытно-статистическом методе информационная база нормирования ограничивается прошлым опытом конкретного цеха. Оба метода переносят прошлое в будущее, что не стимулирует технологическое развитие и не способствует повышению производительности труда в цехе.

**В сравнительном методе** информационная база формируется, как правило, в масштабе отрасли машиностроения. В эту базу включаются данные о трудоемкости типовых деталей, обрабатываемых в прошлом на различных машиностроительных предприятиях отрасли. Эту базу формируют специальные подразделения или отраслевые научно-исследовательские институты, такие как Научно-исследовательский институт технологии автомобильной промышленности (НИИТАВТОПРОМ), Научно-исследовательский институт авиационной технологии (НИАТ), Научно-исследовательский институт тракторного и сельскохозяйственного машиностроения (НИИТРАКТОРОСЕЛЬХОЗМАШ) и др.

Метод основывается на том, что внутри группы однотипных деталей, объединенных общностью конструктивной формы, их трудоемкость можно функционально описать в зависимости от какого-либо показателя этой формы. Так, например, в группе деталей типа «втулка» очевидно трудо-



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

емкость изготовления будет зависеть от двух конструктивных параметров – диаметра и соотношения диаметра и длины, причем неважно, какой диаметр взять для построения такой зависимости. Ясно, что чем больше диаметр и длина, тем больше будет и трудоемкость обработки втулки. Такую эмпирическую зависимость можно получить в результате математической обработки массива трудоемкости различных деталей одной группы, полученного с различных предприятий отрасли.

Такая информационная отраслевая база представляется либо в табличной, либо в графической форме [14,16,17,18,24,25,26 и др.].

**Расчетно-аналитический метод** предполагает установление норм на основе анализа конкретного трудового процесса, проектирования рациональных режимов работы оборудования и приемов труда рабочих, определения норм по элементам трудового процесса с учетом специфики конкретных рабочих мест и производственных подразделений.

**Расчетно-аналитический метод нормирования** основан на определении расчетом или в результате статистических исследований затрат времени в действующем производстве всех составляющих нормы времени с последующим расчетом технической нормы по формулам (3.5) или (3.6).

Нормы, установленные на основе расчетно-аналитического метода, называют обычно **технически обоснованными или научно обоснованными**.

Расчетом можно определить составляющие цикловых затрат времени, т.е. основное и вспомогательное времена, и только в том случае, если соответствующие этим затратам времени работы механизированы или автоматизированы.

Основное время рассчитывается отношением длины рабочего хода инструмента относительно заготовки к минутной подаче в этом направлении. Такой расчет возможен, если и главное движение и движение подачи осуществляется механизмами оборудования, т.е. основное время становится машинным. Например, при сверлении отверстия на



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

сверлильном станке вращение сверла с угловой скоростью  $n$  об/мин осуществляется от электродвигателя через коробку скоростей, а подача сверла – от того же электродвигателя через коробку подач, при этом кинематика станка обеспечивает определенную подачу на один оборот станка  $S$  мм/об. Тогда

$$t_o = \frac{L}{S \times n} \text{ мин}$$

Также можно рассчитать время выполнения отдельных вспомогательных переходов или даже всего вспомогательного времени, если они выполняются механизмами оборудования или технологического оснащения. Например, можно рассчитать время на установку заготовки и съем обработанной детали, если установка заготовок на операции осуществляется специальным автоматическим загрузочным устройством или промышленным роботом.

Если же основное и вспомогательное время ручное или машинно-ручное или ручное, такие расчеты невозможны. Например, при сверлении отверстия ручной дрелью оба движения формообразования (вращение сверла и подача) осуществляются рабочим, при сверлении того же отверстия электродрелью движение подачи также осуществляет рабочий, и скорость этого движения зависит от состояния рабочего и может варьироваться в достаточно широких пределах даже в течение времени обработки одного изделия. В таких случаях для определения длительности циклически повторяющихся элементов затрат времени или всего оперативного времени проводят статистическое исследование таких затрат в действующем производстве. Метод этого исследования называется *хронометраж*.

Главная его цель – получить научно обоснованные материалы, позволяющие осуществить рационализацию производства, повысить эффективность и содержательность труда. Подчиненные цели включают:

- накопление данных о продолжительности от-



## Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

дельных элементов операции с целью использования их для последующей разработки нормативов времени, расчета обоснованных норм при отсутствии нормативов или недостаточной их полноте;

- корректировка действующих и установление новых норм в крупносерийном и массовом производстве, оценка затрат времени на выполнение операции с точки зрения их рациональности и целесообразности;
- изучение достижений новаторов производства, отбор лучших приемов работы для проектирования на их основе рациональных трудовых процессов;
- выявление нерациональных, излишних приемов для определения оптимального состава и последовательности элементов операции;
- оценка организационно-технических условий и их влияния на затраты времени при выполнении отдельных элементов операции.

При хронометраже затраты на циклически повторяющиеся действия рабочего на конкретном рабочем месте многократно измеряются.

Хронометражные наблюдения всех разновидностей осуществляют только методом непосредственных замеров времени.

Хронометражные исследования различают по полноте охвата элементов оперативного времени, а также по способу фиксации времени. Исходя из этих признаков, выделяют сплошной (непрерывный) и выборочный хронометраж.

При непрерывном хронометраже проводят непрерывное изучение и замеры длительности всех элементов оперативного времени в их технологической последовательности.

При выборочном хронометраже изучают и измеряют продолжительность не всего оперативного времени, а только отдельных его элементов.

Так как при хронометраже встречаются с неравномерностью в работе, следует определить, при каком количестве циклов отклонения будут взаимно погашаться. Оче-



видно, что ограничиться небольшим количеством наблюдений нельзя, т.к. результаты могут быть случайными, однако, начиная с определенного числа, увеличение мало повышает степень достоверности, одновременно увеличивая трудоемкость наблюдения в прямой пропорции. Существует несколько наиболее используемых методов для определения числа наблюдений [ 32,33 ].

Изучаемую операцию расчленяют на составляющие элементы. Степень расчленения операции зависит от типа производства, цели наблюдения, конструкции измерительного прибора, способа измерений, квалификации наблюдателя.

Чтобы правильно определить длительность каждого элемента операции по каждому замеру, их четко разграничивают фиксажными точками.

Фиксажные точки – это отчетливые внешние признаки, определяющие начальные и конечные моменты каждого из измеряемых элементов операции.

Перед организацией хронометража необходимо:

- 1) подробно расписать исследуемый переход по приемам;
- 2) наметить фиксажные точки.

При выборочном хронометраже определяют начальные и конечные фиксажные точки. Составляется карта наблюдений (см. пример в табл. 1). В табл. приведены результаты хронометража одного технологического перехода «Установить заготовку корпуса в приспособление» в операции обработки некоторого корпуса.



Таблица 1

Карта наблюдений выборочного хронометража (вспомогательный переход «Установить заготовку корпуса в приспособление»)

№ при ема	Содержание перехода	Фиксажная точка	Вре -мя сек.	№ наблюдения					
				1	2	3	4	...	
1	Подойти к стеллажу	Начало 1 <sup>го</sup> шага к стеллажу							
2	Взять корпус								
3	Осмотреть								
4	Перенести к приспособле- нию			48	51	52	62	...	
5	Установить								
6	Закрепить спе- циальным ключом вруч- ную	Касание ключом места его хране- ния после закреп- ления							

Обработка результатов наблюдений заключается в следующем:

1. Составляется хроноряд по каждому исследуемому элементу оперативного времени. **Хроноряд** – совокупность всех наблюдений по каждому элементу;

2. Из хроноряда исключаются заведомо дефектные наблюдения,

3. Составляется упорядоченный хроноряд, где данные располагаются в порядке возрастания;

4. Определяются основные показатели хроноряда: среднее арифметическое всех членов хроноряда. Оно может быть принято за норму времени на выполнение данного элемента и включается в формулы (3.5) или (3.6) для расчета технической нормы времени.

Существует обширная литература по организации и технике проведения хронометражных исследований раз-



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

личного типа, по способам математической обработки результатов наблюдений, например [32,33].

В результате математической обработки массива измеренных данных определяется его среднее значение соответствующих затрат времени и оно включается в формулы (3.5) или (3.6) для расчета технической нормы времени.

Хронометраж имеет ряд недостатков:

1. Норму времени основывают на средних фактических затратах рабочего времени теми исполнителями, рабочие места которых были объектами наблюдений, поэтому от правильности выбора последних зависит и достоверность полученных материалов.

2. Фиксируя реальное время выполнения приемов, исследователь не может утверждать, что этот уровень всесторонне обоснован, так как нормировщик определяет достигнутый уровень производительности, который вовсе не означает возможную в данных условиях производительность на каждом рабочем месте при среднем (нормативном) уровне способностей исполнителей.

3. Данные, полученные посредством хронометража, всегда будут в большей или меньшей степени субъективны.

4. Нормативное исследование можно провести только после начала производства и полного освоения рабочими операций.

5. Обойтись без ошибок при измерении отдельных действий практически невозможно, особенно на кратковременных операциях. Также трудно сравнимы данные хронометража одних и тех же операций, которые были получены на разных предприятиях, в разных производственных условиях и в разное время.

И все же другого более точного источника информации о затратах ручного или машинно-ручного оперативного времени нет, поэтому хронометраж широко используется для целей технического нормирования.

На основе обобщения результатов многочисленных хронометражных исследований разработаны нормативы



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

оперативного времени и его составляющих для разных технологических операций в различных производственных условиях. Эти нормативы используются для определения проектных норм времени. В массовом и крупносерийном производствах они затем уточняются по результатам хронометражных исследований действующего производства.

**Внецикловые затраты** времени расчетам не поддаются, так как большая часть внецикловых работ (или даже все они) выполняются вручную. Для определения величины таких затрат времени применяется другой метод статистического исследования, который называется *фотография рабочего дня (рабочего времени)*. Фотография рабочего времени – это вид наблюдений, при помощи которого изучают и анализируют затраты времени одним рабочим или группой, связанные с выполнением того или иного процесса на протяжении всего рабочего дня (смены) или его части, независимо от того, на что затрачено это время. Фотография рабочего времени не раскрывает технологию и методы осуществления процесса, а лишь фиксирует его протекание. Метод заключается в том, что в течение всего рабочего дня (смены) нормировщик фиксирует, на что и сколько времени потратил рабочий. Пример фотографии рабочего времени приведен в табл. 2 .

Измеренные значения затрат времени распределяются по принадлежности работ к элементам нормы времени в формуле (3.5). Пример такой обработки карты наблюдений приведен в табл. 3 .

Такие измерения проводятся многократно, т.е. в течение многих смен. Математической обработкой массива данных каждого элемента затрат времени определяется средняя величина, которая и включается в техническую норму времени.



Таблица 2

Наблюдательный лист (фотокарта) индивидуальной фотографии рабочего времени

Профессия		Токарь		Дата наблюдения		21.01.2004	
Место работы		Цех №1, Участок №3, станок 1К62		Наблюдатель		Довгаль С.П.	
№ п/п	Затраты рабочего времени	Текущее время		Продолжительность, мин.	Перекрывается № __	Количество изделий	Индекс затрат времени *)
		час.	мин				
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Начало работы	8	00		-	-	
2	Смазка станка	8	06	6	-	-	ОО-1
3	Получение задания и техн. документации	8	11	5	-	-	ПЗ-1
4	Получение инструмента	8	14	3	-	-	ПЗ-2
5	Инструктаж мастера	8	18	4	-	-	ПЗ-3
6	Получение заготовок	8	27	9	-	-	ПЗ-4
7	Установка инструмента	8	30	3			ТО-2
7	Наладка станка	8	36	6	-	-	ТО-1
8	Обработка деталей	10	02	86	20	-	ОП
9	Смена инструмента,	10	05	3	-	-	ТО-2
10	Наладка станка	10	13	8	-	-	ТО-1
11	Обработка деталей	11	53	100	24	-	ОП
12	Разговор с соседом	12	00	7	-	-	ПН-2
13	Ушел на обед	12	00	-	-	-	-
14	Обед	13	00	-	-	-	-



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

15	Смена инструмента,	13	04	4	-	-	ТО-2
16	Наладка станка	13	11	7	-	-	ТО-1
17	Обработка деталей	14	26	75	18	-	ОП
18	Личные нужды	14	32	6	-	-	ПР-1
19	Смена инструмента	14	36	4	-	-	ТО-2
20	Наладка станка	14	44	8	-	-	ТО-1
21	Замена приводного ремня станка	15	02	18	-	-	ПН-2
22	Обработка деталей	16	25	93	23	-	ОП
23	Сметание стружки	16	32	7	-	-	ОО-2
23	Сдача деталей ОТК	16	40	8	-	-	ПЗ-6
24	Сдача инструмента	16	46	6	-	-	ПЗ-7
26	Уборка рабочего места	16	53	7	-	-	ОО-3
27	Уход с рабочего места до окончания рабочего времени	17	00	7	-	-	ПН-4

\*) Индексы затрат времени:

**Оперативное время: ОП .**

**Подготовительно-заключительное время: ПЗ-1** – получение задания и технической документации, **ПЗ-2** – получение инструментов, **ПЗ-3** – инструктаж мастера,

**ПЗ-4** – Получение заготовок, **ПЗ-5** – получение приспособлений, **ПЗ-6** – Сдача обработанных деталей, **ПЗ-7** – сдача инструментов, **ПЗ-8** – сдача приспособлений,

**Время технического обслуживания: ТО-1** – наладка станка, **ТО-2** – смена инструмента,

**Время организационного обслуживания: ОО-1** – смазка станка, **ОО-2** – Уборка стружки, **ОО-3** – уборка рабочего места,

**Регламентируемые перерывы: ПР-1** – перерывы по личным надобностям, **ПР-2** – перерывы на отдых,



**Нерегламентируемые перерывы:** **ПН-1** – посторонние разговоры, не связанные с выполнением задания, **ПН-2** – перерывы, связанные с ремонтом станка, **ПН-3** – перерывы из-за отсутствия электроэнергии, **ПН-4** – уход с рабочего места, **ПН-5** – перерывы по другим причинам.

Выше указанными научно-исследовательскими институтами проведена огромная работа по обобщению таких статистических исследований затрат времени в различных производственных условиях и на этой основе разработаны нормативы, которые используются в практике технологического проектирования для назначения технических норм времени. Издан ряд справочников нормировщика [24,25,25], в которых эта информация содержится в табличной форме или в форме номограмм и рекомендации по ее использованию. В настоящее время в Минтруда РФ работает Управление по нормативам, которое анализирует накопленные рекомендации по нормам времени, актуализирует их и утверждает Постановлениями Минтруда, публикуя для использования на специальном сайте [14,15,16,17,18и др.],

На основе анализа массива результатов многочисленных исследований внецикловых затрат времени (кроме подготовительно-заключительного) разработаны рекомендации для их назначения при укрупненном проектировании в процентах от оперативного времени. Эти рекомендации можно найти в справочниках нормировщика. Тогда норма времени определяется по следующей формуле:



Таблица 3

Сводка одноименных затрат времени

Элемент нормы времени	Индекс затрат времени	Затраты рабочего времени	Повторяемость	Общая продолжительность, мин.	В т.ч. перекрываемое машинным временем	Средняя продолжительность, мин.
1	2	3	4	5	6	7
$t_{он}$	ОП	Обработка деталей	85	354	-	4,16
$t_{мех.об.}$	ТО-1	Наладка станка	4	29	-	7,25
	ТО-2	Установка (смена инструмента)	4	14	-	3,5
	Всего					
$t_{орг.об}$	ОО-1	Смазка станка	1	6	-	6
	ОО-2	Уборка стружки	1	7	-	7
	ОО-3	Уборка рабочего места	1	7	-	7
	Всего					
$t_{пер}$	ПР-1	Перерывы по личным надобностям	1	5	-	6
	ПР-2	Перерывы на отдых	-			
	Всего					
$T_{пз}$	ПЗ-1	Получение задания и тех. документации	1	5	-	5
	ПЗ-2	Получение инструмента		3	-	3
	ПЗ-3	Инструктаж мастера		4	-	4
	ПЗ-4	Получение заготовок		9	-	9



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

	ПЗ-5	Получение приспособлений		-	-	-
	ПЗ-6	Сдача деталей		8	-	8
	ПЗ-7	Сдача инструмента		6	-	6
	ПЗ-8	Сдача приспособлений		-	-	-
	Всего					35
<b>Нерегламентированные перерывы</b>	ПН-1	посторонние разговоры	1	7	-	7
	ПН-2	перерывы, связанные с ремонтом станка	1	18	-	18
	ПН-3	перерывы из-за отсутствия электроэнергии	-	-	-	-
	ПН-4	уход с рабочего места	1	7	-	7
	ПН-5	перерывы по другим причинам.	-	-	-	-
	Всего					32
Всего				480		

$$t_{\text{шт.к.}} = t_{\text{он}} \left( 1 + \frac{a + b + v}{100} \right) + \frac{T_{\text{ПЗ}}}{n}, \text{ мин.}$$

Где  $a$ ,  $b$ ,  $v$  – соответственно  $t_{\text{тех.об}}$ ,  $t_{\text{орг.об}}$ ,  $t_{\text{пер}}$  в процентах от оперативного времени.

### Контрольные вопросы

1. Что понимается под технической нормой времени и техническим нормированием?
2. Какова структура затрат времени на рабочем месте?
3. Какие затраты времени включаются в техническую норму времени?



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

4. Из чего складываются цикловые затраты времени?
5. На что затрачивается основное (технологическое) время? Как определяется его величина?
6. На что затрачивается вспомогательное время? Как определяется его величина?
7. Что такое хронометраж и для чего он применяется?
8. Какова структура внецикловых затрат времени? Как определяется их величина?
9. Что такое фотография рабочего дня и для чего она применяется?



## ГЛАВА 4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УМЕНЬШЕНИЯ НОРМЫ ВРЕМЕНИ

### 4.1. Пути и меры снижения цикловых затрат времени

Цикловые затраты времени, называемые также оперативным временем, складываются из основного и вспомогательного времен:

$$t_{ц} = t_{оп} = t_o + t_v \quad (4.1)$$

Таким образом, для уменьшения оперативного времени на операции нужно уменьшать одно из слагаемых или оба одновременно.

Пути и меры уменьшения основного времени. В зависимости от степени механизации процесса обработки основное время может быть

Ручным, когда все формообразующие движения выполняются рабочим вручную; примерами такой обработки могут служить опиливание напильником, сверление отверстий ручной дрелью и т.п.

Машинно-ручным, когда хотя бы одно формообразующее движение выполняется рабочим вручную; примеры – сверление отверстий электрической дрелью, обтачивание поверхности на токарном станке с ручной продольной или поперечной подачей и т.п.

Машинным, когда все формообразующие движения выполняются технологическим оборудованием.

Ручное и машинно-ручное точному расчету не поддаются, сильно зависят от квалификации, индивидуальных особенностей и состояния рабочего. Поэтому наиболее эффективно такое время можно сократить, превратив его в машинное соответствующим выбором технологического оборудования.

В общем случае затраты машинного времени описываются формулой



$$t_o = \frac{L_{p.x.}}{S_{мин}}, \text{ мин.} \quad (4.2)$$

где  $L_{p.x.}$  – длина рабочего хода инструмента, мм;  $S_{мин}$  – минутная подача инструмента (скорость взаимного перемещения инструмента и заготовки по длине рабочего хода), мм/мин.

Из формулы (4.2) можно получить формулу для расчета машинного времени для любого метода обработки. Например, для наружного продольного точения (см. рис. 4.1) формула (4.2) примет вид

$$t_o = \frac{L_{вр} + L_{\partial} + L_{пер}}{S_o n}, \text{ мин.} \quad (4.3)$$

Где  $L_{вр}$  – длина пути врезания инструмента, мм;  $L_{\partial}$  – длина обрабатываемой поверхности детали, мм;  $L_{пер}$  – длина пути перебега инструмента, мм;

$S_o$  – продольная подача инструмента, мм/об.;  $n$  – частота вращения шпинделя, об/мин.

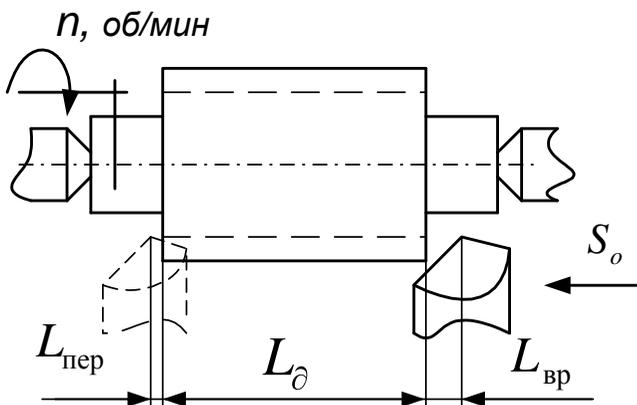


Рис. 4.1. Схема продольного обтачивания поверхности одним резцом



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

Формула (4.3) позволяет наметить два пути для уменьшения основного времени при одноинструментной обработке:

Увеличение знаменателя за счет повышения режимов обработки. На этом пути – оптимизация параметров режима и их повышение за счет применения соответствующих инструментальных материалов (например, твердосплавных взамен быстрорежущей стали) и новых композитных материалов.

Уменьшение длины рабочего хода инструмента.

Длину рабочего хода при обработке одним инструментом можно уменьшить за счет уменьшения длин пути врезания и перебега. Это можно достичь:

Во-первых, за счет выбора конструктивных параметров инструмента. На рис. 4.2. приведены примеры влияния конструктивных параметров инструмента на длину врезания и перебега. Для токарных резцов такими параметрами являются параметры геометрии режущей части. На длину пути врезания проходного резца существенное влияние оказывает главный угол в плане  $\varphi$ , с его уменьшением длина пути врезания растет, как это показано на рис. 4.2 а. На длину пути врезания сверла влияет угол при вершине, с его увеличением длина пути врезания уменьшается, как это показано на рис. 4.2 б.

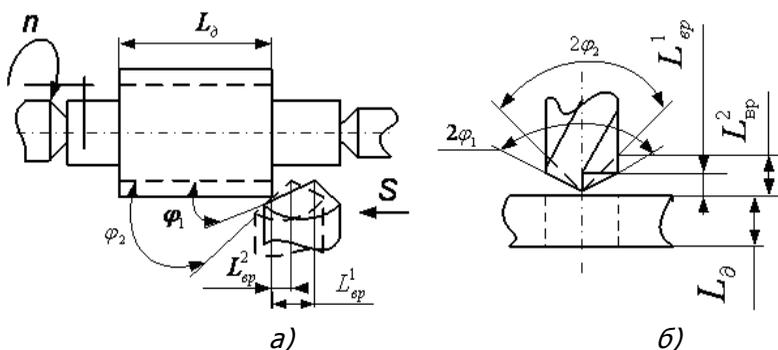


Рис. 4.2. Влияние геометрических параметров режущей части инструмента на длину пути врезания



На длину пути врезания при фрезеровании оказывает влияние диаметр фрезы. При фрезеровании цилиндрической фрезой плоскости (или паза), как показано на рис. 4.3 а, с увеличением диаметра фрезы путь врезания увеличивается, а при фрезеровании плоскости торцевой фрезой, увеличение диаметра фрезы уменьшает путь врезания, как показано на рис. 4,3 б.

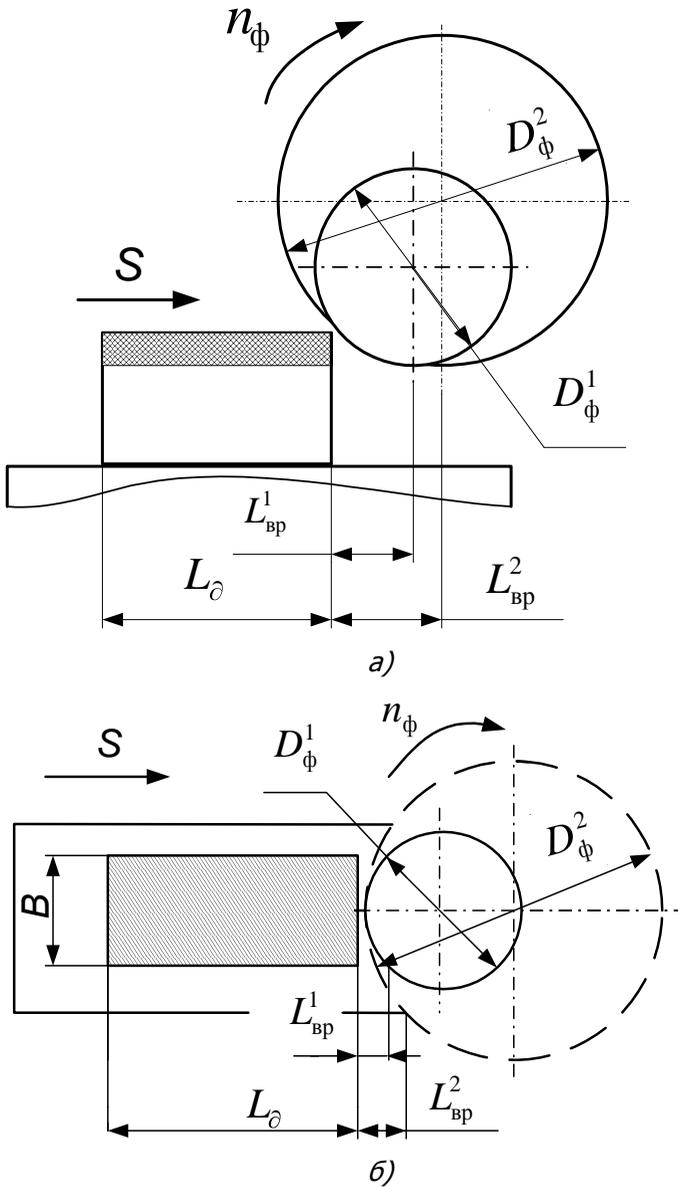


Рис. 4.3. Влияние диаметра фрезы и ее положения относительно обрабатываемой поверхности на длину пути врезания



На длину пути врезания торцевой фрезы существенное влияние оказывает ее положение относительно обрабатываемой поверхности. На рис.4.4 показано, что смещение оси фрезы на величину  $a$  относительно середины фрезеруемой плоскости приводит к увеличению пути врезания.

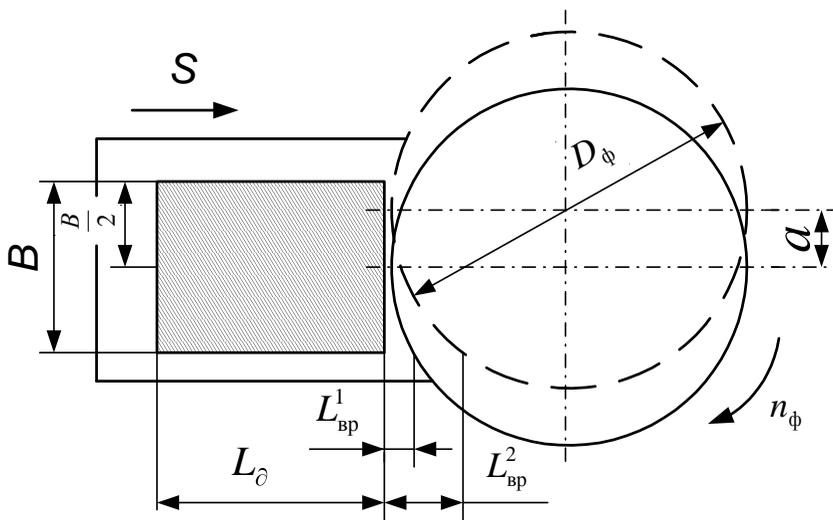


Рис. 4.4. Влияние положения фрезы относительно обрабатываемой поверхности на длину пути врезания

Во-вторых, обработкой нескольких деталей пакетом. На рис. 4.5 показан эффект этого мероприятия. Для определения основного времени в норме времени на сверление отверстия (см. рис. 4.5 а) общую длину рабочего хода при обработке пакета из трех деталей нужно разделить на три, а это значит, что на каждую деталь пакета приходится только третья часть пути врезания и перебега. Такой же эффект достигается при обтачивании пакета из трех деталей, установленных на оправку, как показано на рис. 4.5 б.

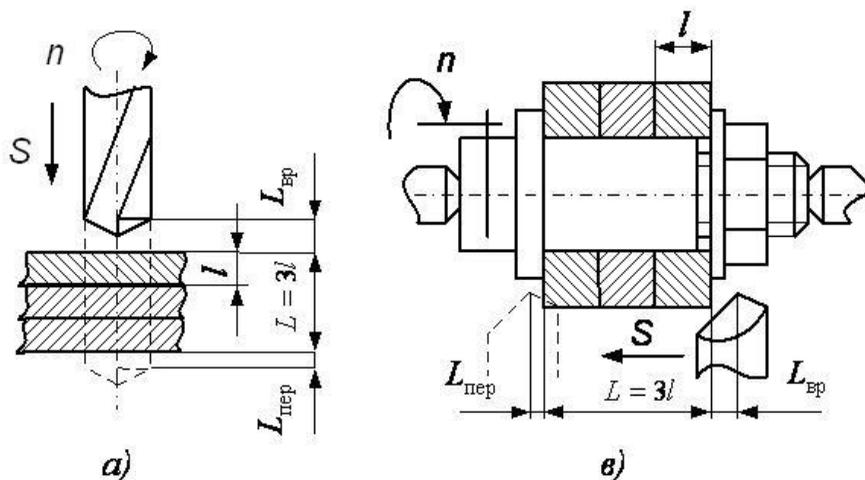


Рис. 4.5. Схемы одноинструментной обработки деталей пакетами

В-третьих, делением длины обрабатываемой поверхности между несколькими инструментами. На рис. 4.6 приведен пример обтачивания поверхности диаметром  $d$  на длине  $L_d$  двумя резцами. Резцы установлены в одну резцедержку, настроены на один диаметр, каждый из них обрабатывает поверхность на половине длины  $L_d$ . Таким образом, при расчете основного времени такой операции в длину рабочего хода нужно включить только половину длины обрабатываемой поверхности.

Последний пример дает нам понимание возможностей сокращения основного времени в норме времени на операцию за счет параллельной обработки. Параллельная обработка может быть организована как одним инструментом одной или нескольких деталей, так и несколькими инструментами одной или нескольких деталей. Рассмотрим эти возможности подробнее.

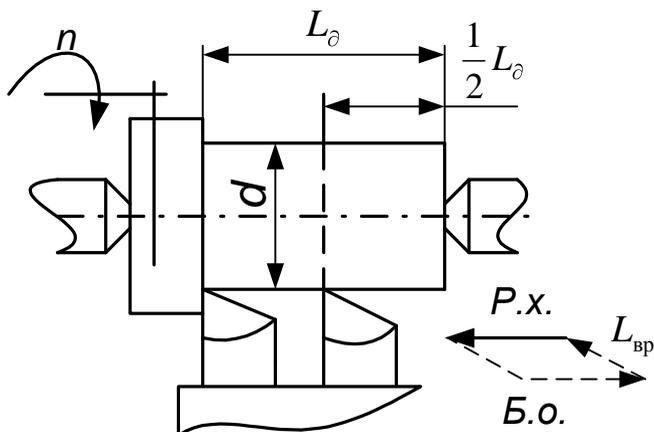


Рис. 4.6. Схема обтачивания поверхности двумя параллельно работающими инструментами

Эффект параллельности обработки нескольких поверхностей на одной детали можно получить применением специального фасонного инструмента, комбинированных инструментов, комплектов стандартных инструментов. Примеры реализации этих возможностей приведены на рис. 4.7, 4.8.

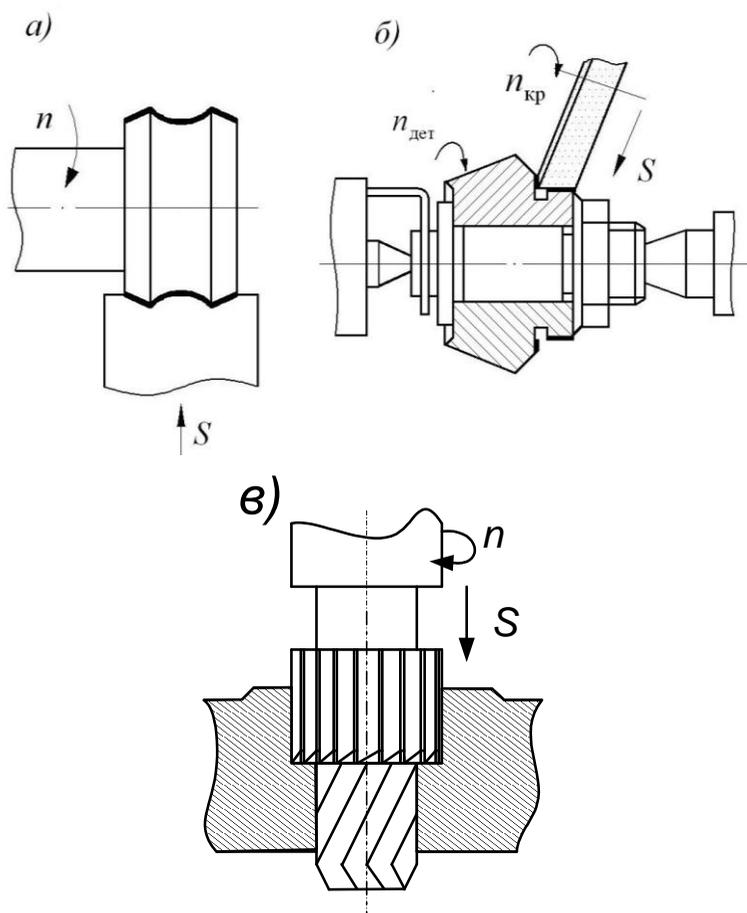


Рис. 4.7. Примеры параллельной обработки нескольких поверхностей одной детали сложными инструментами:

- а) фасонным резцом,  
 б) шлифовальным кругом, в) ступенчатым зенкером

На рис.4.7 а показана схема одновременного обтачивания трех поверхностей одной детали специальным фасонным резцом. На рис.4.7 б показана схема одновременного врезного шлифования цилиндрической поверхности и торца детали специально заправленным



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

кругом. При этом эффект достигается в двух направлениях – наряду с сокращением основного времени достигается точность взаимного расположения обрабатываемых поверхностей копированием профиля рабочей поверхности инструмента. На рис. 4.7 введена схема обработки ступенчатого отверстия комбинированным инструментом. Таким инструментом может быть ступенчатый зенкер, ступенчатая развертка, зенкер-развертка и т.д.

На рис. 4.8 показаны примеры параллельной обработки нескольких одинаковых или разных поверхностей одной детали комплектами стандартных инструментов. На рис. 4.8 а показана схема параллельного обтачивания двух поверхностей вала двумя резцами, установленными в одной резцедержке. При расчете основного времени на такой операции в формулу (4.3) на место  $L_d$  следует поставить длину большей ступени, при  $l_2 > l_1$  это будет  $l_2$ . На рис. 4.8 б показана схема одновременного (параллельного) сверления отверстий (они могут быть как одинакового, так и разных диаметров) в одной детали несколькими

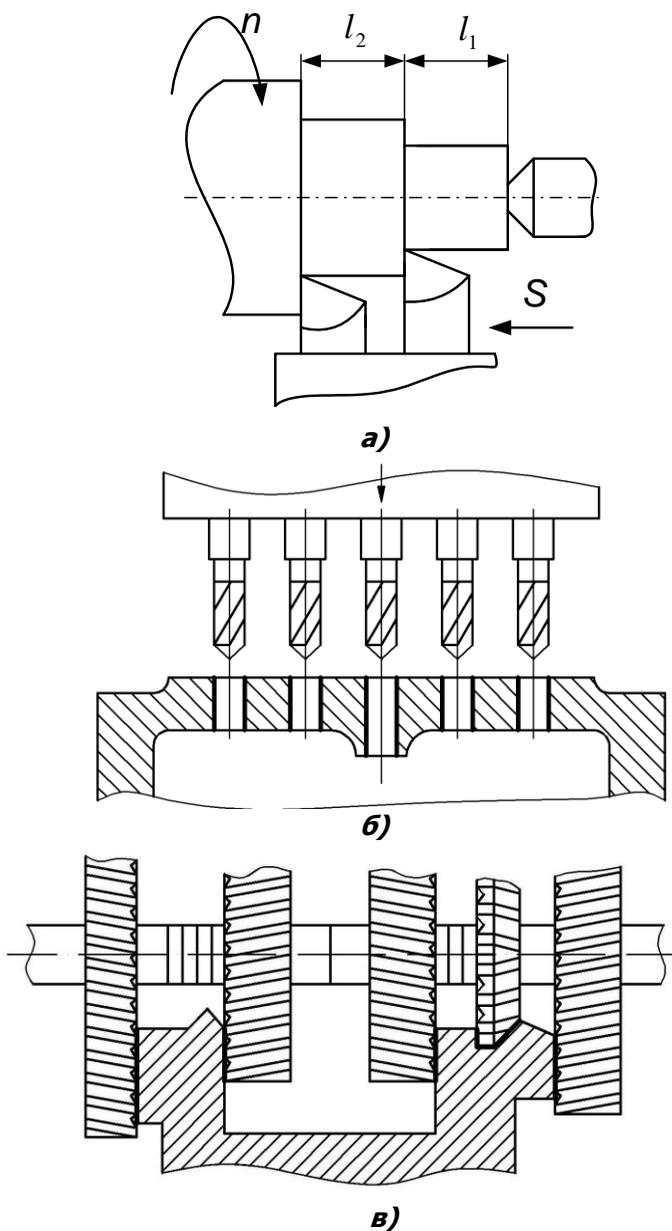


Рис. 4.8. Схемы обработки нескольких поверхностей одной детали комплектом параллельно работающих инструментов



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

сверлами в специальной многошпиндельной головке, установленной на шпиндель вертикально-сверлильного станка. При расчете основного времени на такой операции в формулу рабочего хода следует поставить длину наиболее длинного отверстия. На рис. 4.8в приведена схема обработки нескольких поверхностей станины токарного станка комплектом фрез, установленных на оправку горизонтально-фрезерного станка. Основное время такой обработки в формуле нормы времени нужно определять по фрезе, имеющей наибольшую длину рабочего хода

На рис. 4.9 приведен пример параллельной обработки одной поверхности на нескольких деталях одним инструментом – фрезерования плоскости торцевой фрезой. На столе фрезерного станка установлены три заготовки, на которых за один рабочий ход обрабатывается плоскость. В этом случае основное время в норме времени на одну деталь будет:

$$t_o = \frac{1}{3} \frac{L_{\text{фр}} + L_{\text{д}} + L_{\text{неп}}}{S_z z n}$$

Даже тот факт, что длина пути врезания при обработке трех деталей будет больше, чем при обработке одной, не помешает получить значительный эффект снижения основного времени, приходящегося на одну деталь.

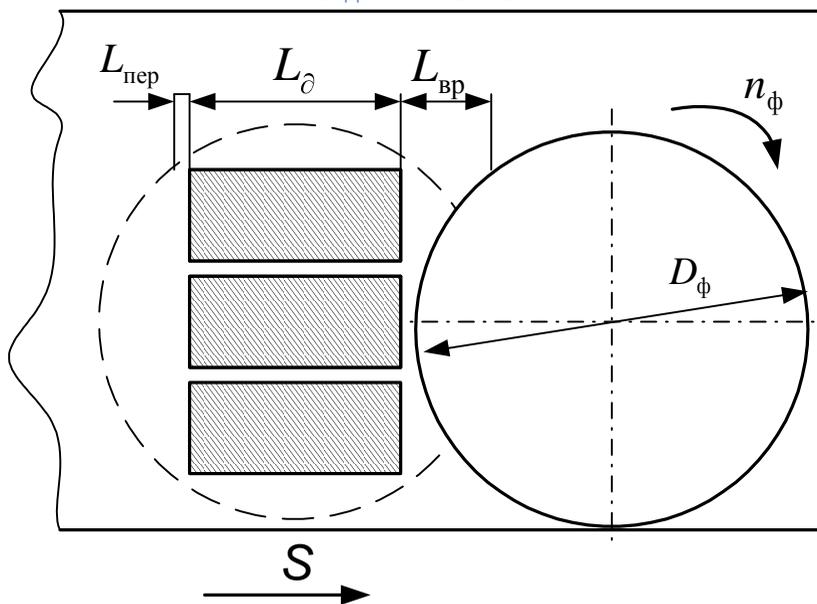


Рис. 4.9. Схема параллельного фрезерования плоскости торцевой фрезой на трех заготовках

Наконец, параллельную обработку одной или нескольких поверхностей можно организовать на нескольких позициях одной операции. На рис. 4.10 приведен пример такой обработки точного отверстия в одной детали разными инструментами – сверлом, зенкером и разверткой, – на позициях четырехпозиционного станка.

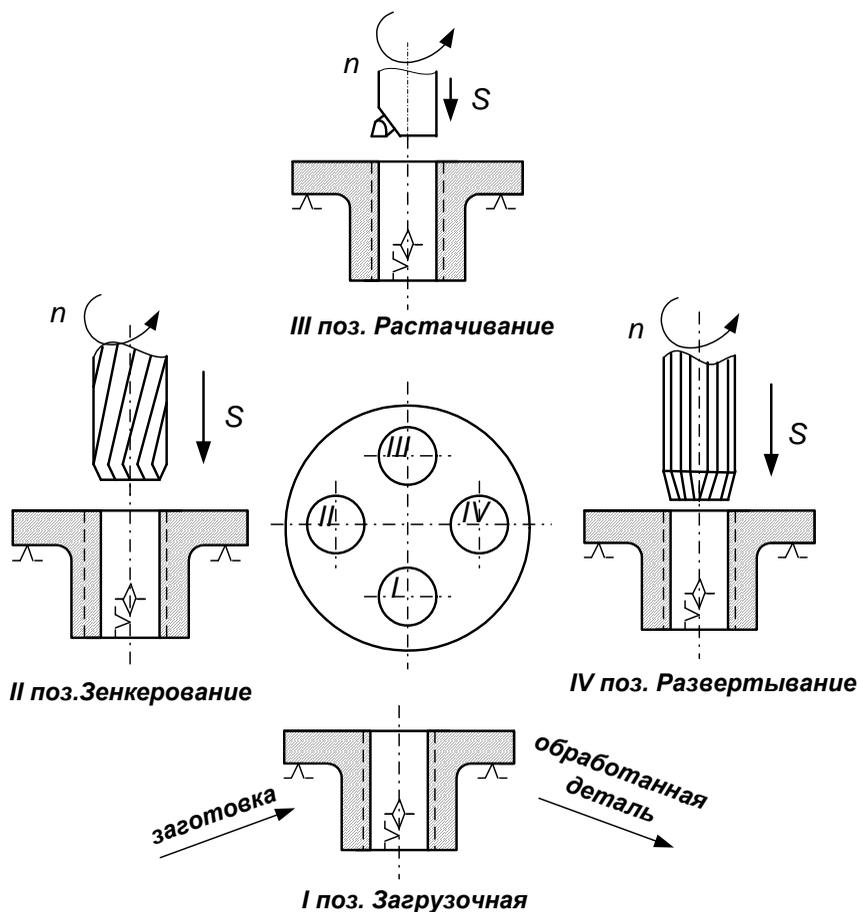


Рис. 4.10. Схема параллельной обработки отверстия одной детали тремя инструментами на 4-х позиционном станке

На поворотном столе станка расположены 4 приспособления для установки заготовок. Установка заготовки и съем обработанной детали осуществляется в I позиции во время обработки заготовок на других позициях. В трехшпиндельной головке установлены расточная скалка над I позицией, зенкер над II позицией и развертка над III позицией. Во время рабочего хода одновременно



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

обрабатываются отверстия в трех заготовках разными инструментами, после чего стол поворачивается на 90°. Каждая заготовка проходит обработку на всех трех позициях, и в первой позиции снимается готовая деталь.

При расчете основного времени на такой операции длина рабочего хода будет определяться тем инструментом, у которого окажутся наибольшие длины пути врезания и перебега, а скорость подачи многошпиндельной головки – тем инструментом, у которого будет наименьшая минутная подача

Пути и меры уменьшения вспомогательного времени. Доля вспомогательного времени в оперативном времени нередко существенна, а в ряде случаев превосходит долю основного. Появление новых инструментальных материалов, разработка новых видов инструментов, оснащенных твердыми и сверхтвердыми материалами, создание и внедрение более быстроходного и мощного оборудования позволяют повысить режимы обработки, что приводит к уменьшению основного времени и, как следствие, к возрастанию доли вспомогательного времени. Не редки случаи, когда уменьшение основного времени не дает ощутимого эффекта в производительности, так как его доля в оперативном времени невелика. Во многих случаях сокращение вспомогательного времени становится решающим фактором повышения производительности труда и технологического процесса.

Напомним, что вспомогательное время затрачивается на выполнение вспомогательных переходов:

$$t_{в} = t_{уст} + t_{упр} + t_{изм}, \quad (4.4)$$

где  $t_{уст}$  – время на установку заготовки и съем обработанной детали;

$t_{упр}$  – время на управление циклом (пуск станка, подвод и отвод в первоначальное положение инструмента, включение и выключение подачи и т.д.);

$t_{изм}$  – измерение полученного после обработки результата.



## Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

Это время, как и основное, может быть:

**Ручным**, когда все вспомогательные переходы выполняются рабочим. Это характерно для индивидуального и мелкосерийного производств, где используются универсальное оборудование и технологическая оснастка.

**Машино-ручным**, когда часть вспомогательных переходов выполняется оборудованием без участия рабочего. Это характерно в серийном и массовом производствах, где используются специализированные и специальные оборудование и технологическая оснастка с автоматизированным управлением циклом.

**Машинным**, когда все технологические переходы выполняются автоматизированным оборудованием (станки-автоматы, роботизированные технологические комплексы и т.д.).

Вспомогательное время в норме времени на операцию может быть

уменьшено действиями в двух направлениях:

– уменьшая каждое слагаемое в формуле (4.4), т.е. сокращая затраты времени на выполнение каждого вспомогательного перехода;

– исключая из формулы (4.4) одно или несколько слагаемых за счет выполнения вспомогательных переходов во время технологического перехода (другими словами, используя принцип параллельности вспомогательных и технологических переходов).

Время на установку заготовок можно сократить за счет:

Устранения выверки применением приспособлений для установки заготовок.

Применения быстродействующих зажимных механизмов (эксцентриковых, байонетных и т.д.) и механизированных силовых приводов (пневматических, гидравлических и т.д.). Применение механизированных силовых приводов дает двойной эффект – наряду с



## Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

сокращением времени на закрепление заготовки уменьшает погрешность закрепления за счет большей стабильности развиваемой силы, что способствует повышению точности получаемого технологического размера.

Превращения вспомогательного времени в машинное автоматизацией установки заготовок и съема готовых деталей. Это достигается применением автоматических загрузочных устройств и манипуляторов в массовом и роботов в серийном производствах.

Время на управление технологической системой во время цикла обработки можно сокращать на пути постепенного освобождения рабочего от выполнения вспомогательных переходов по управлению, т.е. на пути автоматизации управления циклом. К этим переходам относятся: включение и выключение станка, подвод инструмента (или заготовки) в исходное положение, включение и выключение в нужный момент рабочей подачи инструмента (заготовки), отвод инструмента (заготовки) в первоначальное положение, смена инструментов в рабочей позиции при однопозиционной обработке на станках с магазинами инструментов (револьверные станки, многооперационные станки с программным управлением и т.д.), перемещение обрабатываемой заготовки по позициям многопозиционных станков, изменение режимов обработки.

Рассмотрим простой пример. На рис. 4.11 приведена схема обтачивания в партии заготовок шейки вала на длине  $l$ . Цикл обработки состоит из подвода резца в начальное положение, рабочего хода с продольной подачей  $S$  мм/об, выключения подачи в конце рабочего хода, отвода резца в радиальном направлении и возврата резца в исходное положение. Для осуществления управления этим циклом на обычном универсальном станке рабочий во время наладки на рабочий наладочный размер отмечает на лимбе поперечной подачи деление, при котором вершина резца занимает необходимое для получения рабочего наладочного



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

размера положение. Всякий раз для начала обработки следующей заготовки рабочий должен переместить резец в это положение из исходного, перемещая его в радиальном направлении маховиком поперечной подачи. Нужно быть осторожным и внимательным, чтобы точно зафиксировать момент достижения нужного начального положения. Затем рабочий включает продольную подачу и отслеживает по лимбу продольной подачи момент окончания обтачивания на длине  $l$ . Эта работа тоже требует внимания рабочего. По достижению конечного положения рабочий должен выключить продольную подачу, затем маховиком радиальной подачи отвести резец на нужное расстояние, после чего вернуть резец в исходное положение, используя механизм ускоренного продольного положения. Это начальное положение зафиксировано при наладке соответствующим делением на лимбе продольной подачи. В это деление надо попасть, и это также требует внимания рабочего. Таким образом, рабочий занят управлением на протяжении всего цикла обработки, от рабочего зависит длительность цикла, более того, точность диаметрального и линейного размеров в партии обработанных деталей существенно зависит как от квалификации рабочего, так и от его психофизического состояния, которое наверняка изменяется на протяжении времени обработки партии заготовок.

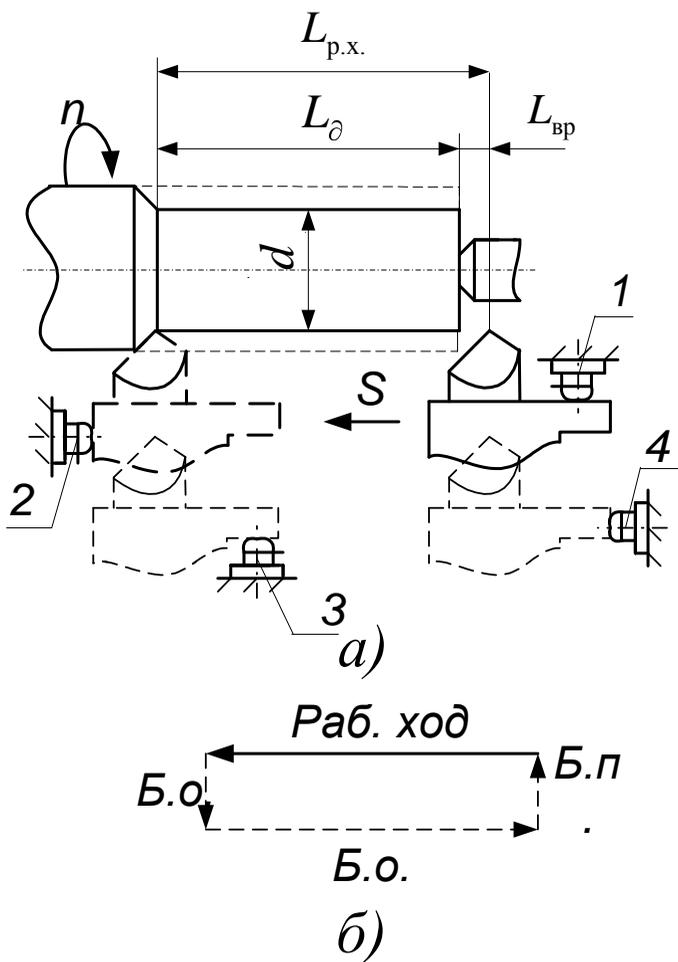


Рис. 4.11. Схема управления циклом обработки

Работу рабочего можно существенно упростить, зафиксировав при наладке реперные точки рабочего хода в радиальном и осевом направлениях жесткими упорами, закрепленными на неподвижной части станка, например, на станине. В нашем примере такими точками в осевом направлении являются исходная и конечная, в радиальном направлении – исходная и начальная. Таким образом, понадобится 4 жестких упора. Схема их расположения



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

показана на рис. 4.11 а. Упоры для ограничения осевых перемещений закреплены на станине станка, а радиальных – на суппорте.

Тогда содержание работы рабочего по управлению циклом следующее:

- 1) включение вращения заготовки,
- 2) подвод инструмента в начальное положение радиальным перемещением до упора 1,
- 3) включение продольной подачи, ожидание автоматического выключения подачи механизмом падающего червяка при достижении суппортом упора 2,
- 4) отвод инструмента радиальной подачей до упора 3,
- 5) возврат суппорта в исходное положение механизмом ускоренного продольного перемещения до упора 4.

Циклограмма движений инструмента показана на рис. 4.11б. Работа по измерению осевых перемещений суппорта и радиальных верхних салазок перенесена в наладку, Оставшиеся действия требуют от рабочего меньшего психологического напряжения и могут быть выполнены быстрее.

Работа по управлению может быть еще более упрощена, если вместо жестких упоров поставить электроконтактные датчики и реле, которые без участия рабочего будут подавать команды на перемещения инструмента механизмом ускоренной радиальной подачи в начальное положение, заданное наладкой, включение продольной подачи, выключение ее в нужный момент, на отвод инструмента механизмом ускоренной радиальной подачи и возврат инструмента в исходное положение механизмом ускоренного продольного перемещения, наконец, выключать вращение шпинделя. На долю рабочего останется только включение цикла нажатием кнопки «пуск». Длительность вспомогательных переходов управления циклом определяется возможностями механизмов станка, т.е. часть вспомогательного времени на



их реализацию из ручного стала машинным.

Автоматизация управления циклом является первым этапом автоматизации технологической системы. В результате универсальный токарный станок превращен в полуавтомат, из вспомогательных переходов рабочему остались установка заготовки и съём готовой детали и измерение полученных размеров. Если автоматизировать и установку заготовок, получим станок-автомат.

Время на измерение обработанных деталей может сокращаться при замене универсальных измерительных инструментов специальными предельными калибрами, обоснованном применении выборочного контроля и статистических методов контроля, автоматизации контроля.

Существенного сокращения вспомогательного времени в норму времени на операцию можно добиться построением сложных операций, в которых вспомогательные переходы выполняются частично или полностью параллельно основному времени. В этих случаях длительность переходов, перекрываемых основным временем, в норму времени не включается. Чаще всего удастся совместить по времени с основным временем установку заготовки и съём готовой детали.

На рис. 4.12а показана схема двухпозиционной фрезерной операции, на которой торцевой фрезой последовательно обрабатывается плоскость на заготовках 3 и 4. Заготовки устанавливаются в два приспособления, расположенных на поворотном столе 2. Этот поворотный стол установлен на стол вертикально-фрезерного станка и является дополнительным технологическим оснащением, позволяющим поворот на 180 градусов. В результате этого дополнения появилась возможность после обработки одной заготовки и отвода стола 1 в исходное положение поворотом стола 2 ввести в рабочую позицию заготовку 3 и включением подачи начать ее обработку. Во время обработки заготовки 3 рабочий снимает обработанную деталь 4 и на ее место устанавливает очередную заготовку.



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

Таким образом, время на установку заготовки и съем обработанной детали полностью перекрыто основным временем и в норму времени на операцию его нет необходимости включать. Производительность операции возрастает за счет сокращения оперативного времени.

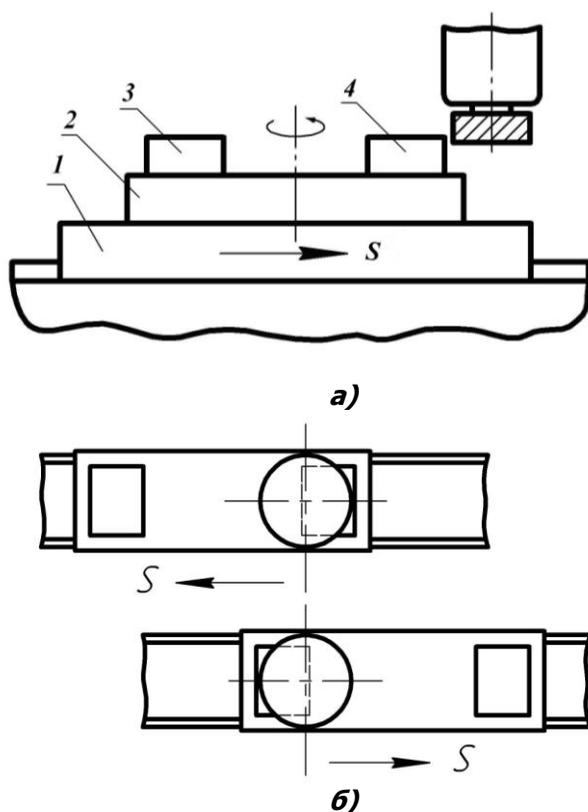


Рис. 4.12. Схема двухпозиционной фрезерной операции на вертикально-фрезерном станке  
 а) с использованием поворотного стола  
 б) с «маятниковой» подачей

Двухпозиционную обработку можно организовать и без поворотного стола (если его нет в наличии), применив так называемую «маятниковую» обработку. В этом случае два приспособления для установки заготовок



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

располагаются на столе фрезерного станка, и каждая позиция по очереди становится рабочей за счет изменения направления рабочей подачи, как это показано на рис. 4.12б.

Все многопозиционные станки – агрегатно-свельильные, токарные многошпиндельные автоматы и полуавтоматы, фрезерно-центровальные, автоматические линии и т.д., – имеют загрузочную позицию, что обеспечивает высокую производительность выполняемых на них технологических операций. Пример такой операции приведен на рис. 4.10.

Можно совмещать с основным временем и время на измерение. Это можно сделать организационно, записав в технологическом процессе обязанность рабочему измерять ранее обработанную деталь во время обработки следующей. Наконец, измерение получаемого размера можно производить во время обработки, применяя устройства активного контроля. Пример такого совмещения на шлифовальной операции приведен на рис. 4.13. Измерительный стержень накидной скобы под действием пружины постепенно опускается и это его перемещение фиксируется индикатором. Рабочий останавливает процесс по достижении диаметра обрабатываемой поверхности значения в пределах допуска. Можно оснастить накидную скобу электроконтактным датчиком, который будет подавать команду на остановку, и тем самым освобождать рабочего от необходимости следить за показаниями индикатора.

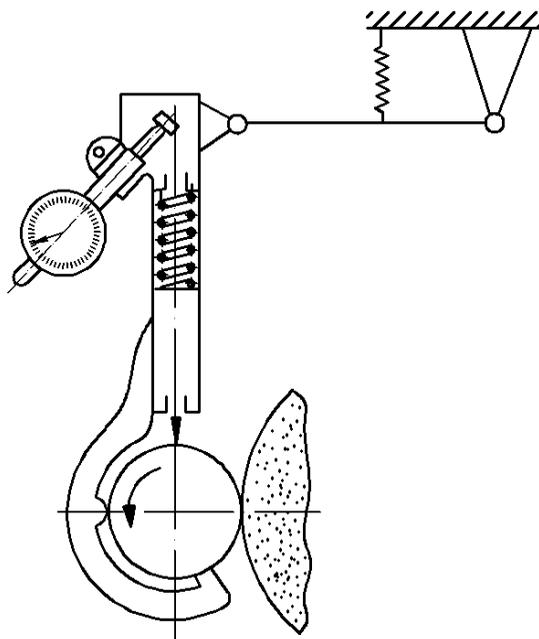


Рис. 4.13. Схем измерения получаемого при шлифовании размера во время обработки

Сократить вспомогательное время можно также применением многостаночного обслуживания, когда один рабочий-станочник обслуживает два или более рабочих мест. Такая ситуация в принципе аналогична многопозиционной обработке в одной технологической системе, где обрабатываемая деталь перемещается по позициям, как это показано на рис. 4.10. При многостаночном обслуживании рабочий перемещается по обслуживаемым рабочим местам. Это возможно в том случае, если, например, при обслуживании одним рабочим двух станков основное время на одном рабочем месте больше, чем вспомогательное время на другом. Обслуживание более двух станков одним рабочим возможно в том случае, если основное время на каждом рабочем месте превосходит сумму вспомогательных времен на остальных рабочих местах.



## 4.2. Пути и меры снижения внецикловых затрат времени

К внецикловым затратам относится время на выполнение периодически повторяющихся через некоторое количество обработанных изделий работ, которое при определении нормы времени на одно изделие распределяется между этими изделиями. К таким работам относятся техническое и организационное обслуживание рабочего места и подготовка рабочего места к обработке партии других изделий из числа закрепленных за этим рабочим местом в серийном производстве:

$$t_{вц} = t_{тех} + t_{орг} + t_{пз}$$

Время технического обслуживания затрачивается на создание и поддержание в технологической системе условий, обеспечивающих получение годных изделий. Это – время на наладку и подналадку технологической системы. При определении нормы времени на одно изделие оно распределяется между изделиями, обработанными между двумя наладками и подналадками. Его сокращения в норме времени на операцию можно добиться в двух направлениях:

увеличением количества изделий, обработанных при одной наладке;

уменьшением времени на наладку и подналадку.

Увеличить количества изделий, обработанных при одной наладке, можно за счет:

– правильного назначения рабочего наладочного размера,

– повышения стойкости инструментов как за счет использования новых более износостойких инструментальных материалов, так и за счет повышения качества рабочих поверхностей инструментов применением защитных покрытий и отделочных методов обработки.

Уменьшить время на наладку и подналадку можно за счет:

– использования предельных калибров на рабочий наладочный размер взамен универсальных измерительных



инструментов,

- применения специально изготовленных эталонов и шаблонов в качестве измерителей рабочего наладочного размера,

- материализации в конструкции приспособления рабочего наладочного размера специальными установками и шаблонами,

- применения при подналадке взаимозаменяемых инструментов,

- автоматизации подналадки.

Время организационного обслуживания затрачивается на работы по поддержанию в работоспособном состоянии всего рабочего места, а не только технологической системы – уход за технологической системой (смазка, чистка), раскладка и уборка инструмента в начале и конце рабочей смены, уборка стружки, замены смазочно-охлаждающей жидкости и т.д. Это время распределяется между всеми обработанными в течение смены изделиями.

Время организационного обслуживания может быть сокращено за счет мероприятий в двух направлениях:

- совершенствования конструкции технологического оборудования и оснастки

- совершенствования организации работы в цехах.

По первому направлению:

- в конструкциях оборудования применяют дополнительные устройства для защиты направляющих и других подвижных частей от попадания стружки и пыли, системы централизованной смазки подвижных соединений,

- для упрощения очистки приспособлений от стружки – специальные кожухи и устройства для быстрого и легкого удаления ее с установочных элементов.

- для избавления от сливной стружки в конструкциях режущих инструментов в геометрии рабочей части предусматривают дополнительные элементы для измельчения стружки.

По второму направлению



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

- создание в цехе централизованной системы удаления стружки с рабочих мест либо исключением этой работы из обязанностей рабочего-станочника и поручением ее вспомогательным рабочим либо механизацией уборки стружки применением системы подпольных конвейеров разного типа, перемещающих стружку от рабочих мест в отделение по ее переработке;

- создание в цехе централизованной системы снабжения рабочих мест смазочно-охлаждающей жидкостью, которая обеспечивает постоянный отвод от рабочих мест в отделение по очистке и восстановлению обработавшей СОЖ и подачу ее к рабочим местам.

Подготовительно-заключительное время Тпз – время на подготовку рабочих и средств производства к выполнению закрепленной за рабочим местом технологической операции и приведение их в первоначальное состояние по окончанию обработки партии изделий. Оно включается в норму времени в серийном производстве, когда за одним рабочим местом закрепляются разные операции по обработке партиями одного изделия либо разных изделий по очереди. Партия – это количество изделий, поступающих одновременно на рабочее место для обработки. В состав работ, как правило, входят:

- получение технологической документации и наряда на работу, необходимых для выполнения работы материалов, инструментов, приспособлений,

- ознакомление с работой, технологической документацией, чертежом, получение инструктажа,

- установка в технологическую систему приспособлений (или их переналадка в случае использования универсально-переналаживаемой оснастки) и инструментов,

- снятие приспособлений и инструментов по окончании обработки партии изделий,

- сдача готовой продукции, приспособлений и инструментов, технологической документации и наряда.



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

Время на выполнение этих работ  $T_{пз}$  не зависит от количества изделий в партии. Но часть этого времени, приходящаяся на одно изделие и включаемая в норму времени на операцию от величины партии зависит:

$$t_{пз} = \frac{T_{пз}}{n}, \text{ мин}$$

Поэтому сокращать долю подготовительно-заключительного времени в норме на операцию возможно в двух направлениях:

уменьшать затраты подготовительно-заключительного времени  $T_{пз}$  на партию изделий,  
увеличивать партию, т.е. количество изделий, одновременно поступающих для обработки на рабочее место.

Уменьшать подготовительно-заключительное время  $T_{пз}$  можно следующими мероприятиями:

- повышение качества технологической документации, разработка операционных технологических процессов;
- повышение квалификации рабочего;
- применение специализированной быстропереналаживаемой технологической оснастки (универсально-наладочных УНП, универсально-сборных УСП приспособлений);
- применение технологического оборудования с магазинами инструментов, что позволяет заменить время установки очередного инструмента в технологическую систему временем перевода его из магазина в рабочую позицию;
- применение систем числового программного управления технологическим оборудованием позволяет сократить все подготовительно-заключительное время.

Размер партии зависит от годового объема выпуска конкретного изделия и частоты запуска его в производство в течение года. Чем чаще запускается в производство



## Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

изделие, тем меньшая партия поступает на рабочее место, тем чаще приходится затрачивать там подготовительно-заключительное время, и тем больше затраты на эти работы в технологической себестоимости. Отсюда – стремление увеличивать размер партии. Однако, с увеличением партии увеличивается производственный цикл за счет пролеживания готовых деталей на складе и растет объем оборотных средств, что снижает экономическую эффективность производства. Отсюда – стремление величину партии сокращать, изделие в производство запускать чаще. Таким образом, определение размера партии – задача технико-экономическая.

Размер партии можно увеличивать без увеличения годового выпуска как бы искусственно за счет технологических решений. Такими решениями могут быть групповые технологические процессы и операции. Суть группового технологического процесса состоит в том, что он разрабатывается на группу сходных по конструктивным и технологическим признакам деталей. Группирование деталей позволяет разработать технологические операции, на которых любая деталь из группы может быть обработана без затрат на подготовку рабочего места или с минимумом этой подготовки. Такая операция оснащается групповым приспособлением для установки заготовок по одинаковой схеме базирования и закрепления, которое позволяет, не меняя его, быстро переходить к установке другой детали группы. Например, несколько зубчатых колес одного или нескольких редукторов, конечно, имеют большое сходство конструктивной формы и схожую технологию, их можно объединить в группу. Для токарной обработки наружных поверхностей можно разработать групповую операцию, на которой заготовки устанавливаются по отверстию и торцу ступицы. Далее можно разработать конструкцию ступенчатой оправки для установки заготовок с разными диаметрами базовых отверстий и оснастить ее токарный станок. В результате не придется менять приспособление



## Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

при подготовке к обработке партии каждого следующего зубчатого колеса. За счет этого при расчете нормы времени подготовительно-заключительное время на такой операции распределяется между всеми обрабатываемыми деталями группы.

Подробнее принципы построения групповых технологических процессов и операций рассмотрены в главе 5.

### 4.3. Построение структуры операций механической обработки

Рассмотренные принципиальные возможности снижения затрат времени на операцию реализуются через структуры технологических операций. Структуры технологической операции различаются

количеством заготовок, которые одновременно устанавливаются в технологическую систему (одноместная или многоместная обработка),

количеством инструментов, которые используются для выполнения операции (одно- или многоинструментная обработка),

распределением во времени работы инструментов при выполнении операции (последовательная, параллельная или параллельно-последовательная обработка).

В зависимости от этих признаков технологическая операция может быть дифференцированной или концентрированной.

Под дифференциацией операций понимается построение операций с небольшим числом технологических переходов. Часто дифференцированная операция содержит один технологический переход. Например, сверлильная операция с технологическим переходом «сверлить отверстие диаметром ... на глубину ...». Технологический процесс, построенный с использованием принципа дифференциации, состоит из большого количества простых операций.

Под концентрацией операций понимается их



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

укрупнение за счет наполнения операции несколькими технологическими переходами. Степень концентрации, т.е. количество технологических переходов в структуре операции, может быть разной и зависит от конкретных производственных условий, типа производства, степени серийности. В зависимости от этих факторов различают три вида концентрации, их еще называют способами концентрации:

- организационная концентрация,
- механическая концентрация,
- технологическая концентрация.

Организационная концентрация осуществляется по существу приказным порядком. Технологический процесс по форме и есть приказ, так как переходы записываются в повелительном наклонении (установить заготовку, точить ..., сверлить ..., шлифовать и т.д.). При организационной концентрации включение в структуру операции различных переходов осуществляется их записью в операционную технологическую карту. Например, план обработки отверстия в отливке из чугуна по 8 качеству точности включает растачивание, зенкерование и развертывание. Эту обработку в условиях мелкосерийного производства можно выполнить в три последовательно выполняемые дифференцированные операции, каждая из которых содержит один технологический переход или в одну операцию с тремя технологическими переходами на вертикально-сверлильном станке, записав их в операционную карту. Реализует такую операцию рабочий, не снимая заготовку и меняя последовательно инструменты в шпинделе станка. В лучшем случае для повышения производительности такую операцию можно оснастить быстросменным патроном для установки инструментов. Такая концентрация приводит к повышению производительности по сравнению с дифференцированным технологическим процессом за счет уменьшения количества установок заготовки и сокращения за счет этого нормы



времени.

Механическая концентрация осуществляется за счет усложнения технологического оборудования, которое для этого имеет магазин для установки в нем заранее настроенных инструментов, работающих последовательно. Например, выше описанную обработку отверстия можно осуществить на станке с револьверной головкой, которая и исполняет роль инструментального магазина. Таким станком может быть токарно-револьверный, либо вертикально-сверлильный с револьверной головкой, либо сверлильно-расточной с инструментальным магазином, оснащенный системой числового программного управления. В позиции револьверной головки устанавливаются расточная скалка, зенкер и развертка. Эти инструменты, как и при организационной концентрации, работают последовательно, но установка каждого следующего инструмента заменена поворотом револьверной головки в конце обратного хода инструмента. По сравнению с организационной концентрацией механическая концентрация обеспечивает повышение производительности за счет сокращения времени как на установку заготовки (она устанавливается один раз, как и при организационной концентрации), так и на смену инструмента в рабочей позиции.

Технологическая концентрация обеспечивает совмещение во времени как нескольких технологических переходов по обработке одной или нескольких поверхностей, так и вспомогательных переходов с технологическими. Такую концентрацию можно реализовать только на специальном сложном, как правило, многопозиционном технологическом оборудовании. Продолжая пример с обработкой отверстия концентрированную операцию с тремя технологическими переходами можно осуществить на четырехпозиционном станке, одна из которых загрузочная, а три – рабочие. Это может быть агрегатно-сверлильный станок с тремя



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

шпинделями над рабочими позициями, как это показано на рис. 4.9, либо четырехпозиционный токарный патронный полуавтомат, в котором заготовка на трех рабочих позициях получает вращение, а инструменты установлены на продольном суппорте и получают общую подачу. Производительность такой концентрированной операции резко возрастает за счет совмещения во времени трех технологических переходов (расточивание, зенкерование и развертывание) и двух вспомогательных (установка заготовки и съем обработанной детали). Достигается это повышение производительности за счет усложнения конструкции и, следовательно, удорожания оборудования, технологической оснастки. Степень универсальности такого оборудования резко снижается и поэтому использовать его с достаточной эффективностью возможно в условиях крупносерийного и массового производств.



Рис. 4.14. Классификация структур технологических операций



Рассмотрим типовые структуры технологических операций. На рис. 4.14 приведена классификация структур операций по указанным выше трем признакам. Структуры различаются степенью и видами концентрации технологических переходов.

Самая простая предельно дифференцированная структура – одноместная одноинструментная, содержит один технологический переход по обработке одной поверхности, выполняемый одним инструментом. Пример такой операции приведен на рис.4.1.

Одним, но сложным инструментом можно обработать параллельно несколько поверхностей в одном технологическом переходе. Примеры такой операции приведены на рис. 4.7. Для реализации такой структуры операции необходимо использовать специальные инструменты, что требует дополнительных затрат. В примерах на рис. 4.7 это фасонный резец, комбинированный ступенчатый зенкер, специально заправленный шлифовальный круг. За счет параллельной обработки нескольких поверхностей в такой операции достигается двойной эффект. Во-первых, обеспечивается высокая точность взаимного расположения обрабатываемых поверхностей, получаемая копированием расположения режущих кромок сложного инструмента. Во-вторых, уменьшается основное время по сравнению с обработкой этих же поверхностей несколькими простыми инструментами.

Одноместная одноинструментная операция может быть концентрированной и содержать несколько технологических переходов, выполняемых последовательно. Примеры таких операций приведены на рис. 4.15., в этих операциях усложнение структуры достигается организационной концентрацией. В таких операциях основное время определяется суммированием времен обработки всех поверхностей. Выполнение



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

нескольких технологических переходов при одной установке заготовки в такой концентрированной операции позволяет повысить достигаемую точность взаимного расположения обрабатываемых поверхностей за счет исключения влияния погрешности установки.

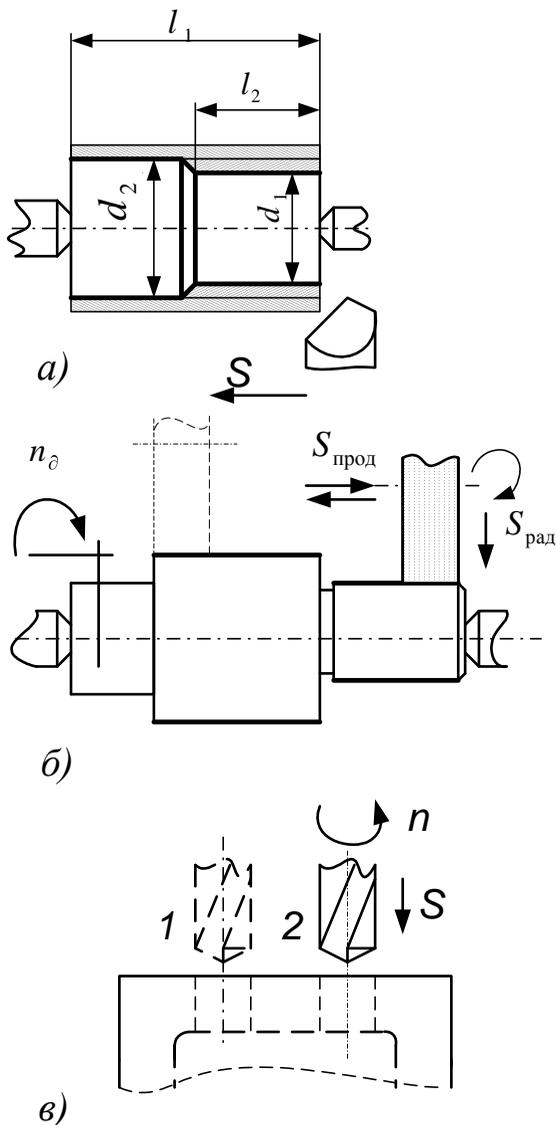


Рис. 4.15. Схемы одноместной одноинструментной структуры технологических операций: а) токарной, б) шлифовальной в) сверлильной



Одноместная многоинструментная структура операции может иметь три разновидности в зависимости от распределения во времени работы инструментов.

В результате организационной концентрации формируется одноместная многоинструментная структура с последовательной работой инструментов. Примеры таких операций приведены на рис. 4.16. Для реализации такой структуры используется универсальное оборудование и, как правило, универсальные инструменты. Так операция на рис. 4.16а выполняется на

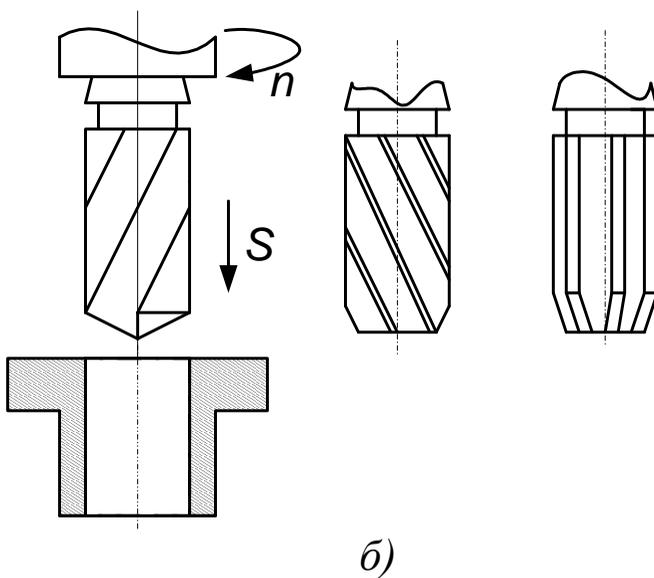
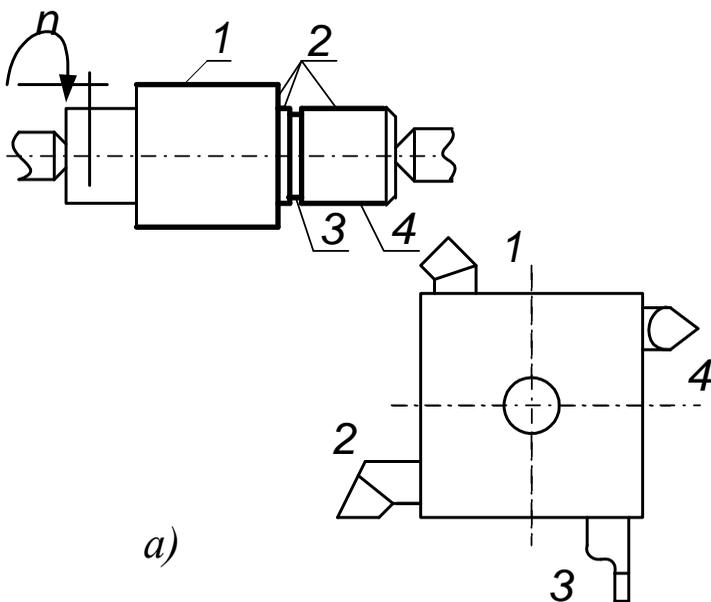


Рис. 4.16. Примеры односторонней многоинструментной структуры операций с последовательной работой инструментов



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

универсальном токарном станке и содержит четыре технологических перехода, выполняемых разными инструментами: на первом переходе проходным резцом протачивается поверхность 1, на втором переходе подрезным резцом протачиваются поверхности 2, затем на третьем переходе канавочным резцом при поперечной подаче протачивается за резьбовая канавка 3 и, наконец, на четвертом переходе резьбовым резцом нарезается резьба 4. Все инструменты установлены в резцедержке станка и в рабочую позицию переводятся поворотом этой резцедержки. Основное время такой операции определяется суммированием времен работы всех инструментов. По сравнению с четырьмя простыми дифференцированными последовательно выполняемыми операциями такая концентрированная операция дает эффект повышения производительности за счет однократной установки заготовки вместо четырех и соответственного уменьшения вспомогательного времени на установку заготовок и съем обработанных деталей. Кроме того, точность размеров взаимного расположения обработанных с одной установки поверхностей повышается за счет устранения влияния на эти размеры погрешности установки.

Сверлильная операция на рис. 4.16б содержит три последовательно выполняемых технологических перехода: сверление, зенкерование и развертывание отверстия. Операция может быть реализованной на вертикально-сверлильном станке. Инструменты последовательно устанавливаются рабочим в шпиндель станка. Для сокращения времени на смену инструментов можно применить быстросменный универсальный патрон. Здесь основное время определяется суммированием времен работы трех инструментов, во вспомогательное время необходимо включить время на смену инструментов. Такую структуру сверлильной операции можно сформировать за счет механической концентрации. Для этого сверлильный станок необходимо оснастить револьверной головкой, в



## Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

позиции которой устанавливаются те же инструменты. Для смены инструментов в этом случае достаточно повернуть револьверную головку, что существенно сократит вспомогательное время и, как результат, повысит производительность операции.

Одноместная многоинструментная структура с параллельной работой инструментов содержит один технологический переход по обработке одной или нескольких поверхностей детали и формируется за счет усложнения этого перехода. Примеры такой структуры операции приведены на рис. 4.6 и 4.8. Для реализации такой структуры станок необходимо оснащать специальным приспособлением для установки комплекта инструментов. В примерах на рис. 4.6 и 4.8 это – специальные резцедержки для токарного станка, многошпиндельная головка для вертикально-сверлильного станка, оправка для установки комплекта фрез на горизонтально-фрезерном станке. Параллельная работа инструментов в таком сложном технологическом переходе повышает производительность операции за счет того, что в норму времени в качестве основного включается время работы только одного инструмента, имеющего наибольший рабочий ход. Кроме того достигается более высокая точность размеров взаимного расположения обработанных поверхностей за счет получения их копированием расположения инструментов в комплекте и устранения влияния погрешности установки.

В операциях с одноместной многоинструментной структурой с параллельно-последовательной работой инструментов часть инструментов работает последовательно и другая часть – параллельно. Пример операции с такой структурой приведен на рис. 4.17.

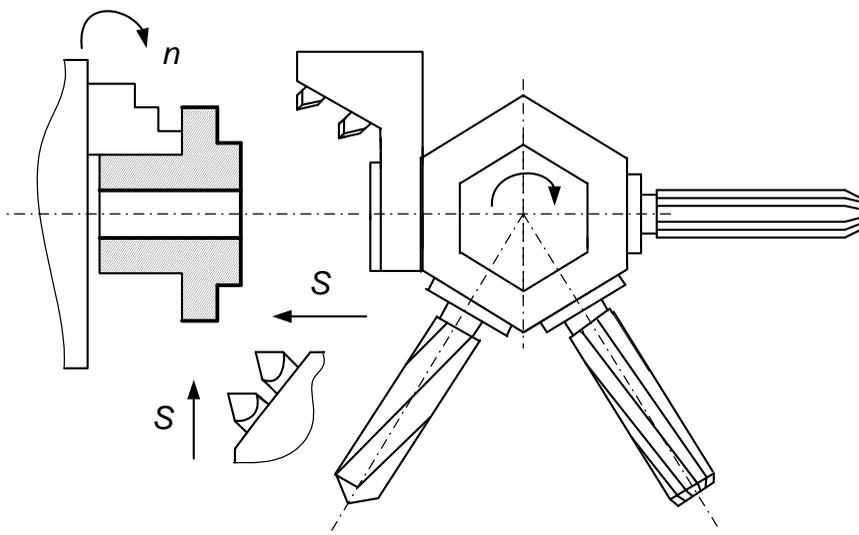


Рис. 4.17. Токарно-револьверная операция с параллельно-последовательной работой инструментов

На токарно-револьверном станке с вертикальной осью вращения револьверной головки инструменты для обработки отверстия, работающие с продольной подачей, установлены в гнезда револьверной головки и работают последовательно. В первом гнезде револьверной головки установлена резцедержка, несущая два резца для обтачивания двух наружных поверхностей, работающие параллельно. На поперечном суппорте установлены два резца для точения двух плоских торцов, работающие параллельно. Револьверная головка и поперечный суппорт работают последовательно. Для реализации такой структуры станок должен иметь магазин для установки нескольких последовательно работающих инструментов. Таким магазином является, например, револьверная головка. Инструментальными магазинами оснащены станки с программным управлением, эти инструменты переводятся в рабочую позицию манипулятором, управляемым программой.



### Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

На рис. 4.18 приведен другой пример фрезерно-цетровальной операции с такой же структурой. На столе фрезерно-цетровального станка расположено приспособление для установки заготовки вала, схема установки показана на рис. 4.18а. В первой позиции после установки заготовки фрезеруются торцы двумя параллельно работающими фрезами. По окончании фрезерования заготовка движением стола перемещается во вторую позицию, где сверлятся центровые отверстия двумя параллельно работающими сверлами. Таким образом, внутри каждой позиции инструменты работают параллельно, а позиции выполняются последовательно. Для реализации такой структуры операции потребовался специальный станок с двухпозиционным столом и четырьмя силовыми головками. Здесь производительность операции повышается за счет параллельной работы инструментов в каждой позиции. Общее основное время на операции определяется суммированием времени работ обеих позиций. Кроме того, за счет обработки всех поверхностей при одной установке заготовки достигается высокая точность их взаимного расположения, что особенно важно для достижения соосности центровых отверстий, которые будут использоваться в технологическом процессе обработки вала в качестве единой технологической базы.

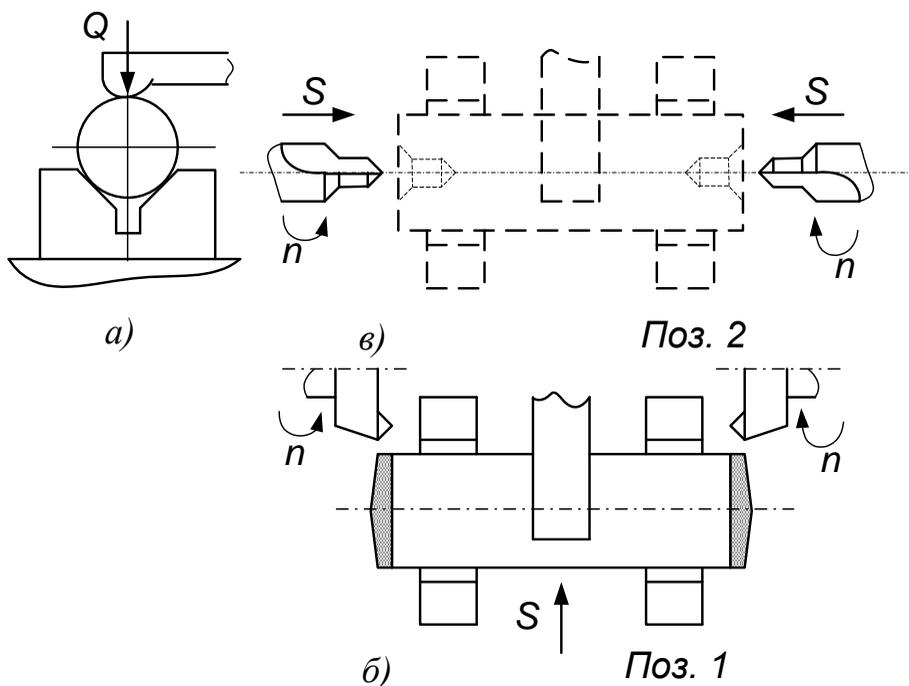


Рис. 4.18. Схема фрезерно-цетровальной операции с параллельно-последовательной работой инструментов:

- а) схема установки заготовки,  
 б) фрезерная позиция, в) сверлильная позиция

В многоместных структурах в технологическую систему устанавливаются несколько заготовок, которые обрабатываются одним или несколькими инструментами последовательно или одновременно.

При многоместной одноинструментной структуре с последовательной обработкой заготовок они устанавливаются в одно приспособление одновременно, образуя пакет, или в несколько приспособлений в одной технологической системе.

Примеры пакетной обработки приведены на рис. 4.5. Для реализации такой структуры операции необходимо приспособление, позволяющее устанавливать в него



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

одновременно несколько заготовок. Обработка заготовок ведется одним, как правило, универсальным инструментом. По сравнению с одноместной структурой здесь достигается повышение производительности операции за счет уменьшения основного времени на одну заготовку делением пути врезания и перебега между несколькими обработанными деталями.

Примеры фрезерных операций с отдельной установкой заготовок в несколько приспособлений и их последовательной обработкой одним инструментом приведены на рис. 4.12. В этом случае повышение производительности операции достигается за счет совмещения части вспомогательного времени на установку заготовок и съем обработанных деталей с основным временем обработки другой заготовки.

При многоместной одноинструментной структуре с параллельной обработкой заготовок несколько заготовок устанавливаются в технологическую систему одновременно, как это показано в примере на рис. 4.9. Реализация такой структуры требует специального многоместного приспособления. Повышение производительности операции по сравнению с одноместной обработкой здесь достигается за счет существенного уменьшения основного времени в норме времени на одну деталь, которое определяется путем деления основного времени на обработку пакета одновременно обрабатываемых заготовок на количество их в пакете.

Многоместная одноинструментная структура с параллельно-последовательной обработкой заготовок представляет комбинацию из рассмотренных выше структур с последовательной и параллельной обработкой заготовок. Пример организации такой структуры фрезерной операции приведен на рис. 4.19. Повышение производительности такой операции достигается многократным уменьшением основного времени в норме времени на одну обработанную деталь. Не трудно



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

представить, как можно усложнить структуру операций, приведенных на рис. 4.12 за счет многоместных приспособлений, аналогичных тому, которое используется в операции, приведенной на рис. 4.9. Производительность такой более сложной операции повышается за счет уменьшения как основного, так и вспомогательного времен.

На операциях с многоместной структурой заготовки могут обрабатываться и несколькими инструментами, работающими как последовательно, так и параллельно.

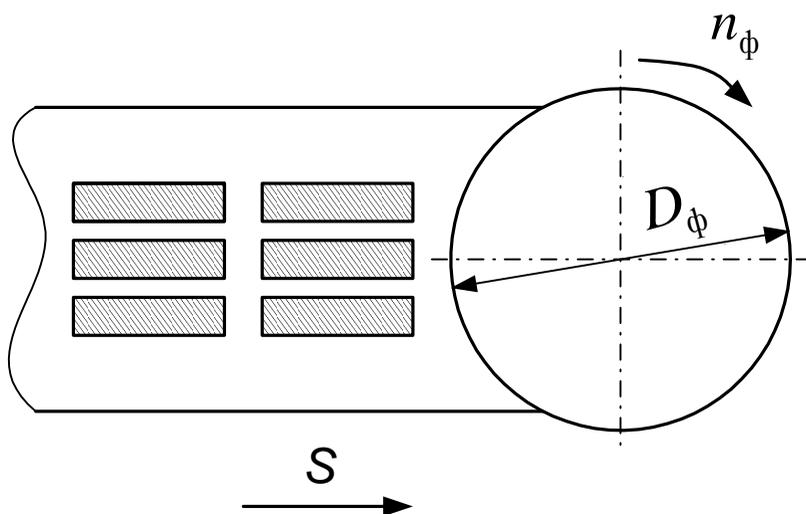


Рис. 4.19. Пример многоместной одноинструментной структуры операции с параллельно-последовательной обработкой заготовок

На рис. 4.20 приведен пример многоместной многоинструментной фрезерной операции с последовательной работой инструментов – черновой и чистовой фрез. На непрерывно вращающемся столе вертикально-фрезерного двухшпиндельного станка расположены несколько приспособлений, в каждом из которых установлена заготовка. Установка заготовок производится в зоне загрузки без остановки стола. Операция содержит два технологических перехода, выполняемых на каждой заготовке последовательно:



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

черновое и чистовое фрезерование плоскости. Оперативное время на такой операции определяется делением времени одного оборота стола на количество установленных на нем заготовок.

Пример многоместной многоинструментной структуры операции с параллельной работой инструментов приведен на рис. 4.10, где на трех позициях одновременно (параллельно) одно и то же отверстие обрабатывается разными инструментами. Основное время такой операции определяется временем работы лимитирующего (т.е. имеющего наибольшую продолжительность работы) инструмента. Кроме того, и часть вспомогательных переходов на установку заготовки и съем обработанной детали также выполняется параллельно с основным временем, что существенно повышает производительность операции.

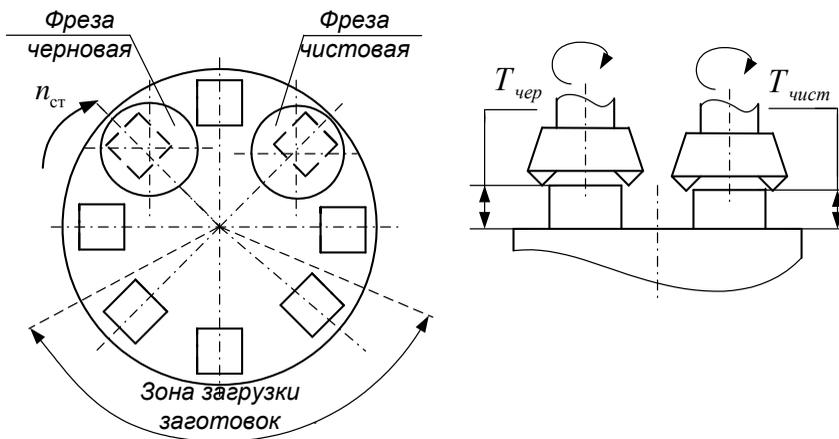


Рис. 4.20. Многоместная многоинструментальная фрезерная операция с последовательной работой инструментов

На рис. 4.21 приведена фрезерно-центровальная операция с более сложной структурой, чем приведенная на рис.4.18. В этой операции все технологические переходы на таких же двух рабочих позициях, что и на рис. 4.18,



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

вместо стола снабжен четырехпозиционным барабаном с горизонтальной осью вращения. На каждой позиции расположено такое же приспособление для установки валов, как и на рис. 4.18. Кроме двух рабочих позиций – фрезерной и сверлильной – созданы две дополнительные позиции, на одной из которых устанавливается заготовка, а на другой из приспособления извлекается обработанная деталь. Такая структура фрезерно-центровальной операции существенно повышает ее производительность как за счет полного совмещения во времени выполнения всех технологических переходов, так и выполнения во время технологических переходов установки заготовок и съема обработанной детали.

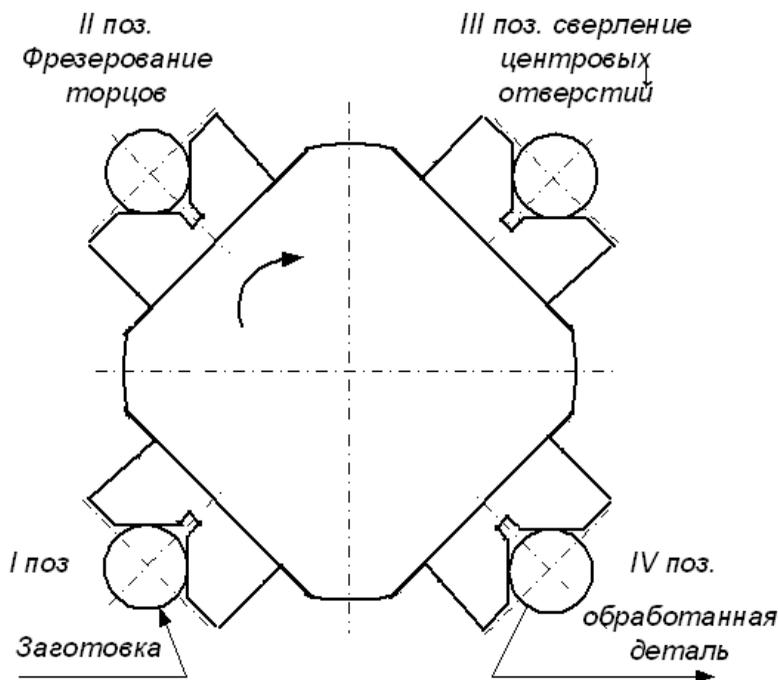


Рис. 4.21. Фрезерно-центровальная операция с параллельной работой всех инструментов на барабанном фрезерно-центровальном станке

Пример операции с многоместной



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

многоинструментной структурой с параллельно-последовательной работой инструментов приведен на рис.4.22. На рис. 4.22 приведена четырехпозиционная операция, аналогичная приведенной на рис. 4.10. Различие заключается в том, что на поворотном столе в каждой позиции установлены два разных приспособления. В первое приспособление на загрузочной позиции устанавливается заготовка, пришедшая с предыдущей операции и на рабочих позициях ней разными инструментами, работающими параллельно, обрабатываются поверхности, доступные для обработки вращающимися инструментами при вертикальной подаче. Во второе приспособление устанавливается деталь, прошедшая обработку на трех позициях при установке в первое приспособление. Схемы базирования в каждом приспособлении приведены на рис. 4.22 в загрузочной позиции. Эта деталь также проходит обработку на тех же трех рабочих позициях, для чего на каждой рабочей позиции есть второй шпиндель. Таким образом, чтобы заготовка прошла обработку всех поверхностей на всех технологических переходах, она должна дважды побывать на каждой рабочей позиции, т. е. совершить вместе со столом станка два полных оборота. Такие операции называют еще двухпоточными. Высокая производительность такой операции достигается как совмещением времени работы инструментов, так и совмещением во времени выполнения части вспомогательных переходов по установке и переустановке заготовки и съема обработанной детали с технологическими переходами.

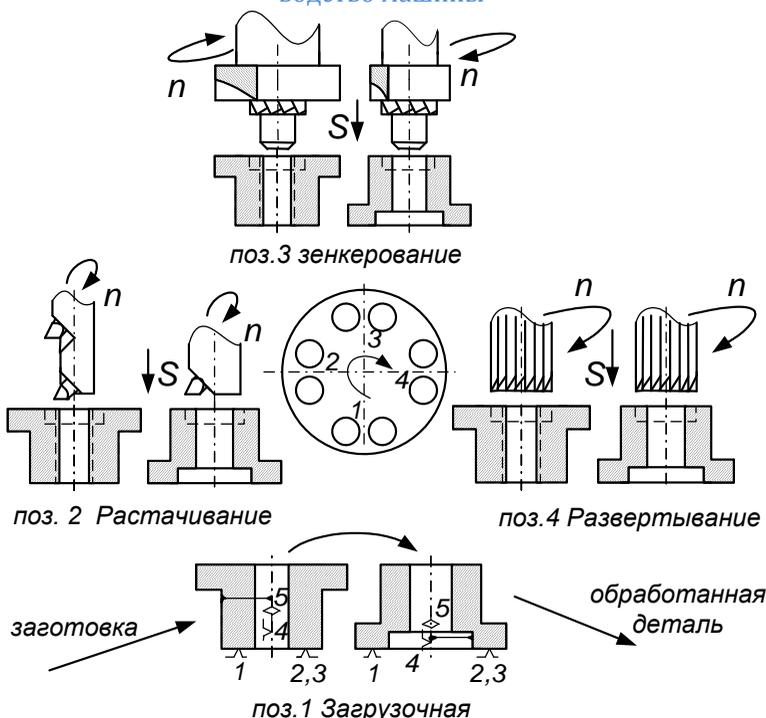


Рис. 4.22. Схема двухпоточной операции по обработке ступенчатых отверстий с параллельно-последовательной работой инструментов

Подводя итог рассмотрению структур технологических операций нужно отметить, что усложнение структуры всегда позволяет повысить производительность операции, часто при этом достигается и более высокая точность размеров взаимного расположения обработанных в такой операции поверхностей. Но этот положительный технический эффект всегда требует дополнительных затрат на приобретение или изготовление необходимых более сложных и, следовательно, более дорогих специальных станков или технологической оснастки. Конечный же результат состоит в том, чтобы достигнуть требуемого качества машины при возможном минимуме затрат на его достижение в определенных производственных условиях.



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

Поэтому задача выбора (или построения) структуры операций в технологическом процессе изготовления деталей и сборочных единиц становится технико-экономической. Выбор оптимальной для конкретных условий структуры операций должен быть обоснован расчетом экономической эффективности возможных вариантов, общая методика таких расчетов рассмотрена в главе 1 настоящего пособия.

**Контрольные вопросы.**

Роль оптимизации режимов резания в уменьшении основного времени.

Какими мерами можно уменьшить длину рабочего хода в формуле основного (машинного) времени?

Как можно уменьшить основное время при обработке одним инструментом?

Какой эффект дает совмещение во времени работы нескольких инструментов?

За счет чего снижаются цикловые затраты времени при многопозиционной обработке?

Что такое механизация обработки и за счет чего при механизации уменьшается оперативное время?

Какими мерами можно уменьшить время технического обслуживания?

Как можно уменьшить подготовительно-заключительное время?

Что понимается под структурой операции?

Как структура операций влияет на трудоемкость технологического процесса обработки детали?



## ГЛАВА 5. ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ (ТП)

Затраты на производство машины, зависящие от технологических решений, включают не только затраты на реализацию ТП, но и на их проектирование. ТП проектируются на этапе подготовки производства нового изделия. Затраты на их проектирование не входят в технологическую себестоимость деталей и машины в целом, определяют стоимость подготовки производства, но включаются в себестоимость машины как косвенные расходы, распределяясь между всеми в будущем произведенными машинами. Этим распределением занимаются экономические и финансовые службы предприятия. Но технологические решения, заложенные в ТП при их проектировании, оказывают существенное влияние как на стоимость технологической подготовки производства, так и на технологическую себестоимость, во многом определяя эффективность будущего производства.

Трудоемкость проектирования ТП в большинстве случаев значительно (в 2-5 раз) превосходит трудоемкость конструирования машин. Трудоемкость технологического проектирования в зависимости от типа производства составляет от 30 до 60 % трудоемкости технической подготовки производства.

Нарастающая тенденция увеличения частоты смены выпускаемой продукции во всех типах производств и особенно в единичном и серийном производствах машин, которые составляют до 80% от всего объема производства, приводит к росту объема работ технологической подготовки и ее трудоемкости. При традиционной организации производства заготовки находятся в цехах только около 1% всего времени процесса создания машины (от задания на проектирование до выхода готовой продукции). Эти данные показывают важность любых



## Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

мероприятий, которые могут сократить как время технологической подготовки и затраты на нее, так и эффективность запроектированных ТП.

Эффективность производства определяется уровнем каждого звена производственной цепочки: технология – оборудование – организация и управление, при этом уровень предшествующего звена оказывает определяющее влияние на последующие, поэтому технология является тем звеном, которое закладывает фундамент эффективности производства. Следовательно, нужны меры снижающие затраты на технологическую подготовку производства (ТПП), ускоряющие технологическое проектирование и повышающее его качество. Ниже рассматриваются некоторые из таких мероприятий.

### 5.1. Типизация деталей и ТП

Одним из главнейших рычагов совершенствования ТПП, а, следовательно, и его эффективности является технологическая унификация (типизация ТП и групповая обработка). Она позволяет использовать современные методы проектирования, прогрессивное оборудование и современные методы организации производственного процесса во всех типах производства.

Эффективное применение технологических решений гибкого автоматизированного производства (ГАП) в единичном и серийном производствах зависит главным образом от номенклатуры изделий в годовой программе предприятия, которая в решающей степени определяет устойчивость (стабильность) производственного процесса. Продукция машиностроительных и приборостроительных заводов характеризуется частой сменой изделий, большим числом конструкторских и технологических решений, небольшими масштабами выпуска, многооперационностью технологии. Даже при установившейся специализации предприятия на выпуске продукции одного параметрического ряда машин, регулярность повтора изготовления деталей различна и разнообразна,



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

что естественно увеличивает объемы ТПП и затраты на нее.

Однако положение существенно меняется, если от отдельных наименований деталей перейти к группам конструктивно и технологически подобных деталей различных изделий. Регулярность повторов производства таких групп значительно выше, производственный процесс их изготовления становится более устойчивым по времени и может даже в условиях серийного производства рассматриваться как объект комплексной автоматизации.

Такой подход к ТПП в условиях единичного и серийного выпуска продукции сегодня является общепринятым в отечественной и мировой практике и соответствует современной концепции построения и эксплуатации производственных систем.

Технологическая унификация позволяет снизить трудоемкость ТПП на 50 – 70%, а при использовании систем автоматизированного проектирования – в несколько раз.

Под типизацией понимается процесс разработки ТП на изготовление типовых деталей и целых машин, отражающих наиболее передовой опыт и достижения науки и техники.

В годы первых пятилеток в стране проектировалось и осваивалось огромное количество машин. Для их изготовления разрабатывалось огромное количество техпроцессов. Только на одном машиностроительном заводе надо было проектировать процессы на десятки тысяч деталей и сборочных единиц. Для этого требовалось большое количество технологов, причем разный уровень их квалификации приводил к различным решениям при обработке однотипных деталей, что увеличивало номенклатуру и количество инструментов в цехах, разнообразие применяемого оборудования и т.д.

Для устранения указанных недостатков, упрощения, ускорения и удешевления разработки ТП проф. А.П. Соколовский в 1938г. выдвинул идею типизации ТП на



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

основе классификации деталей по конструкции и размерам. Первоначально им были выделены 15 классов (валы, втулки, диски, эксцентриковые детали, крестовины, рычаги, плиты, шпонки, стойки, угольники, бабки, зубчатые колеса, фасонные кулачки, ходовые винты и червяки, мелкие крепежные детали). На машиностроительных заводах и сейчас встречаются участки, организованные в соответствии с этой классификацией.

В дальнейшем классификацию переработал проф. Ф.С. Демьянюк, он уменьшил количество классов и оставил их семь: корпусные детали, круглые стержни, полые цилиндры, диски, некруглые стержни, небольшие детали сложной формы, крепежные детали. Целесообразно также ввести 8-ой класс – специальные детали, которые по форме значительно отличаются от деталей охватываемых общей классификацией, и обрабатываются по особой технологии (коленвалы, лопатки газовых турбин, поршни и т.д.).

В настоящее время существует несколько систем классификации и кодирования деталей (ЕСКД, технологический классификатор деталей, Техархив, Групппроект, и т.п.). В результате классификации деталям обычно присваивают определенный классификационный код, что ускоряет их поиск по заданным признакам. Классификация необходима для механизированного и автоматизированного решения задач ТПП.

Разработанные типовые техпроцессы обработки однотипных деталей определяют принципиальные технологические решения, ориентируясь на которые заводской технолог может разработать конкретный ТП на современном уровне, но с учетом имеющегося оборудования, инструментов, способов производства заготовок и пр.

Типовой ТП обычно составляется на наиболее сложную деталь определенного класса или группы.

Кроме типовых ТП обработки деталей различных классов, разработаны ТП обработки сложных поверхностей



## Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

(резьбовых, зубчатых, шлицевых и фасонных).

При проектировании типовых технологических процессов широко используется унификация отдельных технологических решений.

Технологическая унификация делится на 5 уровней.

На первом (низшем) уровне унифицируются ходы, одна из групп которых связана с изменением формы детали в процессе обработки, а другая – со вспомогательными перемещениями. Понятие «ход» – это элемент синтеза управляющих программ и автоматической системы проектирования ТП.

На втором уровне унифицируются технологические переходы, которые являются элементами при проектировании ТП на универсальных станках. К объему типизации, относятся вид и характер обработки конкретной элементарной поверхности, а также вид режущего инструмента.

На третьем уровне унифицируются элементарные схемы обработки. Здесь упорядочиваются планы обработки элементарных поверхностей, комплексных конструктивных элементов (сочетаний поверхностей), имеющих однозначную связь между образующими их поверхностями (например, отверстие с торцом, обрабатываемым цековкой)

На четвертом уровне унифицируются технологические операции. Объекты типизации – вид и характер обработки на отдельных операциях некоторой группы деталей, технологическое оборудование и вид оснастки.

На пятом уровне унифицируются маршруты обработки деталей. В этом случае унифицируется последовательность операций, которая характерна для множества деталей, принадлежащих к одной классификационной совокупности.

Эффективность унификации состоит в том, что при проектировании ТП технолог-проектировщик может быстро, следовательно с наименьшими затратами, создать



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины  
современный ТП из типовых решений.

## 5.2. Групповая технология

Для повышения производительности ТП применяется метод групповой обработки, который положен в основу группового производства, а в дальнейшем и *ГАП*.

*Группой называется совокупность деталей, характеризующаяся при обработке общностью оборудования, оснастки, наладки и ТП (операционного)*. При создании группы учитывают их конструктивную форму деталей, общность подлежащих обработке поверхностей, их точность и шероховатость, однородность материалов заготовок, серийность выпуска, экономичность процесса.

Как показали исследования и практика работы многих объединений и предприятий, групповое производство, формирующееся на основе классификации изделий, унификации и поддетально групповой специализации производственных систем, в условиях единичного, мелкосерийного и серийного производства помогает в наиболее полной мере учесть и реализовать характерные для массового производства принципы рациональной организации производственного процесса.

Используя системы кодирования и классификации деталей, можно выявить их общие признаки и свести детали в определенные конструктивно-технологические группы. Пример формирования такой группы приведен на рис. 5.1.

После классификации и группирования деталей приступают к разработке группового ТП, который позволяет обрабатывать любую деталь данной группы по единому маршруту обработки.



Рис. 5.1 Пример группы деталей и формирования комплексной детали, на которую проектируется групповой ТП и конструктивная форма которой содержит все 8 простых элементов из конструктивной формы разных деталей группы [13].

**Групповым ТП** называется совокупность групповых технологических операций, обеспечивающих обработку различных деталей группы (или нескольких групп) по общему технологическому маршруту.

При групповом технологическом маршруте некоторые детали могут пропускать отдельные операции или переходы. Такие процессы являются основой для создания участков с предметно-замкнутым циклом производства, специализированных участков и групповых поточных линий.

Образование технологических групп – наиболее ответственный процесс. В условиях мелкосерийного и серийного производства наибольшее распространение получил метод группирования деталей по применяемому для обработки типу оборудования, единству технологического оснащения, общности настройки станка с использованием комплексной детали.

**Комплексная деталь** – реальная или условная (искус-



## Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

ственно созданная) деталь, содержащая в своей конструкции все основные элементы (поверхности), характерные для деталей данной группы, и являющаяся ее конструктивно-технологическим представителем. Пример конструирования комплексной детали приведен на рис. 5.1. Комплексная деталь служит основой при разработке группового процесса и групповой оснастки. **Под групповой оснасткой** понимается совокупность приспособлений и инструментов, обеспечивающая изготовление всех деталей данной группы с применением небольших переналадок.

Следовательно, составленный на комплексную деталь технологический процесс, с небольшими переналадками оборудования, может быть применен при изготовлении любой детали данной группы.

При разработке техпроцессов исходят из следующих основных положений:

принятая последовательность обработки детали при групповом маршруте (операций или переходов) должна обеспечивать обработку любой детали группы в соответствии с чертежом и техническими требованиями;

технологическая оснастка должна быть групповой или универсально-переналаживаемой;

оборудование должно обеспечивать высокопроизводительную обработку при минимальных затратах на его переналадку;

технологическая документация должна быть простой по форме, исчерпывающей по содержанию и удобной для пользования на рабочих местах.

### 5.3. Улучшение технологичности конструкции

**Технологичность конструкции изделий** (ТКИ) рассматривается как совокупность свойств конструкции изделия, определяющих его приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ (ГОСТ 14.205-83).

Из приведенного о-ределения следует, что ТКИ



## Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

понятие относительное. Технологичность одного и того же изделия в зависимости от типа того производства, где оно изготавливается и от конкретных производственных условий может быть различной.

Например, в крупносерийном и массовом производстве технологичны будут заготовки-отливки, изготовленные литьем в кокиль, т.к. трудоемкость и себестоимость изготовления деталей из этих отливок значительно ниже, чем из отливок, полученных с использованием песчано-глинистых форм. В свою очередь последние будут технологичны в мелкосерийном и единичном производстве.

Основная задача обеспечения ТКИ заключается в достижении оптимальных трудовых, материальных и топливно-энергетических затрат на проектирование, подготовку производства, изготовление, монтаж, технологическое обслуживание и ремонт при обеспечении прочих заданных показателей качества изделия в принятых условиях проведения работ.

По определению ГОСТ 14.201-83 обеспечение технологичности направлено на повышение производительности труда, достижение оптимальных трудовых и материальных затрат на всем жизненном цикле машины и сокращение времени на производство, в том числе и монтаж вне предприятия-изготовителя, техническое обслуживание и ремонт изделия.

Поэтому результат решения задач обеспечения технологичности конструкции изделия оценивается стоимостными, временными и ресурсоемкими показателями.

Все задачи обеспечения технологичности подразделяются на 5 групп:

- 1) обработка конструкций изделий на технологичность на всех стадиях разработки изделия, при ТПП и в обоснованных случаях при изготовлении изделия;
- 2) количественная оценка технологичности конструкции изделия;
- 3) технологический контроль конструкторской до-



кументации;

4) подготовка и внесение изменений в конструкторскую документацию по результатам технологического контроля, обеспечивающих достижение базовых значений всех показателей технологичности без снижения качества изделия;

5) совершенствование условий выполнения работ при производстве, эксплуатации и ремонте изделий и фиксация принятых решений в технологической документации.

Различают производственную, эксплуатационную и ремонтную технологичность.

**Производственная ТКИ** заключается в сокращении средств и времени на конструкторскую подготовку производства, технологическую подготовку производства, процессы изготовления, в том числе контроля и испытаний, монтаж вне предприятия-изготовителя.

**Эксплуатационная ТКИ** заключается в сокращении средств и времени на подготовку к использованию по назначению, технологическое и техническое обслуживание, текущий ремонт, утилизацию.

**Ремонтная технологичность** заключается в сокращении средств и времени на все виды ремонта.

Главные факторы, определяющие требования к ТКИ следующие:

- вид изделия, характеризующий конструктивные и технологические признаки;

- объем выпуска и тип производства, определяющие степень технологического оснащения, механизации и автоматизации технологических процессов и специализацию всего производства.

По ГОСТ 14.201-83 обеспечение ТКИ является функцией подготовки производства, предусматривающей взаимосвязанное решение конструкторских и технологических задач, направленных на повышение производительности труда, достижение оптимальных трудовых и материальных затрат и сокращение времени на производство, а также



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

монтаж, техническое обслуживание и ремонт изделия.

Оценка технологичности конструкции изделия может быть двух видов – качественной и количественной.

**Качественная оценка** характеризует технологичность конструкции обобщенно, на основе опыта исполнителя.

К основным показателям **количественной оценки** относятся трудоемкость и себестоимость изготовления изделия, материалоемкость и энергоемкость изделия.

Конструктивная и технологическая преемственность является одним из главных принципов наиболее целесообразной подготовки производства. Необходимо максимально использовать все лучшее, что создано в процессе научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических разработок, освоено в производственных условиях и всесторонне проверено в эксплуатации.

Конструкция детали должна удовлетворять требованиям, предъявляемым к изготовлению, эксплуатации и ремонту с помощью наиболее производительных и экономичных методов. Ее следует отрабатывать на технологичность комплексно, учитывая зависимость технологичности от следующих факторов: исходной заготовки, вида обработки, технологичности СЕ в которую эта деталь входит.

Конструктивная форма детали должна быть простой, состоять из стандартных и унифицированных элементов или быть стандартной в целом. Необходимо предусматривать надежные технологические базы, обеспечивать необходимую жесткость. Конструктивная форма должна быть такой, чтобы для ее изготовления можно было применять высокопроизводительные методы обработки.

Отработка конструкции изделия на технологичность должна обеспечивать снижение трудоемкости и себестоимости изготовления, снижение расхода материала и топливно-энергетических ресурсов.

Повышение технологичности конструкции изделия предусматривает проведение следующих мероприятий:

- 1) Создание конструктивной формы деталей и подбор



## Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

конструкционных материалов, позволяющих применение наиболее совершенных исходных заготовок, сокращающих объем механической обработки.

2) Изменение и упрощение конфигурации деталей с целью унификации режущего инструмента и создания более благоприятных условий его работы, а также для облегчения и уменьшения объема механической обработки.

3) Простановка размеров в чертежах с учетом требований механической обработки и сборки, позволяющая максимально обеспечить совмещение технологических баз с конструкторскими размерными.

При простановке размеров на детали, имеющей как обработанные, так и необработанные поверхности, особенно важно учитывать последовательность образования отдельных поверхностей заготовок. Черные необработанные поверхности появляются на заготовке раньше обработанных, поэтому система всех необработанных поверхностей должна быть связана соответствующими размерами. На первой операции механической обработки одна из необработанных поверхностей используется в качестве черновой базы и от нее проставляется размер до обрабатываемой поверхности, которая в процессе дальнейших операций мехобработки обычно является базирующей.

При обработке остальных поверхностей выдерживаются размеры от первой обработанной поверхности, обычно служащей единой технологической базой.

Следовательно, при проектировании детали необходимо связать размерами все необработанные поверхности, затем проставить размер между одной из необработанных поверхностей, используемой в качестве черновой базы, и обрабатываемой поверхностью, которая в дальнейшем будет служить единой технологической базой при обработке остальных поверхностей детали. Остальные размеры должны связать между собой обработанные поверхности.

1) Упрощение конструктивной формы отдельных деталей, предельно возможное расширение допусков и сни-



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

жение требований к шероховатости обрабатываемых поверхностей с целью уменьшения объема и облегчения мехобработки.

2) Создание конструктивной формы деталей, позволяющей применение наиболее совершенных и производительных методов механической обработки (многолезцовым, фасонным и многолезвийным инструментом, накатывание, и вихревое нарезание резьбы, ...).

3) Проведение нормализации и унификации деталей и СЕ, создающих предпосылки типизации ТП, унификации режущего и мерительного инструмента, а также внедрения групповой обработки.

4) Если в конструкции изделия предусмотрены отверстия, необходимо учитывать следующее:

- по возможности они должны быть сквозными;
- производительная обработка отверстий сверлением в значительной степени определяется нормальными условиями врезания и выхода сверла;
- глухие отверстия с резьбой должны иметь канавки для выхода инструмента или в них должен быть предусмотрен сбег резьбы;
- следует избегать расположения осей отверстий несопадающего с горизонтальным и вертикальным направлением.

8). Обрабатываемые плоскости, имеющие большие габариты, не рекомендуется делать сплошными. Обрабатываемые плоскости следует располагать на одном уровне.

9). Технологичность конструкции заготовок деталей должна иметь в виду не только максимальную рационализацию мехобработки но и упрощение процессов изготовления самих заготовок

Литые заготовки должны удовлетворять следующим требованиям:

- толщина стенок отливок должна быть по возможности одинаковой, без резких переходов тонкостенных частей в толстостенные;



## Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

- форма заготовки должна предусматривать простой, без затруднения разъем модели;
- поверхности отливок, расположенные перпендикулярно плоскости разъема должны иметь конструктивные литейные уклоны.

На чертежах штамповок должно быть предусмотрено:

- отсутствие резких переходов в поперечных сечениях и усиление сечений в изгибах;
- выполнение переходов от одного сечения к другому по дугам относительно больших размеров;
- закругление острых ребер;
- штамповочные уклоны.

Из вышесказанного следует, что понятие технологичности конструкции по существу не может быть абсолютным, оно меняется вместе с развитием производства и технологии и для разных типов производства и даже для различных по характеру и уровню технологии предприятий, принадлежащих к одному типу производства.

### 5.4. Автоматизация проектирования ТП

Современное машиностроительное производство характеризуется следующими основными особенностями:

- частой сменой объектов производства. За последние несколько десятилетий сроки массового и серийного производства изделий сократились в 3...5 раз и имеют тенденцию к еще большему сокращению;
- широкой номенклатурой выпускаемых изделий. Современные машины - это сложные комплексы, часто насчитывающие десятки тысяч деталей. С усложнением конструкций изделий возрастает объем конструкторских и технологических разработок по каждому изделию. Для постановки на производство новых изделий на каждую тысячу деталей требуется разработать свыше 15 тыс. различной технической документации и изготовить около 5 тыс. различных видов оснастки и инструмента;
- с усложнением объектов производства увеличилось



## Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

число предприятий, участвующих по кооперации в изготовлении одного изделия. Это, в свою очередь, ведет к значительному усложнению взаимосвязей между предприятиями, имеющими свою специфику, свои традиционные методы подготовки производства, свои формы информации и схемы документооборота.

В этих условиях первостепенное значение приобретает разработка таких методов и форм организации подготовки производства, которые свели бы к минимуму трудности, вызванные вышеуказанными особенностями современного машиностроения. Целесообразные требования к их выбору формируются на основе определенных принципов, заложенных в единой системе технической подготовки производства (ЕСТПП), которая представляет собой установленную государственными стандартами систему организации и управления процессом ТПП:

- стандартизация форм документов, обеспечивающая сокращение объема информации, а, следовательно, и самих документов. Внедрение стандартов ЕСКД, ЕСТД и других форм документации создает условия для разработки единой информационной базы автоматизированных систем управления, механизации и автоматизации процессов разработки и заполнения документов, для повышения уровня применяемости средств технологического оснащения (СТО), повышения производительности инженерного труда;

- унификация классификаторов технико-экономической информации на основе внедрения "Единой системы классификации и кодирования" обеспечивает сопоставимость ее на различных уровнях управления и повышает эффективность применения вычислительной техники (ВТ);

- стандартизация программной документации создает условия для эффективной организации межотраслевого фонда алгоритмов и программ решения инженерно-технических и управленческих работ. Такая стандартизация предусматривает введение единого порядка организации



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

разработки, внедрения и эксплуатации программ и автоматизацию поиска и получения программной документации. Обеспечивает обмен программными документами между предприятиями без переоформления, а также сокращает сроки проектирования и внедрения программ, повышает производительность труда программистов;

- автоматизация решения задач ТПП с использованием типовых проектных решений, которая в корне меняет сам характер разработки технологии, освобождает технолога от однообразной работы по составлению технологии, позволяет ему выбирать оптимальные варианты ТП из множества возможных, исключает зависимость качества разрабатываемой технологии от квалификации технолога, сокращает время на разработку ТП в 15... 20 раз;

- моделирование системы ТПП. В настоящее время процесс управления ТПП любого изделия настолько насыщен информацией и информационными связями, что ни один руководитель технологической службы предприятия не в состоянии удержать нити управления ТПП не имея в руках схемы, которая указывала бы, кто разрабатывает ту или иную информацию, какими методами, как она обрабатывается, с помощью каких средств, какие данные содержит, кому передается и в какой последовательности. Такой схемой является графическая информационная модель системы ТПП, представляющая собой схематическое описание номенклатуры задач и связей информации в системе ТПП и за ее пределами. В зависимости от степени детализации модель представляется блок-схемами на трех уровнях: функций ТПП, задач и процедур.

При неавтоматизированной разработке ТП лишь незначительная часть (не более 10%) времени затрачивается на принятие решений, а остальное – на поиск нужной информации и оформление результатов. ЭВМ во много раз быстрее человека обеспечивает хранение и поиск информации, вычисление по известным алгоритмам, формулам и математическим моделям, а также выдачу необходимых форм



## Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

технологической документации.

Применение вычислительных систем на базе ЭВМ позволяет:

- ускорить оперативную разработку ТП при обновлении или увеличении номенклатуры производственной продукции;
- повысить качество ТП, а следовательно, и качество продукции предприятия;
- обеспечить оптимальность технологических разработок путем выбора их из множества возможных решений, создаваемых на ЭВМ.

Создание САПР ТП базируется на формальном представлении всей совокупности процессов инженерной деятельности во время разработки ТП.

В современных интегрированных производственных комплексах (ИПК) используются высокоэффективные системы, позволяющие связывать воедино конструкторскую и технологическую подготовку производства и его управление.

Так, например, при использовании системы Tecnomatix, разработанной фирмой Siemens, на всех этапах жизненного цикла изделия, от разработки идеи до производства, ведущие промышленные предприятия добиваются конкурентных преимуществ за счет:

- сокращения времени подготовки производства благодаря параллельному выполнению конструкторского и технологического проектирования;
- широких возможностей управления производственными процессами, прозрачности и прогнозируемости результатов;
- использования преимуществ глобальной организации производства (в различных частях планеты) в соответствии с изменением рыночного спроса;
- повышение рентабельности посредством оптимизации использования имеющихся производственных ресурсов и капиталовложений;



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

- снижения издержек и риска выпуска неликвидной продукции.

Контрольные вопросы

1. Каково соотношение трудоемкости проектирования ТП и трудоемкости конструирования машин?
2. Назовите уровни технологической унификаций?
3. На какую деталь составляется типовой ТП, на какую – групповой?
4. Чем отличается типовой ТП от группового ТП?
5. как формируется группа деталей?
6. Дайте определение группового ТП?
7. Что такое «комплексная деталь»?
8. Дайте определение технологичности конструкции изделий?
9. Назовите виды оценки технологичности изделий?
10. Перечислите показатели количественной оценки ТКН?
11. Перечислите основные мероприятия повышения технологичности конструкции изделий?
12. Какие конкурентные преимущества обеспечивают современные САПР ТП?



## ГЛАВА 6. МЕТОДОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТП

### 6.1 Классификация ТП

- ТП классифицируются по нескольким признакам:
- по серийности (объему выпуска) изделий
  - по степени подробности разработки ТП
  - по назначению

По серийности различают:

**Единый ТП (ЕТП)** – это ТП специально разработанный для обработки одного наименования конкретной детали. Единые ТП используются главным образом в массовом производстве, в котором любое улучшение ТП приводит к значительному экономическому эффекту.

**Унифицированный ТП (УТП)** – это ТП разработанный для обработки целой совокупности деталей. Унифицированные ТП подразделяются на типовые и групповые.

**Типовой ТП** – это ТП общий для некоторой совокупности деталей объединенным общими конструкторско-технологическими признаками.

**Групповой ТП (ГТП)** – ТП общий для некоторой совокупности деталей, которая называется группой.

Типовые и групповые ТП значительно упрощают проектирование. Широко применяются во всех видах производства вплоть до массового.

По степени подробности ТП подразделяются на:

**Маршрутный ТП** – представляет собой перечень операций с указанием оборудования на котором они выполняются.

005 Фрезерно-центральная	MP70
010 Токарная	16K20

Наименование операции всегда является прилагательным, произведенным от названия станка на котором она выполняется.

Маршрутные ТП применяются именно как ТП, ис-



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

ключительно в мелкосерийном и единичном производстве, где на каждом рабочем месте занят высококвалифицированный станочник, а ТП служит лишь указанием (маршрутом) перемещения заготовки со станка на станок.

В крупносерийном и массовом производстве, где используются операционные и комплексные ТП, маршрутный ТП применяется в качестве оглавления.

**Маршрутно-операционный ТП** – представляет собой тоже маршрутный с кратким перечислением выполняемых переходов на каждой операции.

010 Токарная	16K20
1.	Проточить ступени валас
правой стороны	
2.	Снять фаски

Назначение и область применения, те же, что и у маршрутного.

**Операционный ТП** отличается от маршрутно-операционного подробным перечислением на каждой операции всех основных и вспомогательных переходов с указанием выдерживаемых размеров, режимов резания и норм времени. Так же указывается используемый инструмент и приспособление на операции.

**Комплексный ТП** – это более подробный вариант операционного ТП, куда кроме основных переходов включают также вспомогательные, как транспортировка, мойка, сушка и т.д.

По области применения ТП бывают:

**Проектный ТП** – находящийся в стадии проектирования. По завершении проектирования он превращается в любой другой.

**Перспективный ТП** – это прогрессивный ТП разработанный на будущее, но неосуществленный по технико-организационным причинам.

**Рабочий ТП** – это ТП по которому выполняется обработка.



**Временный ТП** – это ТП временно применяемый вместо рабочего (аварийный ТП).

**Стандартный ТП** – это принудительный ТП, установленный соответствующим стандартом и отступление от него наказывается (относится к пищевому производству).

## 6.2 Исходные данные для проектирования ТП

Для проектирования ТП необходима следующая информационная база.

1. Сборочные и рабочие чертежи изделия и детали.
2. Технические условия, нормы точности и другие данные, характеризующие служебное назначение детали в работающей машине, требования к детали, выявленные при разработке ТП сборки.
3. Количество изделий, подлежащих изготовлению в единицу времени по неизменному чертежу.
4. Условия, в которых должны осуществляться ТП: вновь проектируемый или действующий завод, состав оборудования – наличие и перспектива обновления путем модернизации, получения нового, наличие производственных площадей, перспективы расширения, наличие и перспективы получения кадров.
5. Стандарты и нормали на полуфабрикаты.
6. Типовые и групповые ТП на основные виды деталей.
7. Технологические характеристики оборудования, рабочего и измерительного инструмента.
8. Различного рода справочная литература, руководящие материалы, инструкции, нормативы.



### 6.3 Последовательность работ по проектированию единичных ТП

#### **Особенности ТП для массового производства.**

*Проектирование маршрутных технологических процессов механической обработки*

ТП разрабатывается при проектировании новых и реконструкции существующих заводов, а также при организации производства новых объектов на действующих заводах. Кроме того, разрабатывают новые ТП на действующих заводах или корректируют имеющиеся для изготовления нового изделия. Это вызывается текущими конструкторскими усовершенствованиями объектов производства и необходимостью систематического использования новейших достижений науки и техники.

При проектировании новых и реконструкции существующих заводов разработанные ТП являются основой всего проекта. Они определяют потребные оборудование, производственных рабочих, производственные площади, технологическую оснастку (приспособления и инструмент), материалы, энергетiku, транспортные средства и др. Аналогичная роль у ТП при постановке производства новых объектов на действующем заводе; при этом выделяют возможность использования имеющегося и необходимость приобретения нового технологического оборудования и оснастки.

Общие правила разработки ТП определены ГОСТ 14301-83.

Разрабатываемый ТП должен быть прогрессивным и обеспечивать выполнение всех требований чертежа и технических условий, требуемую производительность труда и качество изделий, сокращение трудовых и материальных затрат на его реализацию, минимизацию вредных воздействий на окружающую среду.

Имеющиеся типовые или групповые ТП являются основой для разработки новых ТП, а в случае их отсутствия в качестве такой основы принимают ранее принятые прогрес-



## Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

сивные решения в действующих единичных ТП изготовления аналогичных изделий.

Основные требования, предъявляемые к ТП мех. обработки, заключаются в том, чтобы процесс обработки протекал в рациональной организационной форме, с полным использованием всех технических возможностей станка, инструмента и приспособлений при оптимальных режимах резания металла, допускаемых на данном станке, наименьшей затрате времени, наименьшей себестоимости обработки.

Для полного использования производительности станка необходимо выбирать станок в соответствии с габаритными размерами обрабатываемой заготовки и работать с такими режимами резания, чтобы мощность на резце, затрачиваемая на снятие стружки, с учетом к.п.д. станка максимально приблизилась к мощности установленного на станке электродвигателя. Особенно необходимо добиваться этого при обдирочных работах. При чистовой, отделочной обработке это требование не всегда удается выполнить, т.к. выбор элементов режимов резания находится в зависимости от необходимой точности и шероховатости обрабатываемой поверхности.

Необходимо также сосредоточить особое внимание на рациональной организации рабочего места, своевременном и четком обслуживании его в процессе работы и наиболее рациональной планировке его (т.е. взаимное расположение рабочего станка, инструментов, приспособлений, заготовок, готовых деталей).

### **Последовательность разработки ТП**

1. Анализ исходных данных.
2. Определение типа производства
3. Анализ технологичности конструкции.
4. Выбор действующего группового, типового ТП или поиск аналога единичного ТП.
5. Выбор исходной заготовки и метода ее изготовления.



6. Разработка планов обработки типовых поверхностей.
7. Расчет и выбор вариантов схем базирования, обеспечивающих требуемую точность расположения поверхности.
8. Синтез маршрута обработки заготовки.
9. Разработка технологических операций:
  - разработка вариантов структуры операции;
  - выбор типов и определение технических характеристик оборудования, приспособлений, режущего и мерительного инструмента;
  - расчет припусков и промежуточных размеров;
  - определение режимов обработки;
  - определение нормы времени на каждой операции;
  - определение квалификации работы.
10. Определение требований техники безопасности.
11. Оценка технико-экономической эффективности спроектированного ТП.
12. Сравнение вариантов ТП.
13. Оформление технологической документации.

### ***Определение типа производства***

Тип производства и соответствующая ему форма организации работы определяют особенности ТП и его построение. Поэтому прежде чем приступить к проектированию ТП механической обработки деталей, необходимо исходя из заданной производственной программы (с учетом запасных частей) и характера подлежащих обработке деталей, установить тип производства (единичное, серийное, массовое) и соответствующую ему организационную форму выполнения ТП.

Знание типа производства используют для принятия следующих предварительных решений: о степени подробности проектирования ТП, о структуре операций, о видах оборудования и оснастки, о методах наладки технологической системы и т.д.



### ***Выбор исходной заготовки и методов ее изготовления***

Методы изготовления заготовок деталей машин определяются технологическими свойствами их материала, формой, габаритами, типом производства и категорией ответственности детали.

В действующем производстве учитываются возможности заготовительных цехов и плановые сроки подготовки производства (проектирование и изготовление технологической оснастки). Кроме того, принимаются во внимание прогрессивные тенденции развития технологии машиностроения, в соответствии с которыми рекомендуется переносить большую часть процесса формообразования детали на заготовительную стадию и тем самым снижать расход материала и долю затрат на механическую обработку. В большинстве случаев производительность заготовительных процессов на порядок выше производительности процессов механической обработки.

По мере усложнения конфигурации заготовки и повышения ее точности усложняется и удорожается технологическая оснастка и возрастает себестоимость заготовки. Но при этом снижается трудоемкость и себестоимость последующей механической обработки.

#### ***Проектирование заготовки***

В задачу технолога при проектировании является

Определение вида заготовки. Определение метода получения заготовки является функцией специалиста – технолога литейщика или по обработке металлов давлением;

Выбор вида заготовки определяется следующими факторами:

- материал детали;
- конструктивная форма детали;
- тип производства;
- категория ответственности детали.

*Материал детали* на 90% определяет выбор вида заготовки. Материалы делятся на литейные (СЧ 24, КЧ, ВЧ,



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

АЛ2, АЛ9, АЛ27, МА, ЛС59-1, Сталь35Л) и обрабатываемые давлением Д1, Д2, Д16, Амг, стали, Амц, латунь Л62.

*Конструктивная форма детали:*

Детали с большими внутренними полостями получают как правило литьем.

*Категория ответственности:*

*I категория* – относятся детали поломка которых ведет к катастрофе (запрещаются детали получаемые литьем);

*II категория* – относятся детали поломка которых ведет к потере функциональных возможностей, но не влечет катастрофических последствий;

*III категория* – детали декоративного назначения поломка которых не отражается на работе машины (без ограничений).

***Разработка планов обработки типовых поверхностей***

Промежуточное или окончательное состояние типовой поверхности достигается в результате выполнения различных методов обработки. Изменение состояния поверхности от исходного до конечного, как правило, осуществляется за несколько технологических переходов, по мере выполнения которых постепенно повышается качество поверхности (точность размера и формы, точность положения, качество поверхностного слоя и т.д.). Каждое изменение состояния поверхности может осуществляться разными методами и на различном оборудовании.

Каждый метод (переход) характеризуется не только параметрами состояния поверхности, которые образуются после его реализации (выходом), но и параметрами состояния поверхности на "входе", т.е. на заготовке. Кроме того, характеристикой выхода является производительность метода (либо затраты основного времени).

Заданные точность и качество типовых поверхностей, размеры, масса и форма детали дают возможность определить необходимые методы окончательной обработки этих поверхностей, что предопределяет выбор средств техноло-



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

гического оснащения (СТО). Каждому методу окончательной обработки предшествуют промежуточные методы и соответствующие СТО.

Синтез планов обработки типовых поверхностей можно осуществлять одним из двух методов, различающихся объемом использования локальных типовых решений.

В первом – *методе последовательных уточнений*, в качестве локального типового решения используется типовой переход. Во втором – *методе типовых планов (маршрутов)*, в качестве локального типового решения принимаются типовые планы (маршруты) обработки типовых поверхностей.

При проектировании ТП пользуются составленными на основе опытных данных таблицами средних величин экономической точности различных методов обработки.

Для реализации первого метода необходим массив локальных типовых решений, оформленный в виде таблицы, которая содержит необходимую для принятия решения информацию.

Метод типовых планов можно также использовать при наличии соответствующего массива, оформленного в виде таблиц, в которых в зависимости от конечного состояния типовой поверхности и материала задаются планы ее обработки.

При выборе планов обработки типовых поверхностей детали следуют не только стремиться к минимизации затрат времени, но и обеспечить возможность выполнения всех переходов, необходимых для обработки заготовки с использованием минимального ассортимента оборудования, приспособлений и инструмента.

Например, у корпусной детали имеется группа плоских поверхностей, обработка которых наружным протягиванием будет самой производительной. Но другую группу плоских поверхностей обработать протягиванием невозможно, и поэтому выбирают вариант маршрута обработки фрезерованием. В таком случае имеет смысл и для первой



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

группы поверхностей предусмотреть такой же маршрут.

При формировании вариантов планов следует помнить, что при термической обработке, которая выполняется в середине маршрута происходит нарушение монотонного повышения точности по мере последовательного выполнения его переходов. Это особенно важно для заготовок небольшой жесткости.

Кроме того, если заготовка подвергается частичной цементации, а рассматриваемая поверхность защищается от закалки припуском большей толщины, чем глубина цементации, то химико-термическая обработка делится на две операции: цементацию и закалку, между которыми необходимо предусмотреть переход для удаления этого припуска.

При установлении последовательности операций следует руководствоваться такими соображениями:

- В первую очередь надо обрабатывать поверхности детали, которые являются базами для дальнейшей обработки.

- Затем следует обрабатывать поверхности, с которых снимается наиболее толстый слой металла, т.к. при этом легче обнаруживаются внутренние дефекты заготовки (раковины, включения, трещины и т.п.).

- Операции, где существует вероятность брака из-за дефектов в материале, должны выполняться в начале процесса.

- Далее последовательность операций устанавливается в зависимости от требуемой точности поверхности: чем точнее должна быть поверхность, тем позднее она должна обрабатываться, т.к. обработка каждой последующей поверхности может вызвать искажение ранее обработанной, это происходит из-за того, что происходит перераспределение внутренних напряжений при снятии каждого слоя.

- Поверхности, которые должны быть наиболее точными и с меньшей шероховатостью, должны обрабатываться последними, этим уменьшается возможность их повреждения.



- Совмещение черновой и чистовой обработки на одном и том же станке может привести к снижению точности обработанной поверхности вследствие влияния значительных сил резания и сил зажима при черновой обработке.

*Анализ вариантов и выбор схем базирования. Этот материал наиболее подробно и систематично изложен в [19].*

### **Синтез маршрута обработки заготовки**

Первый шаг синтеза маршрута обработки заготовки – распределение переходов обработки типовых поверхностей заготовки по этапам типовой схемы изготовления деталей соответствующего класса (или подкласса). Типовая схема обработки является, вариантом полного типового решения. Главный признак этапа типовой схемы – качество точности, достигаемой по его завершении.

Как показывает практика, повышение точности формы, размеров и относительного расположения поверхностей детали, а также качества ее поверхностей, должно осуществляться одновременно по всем основным элементам детали. Для этого сначала следует достигнуть одного качества точности заготовки для основных поверхностей, затем начать их повторную обработку, стремясь к следующему уровню точности, и так до тех пор, пока не будут обеспечены требования к точности, заданные чертежом детали.

Одной из причин разделения ТП изготовления детали на этапы служит необходимость включения внестаночных операций – химико-термической обработки и нанесения покрытий.

В зависимости от целей и назначения внестаночных операций определяются их место в ТП, и требования к обработке, предшествующей этим операциям.

Количество этапов и их содержание зависит от конструктивной особенности той группы деталей, для которой разработан типовой маршрут изготовления. Это уровень жесткости, возможность базирования и закрепления заготовки без повреждения уже обработанных поверхностей,



## Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

требования к уровню и виду внутренних остаточных напряжений (например, при изготовлении точных ходовых винтов необходимо назначать шесть термических операций: отжиг обычный и стабилизирующий, закалку и три стабилизирующих отпуска).

Поскольку количество этапов зависит от точности заготовки, типовая схема обработки должна учитывать тип пр-ва. В массовом производстве стремятся уменьшить количество этапов и если это позволяет конструкция и требования к точности детали, совмещать в одной операции обработку поверхностей с существенно разными уровнями точности.

При выборе порядка выполнения переходов внутри этапа нужно руководствоваться следующими рекомендациями:

- Вначале обрабатываются поверхности комплекта ЕТБ (в порядке уменьшения числа налагаемых связей), от которых будет выполняться большинство переходов этапа.

- Переходы обработки поверхностей, составляющих основной контур детали, выполняются раньше, чем переходы обработки поверхностей, представляющие собой уступы, пазы и т.д.

- В заготовке детали, не являющейся телом вращения, перед обработкой отверстий должны быть обработаны плоскости.

- Порядок обработки пересекающихся поверхностей устанавливается таким, чтобы уменьшить увод инструмента и вероятность его поломки, снизить дополнительные затраты на слесарную обработку (удаление заусенцев). Например, если оси отверстий пересекаются под прямым углом, то первым обрабатывается отверстие большего диаметра.

- На окончательном этапе поверхности обрабатываются в порядке, обратном их точности, т.е. чем точнее должна быть данная поверхность, тем позже она обрабатывается.



## Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

- Порядок обработки поверхностей должен обеспечить наименьшее количество переустановок и минимум затрат времени на вспомогательные перемещения инструмента (или заготовки).

- Порядок обработки поверхностей должен учитывать специальные требования к точности относительного расположения, если они указаны на чертеже или оговорены техническими требованиями.

### ***Разработка технологических операций***

Окончательный вариант последовательности обработки, структуры операции, используемого оборудования и оснастки выбирается на стадии формирования операций. Известно, что эффективность обработки повышается при концентрации переходов и заготовок в операции, при использовании многопозиционного оборудования с выделенной зоной загрузки. Однако на выбор структуры операции, вида оборудования и оснастки существенно влияет тип производства (глава 4).

Чтобы спроектировать ТП в условиях серийного производства, необходима информация об имеющемся оборудовании или о возможности его приобретения, т.е. необходим массив, содержащий следующие сведения: модель станка, размеры рабочей зоны, технологические возможности (набор реализуемых методов обработки).

Первым этапом решения данной задачи будет распределение переходов каждого этапа по станкам, для чего переходы сопоставляются с технологическими возможностями станков, а габариты детали – с габаритами их рабочего пространства. При этом может оказаться, что один и тот же переход можно выполнять на разных станках.

Если для выполнения данного перехода нет соответствующего оборудования, то принимается решение о приобретении необходимого станка, либо о модернизации одного из имеющихся станков, либо о замене данного перехода другим.

Анализ вариантов позволяет отобрать минимальную



## Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

номенклатуру технологического оборудования, необходимого для выполнения всех переходов рассматриваемого этапа.

Следующим шагом синтеза операций будет анализ возможности совмещения переходов, отобранных для данного типоразмера станка. Этот анализ учитывает как технологические характеристики станка, так и конструкцию детали. Например, в станке с револьверной головкой не хватает гнезд для размещения всех инструментов, необходимых для выполнения заданного числа переходов. Или среди выбранных станков для круглого шлифования есть такие, которые не позволяют совмещать шлифовать несколько шеек разного диаметра.

С другой стороны, отобранные для данного станка переходы не могут, например, быть выполненными при использовании одного комплекта баз или за один установ. В таких случаях принимается одно из следующих решений: уменьшить число переходов в операции вплоть до одного (таким образом, увеличивается число операций, выполняемых на одном и том же станке); выполнить операции за несколько последовательных установов в одной рабочей зоне; применить комбинированный инструмент.

Таким образом, после рассмотрения всех вариантов маршрута обработки заготовки будет получено несколько вариантов ТП. Окончательный выбор можно осуществлять на основе результатов технико-экономических расчетов.

Проектирование операционных технологических процессов обработки заготовок

### ***Уточнение типа оборудования и оснастки.***

Уточнение наименования и содержания операции мех. обработки позволяет правильно выбрать станок из имеющегося парка или по каталогу. По типу обработки устанавливают группу станков: токарный, сверлильный, ... В соответствии с назначением станка, его компоновкой, степенью автоматизации определяют тип станка: токарный одношпиндельный, многошпиндельный, револьверный, полуавтомат и



## Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

т.п. Выбор типа станка прежде всего определяется возможностью обеспечить определенное формообразование, выполнение технических требований, предъявляемых к изготавливаемой детали в отношении точности формы, расположения и шероховатости поверхности. Если эти требования выполнимы на различных станках, то при выборе учитывают дополнительно следующие факторы:

- соответствие основных размеров станка габаритным размерам обрабатываемой заготовки или нескольких одновременно обрабатываемых заготовок;
- соответствие производительности станка годовой программе выпуска деталей, учет типа производства;
- возможность полного использования станка как во времени, так и по мощности;
- наименьшая затрата времени на обработку;
- наименьшая себестоимость обработки;
- наименьшая отпускная цена станка;
- реальная возможность приобретения станка;
- необходимость использования имеющихся станков.

Для определенного заранее типа производства можно предложить следующие рекомендации по выбору станков. Для единичного производства чаще всего применяют станки, отличающиеся гибкостью и универсальностью формообразования поверхностей, большим диапазоном габаритов обрабатываемых поверхностей и отсутствием автоматизации. К их числу можно отнести универсальные станки с ручным управлением серийного производства, например токарно-винторезные, круглошлифовальные и т.п. В мелкосерийном и серийном производствах используются станки с меньшей универсальностью, но с большей производительностью и автоматизацией управления: токарно-револьверные полуавтоматы, токарно-винторезные с ЧПУ и т.п. Узкая специализация, высокая производительность и высокий уровень автоматизации характерен для станков крупносерийного и массового производства, к ним можно



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

отнести агрегатные станки, гибкие автоматические линии из станков с ЧПУ, жесткие автоматические линии из агрегатных и специальных станков.

Одновременно с выбором станка надо установить вид станочного приспособления, необходимого для выполнения на данном станке намеченной операции. Если это приспособление является принадлежностью станка (патрон, тиски и т.п.), то указывают только его наименование. При использовании универсально-сборного приспособления делают соответствующие указания. Если же для данной операции требуется специальное приспособление, то технолог обычно разрабатывает только схему приспособления или указывает только принцип его устройства. В единичном и мелкосерийном производствах широко применяют обработку в приспособлениях универсального типа (тиски, УДГ, поворотные столы, ...). Если же намечается потребность в изготовлении специального приспособления, то сначала необходимо выяснить экономическую целесообразность его применения. В крупносерийном, массовом производствах применяют главным образом специальные приспособления, которые сокращают основное и вспомогательное время больше, чем универсальные, при более высокой точности обработки.

При выборе станка и приспособления для каждой операции необходимо определить и режущий инструмент, обеспечивающий достижение наибольшей производительности, требуемых точности и шероховатости поверхности. Если требуется специальный инструмент, то обязательно должны быть разработаны чертежи его конструкции.

Применение того или иного типа инструмента зависит от следующих основных факторов: вида станка; метода обработки; материала заготовки; ее размера и конфигурации; требуемых точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей; типа производства.

При выборе инструмента и установлении метода обработки назначают измерительный инструмент, необходимый для определения размеров поверхностей заготовки и



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

других ее параметров точности. В маршрутную карту заносят наименования, тип, размер. В единичном производстве применяют измерительный инструмент универсального назначения: линейки, штангенциркули, микрометры, нутромеры, глубиномеры и т.п. В серийном и массовом производствах применяют специальный измерительный инструмент – калибры, пробки, шаблоны, а также измерительные приспособления, часто многоместные и автоматизированные.

***Определение припусков и промежуточных размеров обрабатываемых поверхностей***

Методику выполнения этой работы см. в главе 3 настоящего пособия.

***Расчет и выбор режимов резания*** выполняется в соответствии с рекомендациями, изучаемыми в дисциплине «Резание металлов»

***Особенности ТП для массового производства***

Особенностью технологических процессов автоматизированного производства является их интенсификация путем концентрации операций и переходов, применения новых высокопроизводительных методов обработки, максимальной автоматизации управления процессом механической обработки.

Методика проектирования автоматизированного технологического процесса механической обработки в принципе та же, что и неавтоматизированного.

При разработке технологии обработки заготовок резанием на автоматизированном оборудовании будут полезны рекомендации, учитывающие ее специфику:

- при отработке конструкции детали на технологичность необходимо учитывать требования автоматизированного производства: простоту ориентации, загрузки и выгрузки, удобство транспортирования, установки и фиксации заготовки, возможность одновременной обработки нескольких поверхностей и автоматического контроля;
- технологические базы в автоматизированном тех-



## Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

нологическом процессе должны обеспечивать: необходимую точность ориентации заготовки в системе координат станка, надежность автоматической фиксации и закрепления заготовки, выполнение всего технологического процесса без смены баз, автоматическую загрузку и межагрегатное транспортирование заготовок. При отсутствии у заготовок поверхностей, отвечающих сформулированным требованиям, применяют предварительную установку заготовок на приспособления-спутники. В необходимых случаях подготовку технологических баз при обработке на автоматической линии (или при установке заготовки в приспособление-спутник) производят на отдельных операциях вне автоматической линии);

- маршрутный технологический процесс разрабатывают с учетом максимальной концентрации операций, соблюдения принципа единства баз, выполнения чистовых и отделочных операций в конце технологического процесса;

- при проектировании автоматических операций анализируют возможность совмещения технологических и вспомогательных переходов во времени. Для каждой операции устанавливают технологические размеры и составляют схему наладки, определяют норму штучного времени и обеспечивают равенство или кратность штучного времени такту автоматической линии.

Оборудование выбирают в зависимости от методов и сложности обработки поверхностей заготовки, масштаба выпуска. К нему предъявляют общие требования обеспечения заданного качества объектов производства при максимальной производительности и экономичности.

Инструменты должны обладать повышенной режущей способностью и размерной стойкостью, обеспечивать быструю смену и возможность настройки вне станка (линии), так как обычно на автоматических линиях и станках с ЧПУ применяют бесподналадочную замену изношенного инструмента. Режимы механической обработки, выбранные по справочным данным для неавтоматизированного производ-



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

ства, занижают на 10...30 %.

Необходимость синхронизации выполнения операций является первой, но общей для всех поточных линий (как автоматических, так и неавтоматических) особенностью проектирования технологического процесса. Согласование продолжительности операций с заданным тактом выпуска деталей создает условия для лучшей загрузки по времени всех станков линии, уменьшает их простои. Главным средством синхронизации' служит регулирование степени концентрации операций.

В автоматической поточной линии рабочие зоны смежных станков связаны между собой транспортирующими устройствами, в каждой зоне работает загрузочное устройство или иной механизм, обеспечивающий установку и снятие обрабатываемой детали. Необходимость заботиться о простоте всех этих вспомогательных устройств выдвигает некоторые дополнительные требования к операциям технологического процесса.

1. Каждая операция должна быть рассчитана на выполнение только за один установ. Автоматическое выполнение второго установка требует сложного механизма и не практикуется. Изменение положения заготовки в рабочей зоне станка с целью обработки ее с разных сторон осуществимо лишь как изменение позиций заготовки. Иногда это оправдывается в операциях, выполняемых путем вращения инструмента при неподвижной детали (станки сверлильные, расточные, фрезерные головки с подвижным инструментом на агрегатных станках и т. п.), но исключено для операций, выполняемых с вращением заготовки (станки типа токарных, круглошлифовальных и т. п.).

Получение разных позиций детали требует автоматической работы поворотного делительного стола у станка или заменяющего его специального приспособления для заготовки. Избегая связанных с этим усложнений и одновременно повышая производительность на операции, применяют двусторонние (многосторонние) станки.



## Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

2. Все переходы операции должны выполняться за один рабочий ход. Это требование связано с необходимостью автоматического получения всех операционных размеров, выдерживаемых на операции. Выполнение второго рабочего хода требует изменения положения(позиции) инструмента относительно детали. Это не только усложняет потребное оборудование, но и отрицательно сказывается на точности обработки.

Разумеется, это требование не относится к операциям, выполняемым процессами с послойным снятием припуска немерным инструментом (шлифование, хонингование и т. п.). В таких операциях автоматическое получение заданной точности обеспечивают (не только в условиях поточных линий) либо применением средств активного контроля размера (например, при шлифовании и хонинговании), либо ограничением самого количества рабочих ходов или времени обработки (хонингование, шевингование и т. п.).

Необходимость обработки за один рабочий ход делает особенно важной задачу уменьшения общих припусков на механическую обработку, т. е. повышения точности заготовки и уменьшения у нее глубины дефектного поверхностного слоя. Связанная с этим возможность уменьшения количества потребных станков в линии, оправдывает самый тщательный (расчетный) метод определения необходимых припусков.

Описанные два требования, направленные на уменьшение количества действий, необходимых в рабочей зоне станка, и упрощение «механики» этих действий, являются общими для всех автоматических линий. Другие требования (и соответственно - особенности проектирования процесса) имеют менее общий характер в том смысле, что важность их в значительной мере зависит от вида обрабатываемой заготовки и особенностей намечаемой автоматической линии.

Особенности детали определяют возможные способы ее транспортировки между станками и могут выдвигать



## Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

гать специфические требования к технологическому процессу.

Наиболее простыми в этом отношении являются мелкие детали, загрузка которых возможна с помощью бункерных ориентирующих устройств и небольшие детали, допускающие применение магазинных загрузочных устройств. Небольшая масса таких деталей не накладывает особенных ограничений на способ их транспортировки между станками (загрузочными устройствами) и соответственно - на технологический процесс. Такие линии составляют большую часть автоматических линий, создаваемых самим заводом на базе имеющегося у него оборудования или на базе уже действующей поточной, но не автоматизированной линии станков. В основном это линии деталей, в технологических процессах которых доминируют операции, требующие вращения заготовки (детали типа тел вращения и соответствующие станки).

С увеличением массы заготовки автоматизация их загрузки и транспортировки усложняется. Загрузочное устройство превращается в крупную и сложную специальную конструкцию - манипулятор. Транспортировка заготовки с помощью подъемников и последующих желобов или склизов, по которым они могут перемещаться под действием собственного веса, все более усложняется. Возникает необходимость транспортировать заготовки не только в одном определенном положении (ориентированная транспортировка), но и делать это, не допуская вредных взаимных ударов деталей. Все эти обстоятельства приводят к применению в качестве транспортного средства единого для всех станков горизонтального конвейера, на котором каждой заготовке отведено свое место.

В компоновках таких линий имеются особенности, важные для проектирования технологического процесса. В этом отношении компоновки можно разделить на два вида:

1) транспортирующее устройство проходит около линии станков, и детали передаются в рабочие зоны с помо-



щью манипуляторов;

2) транспортирующее устройство проходит через рабочие зоны станков.

Первая компоновка более характерна для линии таких деталей, которые требуют вращения при их изготовлении. Прежде всего – это детали типа валов (технологические базы – центровые отверстия).

При такой компоновке конструкции транспортирующего и загрузочного устройств мало связаны с конструкцией основного оборудования, что допускает широкое использование в линии серийно выпускаемых станков (автоматизированных токарных общего назначения, многолезцовых и т. п.). При этом влияние компоновки линии на проектирование технологического процесса почти отсутствует.

Вторая компоновка характерна для линий таких деталей, изготовление которых возможно без вращения заготовки. Прежде всего, это детали типа корпусов. Заготовки таких деталей требуют обработки с нескольких сторон и отличаются многочисленностью различно расположенных обрабатываемых поверхностей, что оправдывает широкое использование в линии специальных агрегатных станков. Это обстоятельство тесно связывает проектирование линии с проектированием технологического процесса. Крайним выражением этой связи является передача проектирования технологического процесса предприятию, выполняющему заказ на изготовление линии.

В таких условиях указанные ранее два общих требования к технологическому процессу (в каждой операции не более одной установки, в каждом переходе не более одного рабочего хода) приобретают более конкретный характер и к ним добавляются новые требования, особенно важные в этих условиях.

В связи с трудностями переустановки заготовки приходится придерживаться принципа постоянства технологических баз детали. Обычно в качестве таких баз у корпусной детали используют одну из плоскостей и два отверстия,



## Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

оси которых перпендикулярны к этой плоскости, однако все поверхности детали, которые на рабочем чертеже координированы не от этой базы, будут обрабатываться в условиях нарушения принципа совмещения баз.

При отсутствии у детали поверхностей, могущих служить хорошими технологическими базами, такие поверхности создают специально (технологические базы, создаваемые только для обработки, но функционально для детали не нужные). В связи с этим в некоторых случаях (это характерно не для крупных корпусных деталей, а для небольших деталей сложной формы) оказывается целесообразным транспортировать заготовки вместе с приспособлениями, в которых они установлены (так называемые приспособления-спутники, корпус которых играет роль специально созданных технологических баз).

Возможность использования специальных станков дает выбор нескольких решений технологу (не операция проектируется для станка, а станок для операции). В частности, в процессах обработки заготовок корпусных деталей появляется возможность большой параллельной концентрации операций (многосторонние и многошпиндельные станки). Однако прежде всего для этой цели нужно в должной мере использовать возможности комбинированного инструмента (ступенчатые сверла, зенкеры и т. п.) и многоместных приспособлений для инструментов (державки, многошпиндельные головки). Это поможет использованию в линии более простых станков для многопереходных операций и может уменьшить количество потребных операций (станков).

На всех автоматических линиях режимы резания должны быть менее напряженными, чем на линиях неавтоматизированных, чтобы они обеспечивали достаточно высокую стойкость режущих инструментов.



### **Контрольные вопросы**

1. Перечислите основные признаки классификации ТП?
2. Назовите исходные данные для проектирования ТП?
3. Какова последовательность работ по проектированию единичных ТП?
4. Каковы основные требования предъявляемые к ТП мех. обработки?
5. Как определяется тип производства?
6. Какие факторы учитываются при выборе заготовки?
7. Как разрабатываются планы обработки типовых поверхностей?
8. Какими соображениями технолог руководствуется при установке последовательности операций?
9. Каковы правила выбора порядка выполнения переходов внутри этапа обработки?
10. Какова последовательность разработки технологических операций?
11. Основные особенности ТП массового производства?

В каких случаях целесообразно использовать приспособления – спутники?



**ЛИТЕРАТУРА**

1. Афонькин М.Г., Звягин В.Б. Производство заготовок в машиностроении – 2-е изд. СПб.: Политехника, 2007, - 380с.
2. Балакшин Б.С. Основы технологии машиностроения М.: Машиностроение, 1969. 550 с.
3. Балакшин Б.С. Теория и практика технологии машиностроения. В 2-х кн. М.: Машиностроение, 1982. Кн.1. 283с, ; Кн.2. 268 с.
4. Бабичев А.П., Тамаркин М.А., Лебедев В.А. и др. Физико-технологические основы методов обработки / под ред. А.П. Бабичева. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2006. – 409с.
5. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения: Учебник для вузов. М.: Машиностроение, 2005. 736с.
6. Безжон В.И. Технологичность конструкций машин: учеб. Пособие. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2000.
7. Колесов И.М. Основы технологии машиностроения. М.: Высшая школа, 2001. 591 с.
8. Косилова А.Г. Мещеряков Р.К. Калинин М.А. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении: Справочник технолога. М.: Машиностроение, 1976. 288 с.
9. Клименков С.С. Проектирование и производство заготовок в машиностроении. Минск: Техноперспектива, 2008. 408с.
10. Кондаков А.И. Курсовое проектирование по технологии машиностроения М.: Кнорус, 2012. 399с.
11. Кондаков А.И., Васильев А.С. Выбор заготовок в машиностроении. Справочник. М.: Машиностроение, 2007, 559 с.
12. Лебедев Л.В., Мнацаканян А.У., Погонин А.А. и др. Технология машиностроения: учебник для вузов М.: Издательский центр «Академия», 2006. 528с.
13. Маталин А.А. Технология машиностроения СПб.:



Машиностроение, 2008. 512 с.

14. Межотраслевые укрупненные нормативы времени работ, выполняемых на токарно-винторезных станках (Единичное и мелкосерийное производство) <http://referent.mubint.ru>

15. Межотраслевые укрупненные нормативы времени работ, выполняемых на сверлильных станках (Единичное и мелкосерийное производство) <http://referent.mubint.ru>

16. Межотраслевые укрупненные нормативы времени работ, выполняемых на зубообрабатывающих станках (Единичное и мелкосерийное производство) <http://referent.mubint.ru>

17. Межотраслевые укрупненные нормативы времени работ, выполняемых на шлифовальных станках (Единичное и мелкосерийное производство) <http://referent.mubint.ru>

18. Межотраслевые укрупненные нормативы времени работ, выполняемых на отделочно-расточных станках (Единичное и мелкосерийное производство) <http://referent.mubint.ru>

19. Мельников А.С. Технология машиностроения: основы достижения качества машины: учебное пособие. Ростов-на-Дону; Издательский центр ДГТУ, 2009. – 428 с.

20. Мельников А.С., Прокопец Г.А., Азарова А.И. Влияние методов достижения показателей точности машины на организацию сборочного процесса. Учеб. пособие для вузов. – Ростов на/Д: Издательский центр ДГТУ, 2004. 59 с.

21. Мухин А.В., Спиридонов О.В., Схиртладзе А.Г., Харламов Г.А. Производство деталей металлорежущих станков. М. Машиностроение, 2003. 559 с.

22. Новиков М.П. Основы технологии сборки машин и механизмов. – М. : Машиностроение, 1980. 592с.

23. Обработка металлов резанием: справочник технолога / под ред. А.А. Панова. – М.: Машиностроение, 2004, 784 с.

24. Общемашиностроительные нормативы времени на слесарную обработку деталей и слесарно-сборочные работы



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

по сборке машин. Мелкосерийное и единичное производство. М.: ВНИИТЭМР, 1987

25. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Ч.1: Нормативы времени. М.: Экономика, 1990

26. Общемашиностроительные укрупненные нормативы времени на работы, выполняемые на малогабаритных металлорежущих станках. Среднесерийное и мелкосерийное производство. М.: НИИ труда, 1986

27. Радкевич Я.М., Тимирязев В.А., Схиртладзе А.Г., Островский М.С. Расчет припусков и межоперационных размеров в машиностроении. М.: Высшая школа, 2004

28. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / под ред. А.М. Дальского, А.Г. Сулова, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. 5-е изд., перераб. И доп. – М.: Машиностроение-1, 2001 – Т.1. – 656 с. – Т.2. – 496 с.

29. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания М.: Экономика, 1990, 470 с.

30. Справочник инструментальщика / Ординарцев И.А., Филлипов Г.В. и др. Под общей ред. И.А. Ординарцева. – Л.: Машиностроение, 1987.

31. Сулов. А.Г. Технология машиностроения: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов. – М.: Машиностроение, 2007. 430 с.

32. Степанов А.П., Рарумов И.М., Смирнов С.В и др. Научная организация и нормирование труда в машиностроении: Учебник для вузов. М.: Машиностроение, 2000. 535с.

33. Семенов С.М., Сероштан Н.А., Афанасьев А.А. и др. Научная организация и нормирование труда в машиностроении: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов. (под общей ред. Семенова С.М.) М: Машиностроение. 1991



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины

34. Серебrenицкий П.П. Краткий справочник технолога-машиностроителя.-СПб.: Политехника, 2007. 951 с.

35. Тамаркин М.А. Технология сборочного производства / М.А.Тамаркин, И.В. Давыдова, Э.Э. Тищенко – Ростов н/Д: Феникс, 2007. 270с.

36. Технология машиностроения. В 2 т. Т.1. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов / Бурцев В.М., Васильев А.С., Дальский А.М. и др. Под ред. Дальского А.М. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999.

37. Технология машиностроения. В 2 т. Т.2. Производство машин: учебник для вузов / Бурцев В.М., Васильев А.С., Леев О.М. и др. Под ред. Г.М. Мельникова – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999.

38. Технология машиностроения. В 2 кн. Кн. 1. Основы технологии машиностроения: Учеб. Пособие для вузов / Жуков Э.Л., Козарь И.И., Мурашкин С.Л. и др. Под ред. С.Л. Мурашкина. – М.: Высшая школа 2003.

39. Технология машиностроения. В 2 кн. Кн. 1. Производство деталей машин: Учеб. Пособие для вузов / Жуков Э.Л., Козарь И.И., Мурашкин С.Л. и др. Под ред. С.Л. Мурашкина. – М.: Высшая школа 2003.

40. Харламов Г.А. Тарапанов А.С. Припуски на механическую обработку. Справочник. М.: Машиностроение, 2006, 256 с.

41. ГОСТ 26645-85 Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку.

42. ГОСТ 7062-90 Поковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемые ковкой на прессах. Припуски и допуски. М.: Изд-во стандартов, 1991. 46 с.

43. ГОСТ 7505-89 Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. М.: Изд-во стандартов, 1990. 52 с.

44. ГОСТ 7829-70 Поковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемые ковкой на молотах. При-



Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины  
пуски и допуски. М.: Изд-во стандартов, 1989. 41 с.