

Типы производства в машиностроении

Одним из основных принципов построения технологических процессов является принцип совмещения технических, технологических, экономических и организационных задач, решаемых в данных производственных условиях. Проектируемый технологический процесс, безусловно, должен обеспечить выполнение всех требований к точности и качеству изделия, предусмотренных чертежом и техническими условиями, при наименьших затратах труда, при изготовлении изделий в количествах и в сроки, установленные производственной программой.

Требуемое качество и наименьшие затраты при изготовлении изделий могут быть достигнуты в случае построения технологического процесса в полном соответствии с типом данного производства и его условиями.

В соответствии с ГОСТ 14.004 – 83, в зависимости от широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объёма выпуска изделий современное производство подразделяют на различные типы: единичное, мелкосерийное, среднесерийное, крупносерийное и массовое.

Тип производства можно точно определить по коэффициенту закрепления операций ($K_{з.о}$), который показывает, сколько технологических операций выполняется на одном рабочем месте за единицу времени.

Единичное производство характеризуется малым объёмом выпуска одинаковых изделий, повторное изготовление которых, как правило, не предусматривается. Коэффициент закрепления операций более сорока ($K_{з.о} > 40$).

В единичном производстве на рабочих местах выполняют разнообразные операции без их периодического повторения. Используется универсальное технологическое оборудование в сочетании с универсальной, унифицированной и стандартной технологической оснасткой (универсальных патронов для закрепления заготовок, тисов, угольников, прихватов и т.п.). Режущий и мерительный инструменты используются по возможности тоже стандартные. Специальную технологическую оснастку и инструмент применяют лишь в

исключительных случаях, когда без неё изготовление деталей невозможно. Универсальность выполнения работ требует рабочих высокой квалификации.

Серийное производство характеризуется изготовлением или ремонтом изделий периодически повторяющимися партиями. Принято: $20 < K_{з.о} < 40$ – мелкосерийное производство; $10 < K_{з.о} < 20$ – среднесерийное производство; $1 = K_{з.о} < 10$ – крупносерийное производство.

Серийное производство является основным типом машиностроительного производства. Примерно 80 % всей продукции машиностроения изготавливается на заводах серийного производства. В серийном производстве изделия изготавливают сериями, а заготовки обрабатывают партиями.

В серийном производстве процесс изготовления деталей построен по принципу дифференциации операций. Отдельные операции закреплены за определённым рабочим местом, поэтому производство этого типа характеризуется необходимостью переналадки технологического оборудования при переходе на изготовление деталей другой партии. Для выполнения различных операций используют универсальные металлорежущие станки, оснащённые как универсальными, так и универсально-сборными и специальными приспособлениями. Находят применение также специализированные, специальные, автоматизированные, агрегатные станки. Довольно широко используют станки с числовым программным управлением, в том числе многоцелевые. Целесообразно применение специального режущего инструмента, а также специальных измерительных инструментов, приспособлений, приборов.

В серийном производстве средняя квалификация рабочих ниже, чем в единичном производстве.

Массовое производство характеризуется большим объёмом выпуска изделий и, на большинстве рабочих мест выполняют одну технологическую операцию. Для массового производства $K_{з.о} = 1$.

В массовом производстве применяют высокопроизводительное оборудование: специальные, специализированные и агрегатные станки,

многошпиндельные автоматы и полуавтоматы, автоматизированные производственные системы, автоматические линии.

Широко применяют многолезвийный и наборный специальный режущий инструмент, быстродействующие, автоматические и механизированные приспособления, измерительные инструменты и приборы. Для технологических процессов характерен высокий уровень использования средств автоматизации и комплексной механизации.

Определение типа производства.

Тип производства определяется по коэффициенту закрепления операций [1]:

$$K_{30} = \frac{t_{\text{в}}}{t_{\text{шс}}}, \quad (1)$$

где $t_{\text{в}}$ – такт выпуска деталей;

$t_{\text{шс}}$ – среднее штучное время операций.

Такт выпуска деталей определяется по формуле:

$$t_{\text{в}} = 60\Phi_{\text{д}}/N, \quad (2)$$

где $\Phi_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд времени оборудования;

$N = 2000$ – годовой объем выпуска деталей.

Годовой фонд времени оборудования определяем по табл. 2.1 ([1, с. 22](#)) при условии работы оборудования в две смены $\Phi_{\text{д}} = 4029$ ч.

Среднее штучное время рассчитывают по формуле

$$t_{\text{шс}} = \sum_{i=1}^n t_{\text{ши}}/n, \quad (3)$$

где $t_{\text{ши}}$ – штучное время i -ой операции изготовления детали;

n – число основных операций в технологическом процессе.

Штучное время каждой операции определяется как:

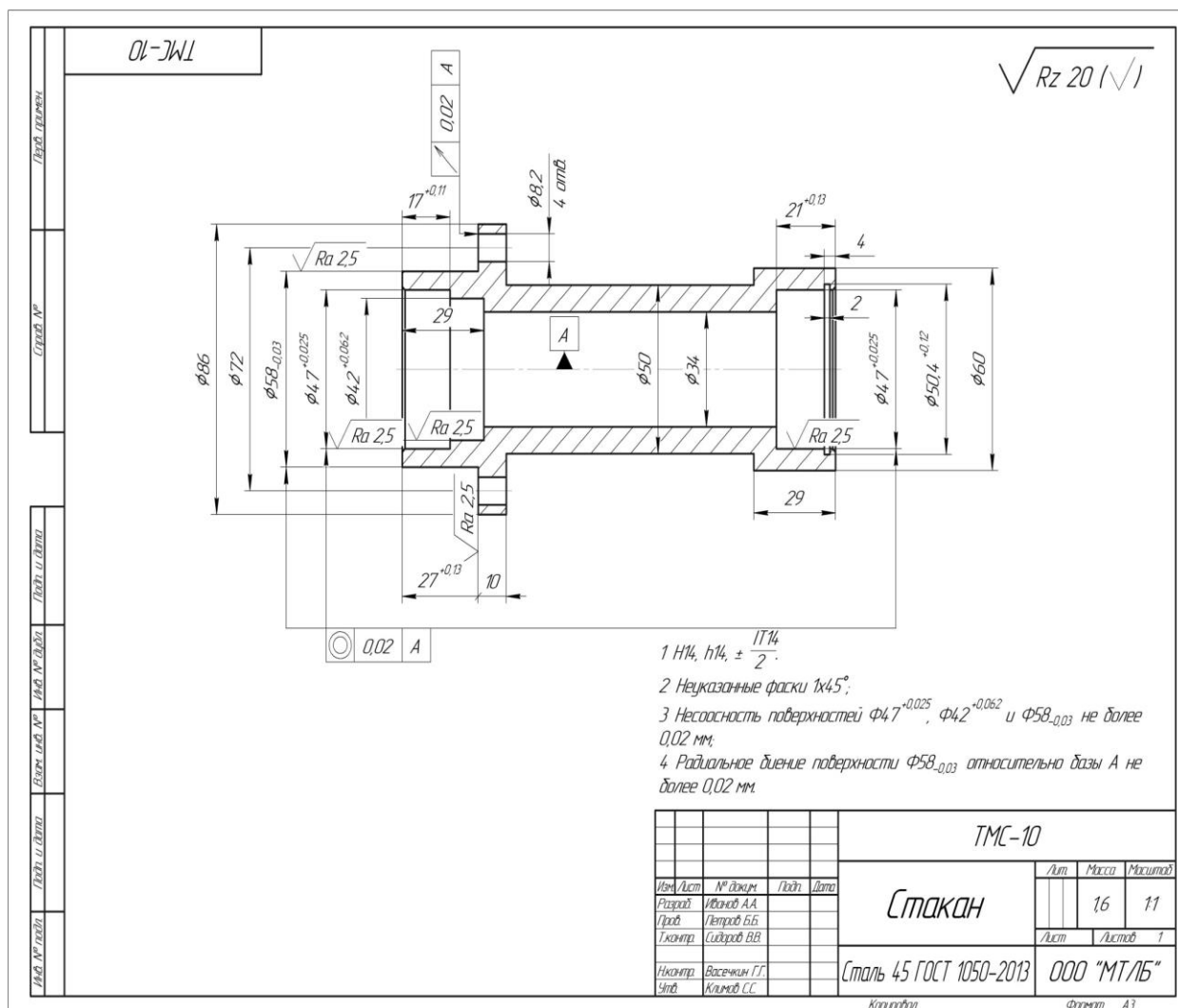
$$t_{\text{ш}} = \varphi_{\text{к}} \cdot T_0, \quad (4)$$

где $\varphi_{\text{к}}$ – коэффициент, зависящий от вида станка, которые можно выбрать из таблицы 2 ([1](#));

T_0 – основное технологическое время, рассчитываемое по формулам, приведенным в таблице 3 ([1](#)).

Для определения штучного времени обработки детали используют 3-4 основные операции изготовления детали (операции с большим количеством технологических переходов).

Пример определения серийности производства детали «Стакан»



Годовая программа выпуска деталей – 2000 шт/год.

Табл. 1. Предварительный технологический процесс изготовления детали «Стакан»

№ опер.	Наименование и содержание операции
005	Пило-отрезная: установить и закрепить заготовку. 1. Отрезать заготовку Ф90 мм в размер 160 мм.
010	Токарная: установить и закрепить заготовку. 1. Подрезать торец в размер 156 мм; 2. Точить поверхность Ø88 мм на длину 143 мм; 3. Точить поверхность Ø60 мм на длину 30 мм; 4. Центровать торец Ф6 мм на глубину 10 мм; 5. Сверлить Ф12 мм на проход; 6. Рассверлить до Ф 30 мм на проход;

	7. Расточить отверстие Ø32 мм на проход.
015	Токарная: переустановить и закрепить заготовку. 1. Подрезать торец в размер 154 мм; 2. Точить поверхность Ø60 мм на длину 26 мм. 3. Точить поверхность Ф50 мм, выдерживая размеры 125 мм и 37 мм.
020	Токарная: установить и закрепить заготовку. 1. Расточить до Ф47 мм на длину 21 мм; 2. Расточить канавку.
025	Токарная: переустановить заготовку, выверить радиальное биение и закрепить. 1. Точить поверхность Ф58 мм на длину 27 мм 2. Расточить отверстие до Ø34 мм на проход; 3. Расточить отверстие Ø42 мм на длину 29 мм; 4. Расточить отверстие Ø47 мм на длину 17 мм.
030	Вертикально-сверлильная: установить и закрепить заготовку 1. Сверлить 4 отверстия Ø8,2 мм.
035	Слесарная: зачистить заусенцы, притупить острые кромки
040	Контрольная: контролировать линейные размеры согласно чертежу

По составленному предварительному технологическому процессу, представленному в табл.1, произведем расчет основного технологического времени по формулам, приведенным в табл. 2 приложения. Для расчета выберем операции, имеющие большее количество переходов – четырех токарных операций:

$$T_{01.1} = 0,037(D^2 - d^2)10^{-3} = 0,037 * 90^2 * 10^{-3} = 299,7 * 10^{-3} \text{ мин}$$

$$T_{01.2} = 0,17Dl10^{-3} = 0,17 * 88 * 143 * 10^{-3} = 2139,28 * 10^{-3} \text{ мин}$$

$$T_{01.3} = 0,17Dl10^{-3} = 0,17 * 60 * 30 * 10^{-3} = 306 * 10^{-3} \text{ мин}$$

$$T_{01.4} = 0,52Dl10^{-3} = 0,52 * 6 * 10 * 10^{-3} = 31,2 * 10^{-3} \text{ мин}$$

$$T_{01.5} = 0,52Dl10^{-3} = 0,52 * 12 * 156 * 10^{-3} = 973,43 * 10^{-3} \text{ мин}$$

$$T_{01.6} = 0,52Dl10^{-3} = 0,52 * 30 * 156 * 10^{-3} = 2433,6 * 10^{-3} \text{ мин}$$

$$T_{01.7} = 0,18Dl10^{-3} = 0,18 * 32 * 156 * 10^{-3} = 898,56 * 10^{-3} \text{ мин}$$

$$T_{02.1} = 0,037(D^2 - d^2)10^{-3} = 0,037 * 90^2 * 10^{-3} = 299,7 * 10^{-3} \text{ мин}$$

$$T_{02.2} = 0,17Dl10^{-3} = 0,17 * 60 * 26 * 10^{-3} = 265,2 * 10^{-3} \text{ мин}$$

$$T_{02.3} = 0,17Dl10^{-3} = 0,17 * 50 * 88 * 10^{-3} = 748 * 10^{-3} \text{ мин}$$

$$T_{03.1} = 0,18Dl10^{-3} = 0,18 * 47 * 21 * 10^{-3} = 177,66 * 10^{-3} \text{ мин}$$

$$T_{04.1} = 0,17Dl10^{-3} = 0,17 * 58 * 27 * 10^{-3} = 266,22 * 10^{-3} \text{ мин}$$

$$T_{04.2} = 0,18Dl10^{-3} = 0,18 * 34 * 106 * 10^{-3} = 648,72 * 10^{-3} \text{ мин}$$

$$T_{04.3} = 0,18Dl10^{-3} = 0,18 * 42 * 29 * 10^{-3} = 219,24 * 10^{-3} \text{ мин}$$

$$T_{04.4} = 0,18Dl10^{-3} = 0,18 * 47 * 17 * 10^{-3} = 143,82 * 10^{-3} \text{ мин}$$

Определим основное технологическое время каждой из выбранных операций:

$$T_{01} = (299,7 + 2139,28 + 306 + 31,2 + 973,43 + 2433,6 + 898,56) * 10^{-3} = 7,1 \text{ мин}$$

$$T_{02} = (299,7 + 265,2 + 748) * 10^{-3} = 1,3 \text{ мин}$$

$$T_{03} = (177,66) * 10^{-3} = 0,2 \text{ мин}$$

$$T_{04} = (266,22 + 648,72 + 219,24 + 143,82) * 10^{-3} = 1,3 \text{ мин}$$

Используя (4) и табл. 3 определим штучное время каждой операции:

$$t_{ш1} = \varphi_k \cdot T_{01} = 2,14 * 7,1 = 15,2, \text{ мин}$$

$$t_{ш2} = \varphi_k \cdot T_{02} = 2,14 * 1,3 = 2,8, \text{ мин}$$

$$t_{ш3} = \varphi_k \cdot T_{03} = 2,14 * 0,2 = 0,4, \text{ мин}$$

$$t_{ш4} = \varphi_k \cdot T_{04} = 2,14 * 1,3 = 2,8, \text{ мин}$$

Произведем расчет средне штучного времени по формуле (3)

$$t_{шс} = \frac{15,2+2,8+0,4+2,8}{4} = 5,3, \text{ мин}$$

По формуле (2) рассчитаем такт выпуска:

$$t_b = \frac{60\Phi_d}{N} = \frac{60 * 4029}{2000} = 120,9, \text{ мин}$$

Тогда коэффициент закрепления операций будет равен:

$$K_{30} = \frac{120,9}{5,3} = 22,8$$

Что соответствует мелкосерийному производству

1. ПРИБЛИЖЕННЫЕ ФОРМУЛЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НОРМ ВРЕМЕНИ ПО ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ [12]

Основное технологическое время $T_0 \cdot 10^{-3}$ мин

Черновая обточка за один проход	$0,17dl$
Чистовая обточка по 11-му качеству	$0,1dl$
Чистовая обточка по 9-му качеству	$0,17dl$
Черновая подрезка торца $Ra\ 6,3$	$0,037(D^2-d^2)$
Чистовая подрезка торца $Ra\ 1,6$	$0,052(D^2-d^2)$
Отрезание	$0,19\ D^2$
Черновое и чистовое обтачивание фасонным резцом	$0,63(D^2-d^2)$
Шлифование грубое по 11-му качеству	$0,07dl$
Шлифование чистовое по 9-му качеству	$0,1dl$
Шлифование чистовое по 6-му качеству	$0,15dl$
Растачивание отверстий на токарном станке	$0,18dl$
Сверление отверстий	$0,52dl$
Расверливание $d = 20 \dots 60$	$0,31dl$
Зенкерование	$0,21dl$
Развертывание черновое	$0,43dl$
Развертывание чистовое	$0,86dl$
Внутреннее шлифование отверстий 9-го качества	$1,5dl$
Внутреннее шлифование отверстий 7-го качества	$1,8dl$
Черновое растачивание отверстий за один проход $Ra\ 12,5$	$0,2dl$
Черновое растачивание под развертку	$0,3dl$
Развертывание плавающей разверткой по 9-му качеству	$0,27dl$
Развертывание плавающей разверткой по 7-му качеству	$0,52dl$
(Здесь d — диаметр; l — длина обрабатываемой поверхности; D — диаметр обрабатываемого торца; $D-d$ — разность наибольшего и наименьшего диаметров обрабатываемого торца)	
Протягивание отверстий и шпоночных канавок (l — длина протяжки, мм)	$0,4l$
Строгание черновое на продольно-строгальных станках	$0,065Bl$
Строгание чистовое под шлифование или шабрение	$0,034Bl$
Фрезерование черновое торцевой фрезой:	
за проход	$6l$
чистовое	$4l$
Фрезерование черновое цилиндрической фрезой	$7l$

Шлифование плоскостей торцом круга (Здесь B — ширина обрабатываемой поверхности, мм; l — длина обрабатываемой поверхности, мм)	2,5 l
Фрезерование зубьев червячной фрезой ($D = 80 \dots 300$)	2,2 Db
Обработка зубьев червячных колес ($D = 100 \dots 400$)	60,3 D
Здесь D — диаметр зубчатого колеса, мм; b — длина зуба, мм)	
Фрезерование шлицевых валов методом обкатки	9 lz
Шлицешлифование (Здесь l — длина шлицевого валика, мм; z — число шлицев)	4,6 lz
Нарезание резьбы на валу ($d = 32 \dots 120$)	19 dl
Нарезание метчиков резьбы в отверстиях ($d = 10 \dots 24$) (Здесь d — диаметр резьбы, мм; l — длина резьбы, мм)	0,4 dl

Табл. 3.

Значения коэффициента φ_k

Виды станков	Производство	
	единичное и мелкосерийное	крупносерий- ное
Токарные	2,14	1,36
Токарно-револьверные	1,98	1,35
Токарно-многорезцовые	—	1,50
Вертикально-сверлильные	1,72	1,30
Радиально-сверлильные	1,75	1,41
Расточные	3,25	—
Круглошлифовальные	2,10	1,55
Строгальные	1,73	—
Фрезерные	1,84	1,51
Зуборезные	1,66	1,27

Примечание. Штучно-калькуляционное время $T_{ш-к} = \varphi_k T_o$

Литература:

1. Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов. – 5-е издание, стереотипное. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. 256 с.