

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«Санкт-Петербургский государственный университет  
промышленных технологий и дизайна»**  
**Высшая школа технологии и энергетики**  
**Кафедра материаловедения и технологии машиностроения**

**ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ  
МАШИНОСТРОЕНИЯ**

**РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ  
ПРИ ТОЧЕНИИ / РАСТАЧИВАНИИ**

**Выполнение лабораторно-практической работы**

Методические указания для студентов очной формы обучения  
по направлению подготовки  
15.03.02 — Технологические машины и оборудование

Составитель  
И. Д. Соколова

Санкт-Петербург  
2024

Утверждено  
на заседании кафедры  
МиТМ  
02.12.2024 г., протокол № 3

Рецензент А. А. Таразанов

Методические указания соответствуют программе и учебному плану дисциплины «Основы технологии машиностроения» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование». Методические указания содержат алгоритм назначения режимов резания при точении / растачивании. Приведены рекомендации по выбору инструмента, назначения подачи, скорости резания, определению сил и мощности резания. Рассмотрены способы корректировки режимов резания, учитывающие реальные производственные условия, а также правила определения основного, вспомогательного, штучного времени на технологическую операцию.

Методические указания предназначены для бакалавров очной формы обучения.

Утверждено Редакционно-издательским советом ВШТЭ СПбГУПТД в качестве методических указаний

Режим доступа: [http://publish.sutd.ru/tp\\_get\\_file.php?id=202016](http://publish.sutd.ru/tp_get_file.php?id=202016), по паролю.  
- Загл. с экрана.

Дата подписания к использованию 26.12.2024 г. Рег.№ 5205/24

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД  
198095, СПб., ул. Ивана Черных, 4.

© ВШТЭ СПбГУПТД, 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ .....	6
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ .....	6
МЕТОДИКА РАСЧЕТА РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ПРИ ТОЧЕНИИ / РАСТАЧИВАНИИ .....	7
Классификация токарных резцов .....	7
Основные виды точения .....	7
Влияние углов резца на процесс резания .....	9
Выбор материала, геометрических параметров режущей части и размеров токарных резцов .....	10
Выбор модели станка.....	14
Параметры изготавливаемых деталей.....	16
Назначение глубины резания.....	17
Назначение величины подачи .....	18
Определение скорости резания.....	19
Проверка выбранного режима резания по мощности привода шпинделя станка.....	24
Проверка по мощности привода шпинделя станка .....	24
Проверка по прочности механизма продольной подачи .....	27
Проверка по прочности державки резца.....	28
Проверка по прочности пластинки твердого сплава.....	28
РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАЦИИ.....	29
Определение основного времени .....	29
Определение вспомогательного времени .....	30
Определение оперативного времени.....	31
Время на обслуживание рабочего места и время на личные надобности.....	31
Штучно-калькуляционное время.....	31
РАСЧЕТ ПОТРЕБНОСТИ В ОБОРУДОВАНИИ.....	33
ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ .....	33

ПРИМЕР РАСЧЕТА РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ .....	34
ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ .....	41
ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ .....	42
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	43
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	44

## ВВЕДЕНИЕ

Режимы резания являются основой любого технологического процесса, и их назначение служит одним из главных условий создания эффективных и ресурсосберегающих технологий производства.

К элементам режима резания относят глубину резания, подачу, скорость и силу резания, необходимые для выполнения рабочего перехода технологической операции механической обработки заготовки.

**Глубина резания** определяется расстоянием между обрабатываемой и обработанной поверхностями, измеренным по перпендикуляру к последней.

**Подачей** называют перемещение инструмента (заготовки) за один оборот (рабочий ход) заготовки (инструмента).

**Скорость резания** – отношение перемещения режущей кромки инструмента относительно обрабатываемой поверхности к времени обработки.

Назначение режимов резания может быть выполнено двумя способами:

- расчетно-аналитическим способом, при котором режимы резания подсчитывают по эмпирическим (полученным опытным путем) формулам теории резания;
- статистическим способом, при котором режимы резания назначают по справочным таблицам общемашиностроительных нормативов режимов резания.

Независимо от выбранного способа параметры режимов резания назначают таким образом, чтобы достичь наибольшей производительности труда при наименьшей себестоимости данной технологической операции. Эти условия удастся выполнить при работе инструментом рациональной конструкции, с экономически целесообразной геометрией его режущей части, с максимальным использованием всех эксплуатационных возможностей станка.

Расчеты режимов резания целесообразно сравнить с нормативными данными, что позволит сделать заключение о соответствии результатов назначения режимов резания обоими методами.

Приведенные в тексте методических указаний формулы режимов резания получены для универсального режущего инструмента с режущей частью из быстрорежущей стали или твердого сплава, припаянной к несущей части инструмента. Если процесс резания осуществляется посредством современного специального режущего инструмента или посредством инструмента с быстросменной режущей частью, то после расчета режимов резания нужно выполнить их экспериментальную проверку и при необходимости сделать корректировку.

## ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Цель работы: формирование практических навыков определения режимов времени при точении / растачивании.

Задачи выполняемой работы:

- изучить методику расчета режимов времени при черновом и чистовом точении / растачивании;
- произвести расчет режимов обработки для индивидуального варианта, для этого:
  - выбрать тип, размеры и геометрические параметры резца;
  - выбрать станок;
  - рассчитать элементы режима резания;
  - провести проверку выбранного режима резания по мощности привода шпинделя станка, прочности механизма продольной подачи станка, проверку по прочности державки резца и пластинки твердого сплава;
  - произвести расчет времени, необходимого для выполнения операции;
  - выполнить расчет потребности в оборудовании;
  - произвести расчеты коэффициента основного времени и коэффициента использования станка по мощности.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

На токарных станках выполняют разнообразные операции по обработке деталей, поверхности которых представляют собой тела вращения: обработку наружных цилиндрических и конических поверхностей, расточку внутренних цилиндрических и конических поверхностей, обработку торцовых поверхностей, канавок, выточек, фасок, нарезание резьбы резцами, гребенками, метчиками, плашками, обработку отверстий сверлами, зенкерами, развертками, обработку тел вращения с криволинейными образующими.

**Главным движением** у токарных станков является вращение заготовки, закрепленной на шпинделе станка. Вращение заготовки характеризуется частотой вращения шпинделя, измеряемой в оборотах в минуту ( $\text{мин}^{-1}$ ).

**Подачей** называется перемещение инструмента вдоль обрабатываемой поверхности. Различают:

- подачу на один оборот детали, измеряется в миллиметрах на один оборот детали;
- минутную подачу, измеряемую в миллиметрах в минуту.

Толщина слоя металла, снимаемого с заготовки при механической обработке, называется **припуском** на обработку. Припуск может сниматься за один или несколько проходов инструмента в зависимости от заданной глубины резания.

# МЕТОДИКА РАСЧЕТА РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ПРИ ТОЧЕНИИ / РАСТАЧИВАНИИ

## Классификация токарных резцов

Токарные резцы классифицируют по ряду отличительных признаков: виду обработки, инструментальному материалу, характеру обработки и др. (табл. 1).

Таблица 1 – Классификация резцов

Отличительный признак	Наименование резцов
Вид обработки	Проходные, подрезные, упорные, прорезные, расточные, отрезные, гантельные, фасонные, резьбовые, фасонные
Материал режущей части инструмента	Из быстрорежущей стали, с пластинками из твердого сплава (металлокерамика и минералокерамика), из сверхтвердых материалов
Положение главного режущего лезвия	Правые, левые
Характер обработки	Обдирочные (черновые), чистовые, для тонкого (алмазного) точения
Форма сечения державки	Прямоугольные, квадратные, круглые
Форма конструкции режущей головки	Прямые, отогнутые, изогнутые, оттянутые
Способ изготовления	Цельные, с приваренной встык головкой, с припаянной пластинкой, с приваренной пластинкой, с наплавленной головкой, с механическим креплением пластинок, вставки для державок

Большинство резцов изготавливают составными: режущая часть из инструментального материала, державка – из обычных конструкционных сталей (У7, сталь 45 и др.).

## Основные виды точения

К основным видам точения относятся: продольное наружное точение, поперечное наружное точение (подрезка торца), отрезание, прорезание, внутреннее продольное точение (расточка). На рисунке 1 приведена схема продольного наружного точения, на которой обозначены поверхности заготовки при резании и указаны главное движение резания, движение подачи и элементы режима резания. На рисунках 2, 3 приведены некоторые схемы точения.

Для различных видов точения применяются резцы определенных типов:

- для продольного наружного точения – проходные прямые и проходные упорные;
- для поперечного – подрезные, фасонные;
- для отрезания заготовки и прорезания канавок – отрезные и канавочные;
- для внутреннего продольного точения – расточные.

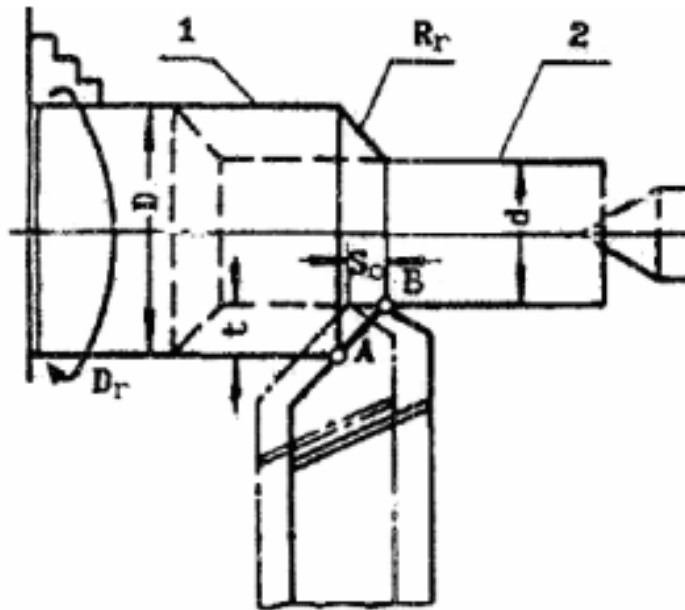


Рисунок 1 – Схема наружного точения (обтачивания):

1 – обрабатываемая поверхность; 2 – обработанная поверхность;  
 $R_r$  – поверхность резания;  $D$  – диаметр обрабатываемой поверхности;  
 $d$  – диаметр обработанной поверхности;  $D_r$  – главное движение резания;  
 $D_s$  – движение подачи;  $t$  – глубина резания;  $S_0$  – подача на оборот;  $A, B$  – точки обрабатываемой и обработанной поверхностей, находящиеся на поверхности резания

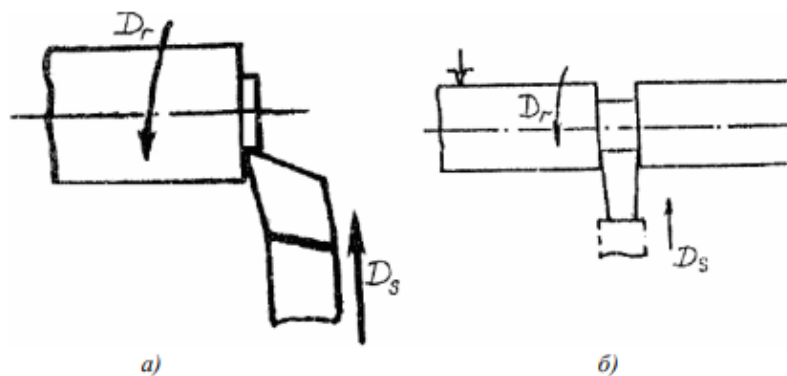


Рисунок 2 – Схемы поперечного точения (а),  
отрезания (прорезания) заготовки (б)

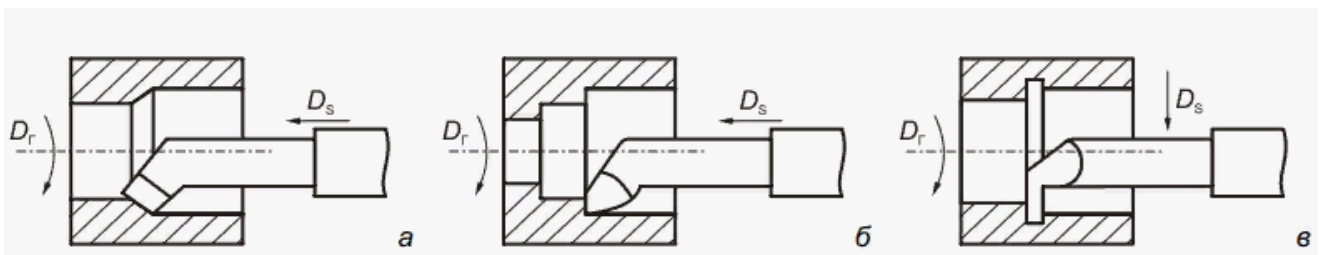


Рисунок 3 – Растачивание отверстий:  
а – сквозных; б, в – глухих



## Влияние углов резца на процесс резания

Углы резца рассматриваются в главной  $P_v$  и вспомогательной  $P_{tl}$  секущих плоскостях и в плане (рис. 4). Углы режущей части резца влияют на процесс резания.

Задние углы  $\alpha$  и  $\alpha_1$  уменьшают трение между задними поверхностями инструмента и поверхностью обрабатываемой заготовки, что ведет к снижению силы резания и уменьшению износа резца; однако чрезмерное увеличение заднего угла приводит к ослаблению режущей кромки резца. Рекомендуется при обработке стальных и чугунных деталей задние углы выполнять в пределах 6–12°.

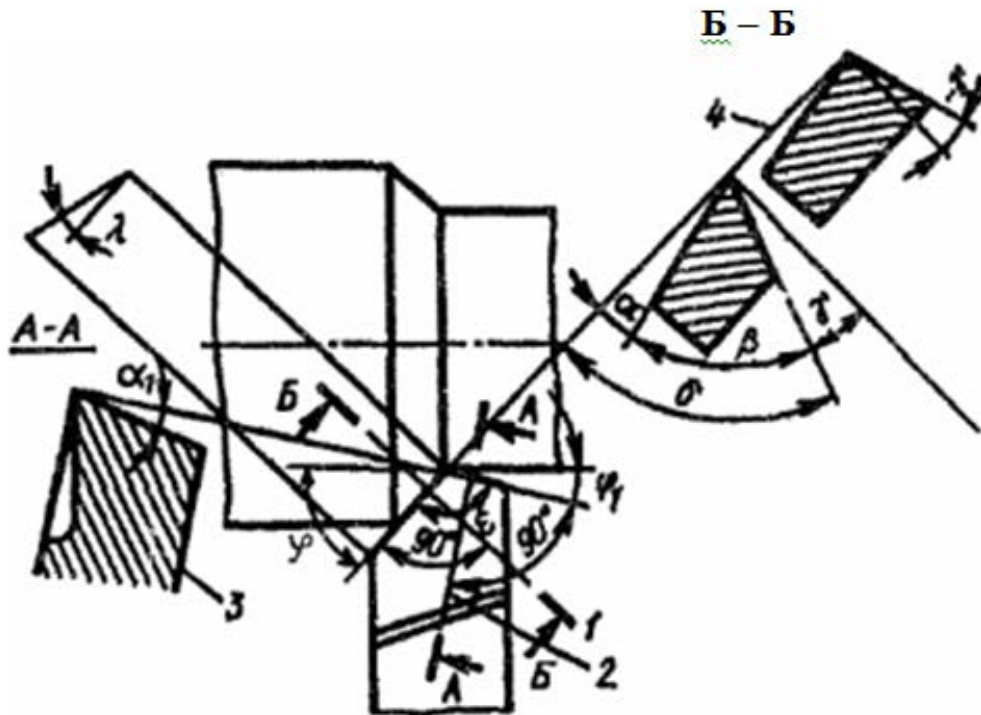


Рисунок 4 – Углы токарного резца в статическом состоянии:

1 – след главной секущей плоскости  $P_t$ ; 2 – след вспомогательной секущей плоскости  $P_{tl}$ ; 3 – след основной плоскости  $P_v$ ; 4 – след плоскости резания  $P_n$

С увеличением переднего угла  $\gamma$  уменьшается работа, затрачиваемая на процесс резания, и уменьшается шероховатость обрабатываемой поверхности. При обработке мягких сталей  $\gamma = 8-20^\circ$ , а при обработке весьма твердых сталей делают даже отрицательный угол  $\gamma = -5...-10^\circ$ .

Главный угол в плане  $\phi$  определяет соотношение между радиальной и осевой силами резания. При обработке деталей малой жесткости  $\phi$  берут близким или равным  $90^\circ$ , так как в этом случае радиальная сила, вызывающая изгиб детали, минимальна. В зависимости от условий работы принимают

$\varphi = 10-90^\circ$ . Наиболее распространенной величиной угла резца в плане при обработке на универсальных станках является  $\varphi = 0-45^\circ$ . Вспомогательный угол в плане –  $\varphi_1$ , наиболее распространен  $\varphi_1 = 12-15^\circ$ .

Угол наклона главной режущей кромки  $\lambda$  определяет направление схода стружки. При положительном угле  $\lambda$  стружка имеет направление схода на обработанную поверхность, при отрицательном угле  $\lambda$  – на обрабатываемую поверхность. Чаще всего угол  $\lambda$  равен  $0^\circ$ . Не рекомендуется при чистовой обработке принимать положительный угол  $\lambda$ .

### **Выбор материала, геометрических параметров режущей части и размеров токарных резцов**

На выбор материала режущей части токарных резцов оказывают влияние условия и вид обработки (прерывистое или непрерывное резание, наличие литевой корки, чистовое, черновое точение и др.), а также обрабатываемый материал. Режущая часть токарных резцов изготавливается из металлокерамических, минералокерамических, безвольфрамовых твердых сплавов, реже из быстрорежущей стали и сверхтвердых материалов. Твердые сплавы в виде пластин соединяют с крепежной частью (державкой) с помощью пайки или специальных высокотемпературных клеев, многогранные твердосплавные пластины закрепляют прихватами, винтами и т. п.

Рекомендуемые материалы для режущей части токарных резцов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Рекомендуемые материалы для режущей части токарных резцов

Характер обработки	Марка сплава при обработке			
	стали		чугуна	
	Углеродистой и легированной	Закаленной	НВ240	НВ400-700
Черновое точение по корке и окалине при неравномерном сечении среза и прерывистом резании с ударами	T5K11 T5K12B BK8 BK83		BK8 BK8B BK4	BK8 BK8B
Черновое точение по корке при неравномерном сечении среза и непрерывном резании	T14K8 T5K10		BK4 BK8 BK6	BK6M BK4
Получистовое и чистовое точение при прерывистом резании	T15K6, T14K8, T5K10, BCK-60, BCK-63, B3	T5K10, BK4 BK8 ТНМ-20, B3	BK4 BK6 BK8	BK6M
Точное точение при прерывистом резании	T30K4 T15K6	T14K8, T5K10 BK4	BK3 BK4	BK6M BK3
Точное точение при непрерывном резании	T30K4	T30K4, T15K6 BK6M, BK3M	BK3M BK3	BK6M BK3M, BK3
Отрезка и прорезка канавок	T15K6, T14K8 T5K10	BK6M BK4	BK3 BK3M	BK6M BK3M

Размеры резцов определяют в зависимости от их отличительных признаков (табл. 1). Размеры поперечного сечения державки резца берут в зависимости от высоты центров станка, на котором выполняется работа. При высоте центров 150–160 мм рекомендуется сечение державки  $B \times H = 12 \times 20$  (мм) (где  $B$  – ширина,  $H$  – высота), при высоте центров 180–200 мм – от 12 x 20 до 16 x 25 мм, при высоте центров 250–300 мм – от 16 x 25 до 20 x 32 мм.

Для токарных станков моделей 1А62, 1А62Б, 1А62Г, 1В62Г, 1К62, 16К20 высота центров составляет 200 мм, для модели 1А616 – 160 мм.

Размеры токарных проходных отогнутых резцов с пластинками из твердого сплава приведены на рисунке 5 и в таблице 3.

Примеры условного обозначения правого резца сечением  $H \times B = 25 \times 16$  мм, с углом врезки пластинки в стержень  $0^\circ$ , с пластинкой из твердого сплава марки Т15К6 или Т5К10:

Резец 2102-0055 Т15К6 ГОСТ 18877-73,

Резец 2102-0055 Т5К10 ГОСТ 18877-73.

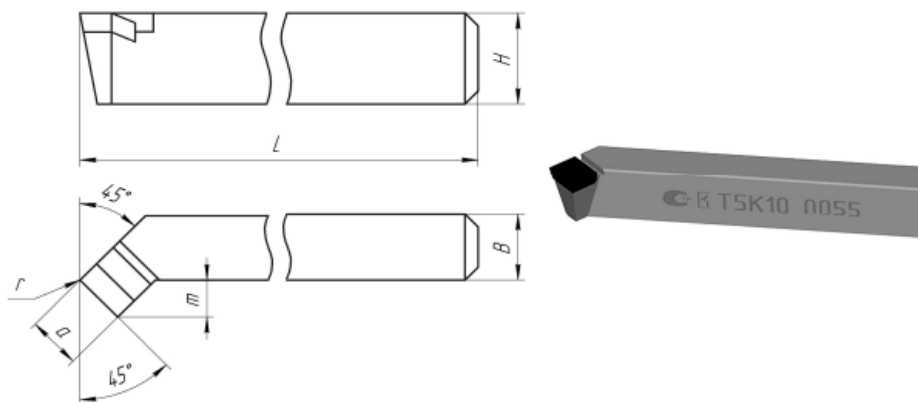


Рисунок 5 – Основные параметры проходного отогнутого резца

Таблица 3 – Размеры проходных отогнутых резцов с пластинкой из твердого сплава

Обозначение	Сечение резца $H \times B$ , мм	Длина резца, мм	$m$ , мм	$a$ , мм
2102-0071	16 x 10	100	6	8
2102-0073	16 x 12	100	7	10
2102-0075	20 x 12	120	7	10
2102-0077	20 x 16	120	10	14
2102-0055	25 x 16	140	10	14
2102-0079	25 x 20	140	13	18
2102-0059	32 x 20	170	13	18
2102-0081	32 x 25	170	16	22
2102-0063	40 x 25	200	16	22

*Примечание.* В таблице приведены выдержки из ГОСТ 18877-73 для токарных проходных отогнутых резцов общего назначения с углом врезки пластинки  $0^\circ$  и углами в плане  $\varphi = \varphi_1 = 45^\circ$ .

В условиях серийного и массового производства применяются резцы с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин и минералокерамики. Применение многогранных твердосплавных неперетачиваемых пластин на резцах обеспечивает:

- сокращение вспомогательного времени на смену и переточку резцов;
- повышение стойкости на 20–25 % по сравнению с напаянными резцами;
- сокращение затрат на инструмент в 2–3 раза и потерь вольфрама и кобальта в 4–4,5 раза;
- упрощение инструментального хозяйства;
- уменьшение расхода абразивов на заточку.

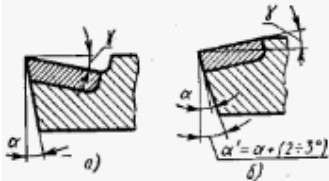
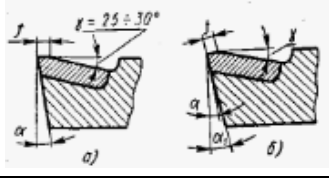
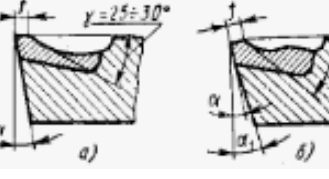
Многогранные пластины различных форм имеют плоскую переднюю поверхность с выкружкой или вышлифованные лунки и могут быть с отверстием или без него.

Сверхтвердые инструментальные материалы предназначены для чистовой обработки материалов с высокими скоростями резания (св. 500 м/мин), а также материалов с большой твердостью ( $HRC > 60$ ). Наиболее распространенными сверхтвердыми материалами являются материалы на основе кубического нитрида бора.

Изготавливают резцы, оснащенные режущими пластинами из композита, причем режущие элементы могут быть как перетачиваемыми, так и в виде многогранных неперетачиваемых пластин.

В зависимости от материала режущей части резца и условий обработки выбирается форма передней поверхности резца (табл. 4).

Таблица 4 – Формы передней поверхности

Обозначение	Эскиз передней поверхности	Область применения	
		а – для резцов из б/р стали	б – для резцов с пластинками твердых сплавов
I. Плоская		Обработка чугуна, стали при $S < 2$ мм/об, для фасонных резцов сложного контура	Обработка стали с $\sigma_B > 800$ МПа при достаточной жесткости и виброустойчивости заготовки. Необходим стружколоматель.
II. Плоская с фаской		Обработка стали при $S > 2$ мм/об	Обработка серого и ковкого чугуна, стали $\sigma_B > 800$ МПа при достаточной жесткости и виброустойчивости заготовки. Необходим стружколоматель.
III. Радиусная с фаской		Обработка стали с обеспечением стружколомания	Обработка стали $\sigma_B \leq 800$ МПа при $t = 1 - 5$ мм, $S \geq 0,3$ мм/об. Стружколомание обеспечивается лункой: $B = 2 - 2,5$ мм, $R = 4 - 6$ мм, глубина лунки 0,1 - 0,15 мм.

Углы режущей части резцов в зависимости от условий обработки обрабатываемого материала, материала режущей части и формы передней поверхности определяются по таблицам 5–7.

Таблица 5 – Углы режущей части резцов

Обрабатываемый материал	Материал режущей части. Форма передней поверхности	Геометрические параметры режущей части, град.			
		$\gamma_{\phi}$	$\gamma$	$\alpha$	$\lambda$
Точение, растачивание, строгание					
Сталь углеродистая, легированная, инструментальная, стальное литье HB < 340, $\sigma_B$ < 1200 МПа	БС, Па, Ша	-	25–30	8–12	0
Чугун серый и ковкий HB<220	БС, Ia, Па, Ша	-	12–18	8–12	-4 – +4
Сталь конструкционная, углеродистая, легированная, стальное литье $\sigma_B$ < 1000 МПа; $\sigma_B$ > 1000 МПа	ТС, Пб, Шб Iб, Пб	-3 – -5 -10	15 -	- 12	- -
Точение и растачивание					
Чугун серый HB < 220 HB > 220	ТС, Пб, Шб	-3 – -5	12 8	6–10	-
Чугун ковкий HB = 140-150	ТС, Пб, Шб ТС, Iб, Пб	-2	15 -	8 12	-
Непрерывное точение					
Сталь $\sigma_B$ < 1000 МПа; $\sigma_B$ > 1000 МПа	МК, Пб, Шб	-5 – -10	10–15 10	8–10	0–5
Чугун HB < 220 HB > 220	МК, Пб	-5	10 0–5		

Таблица 6 – Значения углов  $\phi$  и  $\phi_1$

Условия обработки	$\phi, ^\circ$	Условия обработки	$\phi_1, ^\circ$
Обтачивание ступенчатых заготовок недостаточной жесткости; обтачивание, растачивание ступенчатых поверхностей в упор; подрезание, прорезание и отрезание	90	Для проходных резцов при работе без врезания: из быстрорежущей стали с пластинками из твердого сплава	5–10 15
Для отрезных резцов при отрезании заготовок без бобышек	80	Для проходных резцов при работе с врезанием: до 3 мм св. 3 мм	15 20–30
Точение на проход заготовок малой жесткости, растачивание чугуна	60-75	Для подрезных и расточных резцов: из быстрорежущей стали с пластинками из твердого сплава	10–15 20
Точение жестких заготовок проходными резцами	30-60	Для прорезных и отрезных резцов	1–2
Чистовое точение с малой глубиной резания	10-30	Для резцов с отогнутым сечением: до 20 x 30 мм св. 20 x 30 мм для широких резцов	45 30 0

Таблица 7 – Геометрические параметры режущей части резца с неперетачиваемыми пластинками

Тип пластинки	$\varphi, ^\circ$	$\varphi_1, ^\circ$	$\gamma$	$\alpha$
Трехгранные	90	10	12	7,5
Четырехгранные	45	45	10	10
Четырехгранные	60	30	12	7
Четырехгранные	75	15	12	7
Пятигранные	60	12	10	8
Шестигранные	45	14	10	10

### Выбор модели станка

В зависимости от применения среди токарных станков выделяют несколько типов.

#### Автомат / Полуавтомат (тип 0-2)

Токарные копировальные полуавтоматы используются для обработки деталей сложной формы. Заготовки на таких станках обрабатывают одним или несколькими резцами. При обработке заготовки резцы, перемещаясь в продольном и поперечном направлениях, воспроизводят профиль копира или эталонной детали. На текущий момент копировальное устройство заменила система управления. Добавились возможность обработки в нескольких шпинделях, большое количество используемых приводных и статичных инструментов, податчики прутка и ловители деталей.

Токарные автоматы целесообразно использовать в крупносерийном и массовом производстве деталей небольшого размера. Время на переналадку зачастуюкратно превышает время выпуска одной детали.

#### Револьверные токарные станки (тип 3)

Револьверные токарные станки предназначены для серийной обработки деталей из штучных заготовок или пруткового материала. Свое название данная группа станков получила благодаря применению револьверной головки, предназначенной для установки режущего инструмента. Она устанавливается на суппорт, который, в свою очередь, установлен на направляющие станины. Инструменты располагаются в определенной последовательности в зависимости от технологической карты обработки конкретной детали. Револьверные головки могут быть с вертикальной или горизонтальной осью вращения.

На текущий момент практически полностью заменены токарными автоматами или токарными станками с ЧПУ.

#### Лоботокарные станки (тип 5)

Применяют для обработки заготовок, диаметр которых намного превышает их высоту (шкивы, железнодорожные колеса, маховики). Поверхность обработки может быть как цилиндрической, так и конической. Есть возможность протачивать канавки, обрабатывать торцы.

Планшайба, диаметром до 4 метров, расположена вертикально, задняя бабка отсутствует. Станки для обработки особо крупных деталей состоят из двух частей, расположенных на разных основаниях: суппорт расположен обособленно. Планшайба у них имеет специальную выемку для закрепления заготовок с размерами, превышающими ее диаметр.

### **Токарные многорезцовые станки (тип 6)**

Часто весь тип станков называют по самому распространенному их виду – токарно-винторезному.

Станки этой группы являются самыми распространенными и широко применяемыми. Они используются в основном в единичном и мелкосерийном производстве, предназначены для выполнения всех основных токарных работ, включая нарезание резьб резцом. Ось вращения детали расположена горизонтально. Принцип работы, конструкция и элементы станков практически однотипны. Среди токарно-винторезных станков наиболее известен 1А62 производства завода «Красный пролетарий».

### **Токарные станки специализированные (тип 7)**

Станки предназначены для выполнения специфичных операций, чаще в рамках производственной линии.

### **Карусельные токарные станки (тип 9)**

Станки используются для токарной обработки тяжелых заготовок большого диаметра и относительно небольшой высоты. Ось вращения детали расположена вертикально, что позволяет выполнить обработку деталей диаметром до 20 метров и весом заготовки до 560 тонн. Данные станки способны выполнять точение и растачивание цилиндрических и конических поверхностей, подрезать торцы, прорезать канавки.

Основным узлом карусельного станка является планшайба с вертикальной осью, на которую устанавливается заготовка. В зависимости от диаметра планшайбы карусельные станки бывают одностоечные или двухстоечные. На стойках располагаются суппорты, с резцедержками и режущим инструментом для обработки деталей.

Классическим примером токарно-карусельного станка можно считать станок модели 1510 производства «Краснодарского станкостроительного завода Седин».

Соединяя номер группы токарных станков – 1 и тип станка, например 6, получают обозначение модели станка по классификации ЭНИМС. Буква может обозначать модернизацию, модификацию базовой модели станка или его производителя. То есть 16 – это токарный многорезцовый станок. Следующие по порядку цифры будут обозначать типоразмер заготовки, а именно ее максимальный диаметр обработки над станиной.

Тип станка следует выбирать исходя из производственных задач (размера и веса заготовки и готовой детали, материала заготовки, технологической сложности и выпускаемого количества за период времени, типа производства).

Универсальные токарные станки – самая распространенная группа токарных станков. Основным достоинством универсальных станков является их невысокая стоимость, достигаемая простотой конструкции и возможностью производить несерийную обработку 1–2 детали (единичное и мелкосерийное производство).

Для серийного производства целесообразно применять станок с ЧПУ. Для выбора модели станка следует учесть следующие технические критерии.

### **Параметры изготавливаемых деталей**

Длина заготовки задает основной параметр станка – **расстояние между центрами**. Это расстояние равно наибольшей длине детали, которая может быть установлена на данном станке при смещении задней бабки в крайнее правое положение (без свешивания) и минимальным вылетом пиноли. При этом оказывать влияние на максимальные размеры обработки на конкретном станке может изменение количества инструментов в револьверной головке (4, 8, 12), изменение диаметра патрона или типа установленных кулачков, применение люнетов и тип вращающегося центра. Поэтому данный параметр всегда стоит выбирать с запасом, с расчетом на нестандартные заказы, либо на развитие производства.

С увеличением расстояния между центрами растут габариты станка и его масса, чтобы эффективно бороться с деформациями и вибрациями при обработке.

Вторым по значимости параметром является **высота центров**. Этот параметр определяет максимальный диаметр обработки и показывает величину диаметра заготовки, которую можно повернуть над станиной и произвести обработку резцом с минимальным вылетом, закрепленным в стандартную оправку. Тут стоит учитывать, что на изменение наибольшего диаметра оказывает влияние количество инструментов в револьверной головке (8 или 12 позиций), параметры державки инструмента и диаметр установленного патрона. В таблице параметров каждого станка указывается максимальный диаметр заготовки над станиной, суппортом станка.

Третьим основным параметром станка будет **тип станины**.

Токарные станки с прямой станиной являются самыми распространенными, поскольку объединяют в себе достойное качество, производительность и долгий срок службы по доступной цене. Такие модели лучшим образом подойдут для обработки деталей относительно большого диаметра и длинных деталей типа вал.

Токарные станки с наклонной станиной имеют более высокую жесткость, скорость перемещений и вращения заготовки, шпиндель приводится в движение серводвигателем, стружка из зоны резания удаляется максимально быстро и просто, ориентированы на средне- и крупносерийное производство деталей. При наличии устройства подачи прутка производство становится практически полностью автоматизированным.

Токарно-фрезерные обрабатывающие центры – это высокотехнологичное оборудование, обладают всеми преимуществами станков с наклонной станиной



способны выполнять токарную и фрезерную обработку при помощи приводного инструмента. Таким станкам характерны высокие показатели точности и производительности. Их применение целесообразно в случае серийного производства простых и сложных изделий, требующих выполнения максимально возможного количества токарно-фрезерных операций за один установ.

### Назначение глубины резания

Глубину резания  $t$  следует выбирать равной припуску на обработку заготовки на данной операции. В таблице 8 указаны рекомендуемые значения припуска для обработки наружных цилиндрических поверхностей.

Таблица 8 – Припуски на обработку наружных цилиндрических поверхностей

Номинальный диаметр, мм	Точение	Припуск на диаметр при расчетной длине, мм				
		до 100	100–200	250–400	400–630	630–1000
до 6	черновое	2,5	3,1	3,5	-	-
	чистовое	1	1,1	1,1	-	-
6-18	черновое	3,0	3,5	3,5	4,0	4,0
	чистовое	1,2	1,5	1,5	1,5	2,0
18-30	черновое	3,5	3,5	3,5	4,0	5,0
	чистовое	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0
30-50	черновое	4,0	4,5	4,5	5,0	5,5
	чистовое	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5
50-80	черновое	4,0	4,5	4,5	5,5	5,5
	чистовое	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5
80-120	черновое	5,5	6,0	7,0	7,5	8,5
	чистовое	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5
120-200	черновое	6,0	7,0	7,5	8,0	9,0
	чистовое	2,0	2,5	2,5	3,0	3,0

- Примечание:* 1. При обработке детали с уступами припуск выбирают по отношению к общей длине детали.  
2. Припуски на чистовое обтачивание даны при условии, что заготовка подвергается черновому обтачиванию.

Если припуск нельзя снять за один рабочий ход, то число проходов должно быть возможно меньшим (два рабочих хода: черновой и чистовой):

$$t = \frac{(D - d)}{2},$$

где  $D$  – диаметр заготовки, мм (диаметр заготовки следует брать с учетом плюсового допуска на ее изготовление);

$d$  – диаметр после обработки, мм.

Например, припуск на черновое точение (на диаметр) равен  $4,4^{+1,3}_{-0,6}$  мм. Следовательно, максимальная глубина резания при черновом точении равна:

$$t_{max} = \frac{4,4 + 1,3}{2} = 2,85 \approx 2,9 \text{ мм},$$

минимальная глубина резания:

$$t_{min} = \frac{4,4 - 0,6}{2} = 1,9 \text{ мм}.$$

Расчет мощности резания при черновом точении следует вести по максимальной глубине резания  $t = 2,9$  мм.

При чистовой обработке глубина резания зависит от требуемых значений точности и шероховатости обработанной поверхности. При параметре шероховатости поверхности до  $R_a = 3,2$  мкм включительно рекомендуется назначать глубину резания, равной  $0,5 \div 2$  мм, при  $R_a \leq 0,8$  мкм –  $0,1 \div 0,4$  мм.

В свою очередь, величина припуска зависит от ряда факторов, а именно, от размера изготавливаемой детали, метода получения заготовки, масштабов производства (числа изготавливаемых деталей) и т. п.

Заготовками могут являться прокат (круглый, квадратный и др.), поковки, штамповки, отливки. Припуск на сторону для штамповок колеблется в пределах 1,5–7 мм, для поволоков – 2,5–20 мм, для отливок 3–30 мм.

### Назначение величины подачи

При черновой обработке выбирают максимально возможную подачу, исходя из прочности и жесткости технологической системы (станок – приспособление – инструмент – деталь), мощности привода станка и других ограничивающих факторов.

При чистовой обработке подачу выбирают в зависимости от требуемой степени точности и шероховатости обработанной поверхности. Значения подач приведены в таблицах 9 и 10.

После выбора подачи по справочным таблицам ее уточняют по паспорту станка и выбирают фактическую  $S_{\text{факт}}$  – ближайшую (меньшую).

Таблица 9 – Подачи при чистовом точении

Параметр шероховатости поверхности, мкм		Радиус при вершине резца, $r$ , мм					
$R_a$	$R_z$	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4
0,63	2,5	0,07	0,1	0,12	0,14	0,15	0,14
1,25	5	0,1	0,13	0,165	0,19	0,21	0,23
2,5	10	0,144	0,2	0,246	0,29	0,32	0,35
5,0	20	0,25	0,33	0,42	0,49	0,55	0,6
10,0	40	0,35	0,51	0,63	0,72	0,8	0,87
20,0	80	0,47	0,67	0,81	0,94	1,04	1,14

*Примечания:* 1. Подачи даны для обработки сталей с  $\sigma_B = 700 - 900$  МПа и чугунов; для сталей с  $\sigma_B = 500 - 900$  МПа значения подач умножить на коэффициент  $k_S = 0,45$ ; для сталей с  $\sigma_B = 900 - 1000$  МПа значения подач умножить на коэффициент  $k_S = 1,25$ .

2. При обработке стали со скоростью  $V > 50$  м/мин подачу увеличивать, вводя поправочный коэффициент 1,25.

3. Радиус при вершине резца ориентировочно равен: 0,4–0,8 для резцов сечением до 12 x 20 мм; 1,2–1,6 мм для резцов сечением до 30 x 30 мм; 2,0–2,4 мм – для резцов сечением 30 x 45 мм и более.

## Определение скорости резания

Скорость резания, допускаемую режущими свойствами инструмента, рассчитывают по следующим формулам:

а) при наружном продольном и поперечном точении и растачивании:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v ;$$

б) при отрезании, прорезании и фасонном точении:

$$v = \frac{C_v}{T^m S^y} K_v,$$

где  $v$  – скорость резания, м/мин;

$C_v$  – коэффициент, зависящий от механических свойств и структуры обрабатываемого материала, материала режущей части резца, а также от условий обработки;

$T$  – стойкость инструмента, мин (среднее значение стойкости проходных резцов при одноинструментной обработке – 30–60 мин; для резбовых, фасонных резцов – 120 мин);

$t$  – глубина резания, мм;

$S$  – подача, мм/об.;

$m, x, y$  – показатели степеней;

$K_v$  – общий поправочный коэффициент.

Общий поправочный коэффициент  $K_v$  представляет собой произведение отдельных коэффициентов, каждый из которых отражает влияние определенного фактора на скорость резания:

$$K_v = K_{\mu v} K_{nv} K_{uv} K_{\varphi v} K_{\varphi_1 v} K_{rv} K_{qv} K_{ov},$$

где  $K_{\mu v}$  – поправочный коэффициент, учитывающий физико-механические свойства обрабатываемого материала (табл. 11, 12);

Таблица 10 – Подачи при черновом наружном точении резцами с пластинками из твердого става и из быстрорежущей стали

Диаметр детали, мм	Размер державки резца, мм	Подача, мм/об., при глубине резания $t$ , мм									
		Сталь					Чугун				
		до 3	св. 3 до 5	св. 5 до 8	св. 8 до 12	св. 12	до 3	св. 3 до 5	св. 5 до 8	св. 8 до 12	св. 12
до 20	от 16x25 до 25x25	0,3 – 0,4									
св. 20 до 40	от 16x25 до 25x25	0,4 – 0,5	0,3 – 0,4				0,4 – 0,5				
св. 40 до 60	от 16x25 до 25x40	0,5 – 0,9	0,4 – 0,8	0,3 – 0,7			0,6 – 0,9	0,5 – 0,8	0,4 – 0,7		
св. 60 до 100	от 16x25 до 25x40	0,6 – 1,2	0,5 – 1,1	0,5 – 0,9	0,4 – 0,8		0,8 – 1,4	0,7 – 1,2	0,6 – 1,0	0,5 – 0,9	
св. 100 до 400	от 16x25 до 25x40	0,8 – 1,3	0,7 – 1,2	0,6 – 1,0	0,5 – 0,9		1,0 – 1,5	0,9 – 1,4	0,8 – 1,1	0,6 – 0,9	
св. 400 до 500	от 20x30 до 40x60	1,1 – 1,4	1,0 – 1,4	0,7 – 1,2	0,6 – 1,2	0,4 – 1,1	1,3 – 1,6	1,2 – 1,5	1,1 – 1,3	0,8 – 1,0	0,7 – 0,9
св. 500 до 600	от 20x30	1,2 – 1,5	1,0 – 1,4	0,8 – 1,3	0,6 – 1,3	0,4 – 3,2	1,5 – 1,8	1,2 – 1,6	1,0 – 1,4	0,9 – 1,2	0,8 – 1,0

- Примечания: 1. Нижние значения подач соответствуют меньшим размерам державки резца и более прочным обрабатываемым материалам, верхние значения подач – большим размерам державки резца и менее прочным обрабатываемым материалам.
2. При обработке жаропрочных сталей и сплавов подачи свыше 1 мм/об. не применять.
3. При обработке прерывистых поверхностей и на работах с ударами табличные значения подач следует умножить на коэффициент 0,75 – 0,85.
4. При обработке закаленных сталей табличные значения подачи уменьшать, умножая на коэффициент 0,8 для стали с HRC 44 – 56 и на 0,5 – для стали с HRC 57 – 62.

Таблица 11 – Поправочный коэффициент  $K_{\mu v}$ , учитывающий влияние физико-механических, свойств обрабатываемого материала на скорость резания

Обрабатываемый материал	Расчетная формула
Сталь	$K_{\mu v} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}$
Серый	$K_{\mu v} = \left( \frac{190}{HB} \right)^{n_v}$
Ковкий чугун	$K_{\mu v} = \left( \frac{150}{HB} \right)^{n_v}$

- Примечания:* 1.  $\sigma_B$  и  $HB$  – фактические параметры, характеризующие обрабатываемый материал, для которого рассчитывается скорость резания.  
2. Коэффициент  $K_{\Gamma}$  и показатель степени  $n_v$  приведены в таблице 13.

Таблица 12 – Значение коэффициента  $K_{\Gamma}$  и показатели степени  $n_v$  в формуле для расчета коэффициента обрабатываемости  $K_{\mu v}$

Обрабатываемый материал	Коэффициент $K_{\Gamma}$ для резцов		Показатели степени $n_v$ при обработке резцами	
	из быстрорежущей стали	из твердого сплава	из быстрорежущей стали	из твердого сплава
Сталь: Углеродистая ( $C < 0,6\%$ ) $\sigma_B < 450$ МПа,	1,0	1,0	-1,0	1,0
$450 < \sigma_B < 550$ МПа		0,75		
$\sigma_B > 550$ МПа		1,0		
Повышенной и высокой обрабатываемости резанием	1,2	1,1	1,75	1,0
	0,85	0,95		
Углеродистая ( $C > 0,6\%$ )	0,8	0,9	1,5	1,0
Быстрорежущие	0,6	0,7	1,25	1,0
Чугун: серый ковкий	-	-	1,7	1,25
	-	-		

$K_{nv}$  – поправочный коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки (табл. 13);

Таблица 13 – Поправочный коэффициент  $K_{nv}$ , учитывающий влияние состояния поверхности заготовки на скорость резания

Без корки	С коркой			
	Прокат	Поковка	Стальные и чугунные отливки	
			Нормальные	Сильно загрязненные
1,0	0,9	0,8	0,8–0,85	0,5–0,6

$K_{uv}$  – поправочный коэффициент, учитывающий материал режущей части (табл. 14);

Таблица 14 – Поправочный коэффициент  $K_{uv}$ , учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания

Обрабатываемый материал	Значения коэффициента $K_{uv}$ в зависимости от марки инструментального материала						
	Сталь конструкционная	T5K12B 0,35	T5K10 0,65	T14K8 0,8	T15K6 1,00	T15K6T 1,15	T30K4 1,4
Сталь закаленная	HRC 35–50				HRC 51–62		
	T15K6 1,0	T30K4 1,25	BK8 0,85	BK8 0,83	BK4 1,0	BK6 0,92	BK8 0,74
Серый и ковкий чугун	BK8 0,83	BK6 1,0	BK4 1,1	BK3 1,15	BK3 1,25	-	
Медные и алюминиевые сплавы	P18, P9 1,0	BK4 2,5	BK6 2,7	9XC 0,6	XBG 0,6	Y12A 0,5	-

$K_{\varphi v}, K_{\varphi_1 v}, K_{rv}, K_{qv}$  – поправочные коэффициенты, учитывающие параметры резца – главный угол в плане, вспомогательный угол в плане, радиус при вершине, размер поперечного сечения державки (табл. 15). Коэффициенты  $K_{\varphi_1 v}, K_{rv}, K_{qv}$  – определяют только для резцов из быстрорежущей стали;  $K_{ov}$  – поправочный коэффициент, учитывающий вид обработки (табл. 16).

Таблица 15 – Поправочные коэффициенты, учитывающие влияние параметров резца на скорость резания

Главный угол в плане $\varphi$ , град.	$K_{\varphi v}$	Вспомогательный угол в плане $\varphi_1$ , град.	Коэффициент $K_{\varphi_1 v}$	Радиус при вершине резца $r$ , мм	Коэффициент $K_{rv}$	Сечение державки $q$ , мм	$K_{qv}$
20	1,4	10	1,0	1	0,94	12x20 16x16	0,93
30	1,2	15	0,97	2	1,0	16x25 20x20	0,97
45	1,0	20	0,94	3	1,03	20x30 25x25	1,0
60	0,9	30	0,91	-	-	25x40 30x30	1,04
90	0,7	-	-	-	-	40x60	1,12

Значения постоянной  $C_v$  и показатели степени  $m, x, y$  приведены в таблице 17.

Зная допустимую (расчетную) скорость резания  $v$ , определяют расчетную частоту вращения:

$$n = \frac{1000v}{\pi D},$$

где  $n$  – частота вращения детали,  $\text{мин}^{-1}$ ;

$D$  – диаметр детали, мм. Затем частоту вращения корректируют по паспортным данным станка (приложение, табл. 1) до ближайшего меньшего значения, таким образом,  $n_{\text{факт}} \leq n$ .

Таблица 16 – Поправочный коэффициент  $K_{ov}$ , учитывающий влияние вида обработки на скорость резания

Вид обработки	Отношение диаметров $d / D$	Коэффициент $K_{ov}$
наружное точение: продольное поперечное	–	1,00
	0,0–0,4	1,24
	0,5–0,7	1,18
	0,8–1,0	1,04
отрезание прорезание расточивание	0	1,00
	0,5–0,70	0,96
	0,8–0,95	0,84
	–	0,50

По выбранной частоте вращения шпинделя станка подсчитывают фактическую скорость резания:

$$v_{\text{факт}} = \frac{\pi D n}{1000} \cdot$$

Таблица 17 – Значения постоянной  $C_v$  и показатели степени  $m$ ,  $x$ ,  $y$  в формулах скорости резания

Вид обработки	Материал режущей части резца	Подача, мм/об.	Коэффициент и показатели степени			
			$C_v$	$x$	$y$	$m$
Обработка стали конструкционной углеродистой $\sigma_b = 750$ МПа						
Наружное продольное точение проходными резцами	Т15К6*	$S$ до 0,30	420	0,15	0,2	0,2
		$S$ св. 0,30 до 0,70	350		0,35	
		$S$ св. 0,70	340		0,43	
	Р18**	$S$ до 0,25	87,5	0,25	0,33	0,125
		$S$ св. 0,25	56		0,67	
Отрезание	Т5К10*	-	47	-	0,8	0,2
	Р18**	-	23,7		0,67	0,25
Обработка серого чугуна, НВ 190						
Наружное продольное точение проходными резцами	ВК6*	$S$ до 0,40	292	0,15	0,2	0,2
		$S$ св. 0,40	243		0,4	
Отрезание	ВК6*	-	68,5	-	0,4	0,2
	Р18*	-	22,5		0,15	
Обработка ковкого чугуна, НВ 150						
Наружное продольное точение проходными резцами	ВК8*	$S$ до 0,40	317	0,15	0,2	0,2
		$S$ св. 0,40	215		0,45	
	Р18**	$S$ до 0,25	106	0,2	0,25	0,125
		$S$ св. 0,25	75		0,5	
Отрезание	ВК8*	-	86	-	0,4	0,2
	Р18**	-	47		0,5	0,25

\* без охлаждения; \*\* с охлаждением.

- Примечания:*
1. При внутренней обработке (расточивание, прорезавши канавок в отверстиях, внутреннем фасонном точении) принимается соответствующая скорость резания для наружной обработки с введением поправочного коэффициента 0,9.
  2. При обработке без охлаждения конструкционных и жаропрочных сталей и стального литья всеми видами резцов из быстрорежущей стали вводить на скорость резания поправочный коэффициент 0,8. При отрезании и прорезании с охлаждением резцами Т5К10 конструкционных сталей и стального литья вводить на скорость резания поправочный коэффициент 1,4.
  3. При обработке резцами из быстрорежущей стали термообработанных сталей скорость резания для соответствующей стали уменьшить, вводя поправочный коэффициент: 0,95 – при нормализации; 0,9 – при отжиге; 0,8 – при улучшении.

## **Проверка выбранного режима резания по мощности привода шпинделя станка**

### **Проверка по мощности привода шпинделя станка**

Мощность, затрачиваемая на резание  $N_p$ , кВт, должна быть меньше или равна допустимой мощности на шпинделе  $N_{шп}$ , определяемой по мощности привода:

$$N_p \leq N_{шп} = N_э \eta,$$

где  $N_э$  – мощность электродвигателя токарного станка, кВт (см. приложение);  
 $\eta$  – КПД станка (см. приложение).

Мощность по наиболее слабому звену при малой частоте вращения шпинделя меньше мощности по приводу (номинальной), т. е. слабое звено не дает возможности при малой частоте вращения шпинделя использовать всю мощность электродвигателя. Поэтому для малых значений частот вращения ( $n$ ) шпинделя мощность на шпинделе надо взять из паспорта станка как мощность по наиболее слабому звену. Например, для станка 1А62 при минимальной частоте вращения  $n = 11,5 \text{ мин}^{-1}$  допустимая мощность на шпинделе, допускаемая слабым звеном (зубчатое колесо), составляет 1,42 кВт, в то время как номинальная мощность (по приводу) составляет 5,9 кВт. С увеличением частоты вращения мощность на шпинделе по наиболее слабому звену увеличивается и, начиная с  $58 \text{ мин}^{-1}$ , достигает номинальной – 5,9 кВт. Мощность резания определяется по формуле:

$$N_p = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60},$$

где  $P_z$  – сила резания, Н;

$v$  – фактическая скорость резания, м/мин.

Силу резания, Н, при точении рассчитывают по следующей эмпирической формуле:

$$P_z = 9,81 C_p t^x S^y v^n K_p.$$

Значения коэффициента  $C_p$  и показателей степеней  $x$ ,  $y$ ,  $n$  приведены в таблице 18, а величины поправочных коэффициентов на обрабатываемый материал – в таблице 19, на геометрические параметры режущей части резцов – в таблице 20.



Таблица 18 – Значения коэффициента и показателей степени в формулах составляющих силы резания при точении

Обрабатываемый материал	Материал режущей части	Вид обработки	Коэффициенты и показатели степени в формулах для составляющей силы резания											
			тангенциальной $P_z$				радиальной $P_y$				осевой $P_x$			
			$C_p$	$x$	$y$	$n$	$C_p$	$x$	$y$	$n$	$C_p$	$x$	$y$	$n$
Сталь конструкционная и стальное литье $\sigma_b = 750$ МПа	Твердый сплав	Наружное продольное и поперечное точение и растачивание	300	1,0	0,75	-0,15	243	0,9	0,6	-0,3	339	1,0	0,5	-0,4
		Отрезание и прорезание	408	0,72	0,8	0	173	0,73	0,67	0	-	-	-	-
	Быстро-режущая сталь	Наружное продольное и поперечное точение и растачивание	200	1,0	0,75	0	125	0,9	0,75	0	67	1,2	0,65	0
		Отрезание и прорезание	247	1,0	1,0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Чугун серый НВ 190	Твердый сплав	Наружное продольное и поперечное точение и растачивание	92	1,0	0,75	0	54	0,9	0,75	0	46	1,0	0,4	0
	Быстро-режущая сталь	Отрезание и прорезание	158	1,0	1,0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Чугун ковкий НВ 150	Твердый сплав	Наружное продольное и поперечное точение и растачивание	81	1,0	0,75	0	43	0,9	0,75	0	38	1,0	0,4	0
			100		0,75		86				40	1,2	0,65	0
	Быстро-режущая сталь	Отрезание и прорезание	139	1,0	1,0	0	-	-	-	-	-	-	-	-

$K_p$  – общий поправочный коэффициент, численно равный произведению ряда коэффициентов, каждый из которых отражает влияние определенного фактора на силу резания:

$$K_p = K_{\mu p} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp},$$

где  $K_{\mu p}$  – поправочный коэффициент, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала, определяется по таблице 19;

Таблица 19 – Поправочный коэффициент  $K_{\mu p}$  для стали и чугуна, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала на силовые зависимости

Обрабатываемый материал	Расчетная формула	Показатель степени $n$ (в числителе – для твердого сплава, в знаменателе – для быстрорежущей стали)
Конструкционная сталь $\sigma_H \leq 600$ , МПа $\sigma_H > 600$ , МПа	$K_{\mu p} = \left(\frac{\sigma_H}{750}\right)^n$	0,75 / 0,35 0,75 / 0,75
Серый чугун	$K_{\mu p} = \left(\frac{HB}{190}\right)^n$	0,4 / 0,55
Ковкий чугун	$K_{\mu p} = \left(\frac{HB}{150}\right)^n$	0,4 / 0,55

$K_{\varphi p}$  – поправочный коэффициент, учитывающий главный угол в плане резца, определяется по таблице 20;

$K_{\gamma p}$  – поправочный коэффициент, учитывающий передний угол резца, определяется по таблице 20;

$K_{\lambda p}$  – поправочный коэффициент учитывающий угол наклона главного лезвия, определяется по таблице 20.

Поправочный коэффициент  $K_{rp}$ , учитывающий радиус при вершине резца, определяется только для резцов из быстрорежущей стали.

Величины силы резания  $P_z$ , допускаемые прочностью пластинок твердого сплава, приведены в таблице 21.

Если условие  $N_p \leq N_{\text{шп}}$  не выдерживается, то необходимо в первую очередь уменьшить скорость резания.

Таблица 20 – Поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента на составляющие силы резания при обработке стали и чугуна

Параметр		Материал режущей части резца	Обозначение	Поправочный коэффициент		
Наименование	Величина			для составляющей силы резания		
				тангенциальной $P_z$	радиальной $P_y$	осевой $P_x$
Главный угол в плане $\varphi$ , град.	30	Твердый сплав	$K_{\varphi p}$	1,08	1,30	0,78
	45			1,00	1,00	1,00
	80			0,94	0,77	1,11
	90			0,89	0,50	1,17
	30	Быстрорежущая сталь		1,08	1,63	0,70
	45			1,00	1,00	1,00
	60			0,08	0,71	1,27
	90			1,08	0,44	1,82
Передний угол $\gamma$ , град.	-15	Твердый сплав	$K_{\gamma p}$	1,25	2,0	2,0
	0			1,10	1,4	1,4
	10			1,00	1,0	1,0
	12–15 20–25	Быстрорежущая сталь		1,15	1,6	1,7
	1,00		1,0	1,0		
Угол наклона главного лезвия $\lambda$ , град.	-5	Твердый сплав	$K_{\lambda p}$	1,00	0,75	1,07
	0				1,00	1,00
	5				1,25	0,85
	15				1,70	0,65
Радиус при вершине $r$ , мм	0,5	Быстрорежущая сталь	$K_{rp}$	0,87	0,66	1,0
	1,0			0,93	0,82	
	2,0			1,00	1,00	
	3,0			1,04	1,14	
	5,0			1,10	1,35	

Таблица 21 – Величины силы резания  $P_z$ , допускаемые прочностью пластинок твердого сплава

Толщина пластинок, мм, до	Глубина резания $t$ , мм							
	1	2	3	4	6	8	12	15
	Допускаемые значения $P_z$ , Н							
4	500	1800	2700	3600	5400	7200	10800	13500
6	1900	3850	5800	7700	11500	15400	23000	28800
8	3300	6600	9900	13200	19700	26300	39500	49400
10	5000	9950	15000	20000	29800	40000	59600	74500

### Проверка по прочности механизма продольной подачи

Осевая сила резания  $P_x$ , Н, должна быть меньше (или равна) наибольшего усилия, допускаемого механизмом продольной подачи станка:

$$P_x \leq P_{x \text{ доп}},$$

где  $P_x = (0,25 - 0,45)P_z$ ;

$P_{x \text{ доп}}$  – наибольшее усилие, допускаемое механизмом продольной подачи станка;

$H$  (берется из паспортных данных станка).

Если условие  $P_x \leq P_{x \text{ доп}}$  не выдерживается, то необходимо уменьшить силу резания  $P_z$ , в первую очередь за счет уменьшения подачи.

### Проверка по прочности державки резца

Условие прочности державки резца выражается следующей формулой:

$$\sigma_{\text{изг}} \leq [\sigma_{\text{изг}}],$$

где  $\sigma_{\text{изг}}$  – наибольшее напряжение в теле резца, зависящее от воспринимаемой нагрузки, материала резца и размеров поперечного сечения, МПа;

$$\sigma_{\text{изг}} = \frac{M_{\text{изг}}}{W} = \frac{P_z l}{W},$$

где  $M_{\text{изг}}$  – изгибающий момент, Н·м;

$P_z$  – сила резания, Н;

$l$  – вылет резца из резцедержателя (рис. 6), м (его берут наибольшим, чтобы обеспечить жесткость резца),  $l = (1 - 3) \cdot H$ ;

$W$  – осевой момент сопротивления или момент сопротивления при изгибе, м<sup>3</sup> (для прямоугольного сечения  $W = \frac{BH^2}{6}$ , для круглого сечения диаметром  $d$  –  $W = 0,1d^3$ );

$[\sigma_{\text{изг}}]$  – допустимое напряжение для державки резца, МПа (для стали У7, 45 –  $[\sigma_{\text{изг}}] = 200 - 250$  МПа).

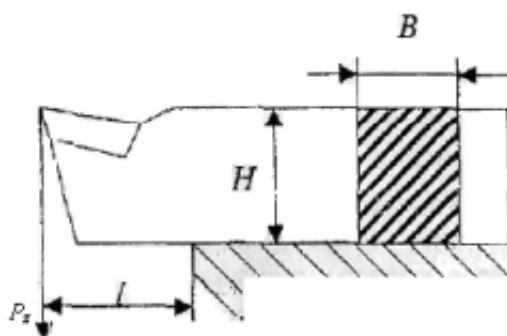


Рисунок 6 – Схема для проверки резца на прочность:

$P_z$  – сила резания;  $B$  и  $H$  – размеры сечения державки резца;  $l$  – вылет резца

### Проверка по прочности пластинки твердого сплава

Условие прочности пластинки твердого сплава:

$$P_z \leq [P_z],$$

где  $P_z$  – фактическая сила резания, Н;

$[P_z]$  – сила резания, допускаемая прочностью пластинки твердого сплава, приведена в таблице 21.

Если условие прочности не выдерживается, то необходимо увеличить толщину пластинки.

## РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАЦИИ

Нормирование каждого вида работ включает определение:

- основного (машинного) времени  $T_0$  – время основной работы станка, затрачиваемое на изменение формы, размеров и свойств обрабатываемой заготовки;

- вспомогательного времени  $T_{всп}$  – время, затрачиваемое на различные приемы, обеспечивающие выполнение основной работы и повторяющиеся с каждой заготовкой или в определенной последовательности через некоторое их число;

- дополнительного времени, не связанного с выполнением основной работой на станке;

- подготовительно-заключительного времени  $T_{пз}$  – время, которое затрачивает рабочий на подготовку к выполнению заданной работы и действия, связанные с ее окончанием.

Штучное время  $T_{шт}$  – время, затрачиваемое на выполнение операции, мин, равно:

$$T_{шт} = T_0 + T_{всп} + T_{обс} + T_{отд},$$

где  $T_{обс}$  – время обслуживания рабочего места, это часть штучного времени, затрачиваемая исполнителем на поддержание средств технологического оснащения в работоспособном состоянии и уход за ними и рабочим местом.  $T_{обс}$  складывается из времени организационного обслуживания (осмотр и опробование станка, раскладка и уборка инструмента, смазка и очистка станка) и времени технического обслуживания (регулирование и подналадка станка, смена и подналадка режущего инструмента, и т. п.);

$T_{отд}$  – время на личные потребности, это часть штучного времени, затрачиваемая человеком на личные потребности и, при утомительных работах, на дополнительный отдых.

### Определение основного времени

Основное технологическое время  $T_0$  определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{Li}{nS},$$

где  $L$  – общая длина рабочего хода резца (суппорта) в траектории движения подачи, мм;

$i$  – число рабочих ходов.

Длина рабочего хода:

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3,$$

где  $l$  – длина обрабатываемой поверхности детали, мм;

$l_1$  – величина пути врезания, мм, определяется по формуле:

$$l_1 = t \operatorname{ctg} \varphi + (0,5 \div 2),$$

где  $l_2$  – величина перебега резца,  $l_2 = 1 \div 3$  мм;

$l_3$  – величина пути для снятия пробных стружек или для замеров детали,  $l_3 = 5 \div 8$  мм. При работе на настроенных станках  $l_3 = 0$ .

## Определение вспомогательного времени

К этому времени относится время, затрачиваемое на установку, выверку и снятие детали (табл. 22), на рабочий ход (табл. 23), на выполнение измерений в процессе обработки (табл. 24).

Таблица 22 – Вспомогательное время на установку, выверку и снятие детали

Способ установки детали	Характер выверки	Масса детали, кг, до				
		1	3	5	10	30
		Время, мин				
в самоцентрирующем патроне	без выверки	0,38	0,55	0,68	0,94	1,70
	по мелку	0,80	0,95	1,15	1,42	2,10
	по индикатору	1,65	1,90	2,30	2,90	4,40
в самоцентрирующем патроне с поджатием задним центром	без выверки	0,49	0,66	0,80	1,06	1,75
	по мелку	0,83	1,20	1,40	1,75	2,70
в четырехкулачковом патроне	без выверки	–	0,95	1,05	1,32	1,92
	по рейсмусу	–	1,48	1,70	2,10	3,10
	по индикатору	–	2,10	2,50	3,10	4,50
в центрах с хомутиком	без выверки	0,33	0,55	0,62	0,76	1,60
в центрах с люнетом	без выверки	0,58	0,68	0,74	0,96	1,32
на планшайбе с центрирующим приспособлением	без выверки	1,10	1,30	2,30	2,55	3,20

Таблица 23 – Вспомогательное время на рабочий ход

Переход	Высота центров, мм		
	100	200	300
	Время, мин		
Наружное точение или растачивание по 9, 10 качеству	0,7	0,8	1,0
Наружное точение или растачивание по 11 – 13 качеству	0,4	0,5	0,7
Наружное точение или растачивание на последующие рабочие ходы	0,1	0,2	0,3
Подрезка или отрезание	0,1	0,2	0,3
Снятие фасок, радиусов, галтелей	0,06	0,07	0,07
Нарезание резьбы резцом	0,03	0,04	0,06
Нарезание резьбы метчиком или плашкой	0,2	0,2	0,26
Сверление и центрование	0,5	0,6	0,9

Таблица 24 – Вспомогательное время на измерения

Измерительный инструмент	Точность измерения, мм; кавалитет	Измеряемый размер, мм		
		100	500	1000
		Время, мин		
Линейка	-	0,06	0,09	0,11
Угольник	-	0,1	0,24	-
Штанга раздвижная	-	-	0,17	0,21

Измерительный инструмент	Точность измерения, мм; квалитет	Измеряемый размер, мм		
		100	100	100
		Время, мин		
Штангенциркуль	0,1	0,13	0,2	0,44
	0,02	0,25	0,35	0,67
Микрометр	0,1	0,22	0,3	-
Скоба двухсторонняя	11–13	0,07	-	-
	6–10	0,16	-	-
Скоба односторонняя	11–13	0,06	0,13	-
	6–10	0,06	0,2	-
Нутромер (микрометрический штихмасс)	0,03	0,15	0,18	0,34
Пробка двухсторонняя предельная	9–10	0,13	-	-
	6–8	0,18	-	-
Индикатор	6–8	0,08	-	-

### Определение оперативного времени

Сумму основного и вспомогательного времени называют оперативным временем:

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{о}} + T_{\text{всп.}}$$

Оперативное время является основной составляющей штучного времени.

### Время на обслуживание рабочего места и время на личные надобности

Время на обслуживание рабочего места и время на личные надобности часто берут в процентах от оперативного времени:

$$T_{\text{обс}} = (3 \div 8 \%) T_{\text{оп}}; T_{\text{отд}} = (4 \div 9 \%) T_{\text{оп}}; T_{\text{обс}} + T_{\text{отд}} \approx 10 \% T_{\text{оп}}.$$

### Штучно-калькуляционное время

Штучно-калькуляционное  $T_{\text{шт-к}}$  определяет норму времени – время выполнения определенного объема работ в конкретных производственных условиях одним или несколькими рабочими. В состав штучно-калькуляционного времени, кроме штучного времени, входит подготовительно-заключительное время  $T_{\text{пз}}$ . Это время предназначено на подготовку рабочих и средств производства к выполнению технологической операции и приведение их в первоначальное состояние после ее окончания. Подготовительно-заключительное время необходимо для получения задания, приспособлений, оснастки, инструмента, установки их для наладки станка на выполнение операции, снятие всех средств, оснащения и сдачи их (табл. 25).

Таблица 25 – Подготовительно-заключительное время, мин

Способ установки детали	Степень сложности и подготовки к работе	Количество инструментов при наладке	Высота центров, мм			
			200	300	200	300
			Без замены приспособления		С заменой приспособления	
В патроне, центрах, на оправке	Простая	1–2	7	9	10	12
		3–4	9	11	12	14
	Средняя	3–4	10	12	15	17
		5–6	12	15	17	20
		7–9	15	17	20	22
	Сложная	4–5	18	20	22	26
6–8		20	23	25	30	
В специальном приспособлении	Простая	1–2	9	11	14	17
		3–4	11	13	16	19
	Средняя	3–4	12	14	19	22
		5–6	14	17	22	25
		7–9	17	19	25	27
	Сложная	4–5	20	22	27	30
6–8		22	26	30	35	

В штучно-калькуляционное время подготовительно-заключительное время входит как доля его, приходящаяся на одну заготовку. Чем большее число заготовок  $n$  обрабатывается с одной наладки станка (с одного установка в одной операции), тем меньшая часть подготовительно-заключительного времени входит в состав штучно-калькуляционного:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n}.$$

В массовом производстве  $T_{пз}$  принимается равным нулю, так как практически вся работа выполняется при одной наладке станка.



## РАСЧЕТ ПОТРЕБНОСТИ В ОБОРУДОВАНИИ

Расчетное количество станков для выполнения определенной операции определяется по формуле:

$$z = \frac{T_{шт} \Pi}{T_{см} \cdot 60},$$

где  $T_{шт}$  – штучное время, мин;

$\Pi$  – программа выполнения деталей в смену, шт.;

$T_{см}$  – время работы станка в смену, ч (обычно  $T_{см} = 8$  ч).

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ

Оценку технико-экономической эффективности технологической операции проводят по расчетам потребного количества станков и ряда коэффициентов, в числе которых: коэффициент основного времени и коэффициент использования станка по мощности.

Коэффициент  $K_0$  основного времени  $T_0$  определяет его долю в общем времени  $T_{шт}$ , затрачиваемом на выполнение операции:

$$K_0 = \frac{T_0}{T_{шт}}$$

Повышение значения  $K_0$  свидетельствует об оптимизации технологического процесса, поскольку больше времени, отведенного на операцию, станок работает, а не простаивает, т. е. в этом случае уменьшается доля вспомогательная времени.

Ориентировочно величина коэффициента  $K_0$  следующая:

– протяжные станки –  $K_0 = 0,35 - 0,945$ ;

– фрезерные непрерывного действия –  $K_0 = 0,85 - 0,90$ ;

– остальные –  $K_0 = 0,35 - 0,90$ .

Если коэффициент основного времени  $K_0$  ниже этих величин, то необходимо разработать мероприятия по снижению вспомогательного времени (применение быстродействующих приспособлений, автоматизация измерений детали и др.).

Коэффициент использования станка по мощности определяется по формуле:

$$K_N = \frac{N_p}{N_{ст} \cdot \eta},$$

где  $N_p$  – мощность резания, кВт (выбирает технологический переход операции с максимальным расходом мощности);

$N_{ст}$  – мощность главного привода станка, кВт;

$\eta$  – КПД станка. Приближение значения  $K_N$  к единице означает о наиболее полном использовании мощности станка, например при  $K_N = 0,5$ , станок используется на 50 % от своей мощности и, если это возможно, следует выбрать станок меньшей мощности.

## ПРИМЕР РАСЧЕТА РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

### Исходные данные:

1. Заготовка – штамповка, сталь 40Х ГОСТ 4543-71
2. Предел прочности стали 40Х  $\sigma_B = 1000$  МПа, твердость по Бринеллю  $HV = 200$  кгс/мм<sup>2</sup>
3. Общий припуск на обработку (на диаметр)  $h = 8$  мм
4. Диаметр заготовки  $D = 95$  мм
5. Диаметр детали (после обработки)  $d = 87$  мм
6. Длина обрабатываемой поверхности  $l = 140$  мм
7. Требуемая шероховатость  $R_a = 2,5$  мкм

При расчете режимов резания необходимо:

- выбрать тип, размеры и геометрические параметры резца;
- выбрать станок;
- рассчитать элементы режима резания;
- провести проверку выбранного режима резания по мощности привода шпинделя станка, прочности механизма продольной подачи станка, проверку по прочности державки резца и пластинки твердого сплава;
- произвести расчет времени, необходимого для выполнения операции;
- выполнить расчет потребности в оборудовании;
- произвести расчеты коэффициента основного времени и коэффициента использования станка по мощности.

### 1. Выбор токарного резца

#### 1.1. Выбор материала режущей части резца

Исходя из общего припуска на обработку и требований к шероховатости поверхности, обработку проводим в два прохода (черновое и чистовое точение). По таблице 2 выбираем материал пластинки из твердого сплава: для чернового точения – Т5К10, для чистового точения – Т15К6.

#### 1.2. Назначение размеров резца

Для станка 1К62 с высотой центров 200 мм размеры сечения державки резца принимаем:

$$H \times B = 25 \times 16 \text{ мм.}$$

Для обработки выбираем проходной прямой отогнутый резец с пластинкой из твердого сплава, размеры которого приведены в таблице 3:

резец 2102 - 0055 ГОСТ 18877-73.

### 1.3. Назначение геометрических параметров режущей части резца

В зависимости от материала режущей части резца и условий обработки выбираем одинаковую форму передней поверхности резцов (для чернового и чистового точения) по таблице 4: номер П б – плоская, с отрицательной фаской.

Согласно ГОСТ на токарные резцы по таблицам 5–7 выбираем геометрические параметры резцов:  $\gamma_{\text{ф}} = -10^\circ$ ,  $\gamma = 15^\circ$ ,  $\alpha_{\text{черн}} = 8^\circ$ ,  $\alpha_{\text{чист}} = 12^\circ$ ,  $\varphi = 45^\circ$ ,  $\varphi_1 = 45^\circ$ ,  $\lambda = 0^\circ$ .

### 2. Выбор станка

Согласно габаритным размерам заготовки для наружной токарной обработки выбираем универсальный токарно-винторезный станок модели 1К62, позволяющий произвести обработку с требуемыми параметрами качества.

### 3. Назначение глубины резания

При чистовом точении глубину резания (табл. 8) принимаем  $t_2 = 1$  мм, Тогда, глубина резания при черновом точении определяется по формуле:

$$t_1 = \frac{h}{2} - t_2 = \frac{8}{2} - 1 = 3 \text{ мм.}$$

### 4. Назначение величины подачи

При черновой обработке подачу выбираем по таблице 10 в зависимости от обрабатываемого материала, диаметра заготовки и глубины резания в пределах 0,6–1,2 мм/об. Принимаем  $S_1 = 0,8$  мм/об.

При чистовой обработке подачу выбираем по таблице 9 в зависимости от шероховатости поверхности и радиуса при вершине резца, который принимаем равным 1,2 мм,  $S_2 = 0,2$  мм/об.

Выбранные подачи уточняем по паспортным данным станка 1К62 по **ПРИЛОЖЕНИЮ**. Назначаем ближайшие меньшие расчетных подачи  $S_1 = 0,78$  мм/об,  $S_2 = 0,195$  мм/об.

### 5. Определение скорости резания

#### 5.1. Определяем скорость резания $v$ , м/мин по формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v,$$

где  $C_v$  – коэффициент, зависящий от условий обработки (по таблице 11 для черновой обработки  $C_{v1} = 340$ ; для чистовой –  $C_{v2} = 420$ );

$T$  – стойкость резца, мин (принимаем  $T_1 = T_2 = 60$  мин);

$x, y, m$  – показатели степени (табл. 11);

$K_v$  – общий поправочный коэффициент, представляющий собой произведение отдельных коэффициентов, каждый из которых отражает влияние

определенного фактора на скорость резания. Для резцов с пластиной из твердого сплава  $K_v$  равно:

$$K_v = K_{\mu v} K_{nv} K_{uv} K_{\varphi v} K_{\varphi_1 v} K_{rv} K_{qv} K_{ov},$$

где  $K_{\mu v}$  – поправочный коэффициент, учитывающий физико-механические свойства обрабатываемого материала, по таблицам 12, 13 равен:

$$K_{\mu v} = 1 \left( \frac{750}{1000} \right)^1 = 0,75,$$

$K_{nv}$  – поправочный коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки, по таблице 14 определяем, что при черновой обработке  $K_{nv1} = 0,8$ , при чистовой обработке  $K_{nv2} = 1,0$ ;

$K_{uv}$  – поправочный коэффициент, учитывающий материал режущей части, по таблице 15 –  $K_{uv1} = 0,65$ ;  $K_{uv2} = 1,0$ ;

$K_{\varphi v}$  – параметры резца – поправочный коэффициент, учитывающий главный угол в плане резца, по таблице 16 для  $\varphi = 45^\circ$  –  $K_{\varphi v1} = K_{\varphi v2} = 1,0$ ;

$K_{\varphi_1 v}$ ,  $K_{rv}$ ,  $K_{qv}$  определяют только для резцов из быстрорежущей стали;

$K_{ov}$  – поправочный коэффициент, учитывающий вид обработки, по таблице 17  $K_{ov} = 1,0$ .

Общий поправочный коэффициент для резцов (чернового и чистового) равен:

$$K_{v1} = 0,75 \cdot 0,8 \cdot 0,65 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,39.$$

$$K_{v2} = 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,75.$$

Показатели степени  $x$ ,  $y$  и  $m$  выбираем по таблице 11:

для черновой обработки –  $C_v = 340$ ,  $x_1 = 0,15$ ,  $y_1 = 0,45$ ,  $m_1 = 0,20$  (при  $S$  св. 0,7 мм/об),

для чистовой обработки –  $C_v = 420$ ,  $x_2 = 0,15$ ,  $y_2 = 0,20$ ,  $m_2 = 0,20$  (при  $S$  до 0,3 мм/об).

Скорость резания, м/мин, равна:

$$v_1 = \frac{340}{60^{0,2} 3^{0,15} 0,78^{0,45}} \cdot 0,39 = 55,46,$$

$$v_2 = \frac{420}{60^{0,2} 1^{0,15} 0,195^{0,2}} \cdot 0,75 = 192,7.$$

**5.2. Определяем частоту вращения шпинделя,  $\text{мин}^{-1}$ , по расчетной скорости резания:**

$$n_1 = \frac{1000v_1}{\pi D_1} = \frac{1000 \cdot 55,46}{3,14 \cdot 95} = 185,$$

$$n_2 = \frac{1000v_2}{\pi D_2} = \frac{1000 \cdot 192,7}{3,14 \cdot 89} = 689,54.$$

**5.3. Уточняем частоту вращения шпинделя по паспорту станка (ПРИЛОЖЕНИЕ).**

Для черновой обработки выбираем 12 ступень коробки скоростей  $n_1 = 160 \text{ мин}^{-1}$ , для чистовой обработки выбираем 19 ступень коробки скоростей  $n_2 = 630 \text{ мин}^{-1}$ .

#### 5.4. Определяем фактическую скорость резания $v_{\text{факт}}$ , м/мин:

$$v_{\text{факт1}} = \frac{\pi D_1 n_1}{1000} = \frac{3,14 \cdot 95 \cdot 160}{1000} = 47,7,$$

$$v_{\text{факт2}} = \frac{\pi D_2 n_2}{1000} = \frac{3,14 \cdot 89 \cdot 630}{1000} = 176,1.$$

### 6. Проверка выбранного режима резания

#### 6.1. Проверка выбранного режима резания по мощности привода шпинделя станка

Для определения мощности резания определяем силу резания при черновой обработке. Силу резания при точении рассчитываем по следующей формуле:

$$P_z = 9,81 C_p t_1^x S_1^y v_{\text{факт1}}^n K_p,$$

где  $C_p$  – коэффициент, учитывающий свойства обрабатываемого материала, материал режущей части резца, а также условия обработки, по таблице 18  $C_p = 300$ ;

$K_p$  – общий поправочный коэффициент, численно равный произведению ряда коэффициентов, каждый из которых отражает влияние определенного фактора на силу резания:

$$K_p = K_{\mu p} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{r p},$$

где  $K_{\mu p}$  – поправочный коэффициент, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала, определяется по таблице 19:

$$K_{\mu p} = \left( \frac{\sigma}{750} \right)^{0,75} = 1,24,$$

$K_{\varphi p}$  – поправочный коэффициент, учитывающий главный угол в плане резца, по таблице 20  $K_{\varphi p} = 1,0$ ;

$K_{\gamma p}$  – поправочный коэффициент, учитывающий передний угол резца, по таблице 20  $K_{\gamma p} = 1,25$ ;

$K_{\lambda p}$  – поправочный коэффициент учитывающий угол наклона главного лезвия, по таблице 20  $K_{\lambda p} = 1,0$ .

Поправочный коэффициент  $K_{r p}$ , учитывающий радиус при вершине резца, определяется только для резцов из быстрорежущей стали.

Тогда, общий поправочный коэффициент равен:

$$K_p = 1,24 \cdot 1,0 \cdot 1,25 \cdot 1,0 = 1,55.$$

Показатели степени  $x, y$  и  $n$  принимаем по таблице 18 для черновой обработки:  $x = 1,0$ ;  $y = 0,75$ ;  $n = -0,15$ .

Сила резания при точении равна:

$$P_z = 9,81 \cdot 300 \cdot 3^1 \cdot 0,78^{0,75} \cdot 47,7^{-0,15} \cdot 1,55 = 6361 \text{ Н.}$$

Мощность резания, кВт,

$$N_p = \frac{P_z v_{\text{факт1}}}{1020 \cdot 60} = \frac{6360,6 \cdot 47,7}{1020 \cdot 60} = 4,96.$$

Мощность на шпинделе равна:

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{э}} \eta = 10 \cdot 0,8 = 8 \text{ кВт.}$$

Так как  $N_p < N_{\text{шп}}$  ( $4,96 < 8$  кВт), то выбранный режим резания удовлетворяет условию по мощности на шпинделе станка.

## 6.2. Проверка по прочности механизма продольной подачи станка

Осевая сила  $P_x$ , которая оказывает непосредственное влияние на прочность механизма продольной подачи станка, должна быть меньше или равна наибольшему усилию, допускаемого механизмом продольной подачи станка  $P_{x \text{ доп}}$ . Принимаем  $P_x = 0,4P_z$ .

По паспортным данным станка 1К62 наибольшее усилие, допускаемое механизмом продольной подачи станка, равно 3600 Н (**ПРИЛОЖЕНИЕ**).

Осевая сила  $P_x = 0,4 \cdot 6361 = 2544$  Н. Так как  $2544 \text{ Н} < 3600 \text{ Н}$ , выбранный режим резания удовлетворяет условию прочности механизма продольной подачи станка.

## 6.3. Проверка по прочности державки резца

Условие прочности державки резца выражается следующей формулой:

$$\sigma_{\text{изг}} \leq [\sigma_{\text{изг}}],$$

поэтому определим  $\sigma_{\text{изг}}$  – наибольшее напряжение в теле резца, зависящее от воспринимаемой нагрузки, материала резца и размеров поперечного сечения, МПа;

$$\sigma_{\text{изг}} = \frac{M_{\text{изг}}}{W} = \frac{P_z l}{W},$$

где  $M_{\text{изг}}$  – изгибающий момент, Н·м;

$l$  – вылет резца из резцедержателя, м вылет резца принимаем  $l = 1,5 \text{ Н}$  ( $\text{Н}$  – высота державки резца,  $\text{Н} = 25 \text{ мм}$ );

$W$  – осевой момент сопротивления или момент сопротивления при изгибе, м<sup>3</sup>, для прямоугольного сечения  $W = \frac{BH^2}{6}$ ;

$[\sigma_{\text{изг}}]$  – допустимое напряжение для державки резца, МПа (для стали 45 –  $[\sigma_{\text{изг}}] = 200 - 250$  МПа). Принимаем  $[\sigma_{\text{изг}}] = 200$  МПа.

Тогда напряжение в теле резца определяется по формуле:

$$\sigma_{\text{изг}} = \frac{P_z l}{W} = \frac{6P_z l}{BH^2} = \frac{9P_z}{BH} = \frac{9 \cdot 6361}{16 \cdot 25} = 143,1 \text{ МПа.}$$

Так как

$$\sigma_{\text{изг}} = 143,1 \text{ МПа} < [\sigma_{\text{изг}}] = 200 \text{ МПа,}$$

следовательно, выбранный режим резания удовлетворяет условию по прочности державки резца.

## 6.4. Проверка по прочности пластинки твердого сплава резца

Условие прочности пластинки твердого сплава резца выражается следующей формулой:  $P_z < [P_z]$ , где  $P_z = 6361 \text{ Н}$  – фактическая сила резания.

Допускаемая сила  $[P_z]$ , ближайшая большая при глубине резания 2 мм, – 6600 Н (табл. 21).

Следовательно, толщину пластинки твердого сплава следует брать не менее 8 мм.

## 7. Расчет времени выполнения операции

### 7.1. Расчет основного времени

Основное время  $T_o$  на изменение формы и размеров заготовки определяем по формуле:

$$T_o = \frac{Li}{nS},$$

где  $L$  – длина рабочего хода резца, мм,

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3,$$

где  $l$  – длина обрабатываемой поверхности детали, мм,  $l = 140$  мм;

$l_1$  – величина пути врезания, мм,  $l_1 = t \operatorname{ctg} \varphi + (0,5 \div 2) = 3 \cdot \operatorname{ctg} 45^\circ + (0,5 \div 2) = 5$  мм;

$l_2$  – величина перебега резца,  $l_2 = 1 \div 3$  мм;

$l_3$  – величина пути для снятия пробных стружек или для замеров детали,  $l_3 = 5 \div 8$  мм. В массовом производстве при работе на настроенных станках  $l_3$  не учитывается;

$i$  – число рабочих ходов резца,  $i = 1$ .

Основное время, мин, равно:

$$T_o = \frac{Li}{n_1 S_1} = \frac{(140+5+3) \cdot 1}{160 \cdot 0,78} = 1,85;$$

$$T_o = \frac{Li}{n_2 S_2} = \frac{(140+5+3) \cdot 1}{1000 \cdot 0,195} = 0,76.$$

### 7.2. Расчет штучного времени

Штучное время, затрачиваемое на данную операцию:

$$T_{шт} = T_o + T_{всп} + T_{обс} + T_{отд},$$

где  $T_{всп}$  – вспомогательное время, мин:

– время на установку и снятие детали по таблице 22 принимаем 1,1 мин;

– время на рабочий ход, по таблице 23 принимаем 0,5 мин;

– время на измерение детали, по таблице 24 принимаем 0,16 мин;

$$T_{всп} = 1,1 + 0,5 + 0,16 = 1,66 \text{ мин.}$$

Оперативное время:

$$T_{оп} = T_o + T_{всп} = (1,85 + 0,76 + 1,66) = 4,27 \text{ мин.}$$

Время обслуживания рабочего места  $T_{обс} = (3 \div 8 \%) \cdot T_{оп}$ ; время перерывов в работе  $T_{пер} = (4 \div 9 \%) \cdot T_{оп}$ .

Штучное время:

$$T_{шт} = 4,27 + 0,05 \cdot 4,27 + 0,05 \cdot 4,27 = 4,7 \text{ мин.}$$

## 8. Расчет потребности в оборудовании

Расчетное количество станков  $Z$  для выполнения определенной операции при массовом производстве равно при программе выпуска деталей в смену, 500 шт., времени работы станка в смену  $T_{см} = 8$  ч:

$$Z = \frac{T_{шт} \cdot \Pi}{T_{см} \cdot 60} = \frac{4,7 \cdot 500}{8 \cdot 60} \approx 5 \text{ (шт.)}.$$

## 9. Техничко-экономическая эффективность

### 9.1. Коэффициент основного времени

Коэффициент основного времени:

$$K_o = \frac{T_o}{T_{шт}} = \frac{1,85 + 0,76}{4,7} = 0,56.$$

Данные говорят о том, что при выполнении операции точения относительно много времени отводится для вспомогательных действий, поэтому следует провести организационные или технологические мероприятия по механизации процессов, сокращению вспомогательного времени и т. д.

**9.2. Коэффициент использования станка по мощности** при  $N_p = 4,96$  кВт, мощности главного привода станка  $N_{ст} = 10$  кВт,  $\eta = 0,765$  (**ПРИЛОЖЕНИЕ**):

$$K_N = \frac{N_p}{N_{ст} \cdot \eta} = \frac{4,96}{10 \cdot 0,765} = 0,648.$$

В нашем случае коэффициент использования станка по мощности достаточно высок.



## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучите разделы «Теоретические сведения» и «Методика расчета режимов резания при точении / растачивании» данной работы.
2. Получите индивидуальное задание от преподавателя.
3. Сделайте чертеж детали с указанием качеств точности и шероховатости всех поверхностей, подлежащих обработке.
4. Выберите обрабатываемую поверхность, к которой предъявляются самые грубые требования по точности обработки.
5. Произвести расчет режимов резания для обработки выбранной поверхности:
  - выберите тип, размеры и геометрические параметры резца;
  - выберите модель станка;
  - рассчитайте элементы режима резания;
  - проведите проверку выбранного режима резания по мощности привода шпинделя станка, прочности механизма продольной подачи станка, проверку по прочности державки резца и пластинки твердого сплава;
  - произведите расчет времени, необходимого для выполнения операции;
  - выполните расчет потребности в оборудовании;
  - произведите расчеты коэффициента основного времени и коэффициента использования станка по мощности.

Работу выполните в последовательности, представленной в разделе «Методика расчета режимов резания при точении/расточивании».

6. Составьте отчет по работе.

## ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ

Отчет должен содержать:

- название работы;
- цель и задачи работы;
- краткие сведения движениях, из которых состоит процесс резания и видах операций, выполняемых на токарных станках;
- чертеж детали;
- расчет режимов резания согласно приведенной методике.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Маталин, А. А. Технология машиностроения : учебник для вузов / А. А. Маталин. – 6-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2024. – 512 с. – Текст: непосредственный.
2. Сысоев, С. К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов : учебное пособие для вузов / С. К. Сысоев, А. С. Сысоев, В. А. Левко. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 352 с. – Текст: непосредственный.
3. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. – М. : Машиностроение, 1974. – С. 31, 86–107, 393, 394. – Текст: непосредственный.
4. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. – М.: Машиностроение, 1974. – С. 31, 96, 97, 100, 101, 206, 221, 251, 254, 328, 329, 370, 400, 404. – Текст: непосредственный.
5. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени и времени на обслуживание рабочего места на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Массовое производство. – М. : Машиностроение, 1974. – С. 29, 66, 72. 90, 96, 98, 107, 133. – Текст: непосредственный.
6. Морозов, И. М. Техническое нормирование операций механической обработки деталей : учебное пособие / И. М. Морозов, И. И. Гузеев, С. А. Фадюшин. – Челябинск : Изд-во ЮрГУ, 2003. – 65 с. – Текст: непосредственный.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### ПАСПОРТНЫЕ ДАННЫЕ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

Таблица 1 – Частота вращения шпинделя, мин<sup>-1</sup>, в числителе и наибольший допустимый момент на шпинделе, Н·м, в знаменателе

Номер ступени	1А62, 1А62Б, 1А62Г	1В62Г	1К62	16К20	1А616
1	11,5/1200	10/1100	12,5/1300	12,5/1300	11/580
2	14,5/1200	12,5/1100	16/1300	16/1300	18/580
3	19/1200	16/1100	20/1300	20/1300	28/680
4	24/1200	20/1100	25/1300	25/1300	45/580
5	30/1200	25/1100	31,5/1300	31,5/1300	56/580
6	37,5/1200	31,5/1100	40/1300	40/1300	71/460
7	46/1200	40/1100	50/1300	50/1300	90/360
8	58/980	50/1100	63/1240	63/1090	112/290
9	76/750	63/994	86/975	80/855	140/230
10	96/590	80/787	100/780	100/670	180/180
11	120/475	100/625	125/620	125/530	224/145
12	350/380	125/501	160/490	160/405	280/117
13	184/310	160/385	200/390	200/380	355/92
14	230/245	200/312	250/310	250/300	450/73
15	305/188	250/250	315/260	315/240	560/67
16	380/148	315/195	400/202	400/180	710/46
17	480/120	400/152	500/154	500/146	900/36
18	600/89	500/125	630/119	630/114	1120/29
19	370/170	400/145	630/125	800/90	1400/23
20	460/134	500/123	800/93	1000/70	1800/18
21	610/94	630/95	1000/70	1250/555	2240/145
22	770/70	800/78	1250/545	1600/418	
23	960/53	1000/55	1600/42		
24	1200/40	1250/47	2000/30		

Таблица 2 – Мощность электродвигателя главного движения, КПД станка, значения продольных и поперечных подач, а также значения допустимых усилий подач токарных станков

Номер ступени	1А62, 1А62Б, 1А62Г	1В62Г	1К62	16К20
Мощность электродвигателя главного движения $N_э$ , кВт	7	7,5	10	10
КПД станка $\eta$	0,75	0,786	0,8	0,75
Продольные подачи, мм/об.	0,082; 0,088; 0,10; 0,11; 0,12; 0,13; 0,14; 0,15; 0,16; 0,18; 0,20; 0,23; 0,24; 0,25; 0,28; 0,30; 0,33; 0,35; 0,40; 0,45; 0,48; 0,50; 0,55; 0,60; 0,65; 0,71; 0,80; 0,91; 0,96; 1,00; 1,11; 1,21; 1,28; 1,46; 1,59	0,05; 0,06; 0,075; 0,09; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 2,0; 2,4; 2,8	0,070; 0,074; 0,084; 0,097; 0,11; 0,12; 0,13; 0,14; 0,15; 0,17; 0,195; 0,21; 0,23; 0,26; 0,28; 0,30; 0,34; 0,39; 0,43; 0,47; 0,52; 0,57; 0,61; 0,70; 0,78; 0,87; 0,95; 1,04; 1,14; 1,21; 1,4; 1,56; 1,74; 1,9; 2,08; 2,28; 2,42; 2,8; 3,12; 3,48; 3,8; 4,16	0,05; 0,06; 0,075; 0,09; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,6; 0,7; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 2,0; 2,4; 2,8
Поперечные подачи, мм/об.	0,027; 0,029; 0,033; 0,038 0,040; 0,042; 0,046; 0,050; 0,054; 0,058; 0,067; 0,075; 0,079; 0,084; 0,092; 0,10; 0,11; 0,12; 0,13; 0,15; 0,16; 0,17; 0,18; 0,20; 0,22; 0,23; 0,27; 0,30; 0,32; 0,33; 0,37; 0,40; 0,41; 0,48; 0,52	0,025; 0,03; 0,0375; 0,045; 0,05; 0,063; 0,075; 0,083; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4	0,035; 0,037; 0,042; 0,048 0,055; 0,06; 0,065; 0,07; 0,074; 0,084; 0,097; 0,11; 0,12; 0,13; 0,14; 0,15; 0,17; 0,195; 0,21; 0,23; 0,26; 0,28; 0,30; 0,34; 0,39; 0,43; 0,47; 0,52; 0,57; 0,6; 0,7; 0,78; 0,87; 0,95; 1,04; 1,14; 1,21; 1,4; 1,56; 1,74; 1,9; 2,08; 1,14; 1,21; 1,4; 1,56; 1,74; 1,9; 2,08	0,025; 0,03; 0,0175; 0,045; 0,05; 0,063; 0,075; 0,087; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4
Макс. усилие, допускаемое механизмом продольной подачи, Н	3600	7500	3600	5884
Макс. усилие, допускаемое механизмом поперечной подачи, Н	4100	2600	5500	3530