

В. Ю. НОВИКОВ, А. И. ИЛЬЯНКОВ

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

УЧЕБНИК

В ДВУХ ЧАСТЯХ

Часть 1

Рекомендовано

*Федеральным государственным учреждением
«Федеральный институт развития образования»
в качестве учебника для использования
в учебном процессе образовательных учреждений,
реализующих программы среднего профессионального
образования по специальности 151901 «Технология машиностроения»*

*Регистрационный номер рецензии 438
от 28 ноября 2010 г. ФГУ «ФИРО»*

2-е издание, переработанное



Москва
Издательский центр «Академия»
2012

УДК 621(075.32)
ББК 34.4я723
Н731

Рецензент —

преподаватель ГБОУ г. Москвы «Политехнический колледж № 8 имени дважды Героя Советского Союза И. Ф. Павлова», канд. техн. наук *Н. М. Твердынин*

Новиков В. Ю.

Н731 Технология машиностроения : в 2 ч. — Ч. 1 : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / В. Ю. Новиков, А. И. Ильянков. — 2-е изд., перераб. — М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 352 с.

ISBN 978-5-7695-8243-1

Изложены основы проектирования технологических процессов механической обработки заготовок, методы получения заготовок, расчета операционных размеров и размеров исходных заготовок, вопросы технического нормирования и разработки операций, базирования заготовок, принципы расчета и пути обеспечения точности при разработке технологических процессов, а также пути обеспечения качества машин, методы повышения производительности труда и пути снижения себестоимости изделий.

Рассмотрены вопросы организации технического контроля на предприятии, особенности технической и технологической подготовки производства, а также методика расчета параметров производственного участка или цеха и требования к размещению оборудования на производственных площадях.

Учебник может быть использован при изучении общепрофессиональной дисциплины «Технология машиностроения» в соответствии с ФГОС СПО для специальности 151901 «Технология машиностроения».

Для студентов учреждений среднего профессионального образования. Может быть полезен студентам высших учебных заведений и специалистам промышленных предприятий.

УДК 621(075.32)
ББК 34.4я723

*Оригинал-макет данного издания является собственностью
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом
без согласия правообладателя запрещается*

ISBN 978-5-7695-8243-1 (ч. 1) © Новиков В. Ю., Ильянков А. И., 2012
ISBN 978-5-7695-8244-8 © Образовательно-издательский центр «Академия», 2012
© Оформление. Издательский центр «Академия», 2012

Уважаемый читатель!

Данный учебник предназначен для изучения предмета «Технология машиностроения» и является частью учебно-методического комплекта по специальности «Технология машиностроения».

Учебно-методический комплект по специальности — это основная и дополнительная литература, позволяющая освоить специальность, получить профильные базовые знания. Комплект состоит из модулей, сформированных в соответствии с учебным планом, каждый из которых включает в себя учебник и дополняющие его учебные издания — лабораторный практикум, курсовое проектирование, плакаты, справочники и многое другое. Модуль полностью обеспечивает изучение каждой дисциплины, входящей в учебную программу. Все учебно-методические комплекты разработаны на основе единого подхода к структуре изложения учебного материала.

Важно отметить, что разработанные модули дисциплин, входящие в учебно-методический комплект, имеют самостоятельную ценность и могут быть использованы при выстраивании учебно-методического обеспечения образовательных программ обучения по смежным специальностям.

При разработке учебно-методического комплекта учитывались требования Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования.

Жизнь современного человека немыслима без машин, которые оказывают ему помощь в труде, перемещают на близкие и дальние расстояния, способствуют удовлетворению его материальных и духовных запросов. В жизни человека машина служит средством, с помощью которого человек способен выполнить тот или иной технологический процесс, дающий ему необходимые материальные или культурные блага. Любая машина создается для осуществления технологического процесса, в результате выполнения которого получается полезная для человека продукция.

Человеческое общество постоянно испытывает потребности в новых видах продукции либо в сокращении затрат труда при производстве освоенной продукции, которые могут быть удовлетворены только с помощью новых технологических процессов и новых машин, необходимых для их выполнения. Следовательно, стимулом к созданию новой машины всегда является новый технологический процесс, возможность осуществления которого, однако, зависит от уровня научного и технологического развития человеческого общества.

Машина может быть полезна лишь в том случае, если она обладает надлежащим качеством, т.е. способностью удовлетворить потребности людей, побудившие ее создание. Некачественные машины не могут принести пользы. Наоборот, они наносят ущерб, так как труд, вложенный в их создание, частично или даже полностью оказывается затраченным напрасно.

Ресурсы труда в жизни человеческого общества представляют собой наивысшую ценность. Поэтому человек всегда стремился к экономии затрат труда в любом выполняемом им деле.

Создавая машину, человек ставит перед собой следующие задачи:

- сделать машину качественной и тем самым обеспечить экономию труда в получении производимой с ее помощью продукции;
- затратить меньшее количество труда в процессе создания и обеспечения качества самой машины.

Процесс создания машины от формулировки ее служебного назначения до получения в готовом виде четко подразделяют на два этапа: проектирование и изготовление.

Первый этап завершается разработкой конструкции машины и представлением ее в чертежах, второй — реализацией конструкции с помощью производственного процесса.

Построение и осуществление второго этапа составляют основную задачу технологии машиностроения.

Современное представление технологии машиностроения сформировалось на основе трудов многих поколений отечественных и зарубежных ученых и работников промышленности, способствовавших ее становлению как отрасли технической науки, где изучают связи и закономерности в производственных процессах изготовления машин.

Изготовление машины начинается с момента придания исходным материалам формы, близкой к форме готовых деталей (в целях уменьшения расхода дорогостоящего материала при обработке), т. е. с момента получения заготовок для деталей, а завершается сборкой и испытанием готового изделия. В процессе изготовления машины применяют многочисленные процессы обработки: литье, штамповку горячую и холодную, механическую обработку, различные электрофизические методы.

В наиболее общем виде определить дисциплину «Технология машиностроения» можно как учение о технологических процессах изготовления машин.

Проектирование технологических процессов изготовления деталей и машин ведется в рамках двух строгих требований:

- 1) неукоснительное соблюдение заданных конструктором параметров деталей и изделия в целом;
- 2) достижение первого требования с наименьшими затратами, т. е. наиболее экономичными способами.

Согласно требованиям современного образовательного стандарта студент, изучающий дисциплину «Технология

машиностроения», должен приобрести определенные знания, умения, опыт и в конечном счете определенную компетентность.

Техник-технолог должен быть готов:

- к участию в разработке технологических процессов изготовления деталей машин;
- к участию в организации производственной деятельности структурного подразделения предприятия;
- к участию во внедрении технологических процессов изготовления деталей и сборки машин, а также к осуществлению технического контроля этих процессов.

Специалист по технологии машиностроения должен быть готов к выполнению обязанностей техника-технолога, а также:

- к самостоятельной организации производственной деятельности структурного подразделения предприятия;
- к самостоятельному внедрению технологических процессов изготовления деталей и организации технического контроля.

Основная задача предлагаемого учебника — помочь студенту, готовящемуся стать техником-технологом или специалистом по технологии машиностроения, в приобретении следующих профессиональных навыков:

- грамотное использование конструкторской документации при разработке технологических процессов изготовления деталей;
- грамотный выбор методов получения заготовок для деталей и схем их базирования при обработке;
- составление маршрутов изготовления деталей и проектирование технологических операций по их изготовлению на современном техническом уровне.

Формирование технологических знаний основано на изучении многих дисциплин. К их числу следует отнести изучение свойств материалов и способов их обработки, технологического и производственного оборудования, технологической оснастки, методов и средств измерения, ме-

тодов построения и организации технологических и производственных процессов, управления их ходом, автоматизации и экономики.

В учебнике излагаются основы технологии машиностроения, проектирования технологических процессов механической обработки заготовок, методики разработки различных операций, методы обработки поверхностей при изготовлении основных деталей, процессы отделки деталей в целях получения заданной точности и качества их поверхностного слоя и многое другое, что позволит студенту хорошо подготовиться к самостоятельной работе техником-технологом или специалистом по технологии машиностроения на предприятиях отрасли.

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Под **служебным назначением машины** понимают четко сформулированную конкретную задачу, для решения которой предназначена машина.

Формулировка служебного назначения машины должна содержать подробные сведения, конкретизирующие общую задачу и уточняющие условия, при которых эта задача может быть решена. Так, формулируя служебное назначение автомобиля, недостаточно сказать, что автомобиль предназначен для перевозки грузов. Необходимо конкретизировать характер грузов, их массу и объем, условия, расстояния и скорость перевозки, состояние дорог, климат, требования к внешнему виду автомобиля и многое другое, с тем, чтобы исчерпывающе определить именно ту задачу, которую должен выполнять создаваемый автомобиль.

Служебное назначение машины описывают не только словесно, но и системой количественных показателей, определяющих ее конкретные функции, условия работы и ряд дополнительных моментов в соответствии с задачей, которую предстоит решать с помощью создаваемой машины. Формулировка служебного назначения машины является важнейшим документом в задании на ее проектирование.

Производство на машиностроительном предприятии осуществляется в результате выполнения **производственного процесса**, под которым понимают совокупность всех этапов, которые проходят исходные продукты на пути их превращения в готовую машину.

Исходные продукты в виде полуфабрикатов машиностроительное предприятие обычно получает от других предприятий; ими являются различные материалы и изделия, такие как подшипники, электродвигатели, крепежные детали и т.д. Производственный процесс изготовления машины включает в себя получение заготовок деталей, различные виды их обработки (механическая, термическая, химическая и др.), контроль качества, транспортирование, хранение на складах, сборку, испытание, регулировку, окраску, отделку и упаковку.

По отношению к объекту производства различные этапы производственного процесса проявляют себя по-разному: одни изменяют его качественное состояние (форму, размеры, структуру и химический состав материала, внешний вид и т.д.), другие, например транспортирование, контроль, хранение на складах, не оказывают такого воздействия, хотя без них производственный процесс не смог бы быть осуществлен.

Этапы производственного процесса, на протяжении которых происходят качественные изменения объекта производства, называются **технологическими процессами**.

Являясь частями производственного процесса, технологические процессы в зависимости от содержания получают уточняющие названия. Например, различают технологические процессы изготовления деталей, сборки, окраски машины или технологические процессы получения заготовок, их механической, термической и других видов обработки, сборки отдельных частей машины и машины в целом и др.

Выполнение однородных технологических процессов часто сосредоточивают в отдельных цехах и на участках цехов, специализируя их, например, для производства заготовок, изготовления различных корпусных деталей и т.п. В других случаях бывает более целесообразным закрепить полностью за цехом или участком технологический процесс изготовления отдельного изделия или ограниченной номенклатуры изделий.

Технологический процесс выполняют рабочие с помощью технологического оборудования, инструментов и различной технологической оснастки. Как сами рабочие, так и используемые ими технологические средства нуждаются в соответствующем размещении в помещении цеха или участка, другими словами — в выделении рабочего места.

Рабочее место представляет собой часть пространства, предназначенную для выполнения производственного задания одним рабочим или группой рабочих, в которой размещены необходи-

мые производственное оборудование, инструмент, технологическая оснастка и устройства для хранения заготовок и изделий, изготовленных на данном рабочем месте.

Технологический процесс состоит из операций.

Операция представляет собой законченную часть технологического процесса, выполняемую на одном рабочем месте. В организационном смысле операция является основной частью технологического процесса, для которой разрабатывают технологическую документацию и на которую распространяются нормирование, планирование и учет выпуска продукции.

Необходимость подразделения технологического процесса на операции определяется физическими и экономическими причинами. К физическим причинам относится, например, невозможность обработки заготовки с шести сторон на одном рабочем месте или необходимость разделения предварительной и окончательной механической обработки заготовки, поскольку между ними должна быть проведена термическая обработка и т. п. Экономической причиной, например, может быть нецелесообразность создания специального и дорогостоящего станка, позволяющего совмещать на одном рабочем месте проведение многих способов механической обработки.

Примерами операций могут служить обработка плоских поверхностей заготовки корпусной детали на фрезерном станке или растачивание, зенкерование и развертывание отверстий в той же заготовке на горизонтально-расточном станке. Операциями технологического процесса сборки машины могут быть установка передней бабки токарного станка на станине или проверка положения оси вращения шпинделя относительно направляющих станины и т. п.

Для четкого представления структуры операции и учета затрат времени на ее выполнение используют расчленение операции на отдельные части, называемые переходами.

Переход — это часть операции, во время которой одним и тем же инструментом обрабатывается одна и та же поверхность заготовки при неизменном режиме обработки (постоянных частоте вращения шпинделя станка и подаче режущего инструмента).

Переход, непосредственно связанный с осуществлением технологического воздействия, называют **основным**.

Переход, состоящий из действий рабочего или механизмов, необходимых для выполнения основного перехода, называют **вспомогательным**.

Применительно к обработке резанием основной переход представляет собой законченный процесс получения каждой поверх-

ности заготовки (детали) при обработке одним инструментом. Например, основными переходами будут являться получение поверхности сквозного отверстия в детали при обработке спиральным сверлом, получение плоской поверхности детали фрезерованием и т.п. Последовательная обработка одного и того же отверстия в корпусной детали сверлением, зенкером и разверткой будет состоять соответственно из трех основных переходов, поскольку обработка каждым инструментом будет давать новую поверхность. Одновременная обработка трехступенчатого отверстия в корпусной детали блоком резцов будет представлять собой совмещение трех основных переходов, выполняемых с помощью одного комбинированного инструмента, обеспечивающего получение сочетания поверхностей.

На рис. 1.1 показана схема технологической операции обработки заготовки С, включающая в себя три основных перехода:

1-й основной переход — сверление отверстия А сверлом 1;

2-й основной переход — растачивание отверстия А проходным резцом 2;

3-й основной переход — растачивание кольцевой проточки В резцом 3.

К вспомогательным переходам относят такие действия, как установка и закрепление заготовки в приспособлении, смена инструмента, его подвод к заготовке, открепление и снятие детали.

В целях более четкого расклада затрат времени на выполнение технологической операции при проведении расчета переходов подразделяют на основные рабочие приемы, вспомогательные рабочие приемы и движения.

Прием представляет собой законченную совокупность действий, направленных на выполнение перехода или его части и объединенных одним целевым назначением. Например, переход «установить заготовку» состоит из следующих приемов: взять за-

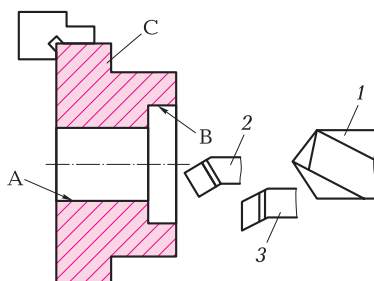


Рис. 1.1. Схема технологической операции:

1 — сверло; 2, 3 — резцы

готовку из тары, переместить к приспособлению, установить в приспособление, закрепить.

Расчленение перехода на отдельные приемы весьма условно и не во всех случаях целесообразно.

К вспомогательные рабочим приемам, т.е. к вспомогательным действиям рабочего, относят пуск и остановку станка, подвод и отвод режущего инструмента и другие действия, необходимые для подготовки и осуществления основного рабочего приема (основного действия) — снятия слоя материала с заготовки.

Рабочим ходом называют однократное относительное движение инструмента и заготовки, в результате которого с ее поверхности удаляется один слой материала. После выполнения каждого рабочего хода на заготовке образуется новая поверхность. Однако переход будет завершен лишь по осуществлении всех рабочих ходов, необходимых для достижения требуемого результата. Например, переход по обработке шейки вала шлифованием с продольной подачей осуществляется в результате выполнения значительного числа рабочих ходов.

Обработка заготовки невозможна без **вспомогательных ходов**, под которыми следует понимать однократное перемещение режущего инструмента относительно заготовки, не сопровождаемое изменением ее формы, размеров и шероховатости поверхностей. Вспомогательные ходы необходимы для подготовки выполнения последующего рабочего хода.

Примером вспомогательного хода может служить отвод режущего инструмента после обработки определенной поверхности в исходное положение для выполнения последующего рабочего хода. Время, затрачиваемое на выполнение вспомогательных ходов, входит в состав вспомогательного времени технологической операции.

Для того чтобы иметь возможность обработать заготовку, ее нужно установить и закрепить в приспособлении на столе станка или другом виде оборудования. При сборке то же самое следует проделать с деталью, к которой должны быть присоединены другие детали. Процесс придания требуемого положения и закрепления заготовки, детали в приспособлении, на столе станка и другом виде оборудования получил название **установки**.

В зависимости от конструктивных особенностей изделия и содержания операции последняя может быть выполнена либо за один, либо за несколько установок объекта производства. Например, полная обработка заготовки вала на токарном станке может быть осуществлена только за два установки заготовки в центрах

станка, так как, обработав заготовку с одной стороны, ее необходимо открепить, перевернуть и установить в новом положении для обработки с другой стороны.

Для выполнения отдельных частей операции или технологического процесса в целом бывает необходимым перемещение объекта производства в пространстве вместе с приспособлением. Каждое новое фиксированное положение объекта производства совместно с приспособлением, в котором объект установлен и закреплен, называют рабочей позицией или просто **позицией**.

Операция, схема которой представлена на рис. 1.2, представляет собой фрезерование поверхностей А, В, С, D заготовки в двух позициях. Установка заготовки в эти позиции обеспечивается поворотным приспособлением 4 с делительным механизмом. Обработав поверхности А и В фрезой 2 в первой позиции (рис. 1.2, а), не открепляя заготовку 1, выводят из отверстия фиксатор 5 делительного устройства и, поворачивая верхнюю часть 3 приспособления на 180° , переводят заготовку во вторую позицию (рис. 1.2, б) для обработки поверхностей С и D той же фрезой 2.

При выполнении операции и технологического процесса в целом затрачивается то или иное количество труда рабочего соответствующей квалификации. Затраты труда при нормальной интенсивности измеряют его продолжительностью, т. е. временем, в течение которого он расходуется.

Количество времени, затрачиваемого работающим при нормальной интенсивности труда на выполнение технологического

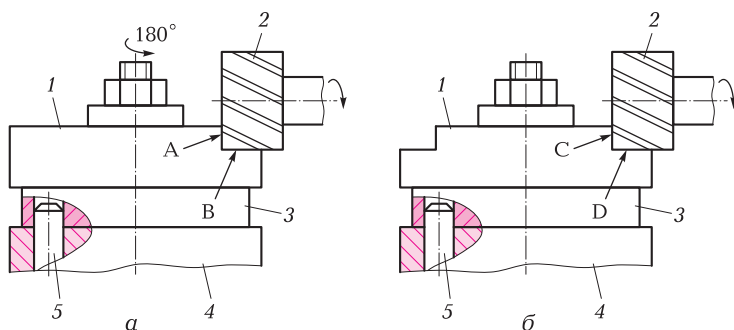


Рис. 1.2. Схемы обработки заготовки в двух позициях (а, б):

1 — заготовка; 2 — фреза; 3 — верхняя часть приспособления; 4 — поворотное приспособление; 5 — фиксатор

процесса или его части, называют **трудоемкостью**. Единицей измерения трудоемкости служит человекочас.

Для планирования затрат труда в производственном процессе используют норму времени. **Нормой времени** называют время, установленное рабочему или группе рабочих соответствующей квалификации на выполнение какой-либо операции или целого технологического процесса в нормальных производственных условиях с нормальной интенсивностью. Норму времени измеряют в единицах времени (часах, минутах) с указанием квалификации работы, например: 10 ч, работа 5-го разряда.

При нормировании малотрудоемких операций, измеряемых долями минуты или даже секунды, более ощутимое представление о затратах времени дает норма выработки — величина, обратная норме времени.

Нормой выработки называют установленное количество изделий, которое должно быть изготовлено в единицу времени (час, минуту). Единицей измерения нормы выработки является количество штук изделий, произведенных в единицу времени, с указанием квалификации работы, например: 1 200 шт. в 1 ч, работа 3-го разряда.

Изготовление изделия в целом или выполнение отдельной операции занимает определенное календарное время. Отрезок календарного времени, определяющий длительность периодически повторяющейся технологической операции (или изготовления изделия) от начала до ее конца, называют **циклом**.

Различают следующие виды циклов:

- цикл изготовления машины — отрезок календарного времени от запуска в производство заготовки первой детали до окончания упаковки готовой машины;
- цикл изготовления детали — отрезок календарного времени от начала первой до окончания последней операции изготовления детали;
- цикл операции — отрезок календарного времени от начала до конца операции.

Интенсивность производства одинаковых изделий характеризуется тактом выпуска. **Такт выпуска** представляет собой промежуток времени, через который периодически осуществляется выпуск машин, их сборочных единиц, деталей или заготовок определенного наименования, типоразмеров и исполнения. Если говорят, что машину изготавливают с тактом 5 мин, это значит, что через каждые 5 мин предприятие выпускает машину.

Рассчитывают такт выпуска по формуле

$$\tau = 60\Phi/N, \quad (1.1)$$

где $\Phi = cпm\eta$ — действительный фонд рабочего времени в рассматриваемый период (год, месяц и т.д.), ч; c — число рабочих смен; $п$ — число рабочих недель в году; m — число рабочих часов в неделе; η — коэффициент использования оборудования, $\eta = 0,94 \dots 0,96$; N — программа выпуска изделий за рассматриваемый период (год, месяц), шт.

Величину, обратную такту выпуска, называют **ритмом выпуска**.

Трудоемкость и цикл изготовления изделий, такт их выпуска, являющиеся показателями производственного и технологического процессов, могут иметь номинальные (расчетные), действительные и измеренные значения.

Например, затраты времени на выполнение операции или технологического процесса в действительности отличаются от своих расчетных значений, каковыми являются норма времени или норма выработки. Действительные значения такта выпуска всегда колеблются относительно его расчетного значения.

Случайный характер действительных и измеренных значений показателей производственного и технологического процессов вынуждает рассматривать их во времени с позиций теории случайных функций.

Под производительностью Q понимают объем W годной продукции, выпущенной за время t :

$$Q = W/t. \quad (1.2)$$

Общее понятие производительности может относиться к отдельному станку, труду рабочего, производственному процессу, труду работающих и общественному труду. В каждом из этих направлений понятие о производительности приобретает свою специфическую окраску, а ее значение оказывается зависимым от ряда факторов.

Производительность станка можно оценивать либо объемом удаленного с заготовки материала, либо площадью обработанной поверхности, отнесенными к единице времени. Производительность станка зависит от его мощности, режимов (скорости резания, подачи), на которых можно обрабатывать заготовки. На производительность станка влияет также качество используемого инструмента.

Производительность труда рабочего измеряется количеством годной продукции, произведенной им за определенное ра-

бочее время. Так, производительность труда станочника определяют по количеству деталей в штучках, изготовленных им в течение часа или смены. Производительность труда рабочего зависит от производительности используемого оборудования и удобства управления им, интенсивности и организации труда, условий, в которых рабочему приходится работать.

Одним из показателей эффективности производственной деятельности подразделения предприятия (цеха, отдельного участка) является **производительность производственного процесса**, осуществляемого им. Значение этого показателя зависит не только от уровня организации, планирования производственного процесса и управления. Действительно, возможности высокопроизводительных станков и труд рабочих не будут использованы полностью, если на рабочие места не будут доставляться вовремя заготовки, режущий инструмент и необходимая техническая документация, а также если не будет слаженности в работе всех звеньев подразделения.

Производительность производственного процесса — это интегральный показатель деятельности всего трудового коллектива, непосредственно участвующего в осуществлении производственного процесса. С помощью этого показателя особенно удобно характеризовать эффективность автоматизированного производственного процесса, при выполнении которого непосредственное участие человека минимально, но возрастает роль труда людей, обеспечивающих его функционирование.

Производительность производственного процесса оценивается объемом продукции, измеряемым в штучках, тоннах или рублях, произведенной в единицу времени.

Для отражения деятельности коллектива предприятия используют такое понятие, как **производительность труда работающих**, показателем которой является количество продукции, выпущенной в единицу времени и приходящейся на одного работающего. Данный показатель охватывает все подразделения предприятия и его службы. Зависящее прежде всего от производительности действующих производственных процессов значение этого показателя связано с численностью инженерно-технического, управленческого состава и штатов других категорий, а следовательно, и с производительностью труда всех сотрудников предприятия.

Объем продукции, приходящийся на одного работающего, чаще измеряют в рублях, поскольку другую форму учета разнородной продукции предприятия бывает трудно найти.

Производительность общественного труда оценивают путем сопоставления количества выпущенной продукции за некоторый интервал времени с трудовыми затратами, вложенными в эту продукцию. При этом учитывают затраты прошлого труда, вложенные в создание оборудования, зданий, текущие затраты общественного труда, затрачиваемого на основные и вспомогательные материалы, электроэнергию, инструменты, топливо, смазочные и другие материалы, и текущие затраты живого труда.

Выпущенную годную продукцию измеряют либо в физических величинах (штуках, единицах массы, объема и др.), либо в стоимостном выражении (рублях). Суммарные трудовые затраты выражают либо в единицах абстрактного труда (человекочасах, человекоднях и др.), либо в денежном выражении (рублях). В соответствии с этим производительность общественного труда может иметь различную размерность: штук на человекочас, штук на рубль затрат в год, рублей на рубль затрат в год.

Известен целый ряд технологических методов повышения производительности труда рабочего при выполнении станочных операций:

- механизация ручных операций;
- обеспечение простой установки заготовки;
- автоматическое получение операционных размеров;
- совмещение переходов (концентрация операций);
- одновременная обработка нескольких деталей;
- перекрытие вспомогательного времени основным временем;
- повышение режимов резания;
- применение специальных станков.

Механизация ручных операций — это превращение ручных операций в машинно-ручные и станочные операции.

К ручным операциям относят:

- снятие заусенцев;
- опилование кромок по радиусу;
- нарезание резьбы;
- точное развертывание отверстий;
- притирание и полирование;
- шабрение.

При машинно-ручных операциях основное движение выполняется механизмом станка, а деталь или инструмент рабочий удерживает в руках.

Превращение ручных операций в станочные зависит от экономической целесообразности. Например, при большой программе выпуска зубчатых колес целесообразно для закругления их зубьев применять станки с числовым программным управлением.

Установка заготовки — это создание определенного положения заготовки в рабочей зоне станка относительно корпуса приспособления и режущего инструмента, установленного и закрепленного на столе станка. Различают простую установку заготовки и установку с выверкой.

При **простой установке** требуемое положение заготовки создается автоматически в момент контакта ее установочной поверхности с установочными элементами стола станка или приспособления. При **установке с выверкой** требуется проверка правильности положения заготовки относительно режущего инструмента и регулировка этого положения в целях получения точного ее расположения относительно корпуса приспособления и, следовательно, относительно режущего инструмента, используемого в данной операции.

Одновременная обработка деталей — это один из способов повышения производительности труда, применяемый для операций, состоящих из одного перехода. На станках общего назначения для реализации данного метода применяют многоместные приспособления для деталей и последовательную, параллельную или непрерывную обработку.

При **одновременной последовательной обработке** для получения размера A с помощью режущего инструмента 1 заготовки 2 располагают в приспособлении 3 в ряд по направлению

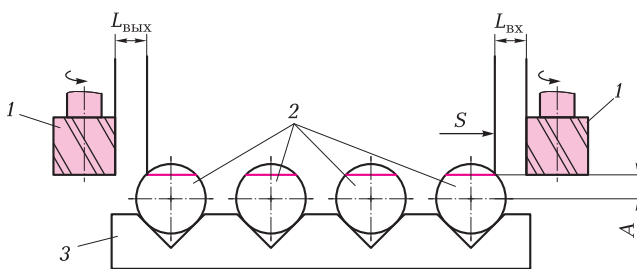
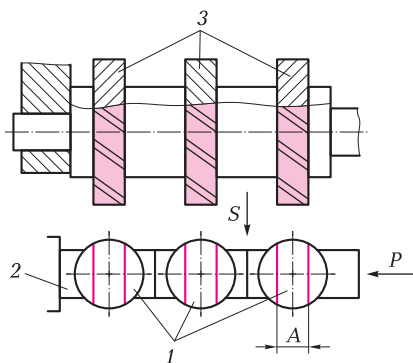


Рис. 1.3. Схема одновременной последовательной обработки заготовки: 1 — режущий инструмент; 2 — заготовки; 3 — приспособление

Рис. 1.4. Схема одновременной параллельной обработки заготовки:

1 — заготовки; 2 — приспособление; 3 — режущий инструмент; P — усилие



продольной подачи S как можно плотнее одна к другой. При этом сокращается вспомогательное время, а при определении величины врезания ($L_{вх}$) и величины выхода ($L_{вых}$) режущего инструмента для одной детали эти значения будут делиться на число одновременно обрабатываемых деталей.

При **одновременной параллельной обработке** заготовки 1 располагают в приспособлении 2 в ряд (рис. 1.4), перпендикулярный направлению подачи S . При этом не только сокращается вспомогательное время, но и уменьшается основное время обработки (в расчете на одну деталь), что заметно снижает стоимость операции.

При **одновременной непрерывной обработке** режущим инструментом 3 (рис. 1.5) на станках с круглым столом 2 заготовки 1 располагают в круговой ряд. При известной минутной подаче S диаметр кругового ряда (число заготовок в ряду) выбирают таким образом, чтобы хватило времени (определяемого углом α поворо-

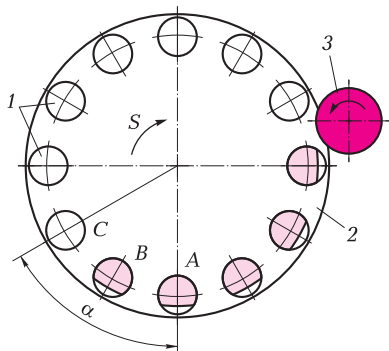


Рис. 1.5. Схема одновременной непрерывной обработки заготовки:

1 — заготовки; 2 — круглый стол станка; 3 — инструмент

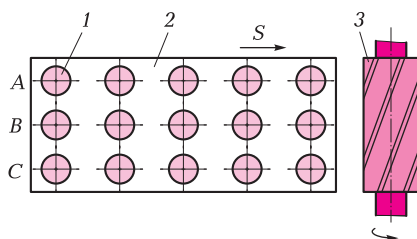


Рис. 1.6. Схема одновременной параллельно-последовательной обработки:

1 — заготовки; 2 — стол станка; 3 — инструмент

та стола) на снятие обработанной детали и установку новой заготовки на позициях *A*, *B*, *C* без остановки вращения стола. В этом случае вспомогательное время полностью перекрывается машинным временем, что снижает стоимость операции.

При **одновременной параллельно-последовательной обработке** заготовок 1 режущим инструментом 3 (рис. 1.6) совмещаются последовательная и параллельная схемы обработки. При таком расположении заготовок сокращение основного времени зависит от числа параллельных рядов (*A*, *B*, *C*) заготовок, установленных на столе 2 станка, а сокращение вспомогательного времени определяется общим числом одновременно обрабатываемых заготовок.

Перекрытие вспомогательного времени — это способ повышения производительности труда, при котором вспомогательное время перекрывается машинным временем. В этом случае вспомогательные переходы по снятию детали и установке следующей заготовки выполняются рабочим во время выполнения основных переходов по обработке других заготовок. Такой вариант возможен при непрерывной круговой обработке (см. рис. 1.5), если число деталей в круговом ряду и минутная подача позволяют станочнику успеть снять деталь, а на ее место установить очередную заготовку. При установке заготовок в круговом ряду вплотную обеспечивается полное перекрытие вспомогательного времени.

Многостаночное обслуживание, т. е. выполнение одним рабочим работы одновременно на нескольких станках, возможно при условии достаточно продолжительного машинного времени обработки (t_{01} , t_{02} , t_{03}) на каждом из станков I—III (рис. 1.7). Во избежание простоев необходимо, чтобы непрерывное машинное время обработки t_{01} на одном станке превышало сумму вспомога-

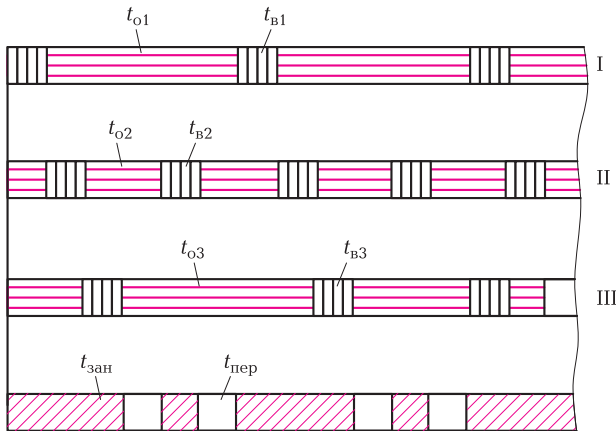


Рис. 1.7. Схема распределения рабочего времени при многостаночном обслуживании

го времени t_{b2} на другом станке и времени $t_{пер}$, необходимого для переходов от одного станка к другому:

$$t_{o1} > t_{b2} + t_{пер}; t_{o2} > t_{b1} + t_{пер}.$$

Совмещение нескольких переходов одной операции в один более сложный переход значительно сокращает основное время обработки и уменьшает число действий по управлению станком, т.е. уменьшает вспомогательное время. Для реализации такого способа обработки необходимо наличие комбинированного режущего инструмента или многоместного приспособления для режущего инструмента.

Объединение нескольких переходов в один более крупный переход или объединение нескольких операций, состоящих из одного-двух переходов, в одну крупную операцию называют **концентрацией операций**. Обратный процесс по расчленению сложных операций, состоящих из нескольких переходов, на более простые операции, в которых обрабатываются одна-две поверхности, называют **дифференциацией операций**. Критерием для оценки степени концентрации или степени дифференциации операций является число переходов, содержащихся в операции. Пределом концентрации операций является сосредоточение обработки всех поверхностей заготовки в одной операции. Пределом дифференциации операций является такое разбиение технологического процесса, при котором каждая операция состоит из одного простого перехода.

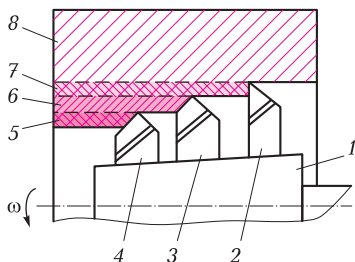


Рис. 1.8. Схема использования многолезвчатой державки:

1 — многолезвчатая державка; 2—4 — резы; 5—7 — части общего припуска; 8 — заготовка

Комбинированный режущий инструмент, например сверло-зенкер, ступенчатый зенкер или набор фрез для ступенчатого фрезерования, позволяет одновременно обрабатывать несколько поверхностей одной заготовки. Для обработки одной и той же поверхности при большом операционном припуске комбинированный инструмент может представлять собой несколько резцов, расположенных последовательно друг за другом и закрепленных в многолезвчатой оправке.

Многоместное приспособление для режущего инструмента позволяет одновременно закрепить, например, несколько резцов. К таким приспособлениям относят многолезвчатые державки 1 (рис. 1.8), в которых резы 2—4 располагают последовательно друг за другом, чтобы каждый из них снимал часть общего припуска (5—7) с частотой вращения ω при обработке внутренней поверхности заготовки 8. При этом происходит совмещение нескольких переходов операции в один переход, что повышает производительность труда вследствие уменьшения вспомогательного и основного времени обработки.

Повышение режимов резания — это способ повышения производительности труда в основном за счет увеличения скорости резания вследствие применения инструмента с твердосплавными пластинами или с износостойким покрытием.

Существенный выход параметров обработки за пределы режима конкретного метода обработки приводит к выполнению другого процесса обработки. Например, если при чистовом точении резко изменить глубину резания, скорость резания и подачу, то осуществится переход на другой процесс обработки, называемый тонким точением.

Автоматизация производственных процессов приводит к резкому сокращению затрат живого труда. Являясь мощным средством повышения производительности труда, автоматизация производственных процессов лишь в том случае оправдывает себя,

если она обеспечивает сокращение затрат общественного труда и повышает его производительность.

1.2. ВИДЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Производственные процессы подразделяют на два вида: поточные и непоточные.

Основными свойствами **поточного** производства являются его непрерывность и равномерность. В поточном производстве заготовка по завершении первой операции без задержки передается на вторую операцию, затем — на третью и т.д., а изготовленная деталь сразу же подается на сборку. Таким образом, изготовление деталей и сборка изделий находятся в постоянном движении, причем скорость этого движения подчинена такту выпуска.

При **непоточном** виде организации производственного процесса движение заготовок, деталей на разных стадиях изготовления прерывается их отправкой на рабочие места или промежуточные склады. Сборку изделий начинают лишь при наличии на складах полных комплектов деталей. В непоточном производстве отсутствует такт выпуска, а производственный процесс регулируется графиком, составленным с учетом плановых сроков и трудоемкости изготовления изделий.

Каждый из видов организации производственных процессов имеет свою область применения. Так, поточный вид организации производственного процесса присущ массовому производству, непоточный — единичному и мелкосерийному производству.

Принципы поточного вида организации процессов часто используют в крупносерийном производстве при изготовлении заготовок, деталей и машин, близких по своему служебному назначению. Производство близких по служебному назначению машин позволяет объединять изделия в группы и вести их изготовление поточными методами с переналадкой оборудования при переходе от изделия одного наименования к изделию другого наименования и переменным тактом выпуска. Такой вид организации производственного процесса получил название **переменно-поточного**.

1.3. ТИПЫ ПРОИЗВОДСТВА

В зависимости от потребностей экономики различные машины изготавливают в разных количествах, определяемых объемом и программой выпуска.

Объем выпуска характеризует количество машин, деталей, заготовок, подлежащих выпуску в течение планируемого периода времени (год, квартал, месяц). Понятие «объем выпуска» используют при проектировании предприятия, цеха, технологического процесса и т. п.

Общее число машин, их деталей или заготовок, подлежащих изготовлению по неизменяемым чертежам, называют **серией**. Размер серии во многом зависит от совершенства конструкции машины и степени соответствия ее запросам потребителей. Переход к новой конструкции машины данного типа связан с изменением ее чертежей и номера серии.

При серийном производстве заготовки на обработку подают партиями, так как это резко снижает затраты на изготовление деталей.

Партией принято называть определенное число заготовок или изделий одного наименования и типоразмера, одновременно или непрерывно поступающих для обработки или изготовления на одно рабочее место в течение определенного времени.

Число деталей в партии определяется в основном программой выпуска и числом дней, на которые экономически целесообразно создавать запас (задел) готовых деталей. Число заготовок в партии рассчитывают по следующей формуле:

$$N_{\text{п}} = Nf/\Delta, \quad (1.3)$$

где N — годовая программа выпуска изделий (или деталей); f — число рабочих дней, на которые разрешено иметь незавершенное производство; Δ — число рабочих дней в году при двух выходных днях в неделю (254).

В зависимости от количества выпускаемых изделий и их размеров по типу организации работы производственного участка (или цеха) различают три вида производства:

- единичное;
- серийное;
- массовое.

Под **единичным производством** понимают изготовление машин, деталей или заготовок, характеризующееся малым объемом выпуска. При этом считают, что выпуск таких же машин, деталей или заготовок не повторится по неизменяемым чертежам. Продукция единичного производства — машины, не имеющие широкого применения (опытные образцы машин, тяжелые прессы, крупные гидротурбины, уникальные металлорежущие станки и т. п.).

Под **серийным производством** понимают периодическое изготовление машин, их деталей или заготовок повторяющимися партиями по неизменяемым чертежам в течение продолжительного промежутка календарного времени. Производство изделий осуществляется партиями, при этом возможна партия из одного изделия. В зависимости от объема выпуска этот тип производства подразделяют на мелко-, средне- и крупносерийное. Примерами продукции серийного производства могут служить металлорежущие станки, компрессоры, судовые дизели и другие изделия, выпускаемые периодически повторяющимися партиями.

Под **массовым производством** понимается непрерывное изготовление машин, деталей или заготовок в больших объемах по неизменяемым чертежам продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняется одна и та же операция. Для массового производства характерны узкая номенклатура и большой объем выпуска изделий. Продукцией массового производства являются тракторы, автомобили, электродвигатели, холодильники, швейные машины, телевизоры и т. п.

Отнесение производства к тому или иному типу определяется не только объемом выпуска, но и особенностями самих изделий. Например, изготовление опытных образцов наручных часов в количестве нескольких тысяч штук будет представлять единичное производство, поскольку повторное изготовление этих же часов не предполагается. В то же время изготовление тяжелых прессов при объеме выпуска менее одной штуки в год можно считать серийным производством, если их выпуск по неизменяемым чертежам будет повторяться.

Об условности подразделения производства на три типа свидетельствует и то, что обычно на одном и том же предприятии или в одном и том же цехе одни изделия изготавливают единицами, другие — периодически повторяющимися партиями, третьи — непрерывно. Следовательно, на одном и том же предприятии (в цехе) могут быть совмещены три типа производства. Поэтому отнесение производства предприятия или цеха к одному из типов обычно осуществляется по преобладающему типу производства.

В тех случаях, когда нет информации о технической норме времени на изготовление изделия (или техническое нормирование еще не производилось) тип производства можно определить предварительно, используя классификацию деталей по их массе и габаритным размерам (Приложение 1).

Одним из показателей, оказывающих влияние на весь производственный процесс изготовления изделия, является технологич-

ность конструкций этого изделия в целом и его деталей в отдельности.

Под **технологичность конструкции** понимают совокупность свойств изделия, обеспечивающих его изготовление, ремонт и техническое обслуживание по наиболее экономически эффективной технологии по сравнению с существующими аналогами.

Оценка технологичности конструкции машины в целом и каждой ее детали в отдельности может быть как качественной, так и количественной.

Для количественной оценки технологичности конкретной детали (или машины в целом) используют:

- коэффициент использования материала, показывающий, какая доля от массы материала заготовки уходит в стружку при обработке;
- коэффициент, показывающий отношение себестоимости конкретной операции (или изделия в целом) данного технологического проекта к себестоимости соответствующей операции на родственном предприятии;
- коэффициент, показывающий соотношение трудоемкости выполнения конкретной операции (или изготовления изделия в целом) данного технологического проекта к трудоемкости соответствующей операции на более передовом аналогичном предприятии;
- коэффициент, отражающий использование в процессе изготовления данной машины типовых технологических процессов и типовых технологических операций.

Кроме того, при оценке технологичности проводят анализ использования стандартного режущего инструмента, универсальных станочных приспособлений и универсальных измерительных средств.

1.4. ВИДЫ ОПЕРАЦИЙ И ЭТАПЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Для превращения заготовки в готовую деталь с каждой ее поверхности, подлежащей обработке, снимают некоторый слой материала, называемый **общим припуском** на обработку. В отличие от этого слой материала, снимаемый в процессе одной операции, называют **операционным припуском**.

Общий припуск может быть снят за одну или за несколько операций. Если общий припуск снимают в процессе одной операции, то говорят, что поверхность обрабатывают начисто (или окончательно). Если же общий припуск снимают в процессе нескольких операций, то каждая последующая операция отличается от предыдущей меньшим операционным припуском и большей точностью обработки, в связи с чем различают следующие виды операций: обдирочная, черновая, чистовая и окончательная.

Обдирочная операция (обдирка) — это первая операция обработки грубой поверхности, при которой снимают больше половины общего припуска на обработку. Для этой операции характерны низкая точность обработки, большие усилия резания и образование большого количества стружки.

Черновая операция — это любая операция по обработке поверхности, за которой следует аналогичная по методу обработки, но более точная операция, называемая чистовой.

Чистовая операция — это операция, следующая за черновой операцией, целью которой является или завершение обработки поверхности, или подготовка этой поверхности к более точной обработке.

Окончательная операция — это последняя операция обработки поверхности, в результате которой обеспечивается выполнение требований к ней рабочего чертежа детали.

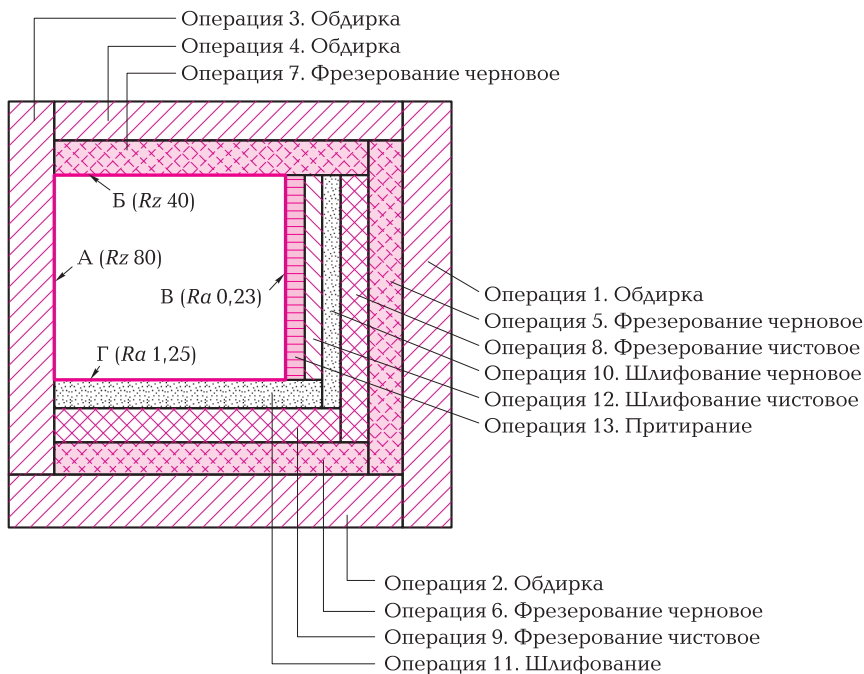
Отделочная операция — это окончательная операция обработки поверхности детали, в процессе которой снимают небольшой припуск в целях выполнения требований, предъявляемых к данной поверхности по шероховатости и точности. К отделочным операциям относятся суперфиниш, хонингование, алмазное выглаживание и др.

Перечисленные операции могут быть и ручными.

Ручная операция — это операция, выполняемая рабочим вручную. К ручным операциям относятся:

- снятие заусенцев;
- опилование кромок по радиусу;
- нарезание резьбы;
- точное развертывание отверстий;
- притирание и полирование;
- шабрение.

Часто технологические процессы в целях снижения влияния технологической наследственности на точность обработки подраз-



Этапы технологического процесса

- Этап 1 Обдирка (операции 1 — 4)
- Этап 2 Фрезерование черновое (операции 5 — 7)
- Этап 3 Фрезерование чистовое (операции 8, 9)
- Этап 4 Шлифование черновое (операции 10, 11)
- Этап 5 Шлифование чистовое (операция 12)
- Этап 6 Притирание (операция 13)

Рис. 1.9. Схема образования этапов технологического процесса обработки

деляют на этапы. Под **этапом технологического процесса** понимают группу однородных операций, выполняемых непосредственно одна за другой. Все операции по получению заданных параметров поверхностей деталей распределяются на черновой, чистовой и отделочный этапы. В технологическом процессе границу между этапами не проводят.

На рис. 1.9 приведена схема образования этапов технологического процесса обработки заготовки для получения детали с четырьмя плоскими поверхностями, имеющими различные параметры шероховатости:

- поверхность А с Rz 80;
- поверхность Б с Rz 40;
- поверхность В с Ra 0,23;
- поверхность Г с Ra 1,25.

Рассматриваемый технологический процесс условно разбит на шесть этапов:

- этап 1 — обдирка;
- этап 2 — фрезерование черновое;
- этап 3 — фрезерование чистовое;
- этап 4 — шлифование черновое (предварительное);
- этап 5 — шлифование чистовое;
- этап 6 — притирание.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что следует понимать под технологическим процессом изготовления детали?
2. Назовите основные этапы технологического процесса изготовления детали.
3. В чем состоит различие между производственным и технологическим процессами?
4. Что такое операция?
5. Что такое переход?
6. Какие переходы называют основными, а какие — вспомогательными?
7. Дайте определение понятию «рабочее место».
8. Какие виды операций могут использоваться в технологическом процессе изготовления детали?
9. Что называют трудоемкостью?
10. Что такое такт выпуска?
11. Что понимают под объемом выпуска изделий?
12. В чем измеряют производительность станка?
13. Что такое партия заготовок или изделий?
14. Каковы типы производств и в чем их различие?
15. Каковы виды организации производственных процессов?