

1953
1953



СВЯЗЬ

Режимы
резания
металлов

ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИИ
АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ



РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ МЕТАЛЛОВ

СПРАВОЧНИК

Под редакцией Ю. В. БАРАНОВСКОГО

Издание третье,
переработанное и дополненное



ИЗДАТЕЛЬСТВО «МАШИНОСТРОЕНИЕ»

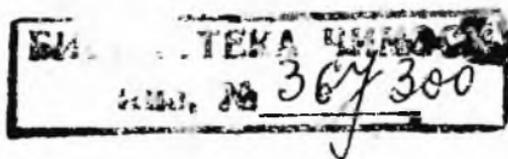
Москва 1972

2/3

Режимы резания металлов. Справочник. Изд. 3-е, переработанное и дополненное. М., «Машиностроение», 1972.

В справочнике приведены нормативы для массово-поточного производства типа автомобильного по режимам резания на токарных, фрезерных, сверлильных, протяжных, зубообрабатывающих, резьбонарезных, шлифовальных и отделочных станках, даны рекомендации по режимам чистовой обработки поверхностным пластическим деформированием.

Справочник предназначен для технологов машиностроительных заводов, инженерно-технических работников научно-исследовательских и проектно-технологических организаций при расчете технически обоснованных норм времени, определении норм выработки рабочих, анализе производства и пропускных способностей оборудования, установлении мощностей механообрабатывающих поточных линий, участков и цехов, а также для оценки и выбора оптимальной технологии при проектировании заводов при разработке новых и совершенствовании действующих технологических процессов изготовления деталей.



АВТОРЫ

Ю. В. Барановский, канд. техн. наук Л. А. Брадман, Ц. З. Бродский, Л. А. Быков, канд. техн. наук З. Д. Горецкая, Е. Н. Киселев, канд. техн. наук В. Н. Комиссаржевская, В. В. Конышов, канд. техн. наук М. С. Наерман, О. Г. Пескова, канд. техн. наук М. А. Сазар, Г. В. Шабанова, В. А. Шляпина, С. А. Щербакова

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие к третьему изданию	5
Содержание нормативов и их особенности	6
Общие указания по расчету режимов резания	10

Токарные станки

Рекомендации по расчету режимов резания. Карта Т-1	13
Подача. Карта Т-2	22
Стойкость инструментов. Карта Т-3	26
Скорость резания. Карта Т-4	29
Сила резания. Карта Т-5	35
Алмазно-расточные станки. Режимы резания. Карта Т-6	36

Токарные прутковые автоматы

Рекомендации по расчету режимов резания. Карта А-1	38
Подача. Карта А-2	51
Стойкость инструментов. Карта А-3	60
Скорость резания. Карта А-4	60
Мощность резания. Карта А-5	70

Фрезерные станки

Рекомендации по расчету режимов резания. Карта Ф-1	73
Подача на зуб фрезы. Карта Ф-2	83
Стойкость инструментов. Карта Ф-3	87
Скорость резания. Карта Ф-4	88
Мощность резания. Карта Ф-5	101

Сверлильные станки

Рекомендации по расчету режимов резания. Карта С-1	104
Подача. Карта С-2	110
Стойкость инструментов. Карта С-3	114
Скорость резания. Карта С-4	115
Осевая сила резания. Карта С-5	124
Мощность резания. Карта С-6	126

Протяжные станки

Рекомендации по расчету режимов резания. Карта П-1	129
Скорость резания. Карта П-2	132
Сила резания. Карта П-3	135
Мощность резания. Карта П-4	136
Стойкость инструментов (средние значения). Карта П-5	137

ЗУБООБРАБАТЫВАЮЩИЕ СТАНКИ

Рекомендации по расчету режимов резания. Карта З-1	139
Зубофрезерование цилиндрических колес. Карта З-2	148
Нарезание шлицев червячными фрезами. Карта З-3	149
Нарезание зубьев долбками. Карта З-4	150
Зубозакругление. Карта З-5	152
Шевингование. Карта З-6	152
Обработка трапецеидальных конических колес. Карта З-7	155
Зубострогание конических колес. Карта З-8	158
Зубонарезание спирально-конических колес. Карта З-9	158
Накатывание зубьев ведомых конических колес. Карта З-10	159

Резьбообрабатывающие станки

Рекомендации по расчету машинного времени и мощности резания. Карта Р-1	161
Нарезание резьбы. Карта Р-2	162
Фрезерование резьбы. Карта Р-3	164
Накатывание резьбы. Карта Р-4	166

Шлифовальные и отделочные станки

Круглошлифовальные станки. Карта Ш-1	168
Бесцентрово-шлифовальные станки. Карта Ш-2	177
Внутришлифовальные станки. Карта Ш-3	190
Плоскошлифовальные станки. Карта Ш-4	199
Шлицшлифовальные станки. Карта Ш-5	208
Хонинговальные и суперфинишные станки. Карта Ш-6	211
Шлифование и абразивная доводка деталей двигателя. Карта Ш-7	229
Заточка и доводка твердосплавных режущих инструментов. Карта Ш-8	238

Чистовая обработка поверхностным пластическим деформированием

Раскатывание и обкатывание многороликовыми инструментами. Карта Д-1	244
Алмазное выглаживание. Карта Д-2	250

Приложения

Дополнительные данные по режимам резания. Приложение 1	253
Коэффициенты обрабатываемости сталей	253
Обрабатываемость магниевых сплавов	254
Обрабатываемость металлокерамических материалов	257
Пушечное сверление и развертывание	259
Раскатывание резьбы	260
Проверка электродвигателя привода станка по пиковой нагрузке и на нагрев	262
Технологические рекомендации, используемые при назначении режимов резания. Приложение 2	263
Назначение марок твердых сплавов	263
Общие рекомендации по выбору характеристики шлифовального круга	266
Зубообработка	268
Протягивание	273
Краткая характеристика процессов чистовой обработки поверхностным пластическим деформированием	280
Применение смазочно-охлаждающих жидкостей при резании металлов	282
Справочные данные. Приложение 3	286
Марки отечественных и зарубежных конструкционных сталей	286
Марки и химический состав быстрорежущих сталей, применяемых в СССР, США, Франции, Японии и ФРГ	289
Обозначения марок твердых сплавов по ИСО, ГОСТ и принятые в США, Швеции и ФРГ	290
Условные обозначения для абразивных кругов, принятые в СССР, США, Англии, Италии, Японии, ЧССР и ГДР	292
Шероховатость поверхности	298
Соотношение чисел твердости по Бринеллю, Роквеллу, Виккерсу и Шору	299
Длина подвода, врезания и перебега	299
Основные зависимости (формулы), принятые при составлении рекомендаций по скоростям резания. Приложение 4	304
Расчет режимов резания на электронно-вычислительных машинах. Приложение 5	309
Примеры расчета режимов резания. Приложение 6	322
Литература	406

ПРЕДИСЛОВИЕ К ТРЕТЬЕМУ ИЗДАНИЮ

Первое издание справочника «Режимы резания металлов для автомобильного производства» вышло в 1957 г. За эти годы им пользовался широкий круг специалистов заводов и институтов, преподавателей и учащихся высших и средних специальных учебных заведений.

В третьем издании методические основы, общий характер компоновки и содержание справочника сохранены без существенных изменений. Однако с учетом результатов экспериментально-исследовательских работ и производственного опыта последних лет внесены ряд изменений и дополнений. В справочнике частично отражен опыт механообрабатывающего производства Волжского автозавода, полученный в период пуска первой очереди завода.

Наиболее значительному изменению подверглись рекомендации по копирному точению, зубообработке, протягиванию, абразивной обработке. Существенно изменены, дополнены и перекомпонованы приложения, дополнительно включены рекомендации по режимам обработки магниевых сплавов и деталей из металлокерамики, по применению при резании металлов смазочно-охлаждающих жидкостей, расчеты режимов резания на электронно-вычислительных машинах, а также многие справочные данные.

Авторы сочли целесообразным поместить в справочнике рекомендации по накатыванию зубьев конических колес и раскатыванию внутренних резцов, а также создать специальный раздел, посвященный чистовой обработке поверхностным деформированием, так как эти методы находят сейчас все большее распространение в механообрабатывающих цехах основного производства заводов автомобильной промышленности.

Из предыдущих изданий использованы материалы, подготовленные В. В. Якиманским, В. Н. Трушенковым, Н. И. Гораецким (НИИТАвтопром), Э. И. Фельдштейном, Б. И. Наумовым (ГАЗ), Я. М. Бонаром (МЗМА), Г. И. Темчиным.

Нормативы разработаны коллективом авторов — специалистов НИИТАвтопрома и автомобильных заводов с использованием работ ВНИИ, ВНИИАШ, ВНИИАлмаз, ВНИИТС, МСКБАЛ и АС.

Авторы с благодарностью примут все замечания и пожелания по улучшению справочника.

СОДЕРЖАНИЕ НОРМАТИВОВ И ИХ ОСОБЕННОСТИ

Нормативы состоят из девяти разделов¹, каждый из которых включает указания по расчету и карты рекомендуемых режимов резания (подача, стойкость, скорость резания, мощность резания и др.) для наиболее распространенных в автомобилестроении операций.

I. Обработка на токарных станках.

II. Обработка на токарных одно- и многошпиндельных прутковых автоматах.

III. Фрезерование на одно- и многошпиндельных станках.

IV. Обработка на одношпиндельных сверлильных станках, а также на станках, имеющих одну или несколько многошпиндельных головок.

V. Протягивание отверстий и наружных поверхностей на горизонтально- и вертикально-протяжных станках.

VI. Зубообработка цилиндрических и конических зубчатых колес и шлицевых валов.

VII. Нарезание резьбы метчиками, резьбонарезными головками, фрезами и накатывание резьбы круглыми роликами и плоскими плашками.

VIII. Шлифование и абразивно-алмазная обработка, включая круглое врезное шлифование в центрах, бесцентровое шлифование методом продольной подачи и врезания, внутреннее шлифование, плоское шлифование на станках с круглым столом, шлицешлифование, хонингование и суперфиниширование.

IX. Чистовая обработка поверхностным пластическим деформированием.

Карты режимов резания являются едиными для одно- и многоинструментных работ, а указания для них даны отдельно, при этом для каждого вида работ, где применяется многоинструментная обработка, приводится несколько инструкций, расположенных в порядке усложнения наладок. Так, например, для токарных станков даны инструкции по одноинструментной и многоинструментной обработке на одношпиндельных станках, многоинструментной обработке на многошпиндельных полуавтоматах.

Кроме этих основных материалов, имеется 6 приложений, в которых приведены коэффициенты обрабатываемости сталей, рекомендации по обработке магниевых сплавов, металлокерамики и некоторые другие дополнительные данные по режимам резания (приложение 1); рекомендации по выбору твердых сплавов и абразивных кругов, ряда параметров при зубообработке, протягивании и другие технологические рекомендации (приложение 2); некоторые справочные материалы, по-

¹ Каждый раздел охватывает определенный вид обработки и оборудования, поэтому разделам присвоены индексы, например, разделу «Токарные станки» — индекс «Т», разделу «Протяжные станки» — индекс «П» и т. д.

лезные технологю при назначении им режимов резания, такие как маркировки сталей, соотношение чисел твердости и др. (приложение 3); основные зависимости, принятые при составлении рекомендаций по скоростям резания (приложение 4); данные по применению ЭВМ для расчета режимов резания (приложение 5); примеры расчета режимов резания (приложение 6).

При обобщении и анализе данных производственной практики, помимо установления уровня режимов резания, выявилась также необходимость изменения некоторых принципиальных и методических положений по расчету режимов, являющихся основой нормативных материалов, выпущенных рядом организаций и отдельными авторами.

Особенности нормативов кратко можно свести к следующему:

1. Принята не степенная зависимость стойкости инструментов от скорости резания $T = \frac{C}{V^\mu}$ (см. приложение 4, стр. 304).

2. Значительное влияние жесткости системы станок—деталь—инструмент на подачу, которое, однако, не поддается количественному определению, и отсутствие данных о динамической жесткости станков не позволили рекомендовать однозначные решения при назначении подач на токарных и фрезерных станках. В нормативах даны указания о назначении в этих случаях больших подач при жестких станках, деталях и оснастке. Однако эти указания носят качественный характер и приводят в известной мере к субъективным решениям при выборе в диапазоне рекомендуемых подач.

3. Одной из основных задач расчета режимов резания многоинструментных наладок является установление стойкости инструментов многоинструментной наладки, обеспечивающих экономически рентабельный режим работы.

Анализ большого количества действующих многоинструментных наладок в автомобильной промышленности показал, что с достаточной для практики степенью точности стойкости можно определять по предложенной НИИТАвтопром формуле

$$T_m = K \sum T_{mi},$$

где T_m — условноэкономическая стойкость в минутах машинной работы, по которой ведется расчет скоростей резания инструментов наладки (стойкость лимитирующих инструментов); T_{mi} — условноэкономическая стойкость каждого инструмента в предположении, что он работает на данном станке один; K — коэффициент, учитывающий вид обработки, количество инструментов в наладке и равномерность их загрузки, устанавливается на основании анализа производственной практики.

Эта формула положена в основу разработки нормативных карт, посвященных определению стойкости инструментов.

4. Нестабильность свойств обрабатываемого и инструментального материала по твердости и структуре, допускаемая техническими условиями, а также невозможность в настоящее время количественно учесть некоторые факторы (например, жесткость системы станок—деталь—инструмент), оказывающие существенное влияние на скорость резания, приводят к расхождению расчетных и фактических скоростей резания для принятой стойкости в среднем на 10—25% в зависимости от вида и метода обработки.

Поэтому рекомендуется экспериментально уточнять режимы резания при их внедрении в производство.

Оказалось целесообразным уменьшить количество поправочных коэффициентов на скорости резания, исключая мало влияющие на конечный результат.

По мере улучшения качества заготовок и инструмента и установления влияния жесткости системы появится возможность повысить точность нормативов, а также увеличить уровень режимов резания.

5. Работы, проведенные НИИТАвтомпромом и заводами (ГАЗ, ЗИЛ, ЯМЗ, ХТЗ) в области протягивания, и успешное внедрение в промышленность прогрессивных протяжек взамен обычных в диапазоне широко применяемых скоростей резания до 10—12 м/мин для протяжек из быстрорежущих сталей нормальной производительности позволили принять за основу следующие положения:

а) стойкость протяжек (количество обработанных деталей до затупления) изменяется в зависимости от подачи на зуб s_z в мм/зуб: с увеличением подачи от 0,02—0,04 до 0,08—0,1 мм стойкость увеличивается в среднем в 2 раза; при дальнейшем увеличении изменение незначительно;

б) стойкость протяжек при повышении скорости резания существенно не изменяется;

в) скорость резания в решающей степени определяется требуемой точностью и чистотой обработки, возможностями оборудования и др.

Поэтому скорость резания в данных нормативах не связана со стойкостью, а принята в зависимости от обрабатываемого металла, точности и чистоты обработанной поверхности и вида протягивания.

6. Рекомендации по определению скорости резания при разворачивании и нарезании резьбы основаны на тех же принципиальных положениях, что и в случае протягивания.

7. Нормативы режимов резания на зубообрабатывающих станках отличаются тем, что в них дополнительно учитывается та технологическая последовательность зубообработки, которая применяется в настоящее время на автомобильных заводах.

Режимы резания на зубофрезерных станках даны не только для работы однозаходными червячными фрезами, но также и двух-, и трехзаходными, получившими широкое распространение в автомобильной промышленности.

Для прямозубых конических колес, кроме распространенных методов обработки (предварительное прорезание впадины зуба дисковыми фрезами, зубострогание), режимы резания разработаны и для новых прогрессивных методов обработки — качающимися резцовыми головками и круговыми протяжками.

Для ведомых спирально-конических колес, кроме способа обработки зуба с обкаткой и без обкатки, режимы резания даны и для обработки зуба одноцикловой головкой, а также режимы накатывания зубьев.

8. Анализ данных производственной практики по шлифованию показал, что основными факторами, предопределяющими производительность шлифования, являются качество обработанной детали, величина снимаемого припуска, жесткость системы и режущая способность шлифовального круга.

При больших припусках с целью увеличения производительности на станках с ручной подачей обычно повышают интенсивность съема металла на первом этапе обработки, не обращая внимания на возможность появления прижогов, так как поврежденный поверхностный слой будет в дальнейшем снят на последнем этапе резания, выполняемом на более низких режимах.

Качество обработки и величина припуска в настоящих нормативах приняты как основные исходные величины, в зависимости от которых выбираются режимы.

Жесткость системы СПИД учтена косвенно: для станков, значительно отличающихся по жесткости, введены различные уровни режимов.

Помимо указанного, предлагаемые способы расчета режимов шлифования от принятых в настоящее время отличаются следующим:

1) включены рекомендации по выбору характеристики шлифовального круга;

2) принята минутная поперечная подача в качестве основного расчетного параметра, предопределяющего производительность процесса шлифования;

3) введена дифференцированная формула машинного времени, учитывающая непостоянство рабочего цикла, состоящего из трех самостоятельных этапов: врезания, в течение которого выбираются имеющиеся в системе деталь—станок—инструмент зазоры и люфты и, следовательно, создается натяг; основного резания, в течение которого происходит съем основного припуска при примерно постоянной интенсивности съема, и выхаживания (работа без подачи), в течение которого отжата система постепенно возвращается в исходное состояние, при этом происходит улучшение чистоты и точности обработки;

4) даны рекомендации по выбору числа проходов при бесцентровом шлифовании методом продольной подачи в зависимости от исходной и требуемой точности формы, а также по обеспечению постоянства ритма потока, что достигается применением на всех станках, уставовленных в потоке, одинаковой продольной подачи;

5) предусмотрено как обычное шлифование ($v_{кр} = 30 \div 35$ м/сек), так и скоростное ($v_{кр} = 45 \div 50$ м/сек);

6) в картах режимов резания на кругло- и внутришлифовальных станках предусмотрено шлифование с ручным и автоматическим циклом.

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

Нормативы разработаны для использования при расчете режимов обработки по запроектированному или действующему технологическому процессу и наладкам в поточно-массовом производстве.

Режимы резания рассчитаны для инструментов из быстрорежущей стали и оснащенных твердосплавными пластинками. При отсутствии указаний подразумевается применение инструментов из быстрорежущих сталей нормальной производительности (P18, P12, P6M5 и др.).

Значения стойкости и соответствующие им скорости резания рассчитаны на такие износы инструмента и критерии притупления, которые обеспечивают его надежную и экономичную работу при условии нормальной эксплуатации. Силы, крутящие моменты и мощности резания приведены для инструмента к периоду его нормального затупления, если в картах нет специальных указаний.

Хотя нормативы предназначены для спроектированных или действующих технологических процессов и наладок обработки, в ряде случаев необходимо вносить изменения, если в процессе расчета выяснится, что можно повысить производительность или улучшить условия обработки. Например, при определении подач суппортов многорезцовых станков может быть выявлена целесообразность уменьшения длины хода суппорта, лимитирующего производительность по времени работы, за счет введения дополнительных инструментов, перенесения части обработки на другие суппорты, позиции и в отдельных случаях — на другие операции; при расчете мощности резания может оказаться необходимым сместить время начала или окончания работы отдельных суппортов; иногда целесообразно изменить конструкцию инструментов, инструментальных материалов и т. п. Такое активное отношение к расчету режимов резания будет способствовать более полному использованию имеющихся резервов производства, повышению производительности труда и его экономических показателей.

Рассчитанные по нормативам режимы резания не следует считать предельными, а их необходимо рассматривать, как первый этап установления рациональных режимов резания. В ряде случаев при внедрении их следует уточнять по уровню подач и скоростей резания.

В конкретных производственных условиях в зависимости от загрузки станка по программе может оказаться, что целесообразно повысить режимы, когда, например, станок является «узким» местом в линии, или, наоборот, понизить на недогруженных по программе станках, если это, например, диктуется целесообразностью многостаночного обслуживания, позволяющего резко повысить производительность труда рабочего.

Однако следует иметь в виду, что форсирование режимов резания на «узких» местах возможно лишь до режима так называемой наибольшей

производительности станка, когда количество обработанных деталей будет наибольшим.

Пределы возможного увеличения скоростей резания ограничены и составляют в большинстве случаев в среднем 15—20%, так как дальнейшее повышение приводит к понижению производительности станка вследствие резкого возрастания простоев по техническому обслуживанию (смена и подналадка инструмента). Поэтому при уточнении режима резания в процессе внедрения во всех случаях следует применять лучшие конструкции инструмента, более износостойкие инструментальные материалы и т. д., лишь в крайних случаях прибегая к изменению режимов за счет снижения стойкости инструмента. Введение быстросменного и бесподналадочного инструментального оснащения позволяет уменьшать значения стойкости и тем самым несколько увеличивать экономически рентабельные скорости резания.

Несмотря на разнообразие работ, охватываемых нормативами, и наличие особенностей, присущих каждой из них, методический подход, порядок расчета и задачи, которые приходится решать при расчете режимов резания, являются общими.

Предлагаемая методика расчета сводит по существу многоинструментные работы к однострументным, при этом многошпиндельные станки рассматриваются, как несколько одношпиндельных, связанных одним временем обработки.

Материалы справочника могут применяться и при установлении режимов работы автоматических линий. Для автоматических линий с гибкой транспортной связью оборудования расчет производится так же, как и для отдельных станков поточной линии, но, определяя производительность, следует учитывать простои, вызываемые работой транспортной системы. Автоматическую линию с жесткой транспортной связью оборудования нужно рассматривать как один станок.

Согласно опыту МСКБАЛ и АС Горьковского автозавода, для ряда значений рабочего цикла $t_{ц}$ подсчитывается действительная производительность Q с учетом времени простоев.

Данные по простоям оборудования (включая отказы систем управления) устанавливаются на основании обобщения опыта эксплуатации автоматических линий и в большинстве случаев могут считаться независимыми от уровня режимов резания. Затраты времени на смену и регулирование инструментов зависят от уровня стойкостей, а следовательно, от режимов резания.

На основании полученной в результате расчета зависимости производительности Q от времени цикла $t_{ц}$ с учетом требований программы выпуска деталей устанавливается рациональное значение $t_{ц}$ и соответствующие ему режимы резания.

Укрупненные расчеты можно выполнять аналогично тому, как рекомендуется для соответствующих многопозиционных станков, принимая стойкость лимитирующих инструментов равной 200 мин машинной работы.

Для всех видов работ прежде всего следует выявить исходные данные, необходимые для расчета. К ним относятся требования технологического процесса, принятая схема обработки (наладка), паспорт оборудования и т. п.

Назначение режимов резания почти во всех случаях начинают с выбора подачи, после чего рассчитывают стойкость, скорость резания и при необходимости — усилия и мощности резания.

Последовательность расчета режимов резания для каждого вида работ указана в картах и нормативных таблицах. Рекомендуемые в кар-

тах и рассчитанные по ним подачи, число оборотов и другие данные уточняют по паспорту станка.

Одной из основных особенностей расчета при многоинструментных наладках является необходимость согласования работы отдельных позиций, шпинделей, суппортов и отдельных инструментов между собой с подчинением расчета общему кинематическому параметру или времени обработки. Общим параметром при точении на одношпиндельных многорезцовых станках является общая для всех инструментов одного суппорта подача на оборот s_0 в мм/об и общее число оборотов детали в минуту; при обработке многошпиндельной сверлильной головкой — единая минутная подача s_m в мм/мин; при работе на многошпиндельном станке — время обработки t_m в мин и т. д.

При пользовании справочником необходимо обратить внимание на то, что в картах вместе с табличными значениями параметров ($v_{табл}$, $s_{табл}$ и т. д.) даны коэффициенты и примечания. Для определения режима резания необходимо табличное значение умножить на произведение указанных коэффициентов, учитывая примечания.

В таблицах коэффициенты для скорости резания в зависимости от уровня стойкости даны только для надежно обеспечиваемой стойкости. Прочерки в таблице свидетельствуют о том, что данная стойкость не может быть гарантирована и не должна приниматься в расчет как при определении скоростей резания, так и для оценки стойкости при изменении скоростей резания.

ТОКАРНЫЕ СТАНКИ

Порядок расчета режимов резания для всех станков токарной группы является общим. Однако особенности кинематики станков влияют на технику расчета, поэтому указания даны на отдельные виды обработки:

- одноинструментная обработка на операционных токарных станках;
- многоинструментная обработка на одношпиндельных станках;
- обработка на токарно-копировальных станках с постоянным числом оборотов шпинделя за время рабочего цикла;
- обработка на токарно-копировальных станках, позволяющих менять число оборотов шпинделя за рабочий цикл;
- обработка на многошпиндельных полуавтоматах последовательного действия;
- обработка на многошпиндельных полуавтоматах непрерывного действия.

Для патронных работ на станках типа 1А240П, 1265 ПМ и им подобных режимы резания принимать по картам Т-2—Т-6, а методику расчета — по карте А-1.

Рекомендации по расчету режимов резания. Карта Т-1

ОДНОИНСТРУМЕНТНАЯ ОБРАБОТКА НА ОПЕРАЦИОННЫХ ТОКАРНЫХ СТАНКАХ

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
I	Расчет длины рабочего хода суппорта $L_{р. х}$ в мм	$L_{р. х} = L_{рез} + y + L_{дон}$ (значение y см. приложение 3, стр. 300)	1. Длина резания $L_{рез}$ 2. Подвод, врезание и перебег инструмента y 3. Дополнительная длина хода, вызванная в отдельных случаях особенностями наладки и конфигурацией деталей, $L_{дон}$
II	Назначение подачи суппорта на оборот шпинделя s_0 в мм/об: а) определение рекомендуемой подачи по нормативам; б) уточнение подачи по паспорту станка	См. карту Т-2, стр. 22—25	1 Обрабатываемый металл 2. Вид инструмента 3. Глубина (ширина) резания t (b) 4. Жесткость системы 5 Точность обработки 6 Чистота поверхности

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
III	Определение стойкости инструмента по нормативам T_p в мин	См. карту Т-3, стр. 26—27	Коэффициент времени резания λ
IV	Расчет скорости резания v в м/мин и числа оборотов шпинделя n в минуту: а) определение рекомендуемой скорости резания по нормативам; б) расчет рекомендуемого числа оборотов шпинделя станка; в) уточнение числа оборотов шпинделя по паспорту станка; г) уточнение скорости резания по принятому числу оборотов шпинделя	См. карту Т-4, стр. 29—34 $n = \frac{1000v}{\pi d}$ $v = \frac{\pi dn}{1000}$	1. Вид инструмента и инструментальный материал 2. Обрабатываемый металл и его твердость 3. Глубина резания t 4. Подача s_0 5. Угол φ в плане (в рабочем положении инструмента) 6. Принятая стойкость инструмента T_p
V	Расчет основного машинного времени обработки t_m в мин (при работе с различными подачами машинное время суммируется по участкам)	$t_m = \frac{L_p \cdot x}{s_0 n}$	1. Длина рабочего хода суппорта $L_p \cdot x$ 2. Принятые подача s_0 и число оборотов шпинделя n

МНОГОИНСТРУМЕНТНАЯ ОБРАБОТКА НА ОДНОШПИНДЕЛЬНЫХ СТАНКАХ

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
I	Определение длины рабочего хода каждого суппорта $L_p \cdot x$, исходя из длин L , рассчитанных для отдельных инструментов суппорта. Наибольшая из них является длиной рабочего хода суппорта (для сложных наладок $L_p \cdot x$ можно определить графически)	$L = L_{рез} + y + L_{дон}$ (значения y см. приложение 3) $L_p \cdot x = L_{max}$	1. Эскиз наладки с указанием размеров обработки 2. Подвод, врезание и перебег инструментов y 3. Дополнительная длина хода, вызванная в ряде случаев особенностями наладки и конфигурацией деталей, $L_{дон}$

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
II	<p>Назначение подач суппортов на оборот шпинделя s_0 в мм/об</p> <p>а) определение подачи каждого суппорта по нормативам;</p> <p>б) уменьшение подач суппортов, не лимитирующих по продолжительности работы;</p> <p>в) уточнение подач по паспорту станка (для станков типа 1720, 1730 и им подобных одновременно уточняют длины рабочих ходов суппортов)</p>	<p>См карту Т-2, стр. 22—25</p> <p>См. карту Т-2, стр. 22—23</p>	<p>1. Те же данные, что и для одноинструментной обработки (см. этап II, стр. 13)</p> <p>2. Наибольшие за период работы суппорта суммарные глубина и ширина резания, определяемые по эскизу наладки</p> <p>3. Ограничения, накладываемые отдельными видами инструмента</p>
III ¹	<p>Определение стойкости для предположительно лимитирующих инструментов T_p в мин</p>	<p>См. карту Т-3, стр. 26—27</p>	<p>1. Те же данные, что и для одноинструментной обработки (см. этап III, стр. 14)</p> <p>2. Количество инструментов в наладке</p> <p>3. Характеристика наладки по равномерности загрузки инструментов</p>
IV ¹	<p>Расчет скоростей резания v в м/мин и числа оборотов шпинделя станка n в минуту:</p> <p>а) определение рекомендуемых нормативами скоростей резания для предположительно лимитирующих инструментов;</p>	<p>См. карту Т-4, стр. 29—34</p>	<p>Те же данные, что и для одноинструментной работы с учетом рассчитанной на этапе III стойкости (см. этап IV, стр. 14)</p>

¹ Числа оборотов шпинделя станка n устанавливают по лимитирующим по стойкости инструментам. Лимитирующие инструменты выявляют в следующей последовательности:

1. Для инструментов наладки определяют стойкости T_p в минутах резания, исходя из принятой, общей для всех инструментов стойкости T_m в минутах машинной работы (см. карту Т-3).

2. В соответствии с установленными стойкостями T_p по нормативам находят скорости резания v и рассчитывают числа оборотов шпинделя n . Инструменты, для которых числа оборотов получаются наименьшими, и являются лимитирующими (по стойкости). Для выявления лимитирующих инструментов, как правило, нет необходимости производить расчеты T_p , v и n для всех инструментов, а можно ограничиться расчетами для предположительно лимитирующих, так как рассмотрение наладки позволяет исключить из расчетов явно нелимитирующие инструменты (фасочные резцы, инструменты, работающие на наименьших диаметрах, и т. п.).

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
V ¹	<p>б) расчет чисел оборотов шпинделя, соответствующих рекомендуемым скоростям резания;</p> <p>в) назначение числа оборотов шпинделя станка по паспорту, исходя из рассчитанных чисел оборотов для лимитирующих инструментов (не рекомендуется превышать минимальные значения более чем на 10—15%);</p> <p>г) уточнение скоростей резания по принятому числу оборотов</p> <p>Расчет основного машинного времени обработки t_M в мин. При перекрывании времен работы суппортов расчет ведет по наибольшему t_M одного суппорта.</p> <p>При неперекрывающихся временах t_M для станка равно сумме неперекрывающихся времен t_i</p>	$n = \frac{1000v}{\pi d}$ $v = \frac{\pi dn}{1000}$ $t_M = \frac{L_p \cdot x}{s_0 n}$ $t_M = \sum t_i$	<p>Те же, что и для одноинструментной работы с учетом перекрываемости времени работы суппортов (см. этап V, стр. 14)</p>
VI ²	<p>Проверочные расчеты по мощности резания:</p> <p>а) определение по нормативам сил резания P_2 в кг для каждого инструмента;</p> <p>б) расчет мощности резания $N_{рез}$ в кВт для каждого инструмента;</p>	<p>См. карту Т-5, стр. 35—36</p> $N_{рез} = \frac{P_2 v}{6120}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Глубины, подачи и скорости резания инструментов наладки 2. Обрабатываемый металл и его твердость. 3. Эскиз наладки 4. Мощность двигателя $N_{дв}$ 5. Коэффициент полезного действия станка η

¹ При работе суппорта с различными подачами машинное время суммируют по участкам. Длину подвода и врезания прибавляют к длине ступеней, обрабатываемых при первой подаче, длину перебега — к длине ступеней, обрабатываемой при последней подаче.

² Если по прочности привода выбранный режим резания не ограничивается, а $\sum N_{рез} > 1,2N_{дв}\eta$, то двигатель следует проверить на пиковую нагрузку и на нагрев (см. приложение 1 стр. 263).

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
	<p>в) расчет наибольшей за период работы станка суммарной мощности резания $\sum N_{рез}$ равной сумме мощностей одновременно работающих инструментов (при затруднениях в ее определении рекомендуется строить график расхода мощности, как это указано в приложении 1, стр. 262)</p> <p>г) проверка по мощности двигателя;</p> <p>д) проверка прочности привода только при малых числах оборотов шпинделя (обычно на первых трех-четырех ступенях)</p>	$\sum N_{рез} \leq 1,2 N_{дв}$ $\sum N_{рез} \leq N_{кр}$ $N_{кр} = \frac{M_{кр} n}{974} \text{ квт}$	6. Допустимый по прочности для данного числа оборотов крутящий момент $M_{кр}$ в кгм

ОБРАБОТКА НА ТОКАРНО-КОПИРОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ С ПОСТОЯННЫМ ЧИСЛОМ ОБОРОТОВ ШПИНДЕЛЯ ЗА ВРЕМЯ РАБОЧЕГО ЦИКЛА

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
I	Определение длины рабочего хода каждого суппорта L_p . х. исходя из длин L , рассчитанных для отдельных инструментов суппорта	$L = L_{рез} + y + L_{дсп}$ (значения y см. приложение 3)	Те же, что для многогорезцовых станков (см. этап I, стр. 14)
II	<p>Назначение подач суппортов на оборот шпинделя s_0 в мм/об:</p> <p>а) определение подачи каждого суппорта по нормативам¹;</p>	$L_p \cdot x = L_{max}$ См. карту Т-2, стр. 22—25	Те же, что для многогорезцовых станков (см. этап II, стр. 15)

¹ У ряда моделей станков подачи копируемого суппорта при обточке различных ступеней детали могут быть не одинаковы. В этом случае на длине $L_{рез_1}$ подача s_{01} , на длине $L_{рез_2}$ — s_{02} и т. д.

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
	<p>б) уменьшение подач суппортов, не лимитирующих по продолжительности работы;</p> <p>в) уточнение подач суппортов по паспорту станка</p>	См. карту Т-2, стр. 22—23	
III	Определение стойкости T_p в мин для копировального резца	См. карту Т-3, стр. 26—28	<p>1. Те же данные, что и для многоинструментной обработки на одношпиндельных станках (см. этап III, стр. 15)</p> <p>2. Размеры обработки</p> <p>3. Глубина резания t</p> <p>4. Подача s_0 на каждой ступени</p>
IV	<p>Расчет числа оборотов шпинделя станка n в минуту:</p> <p>а) определение рекомендуемой нормативами скорости резания для копировального резца при обработке ступени, для которой установлена стойкость T_p в мин;</p> <p>б) расчет числа оборотов шпинделя станка (по ступени, для которой определена скорость резания);</p> <p>в) назначение числа оборотов шпинделя станка по паспорту (не рекомендуется превышать рассчитанного числа оборотов более чем на 10—15%)</p>	<p>См. карту Т-4, стр. 29—34</p> $n = \frac{1000v}{\pi d}$	<p>Те же данные, что и для одноинструментной обработки (см. этап IV, стр. 14) с учетом стойкости, рассчитанной на этапе III</p>
V	Расчет основного машинного времени обработки t_M в мин		Те же, что и при многоинструментной обработке на одношпиндельных станках (см. этап V, стр. 16)
VI	Проверочные расчеты по мощности резания	См. этап VI для многоинструментных одношпиндельных станков	Те же, что и при многоинструментной обработке на одношпиндельных станках (см. этап VI, стр. 16—17)

**ОБРАБОТКА НА ТОКАРНО-КОПИРОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ
С ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ ЧИСЛОМ ОБОРОТОВ ШПИНДЕЛЯ
ЗА РАБОЧИЙ ЦИКЛ**

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
I—II	Определение длины рабочего хода суппор- тов и назначение подач		См. этапы I—II (стр. 17—18) для обра- ботки на токарно-копировальных стан- ках с постоянным числом оборотов шпинделя за время рабочего хода
III	Определение стой- кости T_p в мин для копировального реза: а) распределение ступеней по группам, каж- дая из которых будет обрабаты- ваться с посто- янным числом оборотов шпин- деля; б) для каждой такой группы расчет стой- кости, как для отдельного то- карно - копи- ровального станка с постоянным числом оборотов шпинделя		См. этап III (стр. 18) для обработки на токарно-копировальных станках с постоянным числом оборотов шпин- деля за время рабочего хода
IV	Расчет чисел оборо- тов шпинделя для каж- дой группы ступеней, для которой на этапе III определена стойкость (расчет числа оборотов шпинделя, как для от- дельного токарно-копи- ровального станка с по- стоянным числом обо- ротов шпинделя)	См. карту Т-4, стр. 29—34 $n = \frac{1000v}{\pi d}$	Те же данные, что и для одноинструментной обработки (см. этап IV, стр. 14) с учетом пе- риодов стойкости, рас- считанных на этапе III
V	Расчет основного машинного времени $t_{м}$ в мин: а) определе-ние вре- мени обработки каждой ступе- ни t_1, t_2, \dots ; б) сумма времен $t_1,$ t_2, \dots являет- ся временем ра- боты копи- ровального суп- порта;	$t_1 = \frac{L_1}{s_0 n_1}$	1. Те же данные, что и при многолезвовой обработке (см. этап V, стр. 16). 2. Длины ступеней L_1, L_2, \dots и соответ- ствующие подачи и числа оборотов шпин- деля ¹

¹ В длину первой ступени L_1 включают длину подвода и врезания:
в длину последней ступени — длину перебега.

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
VI	<p>в) при перекрывающихся временах работы суппортов в расчет принимается наибольшее время (обычно копировального суппорта); при неперекрывающихся временах t_M станка является суммой времени работы копировального суппорта и неперекрываемой части времени работы поперечного суппорта</p> <p>Проверочные расчеты по мощности резания</p>	См. этап VI (стр. 16—17) для многоинструментных одношпиндельных станков	Те же, что и для многоинструментной обработки на одношпиндельных станках (см. этап VI, стр. 16—17)

ОБРАБОТКА НА МНОГОШПИНДЕЛЬНЫХ ПОЛУАВТОМАТАХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
I—V ¹	<p>Определение длины рабочих ходов суппортов $L_{p, x}$ подачи s_0, стойкости T_p, скорости резания v, числа оборотов шпинделя n и машинного времени t_M для каждой позиции производится, как для одношпиндельного многоинструментного станка</p>	<p>1. См. этапы I—V (стр. 14—16) для многоинструментной обработки на одношпиндельных станках.</p> <p>2. Для осевого инструмента см. карты С-1, С-2 и С-4, стр. 104—108, 110—113, 115—123</p>	См. этапы I—V (стр. 14—16) для многоинструментной обработки на одношпиндельных станках

¹ При определении стойкости инструментов T_p необходимо учитывать все инструменты станка, а не только установленные на рассматриваемой позиции.

Если на суппорте одновременно с резцами установлена сверлильная головка с дополнительным вращением сверла, то после назначения подачи суппорта по резцам s_0 рассчитывают количество оборотов сверла за оборот детали $i = \frac{s_0}{s_{св}}$ — 1 и уточняют по паспорту станка ($s_{св}$ — подача сверла по нормативам). По подобранному (по паспорту) i уточняют подачу сверла $s_{св} = \frac{s_0}{i+1}$. По этой подаче определяют скорость сверления, а по ней — число оборотов детали $n = \frac{1000v}{\pi d(i+1)}$.

Для осевого инструмента стойкость T_p рассчитывают, как и для резцов, по карте Т-3, при этом $\lambda = \frac{L_{рез}}{L_{p, x}}$.

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
VI	Установление машинного времени работы станка t_m , исходя из рассчитанного машинного времени по позициям	—	Рассчитанные на этапе V машинные времена по позициям
VII	Корректирование (уменьшение) числа оборотов шпинделя и подач на нелIMITируемых позициях с учетом установленного машинного времени работы станка. Это корректирование целесообразно осуществлять главным образом за счет снижения числа оборотов. (При обработке стальных деталей твердосплавным инструментом не следует понижать скорости резания меньше чем до 45—50 м/мин).		
VIII	Проверочные расчеты по мощности резания производят так же, как и для одношпиндельных многолезцовых станков; при этом в расчет принимают суммарную мощность резания на всех позициях	1. См. этап VI (стр. 16—17) для многоинструментных одношпиндельных станков. 2. Для осевого инструмента см. карту С-6, стр. 126—128	См. этап VI (стр. 16—17) для многоинструментных одношпиндельных станков

ОБРАБОТКА НА МНОГОШПИНДЕЛЬНЫХ ПОЛУАВТОМАТАХ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
I—IV ¹	Определение длины рабочих ходов суппортов L_p , x , подачи s_0 , стойкости T_p , скорости резания v и числа оборотов n для каждой из позиций, где осуществляется различная обработка (обычно одна или две позиции), производится, как для одношпиндельного многоинструментного станка	См. этапы I—IV (стр. 14—16) для многоинструментной обработки на одношпиндельных станках	

¹ При определении стойкости инструментов T_p необходимо учитывать все инструменты станка, а не только установленные на рассматриваемой позиции.

В связи с особенностями кинематики станков: а) значения длины рабочего хода вертикальных суппортов L_p , x уточняют по копиру станка; если расчетное значение L_p , x значительно меньше обеспечиваемой копиром, следует решить вопрос об изготовлении специального копира; б) на указанных этапах расчета (I—IV) значения подач по паспорту станка не уточняют.

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
V	<p>Определение времени цикла $t_{ц}$ и уточнение значений подач суппортов s_0:</p> <p>а) расчет минутной подачи всех вертикальных суппортов s_M;</p> <p>б) установление времени цикла $t_{ц}$ по меньшему из рассчитанных значений минутных подач s_M и уточнение его по паспорту станка;</p> <p>в) уточнение подачи s_0 вертикальных суппортов, исходя из установленного времени цикла $t_{ц}$;</p> <p>г) уточнение подачи s_0 горизонтальных суппортов, находящихся в определенном соотношении с подачами вертикальных суппортов</p>	$s_M = s_0 n$ $t_{ц} = \frac{3}{2} \cdot \frac{L_{р. х}}{s_M}$ $s_0 = \frac{3}{2} \cdot \frac{L_{р. х}}{t_{ц} n}$	<p>1. Расчетные подачи s_0 и установленные числа оборотов шпинделей n.</p> <p>2. Длина рабочего хода вертикальных суппортов $L_{р. х}$</p>
VI	<p>Проверочные расчеты по мощности резания производят так же, как и для одношпиндельных многорезцовых станков, при этом в расчет принимают суммарную мощность резания всех позиций</p>	<p>См. этап VI (стр. 16—17) для одношпиндельных многорезцовых станков</p>	

Подача s_0 . Карта Т-2

ОСНОВНЫЕ УКАЗАНИЯ ПО НАЗНАЧЕНИЮ ПОДАЧ

В карте рекомендуются подачи в зависимости от технологических параметров операций, вне связи с кинематическими и другими особенностями оборудования.

При установлении режима резания на выбранном станке необходимо учитывать регламентируемые паспортом подачи и корректировать рекомендуемые. Основными, наиболее часто встречающимися причинами, обуславливающими корректирование рекомендуемых нормативами подачи, являются:

1. Кинематическая связь между суппортами (например, наличие сдвоенных суппортов).

2. Неодинаковая продолжительность работы суппортов одношпиндельного станка, определяемая количеством оборотов шпинделя за ход суппорта на рабочей подаче. Продолжительность хода работы суппорта характеризуется отношением $\frac{L_{p. x}}{s_0}$. Суппорт, для которого значение $\frac{L_{p. x}}{s_0}$ наибольшее, лимитирует продолжительность обработки.

Примечание. Если суппорт за время рабочего хода перемещается с несколькими значениями подач (s_{0_1} на участке L_1 и s_{0_2} на участке L_2), то вместо $\frac{L_{p. x}}{s_0}$ рассчитывают $\frac{L_1}{s_{0_1}} + \frac{L_2}{s_{0_2}} + \dots$

Например, в конце рабочего хода при работе широкими прорезными резцами, на токарно-копировальных станках и др. Если обработка с поперечного суппорта заканчивается зачистными оборотами при выключенной подаче, то их число прибавляют к рассчитанному числу оборотов за время рабочего хода. Для сокращения времени обработки детали следует уменьшать $\frac{L_{p. x}}{s_0}$

лимитирующего суппорта за счет изменения наладки (перераспределения нагрузки инструментов в пределах суппорта, между суппортами, увеличения количества инструментов в наладке и т. д.) или перенести обработку отдельных поверхностей на другие операции. Если провести указанные мероприятия невозможно или неэкономично, следует снизить подачу нелимитирующего по времени работы суппорта, обеспечивая примерно равную продолжительность работы суппортов. Поддачи нелимитирующих суппортов, несмотря на результаты расчета, не следует уменьшать ниже следующих значений: 0,15—0,2 мм/об — при точении стальных деталей твердосплавными резцами; 0,1 мм/об для прочих работ проходными и подрезными резцами; 0,03 мм/об — при фасонном точении.

Если суппорты станка работают последовательно, поддачи не корректируют.

3. Неодинаковые рассчитанные времена работы отдельных позиций (шпинделей) многошпиндельного станка.

В этом случае на нелимитирующих по времени позициях имеется возможность снизить как подачу s_0 , так и число оборотов n с тем, однако, чтобы корректирование не привело к увеличению машинного времени нелимитирующей позиции сверх машинного времени лимитирующих позиций.

4. Наличие на станке ограниченного количества (ряда чисел) подач. При всех корректировках, уточнениях и установлении режима работы станка поддачи следует принимать из числа имеющихся в паспорте станка. Этапы расчета, на которых уточняют поддачи по паспорту, зависят от кинематики станка (см. указания в карте Т-1).

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ПОДАЧИ НА ОБОРОТ ШПИНДЕЛЯ s_0

Точение стальных и чугуных деталей

Обрабатываемый металл	s_0 суппорта в мм/об при суммарной глубине $(\sum t + \sum b)$ в мм				
	До 3	5	10	20	40
Сталь	0,6	0,4	0,3	0,25	0,2
Чугун	0,8	0,6	0,45	0,35	0,25

Примечания: 1. В случае жесткой системы станок—деталь—приспособление—инструмент поддачи можно увеличивать до 1,5 раза, а при нежесткой системе (например, валков небольшого диаметра и большой длины, при расточке на тонких скалках и др.) можно уменьшать.

2. При обработке жестких деталей на одношпиндельных станках при простых наладках и небольшом припуске можно назначать подачи до 1,0—1,5 мм/об, применяя резцы с дополнительной режущей кромкой ($\varphi_1 = 0^\circ$).

3. Обточку конусов и фасонных поверхностей по копиру с дополнительных суппортов производить с подачами 0,3—0,4 мм/об при глубине резания до 2 мм и подачами 0,2—0,3 мм/об при больших глубинах резания.

4. При высокой точности деталей, обрабатываемых на многорезцовых станках, подачу принимать равной 0,2—0,3 мм/об.

5. При повышенных требованиях к чистоте обработанной поверхности не рекомендуется превышать указанные ниже значения подач:

Обрабатываемый металл	Скорость резания v в м/мин	Класс чистоты					
		4		5		6	
		s_0 в мм/об при радиусе при вершине резца r в мм					
		1,5—2	0,5	1	2	1	2
Сталь	30—50	0,45	0,15	0,2	0,25	—	—
	50—80	0,55	0,3	0,35	0,4	0,12	0,15
	80—100	0,6	0,35	0,4	0,45	0,15	0,2
	Более 100	0,65	0,4	0,45	0,5	0,2	0,25
Чугун	Весь диапазон	0,5—0,7	—	0,35	0,45	0,15	0,25

В таблице указаны подачи при обработке сталей с $\sigma_b = 70 \div 90$ кг/мм². Если $\sigma_b = 50 \div 70$ кг/мм², то табличные значения следует умножить на 0,75, а при $\sigma_b = 90 \div 110$ кг/мм² на 1,25.

Для прорезных, широких (лопаточных), фасонных резцов и расточных головок с плавающими ножами подачи принимать по таблице:

Обрабатываемый металл	Резец					Расточная головка с плавающими ножами
	прорезной		фасонный *		широкий *	
	Канавки шириной до 20 мм		сложный	простой		
	неглубокие	глубокие и точные			Цилиндрические и конические поверхности	
Сталь	0,2	0,08	0,08	0,15	0,12	0,4—0,5
Чугун	0,3	0,15	0,12	0,25	0,20	0,6—0,9

* В конце рабочего хода подачу рекомендуется уменьшать до 0,02—0,03 мм/об и за пять-шесть оборотов производить зачистку профиля без подачи.

ТОЧЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Обрабатываемый материал	Черновая обработка		Чистовая обработка		
	Обточка	Расточка	Обточка	Расточка	$\psi_1 = 0^\circ$
Силумин Дюралюминий	0,7—1,0	0,6—0,8	0,2—0,3 0,15— 0,25	0,1—0,2 0,1— 0,15	0,5—0,8 0,6—1,0

Примечания: 1. При прорезке точных канавок подачу принимать равной 0,05—0,08 мм/об.
 2. При чистовом точении силумина скорости резания принимать не ниже 100 м/мин, дюралюминия закаленного — 60 м/мин.
 3. Подача для осевого инструмента (сверл, зенкеров и др.) см. карту С-2, стр. 113.

РАСТАЧИВАНИЕ НА АГРЕГАТНЫХ СТАНКАХ (СИЛОВЫЕ ГОЛОВКИ)

Чугун

Характер обработки	s_0 в мм/об при диаметре растачивания d в мм				
	40	80	120	180	250
Черновая Получистовая	0,2—0,4 0,15— 0,25	0,3—0,6 0,2—0,4	0,4—0,8 0,3—0,5	0,6—1,0 0,3—0,6	0,6—1,2 0,4—0,8
Чистовая	0,08— 0,12	0,1— 0,18	0,1— 0,18	0,12— 0,2	0,15— 0,25
Чистовая круглым резцом	—	0,3—0,4	0,3—0,4	0,3—0,5	0,3—0,5

Алюминиевые сплавы

Характер обработки	s_0 в мм/об при диаметре растачивания d в мм					
	20	40	80	120	180	250
Черновая	—	0,15— 0,25	0,2— 0,4	0,3— 0,5	0,4— 0,8	0,4— 0,9
Получистовая	0,05— 0,1	0,08— 0,15	0,1— 0,25	0,15— 0,3	0,2— 0,4	0,2— 0,4
Чистовая	0,04— 0,06	0,05— 0,08	0,06— 0,1	0,07— 0,12	0,08— 0,15	0,1— 0,18
Чистовая круглым резцом	—	—	0,2— 0,3	0,2— 0,4	0,2— 0,45	0,2— 0,45

Примечание. Круглые резцы применять при достаточно жесткой системе станок—приспособление—инструмент—деталь.

Стойкость инструментов. Карта Т-3

Стойкость в минутах резания каждого инструмента наладки, по которому ведется расчет скорости резания,

$$T_p = T_M \lambda,$$

где T_M — стойкость в минутах машинной работы станка (см. таблицу).

Для многоинструментных работ T_M относится к лимитирующим по стойкости инструментам наладки;

λ — коэффициент времени резания (расчет см. ниже).

Примечания: 1. В случаях, когда $\lambda > 0,7$, можно, не рассчитывая, принимать $T_p \approx T_M$.

2. Значения T_p для обработки стальных деталей твердосплавными инструментами принимать не более 300 мин, несмотря на результаты расчета по приведенной формуле.

СТОЙКОСТЬ T_M

Стойкость T_M зависит от числа инструментов в наладке и равномерности их загрузки. Для одношпиндельных станков значения T_M представлены в таблице. Для многошпиндельных станков T_M принимать по этой же таблице для наладок со средней равномерностью загрузки инструментов.

№ по пор.	Группа наладки	Характеристика	Рекомендуемые значения T_M при числе инструментов в наладке										
			1	2	3	4	5	6	7	более 20			
I	Наладки с равномерной загрузкой инструментов	Диаметры обрабатываемых поверхностей отличаются не более чем в 1,2 раза; количество фасочных и подрезных резцов не более 20% от общего количества инструментов наладки	50	150	200	300	350	400					
II	Средние наладки по равномерности загрузки инструментов	Все наладки, не относящиеся к I и III группам		100	140	200	230	260	300	350			
III	Наладки с большой разницей в загрузке инструментов	Диаметры обрабатываемых поверхностей отличаются более чем в 2 раза; количество фасочных и других мало нагруженных инструментов свыше 50% от общего количества инструментов наладки		70	90	110	130	150	170	180			

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ВРЕМЕНИ РЕЗАНИЯ

Коэффициент времени резания λ для рассматриваемого инструмента равен отношению чисел оборотов шпинделя станка за время резания и за время хода суппортов станка на рабочей подаче.

Число оборотов шпинделя за время резания подсчитывается как отношение длины резания к подаче $\frac{L_{рез}}{s_0}$.

Число оборотов шпинделя за время рабочего хода суппортов при параллельной их работе равно наибольшему из имеющихся (по суппортам) отношению длины рабочего хода к подаче $\frac{L_{p. x}}{s_0}$. Если при этом суппорт осуществляет рабочий ход с несколькими подачами, то определяют сумму $\frac{L_1}{s_{01}} + \frac{L_2}{s_{02}} + \dots$

Когда обработка с поперечного суппорта заканчивается зачистными оборотами при выключенной подаче, то их суммируют с рассчитанным числом оборотов рабочего хода.

При неперекрываемом времени работы суппортов подсчитывают число оборотов шпинделя за время от начала рабочего хода первого суппорта до конца работы последнего.

При работе одним суппортом коэффициент времени резания $\lambda = \frac{L_{рез}}{L_{p. x}}$. Так же определяется λ , когда очевидно, что лимитирующие по стойкости инструменты установлены на суппорте, имеющем наиболее продолжительное время работы (при параллельной работе суппортов станка).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТОЙКОСТИ ТОКАРНО-КОПИРОВАЛЬНОГО РЕЗЦА

Стойкость токарно-копировального резца в минутах резания

$$T_p = T_m K.$$

Коэффициент K учитывает неравномерность загрузки (интенсивности изнашивания) резца за время рабочего хода и рассчитывается следующим образом:

$$K = \frac{1}{L_{p. x}} \sum_{i=1}^n L_i K_{d_i} K_{s_i} K_{t_i},$$

где $1, \dots, i, \dots, n$ — ступени; $d_1, \dots, d_i, \dots, d_n$ — диаметры ступеней; $L_1, \dots, L_i, \dots, L_n$ — длины ступеней; $s_1, \dots, s_i, \dots, s_n$ — подачи; $t_1, \dots, t_i, \dots, t_n$ — глубины резания.

Индекс i следует присваивать той ступени, где предположительно износ резца будет наибольшим (как правило, ступени наибольшего диаметра). Для этой ступени определяют стойкость T_p и затем скорость резания и число оборотов шпинделя. Коэффициенты K_{d_i} , K_{s_i} , K_{t_i} находят по таблице в зависимости от соотношений $\frac{d_i}{d_1}$, $\frac{s_i}{s_1}$ и $\frac{t_i}{t_1}$ для каждой из ступеней.

Коэффициент K_{d_i}

$\frac{d_i}{d_1}$	До 0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
K_{d_i}	0,07	0,15	0,25	0,4	0,6	1,0	2,0	3,5	4,5	9,0	10,0

Коэффициенты K_{s_i} и K_{t_i}

$\frac{s_i}{s_1} ; \frac{t_i}{t_1}$	0,2	0,4	0,7	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0
K_{s_i}	0,07	0,22	0,55	1,0	1,3	1,7	2,0	2,7	3,0	4,5	6,0
K_{t_i}	0,2	0,4	0,7	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0

Скорость резания. Карта Т-4

$$v = v_{\text{табл}} K_1 K_2 K_3 \text{ м/мин,}$$

где K_1 — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала; K_2 — от стойкости и марки твердого сплава; K_3 — от вида обработки.

СКОРОСТЬ РЕЗАНИЯ $v_{\text{табл}}$

Точение проходными, подрезными и расточными резцами

r в мм	S _в мм/об	Обрабатываемый материал													
		Сталь			Чугун серый			Чугун ковкий и прочный			Алюминиевые сплавы				
		Материал инструмента													
		Быстрорежущая сталь			Твердый сплав										Быстрорежущая сталь
		$v_{\text{табл}}$ в м/мин при угле в плане φ в град													
		45	60	90	45	60	90	45	60	90	45	60	90	45-90	45-90
До 1	До 0,2	57	57	57	160	160	160	105	105	105	120	120	120	530	225
	0,3	48	48	48	150	150	150	100	100	100	115	115	115	460	190
	0,4	42	42	42	135	135	135	93	93	93	110	110	110	400	170
	0,5	40	40	40	130	130	130	88	88	88	105	105	105	360	155
	0,6	37	37	37	125	125	125	84	84	84	97	97	97	330	140
	0,8	33	33	33	120	120	120	80	80	80	93	93	93	290	125

t в мм	S ₀ в мм/об	Обрабатываемый материал													
		Сталь			Чугун серый			Чугун ковкий и прочный			Алюминиевые сплавы				
		Материал инструмента													
		Быстрорежущая сталь			Твердый сплав										Быстро- режущая сталь
		v _{табл} в м/мин при угле в плане φ в град													
		45	60	90	45	60	90	45	60	90	45	60	90	45—90	45—90
2,5	До 0,2	50	46	44	150	150	140	100	96	92	120	110	110	460	190
	0,3	42	37	35	135	125	120	88	84	80	105	98	94	380	160
	0,4	35	32	30	125	120	115	80	77	74	95	89	87	335	145
	0,5	32	28	27	115	110	105	75	72	70	89	84	82	300	130
	0,6	30	26	25	110	105	100	72	68	65	85	79	77	270	115
	0,8	26	23	22	100	95	93	66	62	60	78	72	70	240	105
5	До 0,2	50	44	34	150	140	125	100	92	80	115	108	93	410	170
	0,3	40	34	27	130	125	105	85	77	70	100	95	80	340	145
	0,4	33	30	24	120	115	95	77	70	63	90	85	74	305	125
	0,5	30	26	22	110	100	90	70	65	58	84	79	68	270	110
	0,6	26	23	20	100	95	85	65	60	54	78	73	64	245	100
	0,8	23	20	17	90	85	75	60	56	48	69	66	57	215	90

Точение твердосплавными резцами с дополнительной режущей кромкой ($\varphi_1 = 0^\circ$)

s_0 в мм/об	Обрабатываемый материал															
	Сталь				Чугун серый				Чугун ковкий и прочный				Алюминиевые сплавы			
	$v_{табл}$ при f в мм															
	0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2
1	136	113	110	100	84	74	68	65	105	90	84	77	315	260	240	225
1,5	120	103	94	86	77	67	57	54	93	80	72	67	260	220	195	185
2	113	94	86	80	74	62	56	52	90	73	67	62	230	195	175	160

Точение фасонными, прорезными, отрезными и широкими резцами

Обрабатываемый материал		Резец		$v_{табл}$ в м/мин при s_0 в мм/об									
		Тип	Материал	0,03	0,04	0,06	0,08	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5
Сталь	Фасонный	Быстрорежущая сталь	53	50	42	35	32	27	—	—	—	—	
			—	—	44	40	36	30	28	23	20	18	
	Широкий, прорезной и отрезной	Твердый сплав	—	—	—	110	100	85	77	65	57	52	
Чугун			серый	—	—	—	115	105	90	80	68	62	56
	ковкий	—	—	—	105	97	82	73	62	56	50		

Примечания: 1. Скорости резания для точения сталей и ковкого чугуна даны с учетом применения эмульсии, для серых чугунов — при работе без охлаждения. В случае охлаждения эмульсией при обработке чугунов скорости резания могут быть повышены на 15—20%. При скоростном точении стальных деталей эти же данные остаются неизменными и в случае работы без охлаждения.

2. Скорости резания для осевого инструмента принимать по карте С-4. Для расточных головок с плавающими ножами скорости резания принимать такими же, как и при развертывании.

КОЭФФИЦИЕНТЫ K_1 , K_2 , K_3 Коэффициент K_1

Материал инструмента	Марка стали																															
	10; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50						15X; 20X; 30X; 35X; 38XA; 40X						45Г2; 50Г		12Х2Н3А	12Х2Н4А	20ХНМ	40ХНМА	35ХГС			18ХГГ	30ХГГ 25ХГГ									
	НВ																															
	< 156	156—207	170—229	207—269	269—302	285—321	137—179	156—207	170—217	207—255	255—285	286—332	170—229	229—269	269—285	156—217	179—255	156—207	197—269	170—241	269—321	321—375	149—187	170—197								
Быстрорежущая сталь	1,55	1,0	0,85	0,65	0,55	0,5	1,05	0,85	0,75	0,6	0,5	0,4	0,7	0,55	0,5	0,75	0,6	0,8	0,55	0,35	0,3	0,9	0,6									
Твердый сплав	1,35	1,0	0,9	0,75	0,7	0,65	1,1	0,95	0,9	0,75	0,7	0,6	0,8	0,7	0,65	0,85	0,75	0,9	0,7	0,7	0,5	0,45	0,95	0,8								
Условия обработки	Чугун												Алюминиевые сплавы (σ_B в кг/мм ²)																			
	серый						ковкий и прочный																									
	НВ																															
	143—207	163—229	170—241	235—295	120—140	130—170	207—229	265—285													10—20	20—30	30—40	40—50								
Без корки	1,2	1,0	0,9	0,7	1,3	1,0	0,65	0,45													Силумин и литейные сплавы		1,2	1,0	—	—						
По корке	1,0	0,8	0,7	0,6	0,85	0,7	0,55	0,40													Дюралюминий		—	1,5	1,2	1,0						

Коэффициент K_2

Проходные, подрезные, расточные и прорезные резцы

Обрабатываемый материал	Материал инструмента	K_2 при стойкости T_p в минутах резания									
		до 30	60	100	200	300	400	600	800	1000	1500
Сталь	Быстрорежущая сталь	1,3	1,15	1,0	0,8	0,7	0,65	0,55	0,5	0,45	0,35
	T15K6	2,0	1,55	1,25	0,9	0,75					
	T14K8	1,6	1,25	1,0	0,7	0,6					
	T5K10	1,25	1,0	0,8	0,55	0,5					
Чугун серый	ВКЗМ, ВК2	1,6	1,4	1,2	0,95	0,85	0,7	0,6	0,55	0,5	
	ВК4, ВК6	1,35	1,15	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,45	0,4	
	ВК8	1,15	1,0	0,85	0,7	0,6	0,5	0,45	0,4	0,35	
Чугун ковкий и прочный	ВКЗМ, ВК2	2,1	1,75	1,45	1,1	0,9	0,8	0,65	0,5	0,45	
	ВК4, ВК6	1,75	1,45	1,2	0,9	0,7	0,65	0,55	0,45	0,4	
	ВК8	1,45	1,2	1,0	0,75	0,6	0,55	0,45	0,35	0,3	
Алюминиевые сплавы	Быстрорежущая сталь	1,3	1,1	1,0	0,85	0,8					
	ВК4, ВК6	1,5	1,2	1,0	0,8	0,7					

Фасонные резцы *

T_p	До 30	60	100	200	300	400	* Обрабатываемый материал — конструкционная сталь.
K_2	1,4	1,15	1,0	0,85	0,8	0,75	

Коэффициент K_3

Фасонное точение

Растачивание		Поперечное точение			Профиль резца		K_3 при точении		
							предварительном	чистовом	
d	> 75	< 75	$\frac{d_2}{d_1}$ *	0—0,4	0,5—0,7	0,8—1,0	Простой	1,0	0,8
K_3	1,0	0,85	K_3	1,35	1,2	1,05	Глубокий и сложный	0,85	0,7

* d_1 и d_2 — наибольший и наименьший диаметры обработки в мм.

Сила резания. Карта Т-5

$$P_z = P_{z \text{ табл}} \cdot K_1 \cdot K_2,$$

где K_1 — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала; K_2 — от скорости резания и переднего угла при точении сталей твердосплавным инструментом.

СИЛЫ РЕЗАНИЯ $P_{z \text{ табл}}$

Подача s_0 в мм/об	$P_{z \text{ табл}}$ в кг при глубине резания t в мм											
	0,25	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10
До 0,06	7,5	15	30	45	60	75	90	120	150	180	240	300
0,08	8	17	33	50	65	85	100	130	170	200	260	330
0,1	9	18	36	55	70	90	110	140	180	220	290	360
0,12	11	23	45	65	85	110	130	170	220	260	340	430
0,16	13	26	50	75	100	130	150	200	260	300	400	510
0,2	15	30	60	90	120	150	180	240	300	360	480	600
0,25	18	35	70	110	140	180	210	280	360	430	570	700
0,3	20	40	80	120	160	200	240	320	400	490	650	800
0,4	25	50	100	150	200	250	300	400	500	600	800	1000
0,5	30	60	120	180	240	300	360	480	600	720	950	1200
0,6	35	70	135	200	270	340	410	540	680	820	1100	1400
0,8	45	85	170	250	340	420	510	680	850	1000	1350	1700
1,0	50	100	200	300	400	500	600	800	1000	1200	1600	2000
1,2	60	115	230	340	460	570	690	920	1150	1400	1850	2300

Примечания: 1. Силы резания P_z для прорезных, отрезных и фасонных резцов принимать по $P_{z \text{ табл}}$ для глубины резания 1 мм и умножать на ширину резца B в мм.

2. Для фасонных резцов сложных профилей P_z дополнительно увеличивать на 30% в зависимости от сложности, а для отрезных резцов — на 20%.

КОЭФФИЦИЕНТЫ K_1 , K_2

Коэффициент K_1

Материал инструмента	Обрабатываемый материал												Алюминиевые сплавы	
	Сталь						Чугун							
							серый			ковкий и прочный				
	НВ													
	До 156	143—207	170—229	207—269	229—285	269—302	285—321	321—375	163—229	235—295	130—170	207—229	265—285	
Быстрорежущая сталь	0,75	0,9	1,0	1,15	1,2	1,3	1,4	1,5	0,6	0,7	0,55	0,65	0,75	0,3
Твердый сплав	0,7	0,75	0,8	0,85	0,85	0,9	0,95	1,0						

Коэффициент K_2

Скорость резания v в м/мин	Передний угол γ в град		
	10	0	-10
До 100	1,0	1,1	1,2
200	0,9	1,0	1,1

Алмазно-расточные станки. Режимы резания. Карта Т-6*

Тонкое точение применяют в автомобильной промышленности при обработке сталей, чугунов и цветных металлов. Наиболее распространены операции расточки, выполняемые на специальных алмазно-расточных станках. Тонкая обточка выполняется на быстрходных токарных станках повышенной точности; тонкая расточка характеризуется небольшими сечениями среза и обеспечивает точное расположение осей растачиваемых отверстий и высокую диаметральную точность (0,015—0,030 мм для деталей средних размеров), шероховатость обработанной поверхности $\nabla 6$ — $\nabla 7$ для стальных деталей, $\nabla 6$ для чугунных и $\nabla 7$ — $\nabla 8$ для деталей из цветных металлов. Для получения правильной формы отверстия с минимальной эллиптичностью, где это позволяет конструкция детали, необходимо вести обработку в два прохода при одной установке детали. Необходимым условием успешного применения рекомендуемых режимов резания является отличное состояние шпинделей станка и отсутствие вибраций шпинделей и приспособлений с деталями.

* Разработано с участием Л. Б. Цейтлина (ЗИЛ).

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ

Обрабатываемый материал	Подача s_0 в мм/об	Скорость резания v в м/мин	Материал инструмента
Сталь	0,05—0,10	НВ < 180	160—250
		НВ 180—229	140—170
		НВ 229—269	120—150
		НВ 269—302	100—130
Чугун	0,05—0,10	НВ < 170	120—140
		НВ 170—229	100—120
		НВ 229—269	80—100
Алюминиевые сплавы	0,04—0,08	300—500	ВКЗМ
Бронза, латунь	0,04—0,08	250—350	ВКЗМ
Ваббиты	0,05—0,10	300—500	ВКЗМ

Примечания: 1. Рекомендуемые режимы резания обеспечиваются изложенные выше требования к качеству обработки. При более низких требованиях режимы могут быть повышены. Например, если после тонкой расточки стальную деталь хонингуют и при расточке допустима шероховатость поверхности $\nabla 5$, подача может быть увеличена до 0,15 мм/об.

2. Рекомендуемая глубина резания 0,1—0,15 мм. Если точение осуществляется в два прохода, то при первом проходе глубина может быть увеличена до 0,4 мм (в зависимости от точности предшествующей обработки и базирования детали).

3. *Подачи следует* выбирать в зависимости от требований к чистоте обработанной поверхности и жесткости борштанги. При весьма нежестких борштангах или необходимости уменьшить шероховатость обработанной поверхности допускается уменьшение подач по сравнению с данными в таблице.

4. Допустимая скорость резания зависит не только от обрабатываемого материала, но и от жесткости борштанги. При обработке отверстий малого диаметра (10—15 мм) можно уменьшать скорости резания по сравнению с указанными в таблице.

5. При отладке операции тонкой расточки стальных деталей следует учитывать, что увеличение скорости резания может привести как к уменьшению, так и к увеличению стойкости.

6. Рекомендуемые в таблице режимы резания приведены для твердосплавных инструментов. При обработке деталей из цветных сплавов алмазными резаками обеспечивается многократное увеличение размерной стойкости. Для алмазной обработки рекомендуемая глубина резания 0,05—0,1 мм, подачи 0,02—0,06 мм/об (для алюминиевых сплавов до 0,03 мм/об) и скорости резания, соответствующие верхнему пределу табличных значений. При обработке чугуновых деталей резаками, оснащенными режущей керамикой и эльбором скорости резания можно повышать до 400—500 м/мин.

ТОКАРНЫЕ ПРУТКОВЫЕ АВТОМАТЫ

Рекомендации по расчету режимов резания. Карта А-1

Расчет режимов резания на токарных автоматах проводится в той же последовательности, что и на токарных станках других типов.

Скорости резания рекомендованы с учетом применения охлаждающе-смазывающих жидкостей.

ОДНОШПИНДЕЛЬНЫЕ ТОКАРНЫЕ АВТОМАТЫ

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
I	<p>Определение длины рабочего хода суппортов и каждой позиции револьверной головки $L_{p. x}$ в мм</p>	$L_{p. x} = L_{рез} + y + L_{доп}$ <p>(значения y см. в приложении 3, стр. 300)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Эскиз наладки с указанием размеров обработки 2. Подвод, врезание и перебеги инструментов y 3. Дополнительная длина хода, вызванная в ряде случаев особенностями наладки и конфигурацией детали $L_{доп}$
II	<p>Назначение подач суппортов и каждой позиции револьверной головки s_0 в мм/об. Эти подачи принимают равными значениям, которые допускают нормативы для инструментов, установленных на данном суппорте или в данном гнезде револьверной головки</p>	<p>См. карту А-2, стр. 51—59</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обрабатываемый металл 2. Вид инструмента 3. Диаметр прутка, его вылет, длина детали и другие размеры обработки

№ этапа	Последовательность определения режима резания
III ¹	<p>Определение стойкости для предположительно лимитирующих инструментов T_p в минутах резания</p>
IV ²	<p>Расчет скорости резания v в м/мин и числа оборотов шпинделя n в минуту:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="329 719 985 831">а) определение рекомендуемых нормативами скоростей резания для предположительно лимитирующих инструментов; <li data-bbox="329 879 985 963">б) расчет чисел оборотов шпинделя, соответствующих рекомендуемым скоростям резания; <li data-bbox="329 1061 985 1223">в) ² назначение числа оборотов шпинделя по паспорту станка, исходя из рассчитанных чисел оборотов для лимитирующих инструментов (не рекомендуется превышать минимальное расчетное значение более чем на 10%);

Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
См. карту А-3, стр. 60.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Число оборотов шпинделя за рабочий ход данного суппорта или позиции револьверной головки n_c 2. Сумма чисел оборотов шпинделя на все рабочие ходы $\sum n_c$ 3. Число оборотов шпинделя за рабочие ходы поперечных суппортов, со- впадающие по времени с рабочими хо- дами револьверной головки n'_c
См. карту А-4, стр. 61—70 $n = \frac{1000v}{\pi d}$ Для сверл, работающих с дополни- тельным вращением, $n = \frac{1000v}{\pi d (i + 1)}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вид инструмента 2. Характеристика обрабатываемого металла 3. Глубина резания t 4. Подача s_0 5. Принятая стойкость T_p 6. Отношение чисел оборотов инстру- ментального шпинделя и шпинделя станка i 7. Для инструментов, работающих при замедленном вращении шпинделя, ψ — отношение чисел оборотов при за- медленном и нормальном вращении

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
V	<p>г) уточнение скоростей резания для отдельных инструментов по принятому числу оборотов шпинделя станка</p> <p>Определение цикла работы автомата $t_{\text{ц}}$</p> <p>а) определение ориентировочного числа оборотов шпинделя за время холостых ходов</p> <p>(Некоторые переходы, например, подходы и отходы поперечных суппортов, в большинстве случаев совмещаемые с переключениями револьверной головки, на этом этапе расчета не учитывают);</p> <p>б) предварительный расчет числа оборотов шпинделя за цикл работы станка $n_{\text{ц}}$ и принятие ближайшего большего или меньшего значения по паспорту станка;</p> <p>в) определение числа оборотов шпинделя, соответствующего одному лучу, путем деления $n_{\text{ц}}$ на 100 (луч — одна сотая доля окружности лучевой диаграммы, применяемой при построении куляков);</p>	<p>$v = \frac{\pi d n}{1000}$. Для сверл, работающих с дополнительным вращением,</p> <p>$v = \frac{\pi d n}{1000} (1 + i)$</p> <p>$\sum n_x = n_{x_1} + n_{x_2} + n_{x_3} + \dots$. Для переходов, время осуществления которых указано в паспорте станка,</p> <p>$n_x = \frac{n \cdot t_x}{60}$. Для вывертывания метчиков и плашек $n_x = \frac{L_{p.x}}{s} \cdot \psi$. Для калибрования (без подачи) при фасонном точении, центровании и цесковании $n_x = 3 \div 5$</p> <p>$n_{\text{ц}} = (\sum n_c - n_c + \sum n_x) \cdot \frac{100}{100 - \Delta_0}$</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Установленное число оборотов шпинделя в минуту при нормальном вращении n 2. Продолжительность времени зажима и подачи материала, переключений револьверной головки и направления вращения шпинделя по паспорту станка 3. Длина рабочего хода при нарезании резьбы $L_{p.x}$ и шаг резьбы s 4. Отношение чисел оборотов шпинделя при нормальном вращении и при вывертывании резьбонарезного инструмента ψ 5. Число оборотов шпинделя за каждый рабочий переход n_c и сумма чисел оборотов шпинделя на несовместимые рабочие ходы $\sum n_c - n_c$ (см. этап III расчета режимов резания) 6. Число лучей на отвод отрезного резца Δ_0 обычно не менее трех (для автоматов TOS не менее двух лучей)

№ этапа	Последовательность определения режима резания
	<p>г) расчет (в лучах) центральных углов кулачкового диска, относящихся к рабочим и холостым ходам револьверной головки и поперечных суппортов;</p> <p>д) проектирование кулачков: производят разбивку окружности кулачкового диска револьверной головки, соблюдая необходимую последовательность переходов, и вычерчивают кулачок; при этом число лучей, необходимых для переключения револьверной головки с ее подходами и отходами, подачу и зажим прутка следует уточнить по паспорту станка в соответствии со значением $n_{ц}$.</p> <p>На чертеже кулачка револьверной головки наносят контуры кулачков поперечных суппортов во взаимно согласованных положениях.</p> <p>При проектировании кулачка револьверной головки может выявиться необходимость в добавлении лучей на холостые ходы для предупреждения заклинивания ролика рычага во впадинах профиля кулачка. Заклинивание может иметь место при обработке длинных деталей и если время изготовления детали более 20 сек. При проектировании кулачка следует стремиться к минимальной сумме лучей на холостые ходы, так как это повышает производительность станка;</p> <p>е) ³ уточнение (по чертежу кулачков) числа лучей, приходящихся на холостые ходы $\sum \Delta_x$, и установление уточненного значения числа оборотов шпинделя за время цикла $n_{ц}$;</p>

Расчетная формула
и нормативы

Исходные данные

Число лучей за каждый
рабочий переход

$$\Delta_c = 100 \frac{n_c}{n_{ц}}$$

Число лучей за каждый
холостой ход

$$\Delta_x = 100 \frac{n_x}{n_{ц}}$$

Для отвода отрез-
ного резца принимают не
менее трех лучей (для ав-
томатов TOS не менее
двух лучей)

$$n_{ц} = \frac{(\sum n_c - n_c^*) 100}{100 - \sum \Delta_x}$$

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
VI	<p>ж) по установленному значению n_n подбирают ближайшее по паспорту станка, определяют соответствующее время цикла t_n и сменные шестерни подачи</p> <p>Уточнение подач s_0 в мм/об, полученных в результате проектирования кулачков:</p> <p>а) расчет уточненного числа оборотов шпинделя за каждый рабочий переход n_c;</p> <p>б) определение подачи s_0</p>	$n_c = \Delta_c \cdot \frac{n_n}{100}$ $s_0 = \frac{L_p \cdot x}{n_c} \text{ Для инструментов, работающих при замедленном вращении.}$ $s_0 = \frac{L_p \cdot x}{n_c \cdot \Psi} \text{ Для инструментов с дополнительным вращением } s_0 = \frac{L_p \cdot x}{n_c (1 + i)}$ <p>См. карту А-5, стр. 70—72</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Количество лучей за каждый рабочий переход Δ_c по чертежу кулачка 2. Число оборотов шпинделя за рабочий цикл n_n 3. Длина рабочего хода $L_p \cdot x$ 4. Отношение чисел оборотов при замедленном и нормальном вращении Ψ 5. Отношение чисел оборотов сверлильного шпинделя и шпинделя станка
VII	<p>Проверочный расчет по мощности резания:</p> <p>а) определение по нормативам потребной мощности резания $N_{рез}$ для каждого инструмента;</p> <p>б) расчет наибольшей за период работы станка суммарной мощности резания $\Sigma N_{рез}$ равной сумме $N_{рез}$ одновременно работающих инструментов;</p> <p>в) проверка по мощности двигателя</p>	$\Sigma N_{рез} \leq 1,2 N_{дв} \eta$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Глубины, подачи и скорости резания инструментов наладки 2. Обрабатываемый металл и его твердость 3. Эскиз наладки 4. Мощность двигателя $N_{дв}$ 5. К. п. д. станка

¹ Числа оборотов шпинделя станка и устанавливают по лимитирующим по стойкости инструментам на каждой позиции.

² Для метчиков, плашек и разверток, работающих при замедленном вращении, при определении числа оборотов шпинделя станка в расчет принимают число оборотов шпинделя при нормальном вращении, равное $\frac{n}{\Psi}$, которое записывают в скобках рядом со значением n .

³ При определении $\Sigma \Delta_x$ число лучей на холостые ходы, перекрытые по времени другими холостыми или рабочими ходами, не учитывается.

МНОГОШПИНДЕЛЬНЫЕ ТОКАРНЫЕ АВТОМАТЫ

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
I ¹	<p>Определение длины рабочего хода суппортов и выбор кулачков:</p> <p>а) определение длины рабочего хода каждого суппорта $L_{p. x}$;</p> <p>б) расчет подъема рабочей части кулачка H для каждого суппорта и инструментального шпинделя (за исключением позиций нарезания резьбы);</p> <p>в) ² подбор по нормальям кулачков, имеющих подъемы H, ближайšie большие к расчетным;</p> <p>г) уточнение длин рабочих ходов $L_{p. x}$ по установленным величинам подъемов кулачков H</p>	$L_{p. x} = L_{рез} + y + L_{доп}$ <p>(значения y см. приложение 3). Для брешущих резцов практически</p> $L_{рез} = \frac{1}{2} \sqrt{d_1^2 - d_2^2}$ $H = \frac{L_{p. x}}{i}$ $L_{p. x} = Hf$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Эскиз наладки с указанием размеров 2. Величины подвода, врезания и перебега y 3. Дополнительная длина хода, вызываемая в отдельных случаях особенностями наладки и конфигурацией детали, $L_{доп}$ 4. Нормали кулачков 5. Соотношение плеч рычагов, передающих движение от кулачков к суппортам f 6. Начальный d_1 и конечный d_2 диаметры обработки (для брешущих резцов)
II	<p>Назначение подач суппортов s_0 в мм/об:</p> <p>а) определение подач суппортов и инструментальных шпинделей по нормативам. Эти подачи принимаются равными значениям подач, которые допускают нормативы для инструментов, установленных на данном суппорте или инструментальном шпинделе;</p>	<p>См. карту А-2, стр. 51-59</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обрабатываемый металл 2. Вид инструмента 3. Диаметр прутка, его вылет, длина детали и другие размеры обработки 4. Отношение чисел оборотов инструментального шпинделя и шпинделя станка i (принимается по паспорту станка) 5. Центральные углы участка рабочей подачи кулачков θ

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
III	<p>б) определение для каждого суппорта и инструментального шпинделя числа оборотов шпинделя станка за полный оборот распределительного вала n_p, подсчитанное в предположении, что распределительный вал все время вращается на рабочем (замедленном) ходу;</p> <p>в) назначение по паспорту станка числа оборотов шпинделя станка n_p за оборот распределительного вала, исходя из наибольших полученных расчетом значений. Установленное таким образом n_p является общим для всех суппортов и инструментальных шпинделей, что соответствует условию равенства угловых скоростей вращения всех кулачков распределительного вала;</p> <p>г) ^а уточнение подач суппортов и инструментальных шпинделей s_0 в мм/об в соответствии с установленным на станке числом оборотов шпинделя станка за оборот распределительного вала n_p</p> <p>Определение угла поворота распределительного вала на рабочем ходу θ_p, x:</p> <p>а) для станков типа 1240, 1260. 1А 225 — по паспорту;</p>	$n_p = \frac{L_p \cdot x}{s_0} \cdot \frac{360^\circ}{\theta^\circ} \cdot J$ <p>При отсутствии дополнительного вращения $i = 0$ и $J = 1$. Для инструментов с дополнительным вращением $J = \frac{1}{1+i}$ для сверл: $J = \frac{1}{1-i}$ для разверток</p> $s_0 = \frac{L_p \cdot x}{n_p} \cdot \frac{360^\circ}{\theta^\circ} J$	<p>1. Чертежи рабочих кулачков 2. Данные о расположении отверстий на барабанах и зубчатых колесах</p>

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
IV ^а	<p>б) ⁴ для станков типа 123 и ему подобных угол $\theta_{p. x}$ равен наибольшему из установленных значений θ с добавлением угла на зачистку и смещения кулачков, установленных на барабане</p> <p>Определение стойкости T_p в минутах резания для предположительно лимитирующих инструментов</p>	См. карту А-3, стр. 60	<ol style="list-style-type: none"> 1. Длина резания $L_{рез}$ 2. Длина рабочего хода $L_{p. x}$ 3. Значения углов θ и $\theta_{p. x}$
V ^б	<p>Расчет скоростей резания v в м/мин и числа оборотов шпинделей станка n в минуту:</p> <p>а) определение рекомендуемых нормативами скоростей резания для предположительно лимитирующих инструментов;</p>	См. карту А-4, стр. 61-70	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вид инструмента 2. Характеристика обрабатываемого металла 3. Глубина резания t 4. Подача s_0 5. Принятая стойкость T_p

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
VI	<p>б) расчет чисел оборотов шпинделей n в минуту, соответствующих рекомендуемым скоростям резания;</p> <p>в) назначение чисел оборотов шпинделей по паспорту станка, исходя из рассчитанных по лимитирующим инструментам (не рекомендуется превышать минимальное расчетное значение более чем на 10%);</p> <p>г) уточнение скоростей резания инструментов по принятому числу оборотов</p> <p>Определение времени цикла работы станка $t_{ц}$ в мин:</p> <p>а) расчет времени рабочего хода $t_{р. х.}$;</p> <p>б) определение времени холостых ходов станка $t_{х. х.}$;</p> <p>в) установление времени цикла работы станка $t_{ц}$</p>	<p>$n = \frac{1000v}{\pi d}$ при невращающемся инструменте; $n = \frac{1000v}{\pi d} J$ при вращающемся инструменте; $J = \frac{1}{1+i}$ для сверл; $J = \frac{1}{1-i}$ для разверток и при нарезании правой резьбы; $J = \frac{1}{i-1}$ при нарезании левой резьбы</p> <p>$v = \frac{\pi d n}{1000 \cdot J}$</p> <p>$t_{р. х.} = \frac{n_p \theta_{р. х.}}{n \cdot 360^\circ}$</p> <p>$t_{х. х.} = \frac{360^\circ - \theta_{р. х.}}{360^\circ} \cdot \frac{1}{n_{х. х.}}$</p> <p>$t_{ц} = t_{р. х.} + t_{х. х.}$</p>	<p>б. Для инструментов, работающих с дополнительным вращением, отношение чисел оборотов инструментального шпинделя и шпинделя станка i</p> <p>1. Количество оборотов шпинделя станка за оборот распределительного вала n_p, установленное на этапе IIв</p> <p>2. Угол поворота распределительного вала на рабочем ходу $\theta_{р. х.}$, определенный на этапе III</p> <p>3. Принятое на этапе Vв число оборотов шпинделей станка n</p> <p>4. Число оборотов распределительного вала в минуту на холостом ходу $n_{х. х.}$, взятое из паспорта станка</p>

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
VII	Проверочный расчет мощности резания: а) ¹ определение по нормативам потребной мощности резания $N_{рез}$ для каждого инструмента; б) расчет наибольшей за период работы станка суммарной мощности резания $\Sigma N_{рез}$, равной сумме мощностей одновременно работающих инструментов; в) ² проверка по мощности двигателя	См. карту А-5, стр. 70—72 $\Sigma N_{рез} \leq 1,2 N_{дв\eta}$	1. Глубины, подачи и скорости резания для инструментов наладки 2. Обрабатываемый металл и его твердость 3. Эскиз наладки 4. Мощность двигателя $N_{дв}$ 5. К. п. д. станка η

¹ Для резьбонарезного инструмента применяют специальные кулачки. Для станков, где соотношение плеч f регулируемое, L_p и x устанавливают за счет изменения f .

² Если нарезание резьбы и отрезку производят на одной позиции, то для отрезного резца, как правило, выбирают укороченный кулачок. Для каждого кулачка фиксируют величину подъема H и соответствующие им центральные углы участка рабочей подачи θ° (без зачистки).

³ Если подачи получаются менее 0,02 мм на лезвие инструмента, их следует увеличить за счет установки кулачков с большими подъемами.

⁴ Для рационального размещения кулачков, обеспечивающего наименьшее время обработки, особенно в случаях нарезания резьбы и при обработке центровым инструментом на позициях отрезки, следует построить циклограмму, как указано в карте А-1 (стр. 48—50).

⁵ Числа оборотов шпинделя станка n устанавливают по лимитирующим по стойкости инструментам так же, как и для одношпиндельных токарных полуавтоматов (см. примечание к этапам III и IV, карта Т-1, стр. 15).

⁶ Для брешущих резцов мощность рассчитывают по условной подаче s_0 усл., соответствующей максимальной толщине

среза: $s_0 \text{ усл.} = s_0 \sqrt{1 - \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2}$.

⁷ Если $\Sigma N_{рез} > 1,2 N_{дв\eta}$, двигатель следует проверить на пиковую нагрузку и на нагрев (см. приложение 1, стр. 263).

Циклограмма работы многошпиндельного автомата

Для построения циклограммы необходимо знать расположение отверстий для установки рабочих кулачков на барабанах и зубчатых колесах, а также иметь чертежи рабочих кулачков. Затем разрабатывают специальную схему расположения отверстий для крепления кулачков, которая служит основой для построения циклограммы. Схему строят в предположении, что точки поверхности барабанов и зубчатых колес распределительного вала, одновременно проходящие под роликами рычагов, передающих движение суппортам, условно совмещаются на общих вертикальных линиях (изохронах схемы). На рис. 1 приведена схема расположения отверстий на барабанах распределительного вала автомата 123.

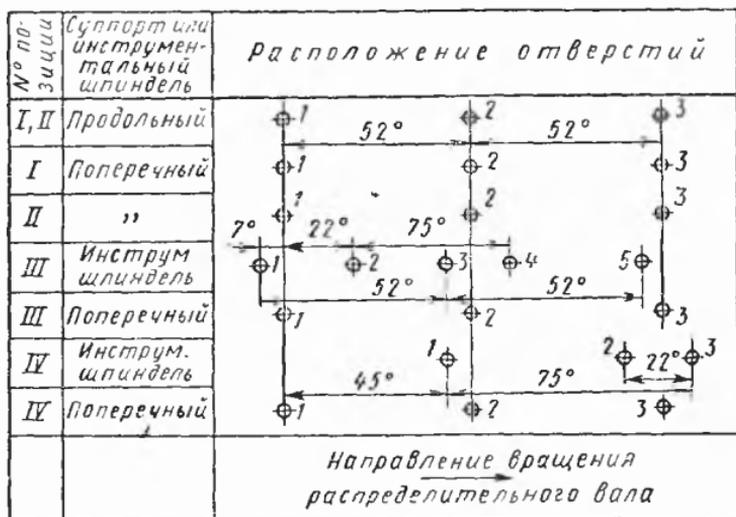


Рис. 1

Отверстия 1 приняты за базовые для установки нормальных кулачков. Кулачки для резьбы можно устанавливать на отверстия 2—3 для позиции IV и на отверстия 4—5 для позиции III. За базовые отверстия в кулачках принимают отверстия, расположенные в широкой части кулачка. Циклограмму строят в следующей последовательности:

1. На схеме расположения отверстий на барабанах распределительного вала для каждого суппорта и инструментального шпинделя отмечают отверстия, принятые за исходные базы для установки кулачков.

2. От полученных точек откладывают угловые координаты начала и конца участков зачистки и рабочей подачи кулачков. Эти координаты берут из чертежей или нормалей на кулачки и отсчитывают от базовых отверстий, расположенных в конце рабочей части кулачков. Если координаты заданы в мм, то пересчитывают их в градусы (размерность, в которой строят циклограмму) следующим образом:

$$\theta_i = \frac{360^\circ L_i}{\pi D_6} = 114,5 \frac{L_i}{D_6},$$

где L_i — заданная координата по внутренней поверхности кулачка в мм; D_6 — диаметр барабана в мм.

3. Точки, соответствующие началу рабочей части кулачка (крайние правые на циклограмме) и концу зачистки (крайние левые), соединяют сплошной линией. На этой линии наносят и другие отверстия, в которых будут крепиться рабочие кулачки.

4. На основании построенной циклограммы определяют угол рабочего хода $\theta_{р. х.}$

Рассмотрим пример построения циклограммы работы автомата 123 для обработки соединительной гайки (эскиз наладки см. приложение 6).

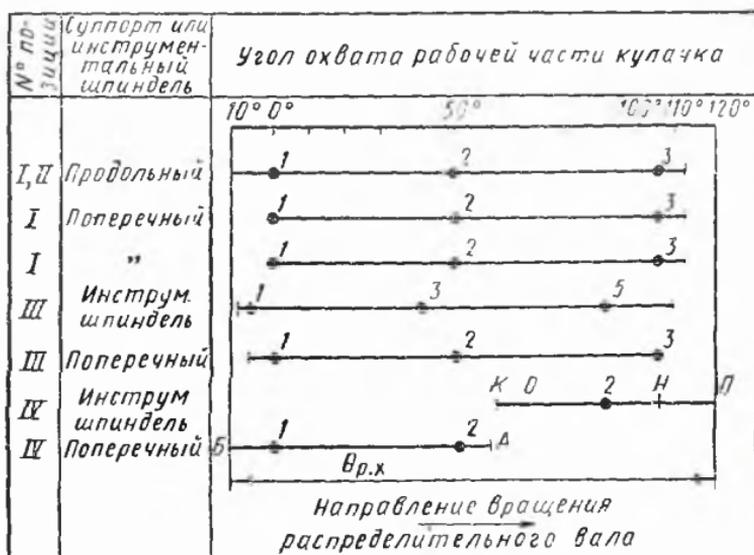


Рис. 2

Примем следующие обозначения точек: П — начало подвода резьбового инструмента; Н — начало нарезания резьбы; О — начало отвода инструмента; К — конец отвода инструмента.

Линия нарезания резьбы соответствует сумме углов отвода резьбонарезного инструмента $\theta_{отв}$, реверсирования — $\theta_{рев}$, нарезания резьбы $\theta_{нар}$, подвода инструмента $\theta_{подв}$. Угол $\theta_{подв}$ зависит от конфигурации кулачка и устройства резьбонарезного приспособления (указан на чертеже кулачка).

Значение $\theta_{нар}$ определяют по формуле

$$\theta_{нар} = \frac{360^{\circ} L_{р. х.} J.}{n_p S}$$

Угол $\theta_{рев}$ учитывают, когда необходимо изменить направление вращения инструмента для его свинчивания (дан в паспорте станка).

На станках 123 время реверсирования равно 0,5 сек, и им можно пренебречь. В рассматриваемом примере угол $\theta_{рев}$ принят равным нулю.

$\theta_{отв}$ определяют по формулам:

$$\text{для правой резьбы } \theta_{отв} = \frac{L_{p.x} 360^\circ}{(i_{обр} - 1) S n_p};$$

$$\text{для левой резьбы } \theta_{отв} = \frac{L_{p.x} 360^\circ}{(1 - i_{обр}) S n_p};$$

$$\text{для самооткрывающейся головки } \theta_{отв} = \frac{114,5 L_0 \operatorname{ctg} \theta_k}{D_б},$$

где S — шаг резьбы в мм; $i_{обр}$ — число оборотов инструментального шпинделя за оборот детали при отводе резьбонарезного инструмента (см. паспорт станка); L_0 — необходимая величина отвода резьбонарезной головки во избежание столкновения с державкой поперечного суппорта, которую определяют, исходя из размеров детали и инструментальной оснастки; θ_k — угол отводного кулачка в град (см. чертеж кулачка); $D_б$ — диаметр барабана в мм.

Зная угол, соответствующий нарезанию резьбы (линия $KП$ на циклограмме), определяют положение точки K , в которой должен закончиться отвод резьбонарезного инструмента. При этом различают два случая.

Первый случай (соответствует приведенному примеру) — нарезание наружной резьбы не совмещается с работой поперечного суппорта. При этом точка K наносится правее точки A на $2-5^\circ$ во избежание столкновения резьбонарезной головки с поперечным суппортом.

Во втором случае нарезание резьбы частично совмещается с работой поперечного суппорта (часто применяется при работе метчиками). Точка K располагается левее точки A . Угол поворота барабана от момента окончания нарезания резьбы до окончания работы отрезного резца

$$\theta' = \frac{L_n}{L_{p.x}} \theta + \theta_{зач},$$

где L_n — длина пути, который должен пройти отрезной резец после вывертывания метчика (или после раскрытия головки): $L_n = B \operatorname{tg} \varphi + 4$ — для сплошных деталей; $L_n = B \operatorname{tg} \varphi + 2$ — для полых деталей (B — ширина отрезного резца в мм; φ — его угол в плане); $L_{p.x}$ — величина рабочего хода отрезного резца; θ — угол рабочей части кулачка отрезного резца; $\theta_{зач}$ — угол зачистки кулачка отрезного резца.

Значение угла θ' откладывают справа от точки B . Полученная точка и является точкой K .

В случаях, когда угол поворота распределительного вала при нарезании резьбы (линия $KП$ на циклограмме) оказывается чрезмерно большим, в результате чего $\theta_{p.x}$ превышает значения, допустимые для данного типа станка, следует провести перерасчет за счет увеличения n_p или изменения i с построением новой циклограммы. Если угол $\theta_{p.x}$ большой и сохраняется в пределах, допустимых по паспорту станка, целесообразно проверить дополнительные варианты расчета режимов резания с изменением n_p или i .

Первоначальный расчет угла поворота распределительного вала для нарезания резьбы производится на те сменные шестерни резьбонарезного приспособления, которые установлены на станке.

Подача s_0 , Карта А-2

ПРОХОДНЫЕ РЕЗЦЫ

$s_0 = s_0 (\text{табл.}) K_s$ мм/об, где K_s — коэффициент, зависящий от глубины резания

d в мм	l в мм	s_0 (табл.) при обработке											
		с роликовой опорой						без роликовой опоры					
		Длина детали l в мм											
		до 10	10—20	20—30	30—45	45—60	>60	до 10	10—20	20—30	30—45	45—60	>60
4	До 1	0,06	0,03					0,05					
6	1,5	0,1	0,06					0,08	0,05				
8	2	0,15	0,1	0,03				0,1	0,08	0,04			
10	2,5	0,2	0,15	0,1	0,06	0,03		0,12	0,1	0,07	0,03		
12	2,5	0,25	0,2	0,15	0,1	0,06	0,03	0,15	0,12	0,1	0,06	0,03	
14	2,5	0,28	0,25	0,2	0,15	0,1	0,06	0,18	0,15	0,12	0,1	0,05	
16	2,5	0,3	0,28	0,25	0,2	0,15	0,1	0,2	0,18	0,15	0,12	0,08	0,04
18	2,5	0,32	0,3	0,28	0,25	0,2	0,15	0,22	0,2	0,18	0,15	0,1	0,07
20	2,5	0,35	0,32	0,3	0,28	0,25	0,2	0,25	0,22	0,2	0,18	0,15	0,1
25	2,5	0,38	0,35	0,32	0,3	0,28	0,25	0,28	0,25	0,22	0,2	0,18	0,15
32	2,5	0,4	0,38	0,35	0,32	0,3	0,28	0,32	0,28	0,25	0,22	0,2	0,18
36	2,5	0,45	0,42	0,4	0,38	0,35	0,3	0,35	0,32	0,3	0,28	0,25	0,22
40	2,5	0,48	0,45	0,42	0,4	0,38	0,35	0,4	0,35	0,32	0,3	0,28	0,25
45	2,5		0,5	0,45	0,42	0,4	0,38	0,4	0,38	0,4	0,38	0,35	0,32
50	2,5		0,55	0,5	0,45	0,42	0,4	0,5	0,45	0,42	0,38	0,35	0,32
60	2,5		0,6	0,55	0,5	0,45	0,42	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4	0,32

Коэффициент K_s

Отношение фактической глубины к табличной	0,2	0,5	0,8	1	1,5	2	2,5	3
K_s	1,35	1,15	1,05	1	0,9	0,8	0,75	0,7

Примечания: 1. Таблица дана для стали и латуни. При обработке стали ШХ15 табличные значения уменьшать в 1,5 раза, при обработке дюралюминия — увеличивать в 1,5 раза.

2. При повышенных требованиях к шероховатости поверхности (не ниже $\nabla 4$) подача не должна превышать 0,2 мм/об.

ОТРЕЗНЫЕ РЕЗЦЫ

Начальный диаметр обработки d в мм	Сталь, латунь			Сталь ШХ15			Дюралюминий		
	s_0 в мм/об при ширине резца B в мм								
	1,5—2	2,5—3	5	1,5—2	2,5—3	5	1,5—2	2,5—3	5
4	0,05			0,03			0,07		
6	0,06			0,03			0,08		
8	0,07			0,04			0,1		
10	0,08	0,11		0,04	0,06		0,11	0,16	
12	0,09	0,12		0,05	0,06		0,13	0,17	
14		0,13			0,06			0,18	
18		0,14			0,07			0,19	
>20		0,15	0,15		0,08	0,12		0,2	0,2

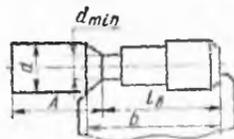
Примечание. При повышенных требованиях к шероховатости поверхности (не ниже $\nabla 4$) подача не должна превышать 0,08 мм/об.

ПОДРЕЗНЫЕ РЕЗЦЫ

Материал	Сталь, латунь	Алюминиевые сплавы
s_0 в мм/об	0,15—0,2	0,2—0,25

Примечание. При повышенных требованиях к шероховатости поверхности (не ниже $\nabla 5$) подачи уменьшать при обработке стали и латуни до 0,08 мм/об и алюминиевых сплавов до 0,12 мм/об.

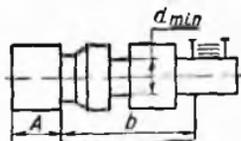
ФАСОННЫЕ (И ПРОРЕЗНЫЕ) РЕЗЦЫ
Обработка без роликовой опоры



A		s_{01} в м/об при ширине резания b в мм									s_{02} в м/об при размере l_n в мм												
в мм		до 5	8	10	15	20	25	30	40	50	60	$d_{\text{мин}}$ в мм	до 5	8	10	15	20	25	30	40	50	60	
5	4	0,02										3	0,025										
	5	0,045	0,025	0,02								4	0,055	0,025	0,02								
	6	0,08	0,045	0,03	0,02							5		0,053	0,035	0,02							
7	7		0,06	0,04	0,02							6			0,065	0,025	0,02						
	8			0,06	0,03	0,02						7				0,045	0,025	0,02					
	9	0,08	0,08	0,08	0,05	0,03	0,02					8				0,065	0,035	0,02		0,02			
	10				0,07	0,04	0,025	0,02															
10	10				0,055	0,02							0,08	0,03									
	12	0,08	0,08	0,08		0,065	0,04	0,02															
	14						0,075	0,045	0,02														
	16				0,08				0,03	0,02													
	20					0,08	0,08	0,08		0,04	0,02			0,08				0,055	0,03	0,02			
≥25								0,08	0,02	0,05													
20	10				0,02																		
	12				0,05																		
	14					0,025																	
	16					0,05	0,03	0,02															
	20				0,08		0,05	0,03	0,02								0,08	0,08	0,08				
	≥25					0,08	0,08	0,08	0,04	0,02	0,08		14								0,045	0,03	0,02
								0,08	0,05	0,025		≥16								0,075	0,045	0,03	

Примечания: 1. Принимать наименьшее из двух значений s_{01} и s_{02} , представленных в таблице. 2. При чистовой обработке подача не более 0,05 мм/об. 3. При обработке стали ШХ15 умножить на поправочный коэффициент 0,5, а дюралюминия — 1,5

Обработка с роликовой опорой



A	d	s_a в мм/об при ширине резания в мм											
		до 5	8	10	15	20	25	30	40	50	60	70	
До 20	4	0,055	0,03	0,025	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	5		0,055	0,04	0,025								
	6	0,08	0,08	0,065	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	7			0,08	0,06	0,04	0,03	0,025	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	8	0,08	0,08	0,08	0,08	0,055	0,045	0,035	0,025	0,02	0,02	0,02	0,02
	9				0,08	0,075	0,06	0,045	0,035	0,025	0,025	0,02	0,02
10	≥12				0,08	0,075	0,06	0,045	0,035	0,025	0,02	0,02	
					0,08	0,08	0,08	0,08	0,065	0,05	0,04	0,035	
До 40	5	0,055	0,03	0,025	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	6				0,04								
	7	0,08	0,08	0,08	0,06	0,035	0,025	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	8				0,08	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	9	0,08	0,08	0,08	0,075	0,055	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	10				0,08	0,075	0,06	0,045	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
≥12				0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,065	0,05	0,04	0,03	

Примечания: 1. При чистовой обработке подача не более 0,05 мм/об. 2. При обработке стали ШХ15 умножать на поправочный коэффициент 0,5, а дюралюминия — 1,5.

БРЕЮЩИЕ ФАСОННЫЕ РЕЗЦЫ



Припуск на диаметр в мм	s_0 в мм/об при d_0 в мм													
	5	6	7	8	9	10	12	14	16	20	25	32	40	50
0,2	0,05	0,06	0,06	0,08	0,09	0,10	0,10	0,12						
0,3	0,05	0,06	0,06	0,08	0,09	0,10	0,10	0,12	0,12	0,12				
0,4	0,06	0,07	0,07	0,09	0,10	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12			
0,5				0,09	0,10	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,15

Примечание. В таблице даны подачи для обработки стали. При обработке сталей ШХ15, 35ХГС и др. с пониженной обрабатываемостью эти значения следует уменьшать в 2—3 раза. Если бреющий резец является лимитирующим, подачи могут быть увеличены в соответствии с данными, приведенными в следующих таблицах.

Обработка без роликовой опоры

l_0 в мм	s_0 в мм/об при d_{min} в мм						
	6	7	8	10	12	14	≥ 16
До 15	1,0	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0	2,0
20			1,0	1,2	1,5	2,0	2,0
25				1,0	1,2	1,5	2,0
30					1,0	1,2	1,8
40						1,0	1,5
50							1,2
60							1,0

Обработка с роликовой опорой

A	d_{\min}	s_0 в мм/об при ширине резания b в мм					
		в мм					
		15	20	25	30	40	50
<20	5	1,5	1,25	1,1	1,0		
	6	2,0	1,75	1,5	1,25	1,0	
	7	2,5	2,25	2,0	1,5	1,25	1,0
>20	5	1,25	1,1	1,0			
	6	2,0	1,5	1,0			
	7	2,5	2,0	1,5	1,0		
	8		2,0	1,5	1,25	1,0	
	9		2,25	2,0	1,5	1,75	1,5

НАКАТЫВАНИЕ РИФЛЕНИЙ

$s_0 = s_0$ (табл.) K_s мм/об, где K_s — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала (для углеродистой стали — 1; для легированной — 0,7; для латуни — 1,2; для дюралюминия — 1,3)

С поперечной подачей

Обрабатываемый диаметр d в мм	s_0 (табл) при ширине накатываемой поверхности b в мм							
	1,5	3	5	8	10	13	16	20
3	0,03	0,02	0,01					
4	0,035	0,03	0,02					
5	0,045	0,035	0,025	0,015				
6	0,055	0,045	0,03	0,02				
8	0,07	0,055	0,045	0,03	0,015			
10	0,08	0,065	0,055	0,045	0,03	0,015		
12	0,09	0,08	0,07	0,06	0,04	0,03		
16	0,1	0,1	0,09	0,07	0,06	0,04	0,015	0,015
20	0,13	0,11	0,1	0,08	0,07	0,05	0,04	0,025
25	0,14	0,13	0,11	0,1	0,08	0,07	0,05	0,03
32	0,16	0,14	0,13	0,12	0,09	0,08	0,06	0,04
40	0,18	0,16	0,15	0,14	0,12	0,1	0,07	0,05
60	0,21	0,19	0,17	0,16	0,14	0,12	0,09	0,07

С продольной подачей

Шаг накатки в мм	0,6	0,8	1	1,2	1,6	2
<i>s</i> _{табл} в мм/об	0,35	0,27	0,2	0,17	0,12	0,1

СВЕРЛЕНИЕ

$s_0 = s_0(\text{табл.}) K_1 K_2$ мм/об, где K_1 — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала; K_2 — от глубины сверления

Диаметр прутка в мм	<i>s</i> ₀ (табл) при обрабатываемом диаметре <i>d</i> в мм																		
	2,5	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22	25	32	40	
12	0,06	0,08	0,11	0,14	0,17	0,17	0,14	0,12											
18	0,06	0,08	0,11	0,14	0,18	0,2	0,2	0,2	0,18	0,16	0,14								
24	0,06	0,08	0,11	0,14	0,18	0,2	0,22	0,25	0,25	0,25	0,25	0,22	0,2						
≥36	0,06	0,08	0,11	0,14	0,18	0,2	0,22	0,25	0,28	0,3	0,3	0,3	0,3	0,28	0,25	0,22	0,18	0,13	

Коэффициент K_1

Обрабатываемый материал	Марка стали								Латунь	Дюралюминий
	A12, A20	15, 20, 30, 35	40, 45	15Г, 15Х, 20Х	30Х	40Х	15НМ, 20Х11М	ШХ15		
K_1	1,0	0,9	0,8	0,8	0,75	0,7	0,75	0,5	1,0	1,5

Коэффициент K_2

Глубина сверления	$2,5d$	$4d$	$5d$	$6d$	$8d$
K_2	1,0	0,9	0,85	0,8	0,75

ЦЕНТРОВАНИЕ

Обрабатываемый материал	s_0 в мм/об при диаметре центrovания в мм										
	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20
Сталь углеродистая	0,04	0,05	0,06	0,08	0,09	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16
» легированная	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,12	0,13	0,14
Латунь	0,05	0,06	0,07	0,09	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22
Дюралюминий	0,05	0,07	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,25

Примечание. При центrovании и сверлении с одного суппорта на многошпиндельных автоматах подачи центrovания и сверления равны.

ЗЕНКЕРОВАНИЕ

Характер обработки	s_0 в мм/об при обрабатываемом диаметре d в мм					
	до 10	10—15	15—20	20—25	25—30	>30
Без подрезки дна	0,3	0,4	0,45	0,5	0,6	0,75
С подрезкой дна торцом зенкера	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,5

РАЗВЕРТЫВАНИЕ

Обрабатываемый материал	s_0 в мм/об при обрабатываемом диаметре d в мм											
	2,5	4	6	8	10	12	16	20	25	32	40	>40
Сталь углеродистая, легированная 15X, 15НМ, 20X, 20ХНМ Латунь	0.1	0.15	0.25	0.35	0.45	0.50	0.55	0.65	0.75	0.85	1.0	1.2
Сталь легированная 30X, 40X Дюралюминий	0.1	0.1	0.15	0.25	0.35	0.40	0.45	0.55	0.65	0.75	0.85	1.0

Пр и м е ч а н и е. Для разверток с торцовой заточкой подача не должна превышать 0,5 мм/об.

СНЯТИЕ ФАСОК

Обрабатываемый материал	s_0 в мм/об при обработке			
	резцом	сверлом	зенкером	зенковкой
Сталь Латунь	} 0,05—0,1	0,12—0,3	0,2—0,4	0,1—0,2
Алюминиевые сплавы	0,08—0,15	0,15—0,4	0,3—0,5	0,15—0,25

Стойкость инструментов. Карта А-3

Стойкость каждого из инструментов наладки, по которой ведется расчет скорости резания,

$$T_p = T_M \lambda \text{ мин.},$$

где T_M — стойкость в минутах машинной работы станка, рекомендуемая для одношпиндельных станков, равна 120 мин, а для многошпиндельных — 150 мин; λ — коэффициент времени резания, расчет которого приведен ниже.

Одношпиндельные автоматы

$$\lambda = \frac{L_{рез}}{L_{p. x}} \cdot \frac{n_c}{\sum n_c - n_c'}$$

где $L_{рез}$ — длина резания в мм; $L_{p. x}$ — длина рабочего хода суппорта или револьверной головки в мм; n_c — число оборотов шпинделя станка при его нормальном вращении (несмотря на то, что на отдельных позициях число оборотов в минуту может быть уменьшенным) за период рабочего хода рассматриваемого суппорта или позиции револьверной

головки; $n_c = \frac{L_{p. x}}{s_0}$ — при вращении шпинделя с нормальным числом

оборотов; $n_c = \frac{L_{p. x}}{s_0 \psi}$ — при вращении шпинделя с уменьшенным числом оборотов (ψ — отношение чисел оборотов при замедлении

и нормальном вращении); $n_c = \frac{L_{p. x}}{s_0 (i + 1)}$ — при дополнительном вращении сверл малого диаметра (i — отношение чисел оборотов инструмен-

та и шпинделя станка); s_0 — подача суппорта или револьверной головки в мм/об, определенная на этапе II, стр. 38; $\sum n_c$ — сумма чисел оборотов шпинделя на все рабочие ходы; n_c' — число оборотов шпинделя за рабочие ходы поперечных суппортов, совпадающие по времени с рабочими ходами револьверной головки.

Многошпиндельные автоматы

$$\lambda = \frac{L_{рез}}{L_{p. x}} \cdot \frac{\theta}{\theta_{p. x}}$$

где θ — центральный угол рабочей части кулачка (без учета зачистной части) в град; $\theta_{p. x}$ — угол поворота распределительного вала на рабочем (замедленном) ходу в град.

Скорость резания. Карта А-4

ТОЧЕНИЕ СТАЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ

$v = v_{табл} K_1 K_2 K_3$, где K_1 — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала; K_2 — от стойкости инструмента; K_3 — от диаметра обрабатываемого прутка для фасонных и отрезных резцов.

Скорость резания $v_{табл}$

Проходные тангенциальные резы

Глубина резания t в мм	$v_{табл}$ при s_0 в мм/об															
	до 0,06	0,1	0,12	0,14	0,16	0,18	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8
До 1	67	62	60	57	56	54	53	50	48	46	44	42	41	38	37	35
1,5	64	58	56	54	52	51	50	47	45	43	41	40	38	36	34	33
2	61	56	54	51	50	49	48	45	43	41	39	37	36	34	33	32
2,5	59	54	52	50	48	47	46	44	42	40	38	36	35	33	32	31
3	57	52	50	49	47	46	45	43	41	38	36	35	34	32	31	30
4	54	49	47	46	45	44	43	39	37	36	34	33	32	31	30	29
5	53	48	46	45	44	43	42	38	36	35	33	32	31	30	29	28
6	51	46	45	44	43	42	41	37	35	34	32	31	30	29	28	27
8	49	44	43	42	41	40	39	35	33	32	31	30	28	27	26	25

Фасонные резы

s_0 в мм/об	до 0,03	0,035	0,04	0,045	0,05	0,055	0,06	0,065	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	0,12	0,14
$v_{табл}$	73	70	67	65	61	58	56	54	52	49	47	44	41	40	37

Примечания. 1. Для резов сложной конфигурации с глубоким профилем табличные значения скоростей резания умножать на 0,85; при чистовой обработке (для уменьшения износа) — на 0,8; при обработке некруглых прутков — на 0,9.

2. При применении инструментов из быстрорежущих сталей повышенной производительности скорости резания умножать на 1,2.

Отрезные резы

s_0 в мм/об	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,12	0,14	0,16	0,18	0,2
$v_{табл}$	70	63	57	53	48	45	43	39	35	33	31	29

Коэффициенты K_1, K_2, K_3

Коэффициент K_1

Марка стали	НВ	Резец	
		фасонный	проходной и отрезной
А12, А20	150—235	1,0	1,0
15	135—200	0,6	0,75
20	150—210	0,65	0,9
30	170—230	0,65	0,8
35, 40	170—230	0,6	0,75
45	190—240	0,55	0,7
15Г	150—210	0,65	0,8
15Х, 15НМ	150—220	0,7	0,8

Марка стали	НВ	Резец	
		фасонный	проходной и отрезной
20X	170—230	0,75	0,8
30X	170—240	0,55	0,65
40X	190—270	0,5	0,6
20XНМ	170—230	0,75	0,8

Примечание. При обработке сталей, легированных свинцом, скорость резания умножать на 1,2 по сравнению с аналогичными по химическому составу сталями равной твердости.

Коэффициент K_2

Резец	K_2 при стойкости инструмента T_p в минутах резания						
	до 30	60	100	120	180	240	300
Проходной	1,25	1,1	1,0	0,95	0,9	0,85	0,8
Фасонный и отрезной	1,4	1,15	1,0	0,95	0,85	0,75	0,7

Коэффициент K_3

Диаметр прутка d в мм	До 12	12—18	>18
K_3	0,8	0,9	1,0

Примечание. Для резцов, оснащенных твердыми сплавами, на лимитирующих по стойкости позициях скорость резания больше, чем для резцов из быстрорежущих сталей, в 1,5—2 раза.

ТОЧЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ЛАТУНИ И ДЮРАЛЮМИНИЯ

$v = v_{\text{табл.}} \cdot K_v$, где K_v — коэффициент, зависящий от стойкости инструмента.

Скорость резания $v_{\text{табл}}$

Проходные тангенциальные резцы

f в мм	$v_{\text{табл}}$ при S_0 в мм/об																			
	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,12	0,14	0,16	0,18	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8
Обработка латуни (НВ 60—100)																				
0.5	130	125	120	116	112	110	105	100	96	94	92	87	84	80	76					
1	122	116	113	108	104	102	98	94	90	88	86	80	78	75	73	70	68	65	61	
2	115	110	106	101	98	95	91	87	84	82	80	76	72	70	68	68	65	61	58	
3	110	104	102	98	94	92	87	84	82	80	77	73	70	67	64	62	61	58	55	
4	106	100	98	94	92	88	84	82	80	77	75	71	68	65	62	61	59	57		
5	104	98	96	92	90	87	83	80	77	75	73	70	67	63	61	60	58	56		
6	102	96	94	90	87	86	82	78	76	74	72	68	65	62	60	59	57	55		
8	98	93	91	87	84	83	80	76	74	72	70	65	63	60	58	57	55	53		
Обработка дюралюминия ($\sigma_s = 40 \div 50$ кг/мм²)																				
0.5	233	216	210	196	190	182	170	162	154	148	140	126	122	116	110					
1	208	193	185	177	170	162	153	144	138	132	126	116	110	104	98	94	90	85	80	75
2	187	174	165	158	150	145	137	128	124	118	112	105	97	95	88	84	80	76	72	68
3	176	163	156	148	142	137	128	120	116	110	105	97	90	87	83	80	77	72	67	61
4	167	156	148	140	136	130	123	116	110	106	102	93	87	83	80	76	72	68	63	61
5	162	150	143	137	130	125	118	112	107	103	100	90	85	80	76	74	70	65	62	59
6	157	146	139	133	127	122	115	110	104	100	96	88	82	78	74	70	67	64	61	58
8	150	140	132	126	122	116	110	104	98	95	90	84	78	74	70	67	65	60	58	55

Фасонные резцы

Обрабатываемый материал	<i>v</i> табл при s_0 в мм/об																			
	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04	0,045	0,05	0,055	0,06	0,065	0,07	0,075	0,08	0,085	0,09	0,1	0,11	0,12	0,14	
Латунь	110	100	90	84	76	73	70	66	64	61	59	57	55	53	52	50	47	45	40	36
Дюралюминий	147	132	120	112	104	98	93	90	85	83	79	76	74	72	70	66	63	60	56	50

Отрезные резцы

Обрабатываемый материал	<i>v</i> табл при s_0 в мм/об													
	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	0,12	0,14	0,16	0,18	0,2
Латунь	100	84	75	68	64	60	56	53	51	50	45	42	40	38
Дюралюминий	150	128	114	105	96	90	86	81	78	74	68	64	60	58

Коэффициент K_D

Резец	K_D при стойкости инструмента в мин						
	до 30	60	100	120	180	240	300
Проходной	1,25	1,1	1,0	0,95	0,9	0,85	0,8
Фасонный и отрезной	1,4	1,15	1,0	0,95	0,85	0,75	0,7

Примечание. Для инструментов, оснащенных твердым сплавом, скорость резания увеличивать в 1,5—2 раза.

СВЕРЛЕНИЕ, ЗЕПКЕРОВАНИЕ, РАЗВЕРТЫВАНИЕ СТАЛИ

$v = v_{табл} K_1 K_2 K_3$, где K_1 — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала; K_2 — от стойкости инструмента; K_3 — от глубины сверления.

Скорость резания $v_{табл}$

Сверление, центрование

$S_{н.в}$ мм/об	$v_{табл}$ при обрабатываемом диаметре d в мм															
	2,5	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	25	32	36	40
0,04	30	36	40	43	46											
0,06	23	27	30	33	35	40	44	47								
0,08	19	22	24	27	29	32	35	38								
0,1	16	19	21	23	25	28	30	33	35	37	38	40	44	46	48	50
0,12	14	17	19	20	22	24	27	29	31	32	33	35	39	42	43	44
0,14	12	15	17	18	20	22	24	26	28	29	30	31	34	36	38	39
0,16		14	15	17	18	20	22	24	25	27	28	29	32	34	35	37
0,18			14	16	17	19	20	22	23	24	25	26	29	31	33	35
0,2				14	15	17	19	20	22	23	24	25	27	30	31	32
0,25					13	15	17	18	19	21	22	23	25	26	28	29
0,3						13	14	15	17	19	20	21	23	24	25	26
0,35							12	13	16	17	18	19	21	22	23	24
0,4							11	12	15	16	17	18	20	21	22	23

Зенкерование

s_0 в мм/об	$v_{табл}$ при обрабатываемом диаметре d в мм						
	до 10	12	16	20	25	32	≥ 36
До 0,2	27	28	30	32	33		
0,25	25	26	27	28	30	31	32
0,3	22	23	25	26	27	28	29
0,35	20	21	23	24	25	26	27
0,4	19	20	21	22	23	24	25
0,45	18	19	20	21	22	23	24
0,5		18	19	20	21	22	23
0,6			18	19	20	20	21
0,7				17	18	18	19
0,8					17	17	18

Развертывание *

s_0 в мм/об	$v_{табл}$ при обрабатываемом диаметре d в мм									
	до 6	8	10	12	16	18	20	25	32	≥ 40
До 0,15	18	19								
0,2	15	17	18	19						
0,3	12	13	14	15	17	18	19	20		
0,4	10	11	12	13	14	15	16	19	20	20
0,5		10	11	11	12	13	14	16	17	19
0,6			9	10	11	12	12	14	15	17
0,7				9	10	11	11	13	14	15
0,8						10	10	12	13	14
0,9								11	12	13
1,0								10	11	12
1,5									9	10

* В таблице даны технологические скорости резания (на коэффициент K_2 не умножать).

Коэффициенты K_1, K_2, K_3
Коэффициент K_1

Операция	Марка стали											
	A12, A20	15	20	30	35, 40	45	15Г	15Х 15НМ	20Х	30Х	40Х	20ХНМ
	НВ											
	150— 235	135— 200	150— 210	170— 230	170— 230	190— 230	150— 210	150— 220	170— 230	170— 240	190— 270	170— 230
Сверление, зенкерование	1,0	0,75	0,9	0,8	0,75	0,7	0,8	0,8	0,8	0,65	0,65	0,8
Развертывание	1,0									0,8		1,0

Коэффициент K_2

Операция	K_2 при стойкости инструмента T_p в минутах резания						
	до 30	60	100	120	180	240	300
Сверление	1,25	1,1	1,0	0,95	0,9	0,85	0,8
Зенкерование	1,35	1,15	1,0	0,95	0,85	0,8	0,75

Коэффициент K_3

Глубина сверления	До $2d$	$3d$	$4d$	$5d$	$6d$	$8d$
K_3	1,0	0,9	0,8	0,7	0,65	0,6

Примечание. При обработке сталей, легированных свинцом, скорости резания увеличивать в 1,2 раза по сравнению с аналогичными по химическому составу сталями равной твердости.

СВЕРЛЕНИЕ, ЗЕНКЕРОВАНИЕ, РАЗВЕРТЫВАНИЕ ЛАТУНИ И ДЮРАЛЮМИНИЯ

$v = v_{табл} K_1 K_2 K_3$, где K_1 — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала; K_2 — от глубины сверления; K_3 — от стойкости инструмента.

Скорость резания $v_{табл}$
Сверление, центрование

s_0 в мм/об	$v_{табл}$ при обрабатываемом диаметре d в мм															
	2,5	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	25	32	36	40
0,04	52	63	70	75	80											
0,06	40	47	52	58	60	70	77	82								
0,08	33	38	42	47	50	55	60	65								
0,1	28	33	37	40	44	50	53	58								
0,12	25	30	33	35	38	42	47	50	54	56	58	60	68	74	76	77
0,14	21	26	30	32	35	38	42	45	48	50	53	55	60	63	66	68
0,16		24	26	30	32	35	38	42	44	47	50	52	56	60	62	65
0,18			24	28	30	33	35	38	40	42	44	45	50	54	58	61
0,2				24	26	30	33	35	38	40	42	44	47	52	54	56
0,25					22	26	30	31	33	36	37	38	44	46	49	51
0,3						22	24	26	30	33	34	35	40	42	44	45
0,35							20	21	28	30	32	33	37	38	40	42
0,4							19	20	26	28	30	32	35	37	38	40
0,45									24	25	27	28	30	32	34	35
0,5									22	23	25	26	28	30	32	34
0,6												25	27	28	30	32

Зенкерование

s_0 в мм/об	$v_{табл}$ при обрабатываемом диаметре d в мм						
	до 10	12	16	20	25	32	≥32
До 0,2	47	49	52	56	58	—	—
0,25	44	45	47	49	53	54	56
0,3	40	39	40	44	46	49	51
0,35	35	37	40	42	44	46	47
0,4	33	35	37	39	40	42	44
0,45	32	33	35	37	39	40	42
0,5		31	33	35	37	38	40
0,6			31	33	35	35	37
0,7				30	32	32	33
0,8					30	30	32

Развертывание *

s_0 в мм/об	$v_{табл}$ при обрабатываемом диаметре d в мм									
	до 6	8	10	12	16	18	20	25	32	≥40
До 0,15	23	24								
0,2	19	21	23	24						
0,3	15	16	18	19	21	23	24	25		
0,4	13	14	15	16	18	19	20	24	25	25
0,5		13	14	14	15	16	18	20	21	24
0,6			12	13	14	15	15	18	19	21
0,7				12	13	14	14	16	18	19
0,8					13	14	13	15	16	18
0,9								14	15	16
1,0								13	14	15
1,5								11	12	13

* В таблице даны технологические скорости резания (на коэффициент K_3 не умножать).

Коэффициенты K_1, K_2, K_3

Коэффициент K_1

Операция	K_1 при обработке	
	латуни	дюралюминия
Сверление	1,0	1,8
Зенкерование	1,0	1,8
Развертывание	1,0	2

Коэффициент K_2

Глубина обработки	2d	3d	4d	5d	6d	8d
K_2	1,0	0,9	0,8	0,7	0,65	0,6

Коэффициент K_3

Операция	K_3 при стойкости инструмента T_p в минутах резания						
	до 30	60	100	120	180	240	300
Сверление	1,25	1,1	1,0	0,95	0,9	0,85	0,8
Зенкерование	1,35	1,15	1,0	0,95	0,85	0,8	0,75

НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ

$v = v_{табл} K_v$ м/мин, где K_v — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала.

Скорость резания $v_{табл}$

Метчики и плашки

Диаметр резьбы d в мм	$v_{табл}$ при шаге S в мм						
	0,5	0,75	1	1,25	1,5	2	3
3—6	7	8	9				
8—10	8	9	10	10	11		
12—16	9	10	11	11	13	13	
18—24	10	11	13		15	15	14
27 и более		13	14		16	15	15

Резьбонарезные головки

Диаметр резьбы d в мм	$v_{табл}$ при шаге s в мм						
	0.5	0.75	1	1.25	1.5	2	3
3—6	10	11	13				
8—10	11	13	14	14	15		
12—16	13	14	15	15	16		
18—24	14	15	16		17	17	17
27 и более		16	17		18	19	18

Коэффициент K_v

Обрабатываемый материал	Сталь							Латунь	Дюралюминий
	A12, A20	15, 20	30, 35, 40, 45	15Г	15Х, 15НМ, 20Х, 20ХНМ	30Х, 40Х	ШХ15		
K_v	1	0,7	0,9	0,9	0,9	0,8	0,5	1,2	1,4

Примечания: 1. Табличные скорости резания даны для нарезания резьбы 2-го класса точности. При нарезании резьб 1-го класса точности скорости резания уменьшать на 20%.

2. Для неотчетливых резьб скорости резания повышать на 10—20%.

3. Рекомендуемые скорости резания рассчитаны для круглых гребенок с углом заборной части $\varphi = 20^\circ$. При угле заборной части $\varphi = 30^\circ$ скорости резания уменьшать на 10%, при $\varphi = 45^\circ$ — на 25%.

Мощность резания. Карта А-5

Для проходных и подрезных резцов

$$N_{рез} = N_{табл1} K_N t \frac{v}{100};$$

для фасонных и отрезных резцов

$$N_{рез} = N_{табл2} K_N B \frac{v}{100};$$

для зенкеров

$$N_{рез} = 1,3 N_{табл1} K_N t \frac{v}{100};$$

для сверл

$$N_{рез} = N_{табл3} K_N \frac{n}{1000};$$

где $N_{табл1}$, $N_{табл2}$, $N_{табл3}$ — табличные значения мощности в *квт*; K_v — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала; t — глубина обработки в мм; B — ширина резания в мм; v — скорость обработки в м/мин; n — число оборотов в минуту.

МОЩНОСТЬ РЕЗАНИЯ $N_{табл}$

Значения $N_{табл 1}$

s_0 в мм/об	D_0 0,05	0,08	0,1	0,12	0,14	0,16	0,18	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8
$N_{табл 1}$	0,2	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,6	1,8	1,9

Значения $N_{табл 2}$

Резец	$N_{табл 2}$ при s_0 в мм/об																
	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	0,12	0,14	0,16	0,18	0,2	0,22	0,24
Фасонный простой Фасонный сложный и отрезной	0,1 0,12	0,15 0,17	0,2 0,22	0,23 0,26	0,26 0,3	0,3 0,35	0,34 0,4	0,37 0,43	0,4 0,47	0,44 0,5	0,48 0,55	0,55 0,63	0,6 0,7	0,65 0,75	0,7 0,85	0,8 0,9	0,85 1,0

Значения $N_{табл 3}$

s_0 в мм/об	$N_{табл 3}$ при диаметре сверла D в мм															
	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	25	30	35	40
0,04	0,01	0,02	0,03	0,05	0,08											
0,06	0,012	0,03	0,05	0,07	0,1	0,2	0,3	0,4								
0,08	0,015	0,03	0,06	0,09	0,13	0,25	0,4	0,55								
0,1	0,017	0,04	0,07	0,11	0,16	0,28	0,45	0,65	0,9							
0,12	0,02	0,05	0,08	0,13	0,18	0,33	0,5	0,75	1,0	1,1	1,6	1,8	2,8	4,0	5,5	7,0
0,14	0,025	0,05	0,09	0,15	0,2	0,37	0,6	0,85	1,1	1,3	1,8	2,0	3,2	4,5	6,5	8,0
										1,5	2,0	2,3	3,5	5,2	7,0	9,5

S_0 в мм/об	$v_{табл.}$ при диаметре сверла D в мм															
	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	25	30	35	40
0.16		0.06	0.1	0.16	0.23	0.4	0.65	0.93	1.3	1.6	2.4	2.6	4.0	5.8	8.0	10.5
0.18			0.11	0.18	0.26	0.45	0.7	1.0	1.4	1.8	2.6	2.8	4.5	6.5	8.5	11.5
0.2				0.2	0.27	0.5	0.8	1.1	1.6	2.0	2.8	3.0	5.0	7.0	9.5	12.5
0.25					0.35	0.6	0.9	1.3	1.8	2.4	3.5	4.0	6.0	8.5	11.5	15.0
0.3						0.7	1.0	1.5	2.0	2.7	4.0	4.5	6.5	10.0	13.0	17.0
0.35							1.1	1.7	2.4	3.0	4.5	5.0	7.5	11.0	15.0	19.5
0.4							1.3	2.0	2.6	3.5	5.0	5.5	8.5	12.0	16.5	21.5

Коэффициент K_N

Марка стали	A12, A20	15	20	30	35, 40	45	15Г	15X, 15НМ	20X, 20XНМ	30X	40X	ШХ15
HV K_N	195 1	170 1.3	180 1.25	200 1.15	205 1.15	210 1.2	180 1.25	190 1.3	200 1.25	205 1.2	230 1.25	200 2.3

Примечания: 1. При обработке стали другой твердости принимать следующие коэффициенты:

Отношение фактической твердости к табличной	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3
K_N	0.75	0.85	0.90	0.95	1.0	1.1	1.15	1.25

2. Определяя мощность резания при обработке латуни и дюралюминия, применять коэффициенты по отношению к стали A12 соответственно 0.3 и 0.5.

3. Силу резания P_2 в кг при точении и крутящий момент $M_{кр}$ в кгм при сверлении и зенкерование можно вычислить по следующим формулам:

$$P_2 = 6120 \frac{N_{рез}}{v} \text{ кг}; \text{ при сверлении } M_{кр} = N_{табл.} \cdot K_N \text{ кгм}; \text{ при зенкерование } M_{кр} = 3.06 \frac{N_{рез} \cdot D}{v} \text{ кгм.}$$

ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ

С учетом кинематических особенностей различных типов станков рекомендации по расчету приведены для отдельных видов обработки:

одноинструментной;

многоинструментной на одношпиндельных станках с прямолинейной подачей;

на многошпиндельных станках с прямолинейной подачей;

на многошпиндельных станках с круговой подачей.

Рекомендуемые скорости резания ориентированы на применение охлаждения эмульсией при обработке деталей из стали и ковкого чугуна и работе без охлаждения по серому чугуну. При скоростном фрезеровании стальных деталей эти же данные практически приемлемы и при работе без охлаждения.

Рекомендации по расчету режимов резания. Карта Ф-1 ОДНОИНСТРУМЕНТНАЯ ОБРАБОТКА

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
1	Расчет длины рабочего хода $L_{р. х}$ в мм и средней ширины фрезерования $b_{ср}$ в мм. (При одновременной обработке нескольких деталей их рассматривают как одну деталь)	$L_{р. х} = L_{рез} + y + L_{доп}$ (значения y см. в приложении 3, стр. 301–302) $b_{ср} = \frac{F}{L_{рез}}$	1. Длина резания $L_{рез}$, равная длине обработки, измеренной в направлении резания 2. Длина подвода, врезания и перебега инструмента y 3. Дополнительная длина хода, вызванная в ряде случаев особенностями наладки и конфигурации детали $L_{доп}$ 4. Площадь фрезеруемых поверхностей F

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
II	Определение рекомендуемой подачи на зуб фрезы по нормативам s_2 в мм/зуб	См. карту Ф-2, стр. 83—86	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обрабатываемый металл и его твердость 2. Тип фрезы 3. Инструментальный материал 4. Для отдельных типов фрез — глубина резания t, ширина фрезерования b и диаметр фрезы D
III	Определение стойкости инструмента по нормативам T_p в минутах резания	См. карту Ф-3, стр. 87	<ol style="list-style-type: none"> 1. Тип фрезы и ее диаметр D 2. Инструментальный материал 3. Коэффициент времени резания λ
IV ^a	<p>Расчет скорости резания v в м/мин, числа оборотов шпинделя n в минуту, минутной подачи s_M в мм/мин, а для станков с круговой подачей также числа оборотов стола n_{cm} в минуту:</p> <p>а) определение рекомендуемой нормативами скорости резания;</p> <p>б) расчет числа оборотов шпинделя, соответствующего рекомендуемой скорости резания, и уточнение его по паспорту станка;</p> <p>в) уточнение скорости резания по принятым оборотам шпинделя;</p> <p>г) расчет минутной подачи по принятому значению числа оборотов шпинделя</p> <p>Для станков с прямой подачей:</p> <p>д) уточнение расчетной минутной подачи s_M по паспорту станка</p> <p>Для станков с круговой подачей:</p> <p>е) определение числа оборотов стола n_{cm} по расчетному значению минутной подачи, уточнение его по паспорту станка и расчет минутной подачи s_M по принятым оборотам стола</p>	<p>См. карту Ф-4, стр. 88—101</p> $n = \frac{1000v}{\pi D}$ $v = \frac{\pi D n}{1000}$ $s_M = s_2 z_M n$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обрабатываемый металл и его твердость 2. Тип фрезы и ее материал 3. Диаметр фрезы D и число зубьев z_M 4. Подача на зуб s_2 5. Для отдельных типов фрез — глубина резания t, ширина фрезерования b 6. Стойкость T_p 7. Для станков с круговой подачей — средний диаметр расположения деталей на столе $d_{расп}$, равный полусумме наибольшего d_M и наименьшего d_B диаметров расположения деталей на столе
		$n_{cm} = \frac{s_M}{\pi d_{расп}}$ $s_M = \pi d_{расп} n_{cm}$	

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
V	Расчет основного машинного времени обработки t_M в мин на комплект (комплект включает все детали, установленные на столе станка)	$t_M = \frac{L_{p. x}}{s_M} \text{ — для станков с прямолинейной подачей; } t_M = \frac{1}{n_{cm}} \text{ — для станков с круговой подачей}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Для станков с прямолинейной подачей — длина рабочего хода стола $L_{p. x}$ и принятая минутная подача s_M 2. Для станков с круговой подачей — число оборотов стола в минуту n_{cm}
VI	Выявление подачи на зуб фрезы s_z в мм/зуб по принятым режимам резания	$s_z = \frac{s_M}{nz_u} \text{ — для станков с прямолинейной подачей; } s_{z \text{ max}} = \frac{\pi d_n n_{cm}}{nz_u} \text{ — для станков с круговой подачей}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Число зубьев фрезы z_u 2. Наибольший диаметр расположения деталей на столе d_n 3. Установленные минутная подача s_M, число оборотов шпинделя n, число оборотов стола n_{cm}
VII	Проверочные расчеты по мощности резания: <ol style="list-style-type: none"> а) определение по нормативам потребной мощности $N_{рез}$ в кВт; б) проверка по мощности двигателя $N_{дв}$; в) проверка прочности привода (производится только при малых числах оборотов шпинделя, обычно на первых трех-четырех ступенях) 	См. карту Ф-5, стр. 101—103 $N_{рез} \leq 1,2N_{дв} \cdot \eta$ $N_{рез} \leq N_{кр}$ $N_{кр} = \frac{M_{кр} \cdot n}{974} \text{ кВт}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обрабатываемый металл и его твердость 2. Тип фрезы и число зубьев z_u 3. Материал инструмента 4. Максимальная ширина фрезерования b_{max} 5. Глубина резания t 6. Скорость резания v 7. Мощность двигателя $N_{дв}$ 8. К. п. д. станка η 9. Допустимый по прочности для данного числа оборотов шпинделя крутящий момент $M_{кр}$ в кгм

¹ Длину рабочего хода $L_{p. x}$ для станков с круговой подачей не определяют; b_{cp} находят в случае переменной ширины фрезерования.

² Если по паспорту станка минутная подача s_M или число оборотов стола n_{cm} значительно меньше расчетных, в целях повышения стойкости инструмента целесообразно снизить число оборотов шпинделя в минуту, сохранив подачу на зуб фрезы в пределах, рекомендуемых картой Ф-2.

**МНОГОИНСТРУМЕНТНАЯ ОБРАБОТКА НА ОДНОШПИНДЕЛЬНЫХ СТАНКАХ
С ПРЯМОЛИНЕЙНОЙ ПОДАЧЕЙ**

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
I'	Расчет длины рабочего хода $L_{p.x}$ в мм и средней ширины фрезерования b_{cp} в мм. (При одновременной обработке нескольких деталей их комплект рассматривается как одна деталь)	$L_{p.x} = L_{рез} + y + L_{дон}$ (значение y см. в приложении 3; стр. 303); $b_{cp} = \frac{F}{L_{рез}}$	Те же, что и при одноинструментной обработке (см. этап I, стр. 73)
II	Назначение расчетной подачи на зуб фрезы s_z в мм/зуб: а) определение рекомендуемой подачи на зуб фрезы для каждого инструмента по нормативам; б) расчет подач на оборот s_0 для каждой фрезы и принятие общей подачи на оборот шпинделя по меньшим из полученных расчетом значений; в) уточнение расчетной подачи на зуб для каждого инструмента по общей подаче на оборот	См. карту Ф-2, стр. 83—86 $s_0 = s_z \cdot z_u$ $s_z = \frac{s_0}{z_u}$	1. Те же, что и при одноинструментной обработке (см. этап II, стр. 74) 2. Число зубьев фрезы z_u
III	Определение стойкости инструментов по нормативам T_p в минутах резания	См. карту Ф-3, стр. 87	1. Те же, что и при одноинструментной обработке (см. этап III, стр. 74) 2. Количество инструментов в наладке
IV	Расчет скорости резания v в м/мин, числа оборотов шпинделя n в минуту и минутной подачи s_m в мм/мин: а) определение рекомендуемых нормативами скоростей резания всех инструментов; б) расчет чисел оборотов шпинделя, соответствующих рекомендуемым скоростям резания;	См. карту Ф-4, стр. 88—101 $n = \frac{1000v}{\pi D}$	1. Те же, что и при одноинструментной обработке (см. этап IV, стр. 74) 2. Принятая подача на оборот шпинделя s_0

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
IV	в) назначение числа оборотов шпинделя станка по паспорту, исходя из рассчитанных чисел оборотов (не рекомендуется превышать минимальные значения расчетных чисел оборотов более чем на 10—15%); г) уточнение скоростей резания по принятому числу оборотов шпинделя; д) ² определение минутной подачи по принятому числу оборотов шпинделя и уточнение ее по паспорту станка	$v = \frac{\pi D n}{1000}$ $s_M = s_0 n$	
V	Расчет основного машинного времени обработки t_M в мин на комплект (комплект включает все детали, установленные на столе станка)	$t_M = \frac{L_{p. x}}{s_M}$	1. Длина рабочего хода стола $L_{p. x}$ 2. Минутная подача s_M
VI	Выявление подачи на зуб для каждой фрезы s_z в мм/зуб по принятым режимам резания	$s_z = \frac{s_M}{n z_u}$	1. Число зубьев фрезы z_u 2. Установленные минутная подача s_M и число оборотов шпинделя n
VII	Проверочные расчеты по мощности резания: а) определение по нормативам потребной для каждой фрезы мощности резания $N_{рез}$ в кВт; б) расчет наибольшей за период работы станка суммарной мощности резания $\sum N_{рез}$ в кВт, равной сумме $N_{рез}$ одновременно работающих инструментов (при затруднениях в ее определении рекомендуется строить график расхода мощности, как это указано в приложении 1, стр. 262);	См. карту Ф-5, стр. 101—103	1. Обрабатываемый металл и его твердость 2. Тип фрезы 3. Число зубьев фрезы z_u 4. Инструментальный материал 5. Максимальная ширина фрезерования b_{max} 6. Глубина резания t 7. Скорость резания инструментов v 8. Эскиз наладки 9. Мощность двигателя $N_{дв}$ 10. Коэффициент полезного действия станка η 11. Допустимый по прочности для данного числа оборотов шпинделя крутящий момент $M_{кр}$ в кгм

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
VII	в) проверка по мощности двигателя $N_{дв}$ в <i>квт</i> ; г) ^а проверка прочности привода (производится только при малых числах оборотов шпинделя, обычно на первых трех-четырёх ступенях)	$\sum N_{рез} \leq 1,2N_{дв} \eta$ $\sum N_{рез} \leq N_{кр}$ $N_{кр} = \frac{M_{кр} n}{974} \text{ квт}$	

^а $b_{ср}$ определяют в случае переменной ширины фрезерования.

^б Когда осуществимая на станке минутная подача значительно меньше расчетной, целесообразно в целях повышения стойкости инструмента снизить число оборотов шпинделя в минуту, сохранив подачу на зуб фрезы в пределах, рекомендуемых картой Ф-2.

^в Если по прочности привода выбранный режим резания не ограничивается, а $\sum N_{рез} > 1,2N_{дв} \eta$, то двигатель следует проверить на пиковую нагрузку и по нагреву (см. приложение 1, стр. 263).

ОБРАБОТКА НА МНОГОШПИНДЕЛЬНЫХ СТАНКАХ С ПРЯМОЛИНЕЙНОЙ ПОДАЧЕЙ

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
I ⁴	Расчет длины рабочего хода $L_{р. х}$ в мм и средней ширины фрезерования $b_{ср}$ в мм (при одновременной обработке нескольких деталей их комплект рассматривается как одна деталь)	$L_{р. х} = L_{рез} + y + L_{доп}$ (значение y см. в приложении 3, стр. 303) $b_{ср} = \frac{F}{L_{рез}}$	Те же, что и при одноинструментной обработке (см. этап 1, стр. 73)

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
II	<p>Назначение расчетной подачи на зуб для каждой фрезы s_z в мм/зуб:</p> <p>а) определение рекомендуемой подачи на зуб фрезы для каждого инструмента по нормативам;</p> <p>б) расчет подачи на оборот s_0 для каждой фрезы и принятие для фрез, работающих на одной оправке, общей подачи по меньшим из полученных расчетом значений;</p> <p>в) уточнение расчетной подачи на зуб для каждого инструмента по общей для оправки подаче на оборот</p>	<p>См. карту Ф-2, стр. 83—86</p> $s_0 = s_z \cdot z_u$ $s_z = \frac{s_0}{z_u}$	<p>1. Те же, что и при одноинструментной обработке (см. этап II, стр. 74)</p> <p>2. Число зубьев фрезы z_u</p>
III	<p>Определение периодов стойкости инструментов по нормативам T_p в минутах резания</p>	<p>См. карту Ф-3, стр. 87</p>	<p>Те же, что и при многоинструментной обработке на одношпиндельных станках (см. этап III, стр. 76)</p>
IV ²	<p>Расчет скоростей резания v в м/мин, минутной подачи s_m в мм/мин и чисел оборотов шпинделей n в минуту:</p> <p>а) определение рекомендуемых нормативов скоростей резания всех инструментов;</p> <p>б) расчет чисел оборотов каждого инструмента, соответствующих рекомендуемым скоростям резания, и принятие для фрез, работающих на одной оправке, общего числа оборотов шпинделя по меньшим из полученных расчетом значений;</p>	<p>См. карту Ф-4, стр. 88—101</p> $n = \frac{1000v}{\pi D}$	<p>Те же, что и при одноинструментной обработке на одношпиндельных станках (см. этап III, стр. 74)</p>

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
IV	в) расчет минутной подачи по принятым оборотам шпинделей, установление общей минутной подачи стола по меньшему из полученных расчетом значений и уточнение ее по паспорту станка; г) расчет чисел оборотов шпинделей по принятой минутной подаче и уточнение их по паспорту станка; д) уточнение скоростей резания инструментов по принятым числам оборотов шпинделей	$s_M = s_0 n$ $n = \frac{s_M}{s_0}$ $v = \frac{\pi D n}{1000}$	
V	Расчет основного машинного времени обработки t_M в мин на комплект	$t_M = \frac{L_p \cdot x}{s_M}$	1. Длина рабочего хода стола $L_p \cdot x$ 2. Принятая минутная подача s_M
VI	Выявление подачи на зуб для каждой фрезы s_z в мм/зуб по принятым режимам резания	$s_z = \frac{s_M}{n z_u}$	1. Число зубьев фрезы z_u 2. Установленные минутная подача s_M и число оборотов шпинделя n
VII	Проверочные расчеты по мощности производят так же, как и при многоинструментной обработке на одношпиндельных станках	См. этап VII (см. стр. 78) при многоинструментной обработке на одношпиндельных станках	См. этап VII (см. стр. 78) при многоинструментной обработке на одношпиндельных станках, причем расчет ведется раздельно для каждой фрезы или группы фрез, имеющих общий привод

¹ $b_{ср}$ определяют в случае переменной ширины фрезерования.

² Если расчетные числа оборотов шпинделей значительно больше, то необходимо в соответствии с установленными (по паспорту) значениями n и расчетными значениями подачи на зуб s_z пересчитать минутную подачу и уточнить ее по паспорту.

ОБРАБОТКА НА МНОГОШПИНДЕЛЬНЫХ СТАНКАХ С КРУГОВОЙ ПОДАЧЕЙ

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
I	<p>Определение средней ширины фрезерования $b_{ср}$ в мм (при одновременной обработке нескольких деталей их комплект рассматривают как одну деталь)</p>	$b_{ср} = \frac{F}{L_{рез}}$	<p>1. Площадь фрезеруемых поверхностей F 2. Длина резания $L_{рез}$, равная длине обработки, измеренной в направлении резания</p>
II	<p>Определение рекомендуемой подачи на зуб для каждой фрезы по нормативам s_z в мм/зуб</p>	См. карту Ф-2, стр. 83-86	<p>Те же, что и при одноинструментной обработке (см. этап II, стр. 74)</p>
III	<p>Определение стойкости инструментов по нормативам T_p в минутах резания</p>	См. карту Ф-3, стр. 87	<p>Те же, что и при многоинструментной обработке на одношпиндельных станках (см. этап III, стр. 76)</p>
IV ¹	<p>Расчет скорости резания v в м/мин, числа оборотов стола $n_{ст}$ в минуту, минутной подачи s_M в мм/мин и числа оборотов шпинделей n в минуту:</p> <p>а) определение рекомендуемых нормативами скоростей резания всех инструментов;</p> <p>б) расчет чисел оборотов шпинделей, соответствующих рекомендуемым скоростям резания;</p> <p>в) определение минутной подачи по рекомендуемым числам оборотов шпинделей;</p> <p>г) определение числа оборотов стола в минуту для каждого шпинделя по рассчитанным минутным подачам, принятие общего для всех инструментов числа оборотов стола по меньшим из полученных расчетом значений и уточнение его по паспорту станка;</p>	<p>См. карту Ф-4, стр. 88-101</p> $n = \frac{1000 v}{\pi D}$ $s_M = s_z z_u n$ $n_{ст} = \frac{s_M}{\pi d_{расп}}$	<p>1. Те же, что и при многоинструментной обработке на одношпиндельных станках (см. этап IV, стр. 76) 2. Средний диаметр расположения деталей на столе $d_{расп}$</p>

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
IV	<p>д) уточнение по принятому числу оборотов стола минутной подачи;</p> <p>е) расчет чисел оборотов шпинделей по принятой минутной подаче и уточнение их по паспорту станка;</p> <p>ж) расчет скоростей резания инструментов по принятым числам оборотов шпинделей</p>	$s_M = n_{cm} \pi d_{расч}$ $n = \frac{s_M}{s_z z u}$ $v = \frac{\pi D n}{1000}$	
V	Расчет основного машинного времени обработки t_M в мин на комплект	$t_M = \frac{1}{n_{cm}}$	Те же, что и для одноинструментных станков с круговой подачей (см. этап V, стр. 75)
VI	Выявление максимальной подачи на зуб для каждой фрезы s_z в мм/зуб по принятым режимам резания	$s_z (\max) = \frac{\pi d_n n_{cm}}{n z u}$	Те же, что и для одноинструментных станков с круговой подачей (см. этап VI, стр. 75)
VII	Проверочные расчеты по мощности производят так же, как и при многоинструментной обработке на одношпиндельных станках	См. этап VII (стр. 78) при многоинструментной обработке на одношпиндельных станках	См. этап VII (стр. 78) при многоинструментной обработке на одношпиндельных станках, причем расчет ведется отдельно для каждой фрезы или группы фрез, имеющих общий привод

¹ Если расчетные числа оборотов шпинделей значительно больше, то необходимо в соответствии с установленными (по паспорту) значениями оборотов n и расчетным значением подачи на зуб s_z пересчитать минутную подачу s_M , число оборотов стола n_{cm} и уточнить по паспорту.

Подача на зуб фрезы s_z . Карта Ф-2

ОБРАБОТКА ЧУГУНА

Глубина резания t в мм	s_z фрезы					
	торцевой с пластинами из твердого сплава		дисковой из быстрорежущей стали и твердого сплава для обработки			
			плоскостей		пазов	
	НВ чугуна					
	до 229	>229	до 229	>229	до 229	>229
До 2	0,2—0,35	0,15—0,3	0,15—0,25	0,12—0,2		
2—5	0,15—0,3	0,12—0,2	0,12—0,2	0,1—0,15	0,07 *—0,15	0,08 *—0,12
>5	0,12—0,2	0,1—0,15	0,1—0,15	0,08—0,12		
* Применять при обработке узких глубоких пазов и при работе фрезами небольших размеров.						
Ширина фрезерования прорезной фрезой из быстрорежущей стали b в мм			До 2	2—3	3—6	
s_z в мм/зуб			0,03—0,05	0,05—0,06	0,06—0,08	
Глубина резания t в мм	s_z при диаметре концевой фрезы из быстрорежущей стали D в мм					
	6		16		≥30	
До 5	0,01—0,02		0,02—0,04		0,07—0,1	
10	0,006—0,01		0,015—0,03		0,05—0,1	
≥20					0,03—0,04	

Глубина резания t в мм	s_2 при ширине фрезерования цилиндрической крупнозубой фрезой из быстрорежущей стали b в мм	
	до 50	>50
До 2	0,3—0,45	0,25—0,35
3—5	0,25—0,35	0,2—0,3
6—10	0,1—0,2	0,1—0,15

Примечания: 1. Большие значения подачи применять при жесткой системе станок—деталь—приспособление, меньшие — при невысокой жесткости.
2. В случае весьма жесткой системы подачи могут быть увеличены, при весьма нежесткой — уменьшены.
3. Для чистовой обработки фрезами, не имеющими зачистных ножей, подачи принимать до 0,12 мм/зуб.
4. При обработке прорезными фрезами пазов повышенной точности (до 0,1 мм) подачу на зуб уменьшать в пределах 30%.
5. Для концевых фрез, обеспечивающих лучший отвод стружки вследствие большого объема впадины и более крутой спирали, подача может быть увеличена до 0,15—0,25 мм/зуб.
6. Для цилиндрических мелкозубых фрез подачи уменьшать в 2 раза.

ОБРАБОТКА АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Материал фрезы	s_2 фрезы				
	торцевой	дисковой для обработки			
		плоско- стей	пазов	плоско- стей	пазов
		со вставными ножами		цельной	
Твердый сплав	0,2 0,3	0,15—0,2	0,10—0,15		
Быстрорежущая сталь				0,10—0,15	0,08—0,12

ОБРАБОТКА СТАЛИ

Глубина резания t в мм	s_2 фрезы																	
	торцевой						дисковой для обработки											
							плоскостей						пазов*					
	Быстрорежущая сталь			Твердый сплав			Быстрорежущая сталь			Твердый сплав			Быстрорежущая сталь			Твердый сплав		
	<i>HV</i>																	
<229	229—287	>287	<229	229—287	>287	<229	229—287	>287	<229	229—287	>287	<229	229—287	>287	<229	229—287	>287	
До 2	0,2—0,3	0,15—0,25	0,12—0,2	0,15—0,2	0,1—0,15	0,08—0,1	0,15—0,25	0,12—0,2	0,1—0,15	0,1—0,12	0,08—0,1	0,06—0,08						
2—5	0,15—0,25	0,12—0,2	0,1—0,15	0,12—0,18	0,08—0,12	0,06—0,1	0,12—0,2	0,1—0,15	0,08—0,12	0,08—0,1	0,06—0,1	0,06—0,08	0,07—0,12	0,05—0,1	0,03—0,08	0,07—0,1	0,06—0,08	0,05—0,07
>5	0,12—0,2	0,1—0,15	0,07—0,12	0,1—0,15	0,08—0,1	0,06—0,08	0,1—0,15	0,08—0,12	0,06—0,1	0,08—0,1	0,06—0,08	0,05—0,06						
Твердость стали			s_2 при ширине фрезерования прорезной фрезой из быстрорежущей стали b в мм															
			до 2					2—3					3—6					
<i>HV</i> < 229			0,02—0,035					0,035—0,045					0,04—0,055					
<i>HV</i> > 229			0,01—0,025					0,025—0,03					0,03—0,04					

* Меньшие значения принимать при обработке узких глубоких пазов и при работе фрезами небольших размеров

Глубина резания t в мм	s_2 при диаметре концевой фрезы из быстрорежущей стали D в мм									
	6			16			≥ 30			
До 5	0.005—0.01			0.01—0.025			0.05—0.07			
10	0.003—0.006			0.008—0.015			0.03—0.05			
> 20							0.02—0.04			
Ширина фрезерования в мм	s_z фрезы из быстрорежущей стали									
	цилиндричной крупнозубой			радиусной вогнутой			радиусной выпуклой и угловой			для обработки пазов сегментных шпонок
	Глубина резания в мм									
до 2	3—5	6—10	до 3	до 6	≥ 12	до 3	до 6	≥ 12		
До 50	0.25—0.4	0.2—0.3	0.1—0.2	0.04—0.08	0.03—0.06	0.02—0.04	0.06—0.12	0.04—0.08	0.03—0.06	0.025—0.01
> 50	0.15—0.25	0.1—0.2	0.1—0.15							

Пр и м е ч а н и я: 1. Большие подачи принимать при жестких станках, деталях и оснастке, меньшие — при невысокой жесткости.
 2. При весьма жесткой системе станок—деталь—приспособление подачи могут быть увеличены, при весьма нежесткой системе — уменьшены.
 3. При чистовой обработке подачи принимать до 0.1 мм/зуб.
 4. При обработке прорезными фрезами пазов повышенной точности (до 0.1 мм) подачу на зуб уменьшать в пределах 30%.
 5. При работе концевыми фрезами, обеспечивающими лучший отвод стружки вследствие большого объема впадины и более крутой спирали, подача может быть увеличена до 0.08—0.12 мм/зуб.
 6. При обработке цилиндрическими мелкозубыми фрезами подачи уменьшать в 2 раза.

Стойкость инструментов. Карта Ф-3

Стойкость каждого инструмента в минутах резания, по которому определяется рекомендуемая для него по нормативам скорость резания v ,

$$T_p = K_{\phi} (T_{M_1} + T_{M_2} + \dots) \lambda,$$

где T_{M_1} , T_{M_2} и т. д. — стойкости первого, второго и т. д. инструментов наладки; λ — коэффициент времени резания каждого инструмента, равный отношению длины резания $L_{рез}$ этого инструмента к длине рабочего хода стола $L_{р. х}$:

$$\lambda = \frac{L_{рез}}{L_{р. х}}.$$

Примечания: 1. Для станков с круглым столом длина резания $L_{рез}$ для каждой фрезы является суммарной длиной резания всех деталей, установленных на столе и обрабатываемых этой фрезой.

За длину рабочего хода $L_{р. х}$ следует принимать длину окружности $\pi d_{расп}$, по которой ведется обработка ($d_{расп}$ — средний диаметр расположения поверхностей, обрабатываемых данной фрезой).

2. В случаях, когда $\lambda > 0,7$, его можно не учитывать.

K_{ϕ} — коэффициент, учитывающий количество инструментов в наладке. Значения K_{ϕ} приведены в таблице.

Количество инструментов K_{ϕ}	1	2	4	6 и более
	1	0,85	0,7	0,6

Примечание. При работе одинаковыми и одинаково нагруженными фрезами $K_{\phi} = 1$ независимо от числа фрез в наладке.

СТОЙКОСТЬ ФРЕЗЫ T_M В МИНУТАХ МАШИННОЙ РАБОТЫ

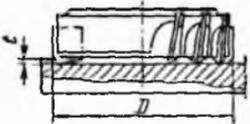
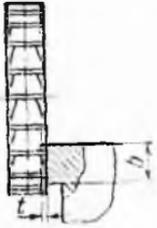
Материал инструмента	Тип фрезы	T_M при диаметре фрезы D в мм								
		20	50	75	100	150	200	300	400	500
Быстро-режущая сталь	Торцовая и дисковая	60	100	120	130	170	250	300	400	500
	Прорезная		80	90	100	110	120			
	Концевая		80							
	Цилиндрическая		100	170	280	400				
	Радиусная		60	80	100					
	Двухугловая . . .	100	150	170						
	Для обработки пазов сегментных шпонок	60								
Твердый сплав	Торцовая и дисковая двусторонняя			90	120	200	300	500	600	800
	Дисковая трехсторонняя			130	160	200	300			

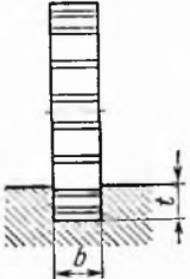
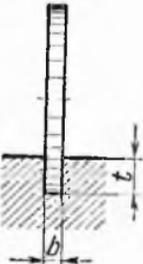
Скорость резания v . Карта Ф-4

ОБРАБОТКА СЕРОГО ЧУГУНА

$v = v_{табл} K_1 K_2 K_3$, где K_1 — коэффициент, зависящий от размеров обработки; K_2 — от состояния обрабатываемой поверхности и ее твердости; K_3 — от стойкости и материала инструмента.

Скорость резания $v_{табл}$ и коэффициент K_1

Тип фрезы	Материал инструмента	f в мм	$v_{табл}$ в м/мин при подаче s_2 в мм/зуб									Коэффициент K_1				
			до 0,02	0,04	0,06	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5					
Торцовая 	Твердый сплав	До 1			175	155	130	120	110	100	90	$D/b_{ср}$	1,25	2	5	
		3			155	130	120	110	100	90	75					
		6			140	120	100	90	80	75	65	K_1	1,0	1,1	1,3	
Дисковая для обработки плоскостей 	Быстро-режущая сталь	До 1			75	67	56	50	42	36	30	$D/b_{ср}$	3	5	10	
		3			70	63	50	45	38	33	27					
		6			67	58	47	43	36	30	24	K_1	0,95	1,0	1,1	
	Твердый сплав	До 1				175	155	130	120	110	100	90	$D/b_{ср}$	3	5	10
		3			155	130	120	110	100	90	75					
		6			140	120	100	90	80	75	65	K_1	0,9	1,0	1,15	

Тип фрезы	Материал инструмента	t в мм	$v_{табл}$ в м/мин при подаче s_z в мм/зуб								Коэффициент K_1						
			до 0,02	0,04	0,06	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4					0,5		
Дискосвая для обработки пазов 	Быстро-режущая сталь	До 3	115	95	90	80	65	55	50			D/b	3	6	10	20	
		5	85	70	65	55	45	40	35			K_1	1,0	1,1	1,15	1,2	
		10	60	50	45	40	35	30	25								
		20	45	40	35	30	25	20	18								
	Твердый сплав	До 3	240	210	180	160	140	130	120				D/b	4	6	12	
		5	200	180	160	140	120	110	100			K_1	1,0	1,15	1,25		
		10	160	140	120	110	100	90	80								
		20	140	120	100	90	80	70	60								
Прорезная 	Быстро-режущая сталь	До 1,5	65	57	44	32							D/b	15	20	40	75
		3	48	44	35	26						K_1	1,0	1,1	1,2	1,4	
		6	35	30	22	18											
		12	26	22	18	13											
		25	18	15	12	9											

Коэффициенты K_2 , K_3
Коэффициент K_2

Условия обработки	K_2 при HB			
	143—207	163—229	170—241	235—295
Без корки	1,1	1,0	0,9	0,7
С коркой	0,9	0,8	0,7	0,6

Коэффициент K_3

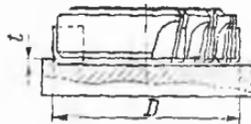
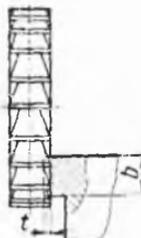
Тип фрезы	Материал инструмента	K_3 при стойкости T_D в минутах резания									
		до 30	60	100	150	200	400	600	1000	1500	
Торцовая и дисковая	Твердый сплав	ВК8		1,15	1,0	0,9	0,8	0,65	0,55	0,5	0,45
		ВК4; ВК6		1,4	1,2	1,1	1,0	0,8	0,65	0,6	0,55
Все остальные	Быстрорежущая сталь	1,3	1,1	1,0	0,9	0,85	0,7	0,6	0,55	0,5	

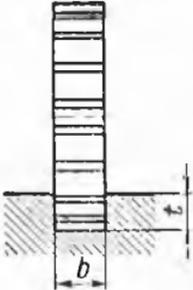
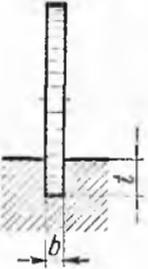
Примечание. В случае применения охлаждения (эмульсия) скорости резания могут быть повышены на 15—20%.

ОБРАБОТКА КОВКОГО ЧУГУНА

$v = v_{табл} K_1 K_2 K_3$, где K_1 — коэффициент, зависящий от размеров обработки; K_2 — от твердости и состояния обрабатываемой поверхности; K_3 — от стойкости и материала инструмента.

Скорость резания $v_{табл}$ и коэффициент K_1

Тип фрезы	Материал инструмента	t в мм	$v_{табл}$ в м/мин при подаче s_z в мм/зуб									Коэффициент K_1				
			до 0,02	0,04	0,06	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5					
Торцовая 	Твердый сплав	До 1			220	210	200	190	170	150	140	$D/b_{ср}$	1,25	2	5	
		3			190	180	170	160	140	130	120		K_1	1,0	1,1	1,3
		6			170	160	150	140	130	120	110					
Дисковая для обработки плоскостей 	Быстро-режущая сталь	До 1			90	85	70	65	55	40	35	$D/b_{ср}$	3	5	10	
		3			65	60	55	45	40	35	30		K_1	0,95	1,0	1,1
		6			60	55	50	40	35	30	25					
	Твердый сплав	До 1				220	210	200	190	170	150	140	$D/b_{ср}$	3	5	10
		3				190	180	170	160	140	130	120		K_1	0,9	1,0
		6				170	160	150	140	130	120	110				

Тип фрезы	Материал инструмента	t в мм	$v_{табл}$ в м/мин при подаче s_2 в мм/зуб									Коэффициент K_1
			до 0,02	0,04	0,06	-0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	
Дисковая для обработки лазов 	Быстро- режущая сталь	До 3	100	95	85	80	70	60	55			D/b 3 6 10 20 K_1 1,0 1,1 1,15 1,2
		5	85	75	70	60	55	45	40			
		10	70	60	55	50	45	40	35			
		20	55	50	45	40	35	30	28			
	Твердый сплав	До 3	300	280	250	230	200	180	150			D/b 4 6 12 K_1 1,0 1,15 1,25
		5	250	230	210	190	170	150	120			
		10	200	180	170	150	140	120	100			
		20	160	150	140	120	110	100	80			
Прорезная 	Быстро- режущая сталь	До 1,5	75	70	65	60						D/b 15 20 40 75 K_1 1,0 1,1 1,2 1,4
		3	65	55	53	50						
		6	52	48	45	40						
		12	45	40	37	34						
		25	35	32	30	27						

Коэффициенты K_2, K_3

Коэффициент K_2 для чугуна ковкого и прочного

Условия обработки	K_2 при HV			
	120—140	130—170	207—229	265—285
Без корки	1,2	1,0	0,65	0,50
С коркой	0,85	0,7	0,55	0,45

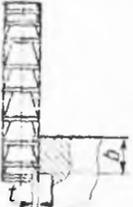
Коэффициент K_3

Тип фрезы	Материал инструмента		K_3 при стойкости T_p в минутах резания							
			до 30	60	100	150	200	400	600	1000
Торцовая и дисковая	Твердый сплав	ВК8		1,2	1,0	0,85	0,75	0,6	0,5	0,4
		ВК4; ВК6		1,4	1,2	1,0	0,9	0,7	0,6	0,5
Торцовая, дисковая, прорезная	Быстрорежущая сталь		1,5	1,15	1,0	0,9	0,8	0,7	0,55	0,5
Цилиндрическая, концевая			1,5	1,2	1,0	0,85	0,8			

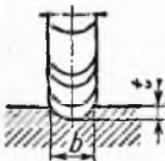
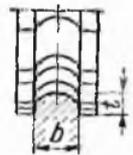
ОБРАБОТКА СТАЛИ

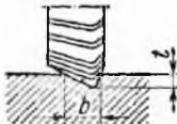
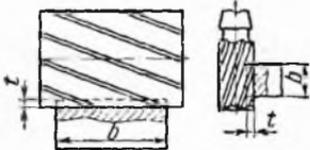
$v = v_{табл} K_1 K_2 K_3$, где K_1 — коэффициент, зависящий от размеров обработки; K_2 — от обрабатываемого материала; K_3 — от стойкости и материала инструмента

Скорость резания $v_{табл}$

Тип фрезы	Материал инструмента	l в мм	$v_{табл}$ в м/мин при подаче s_2 в мм/зуб									Коэффициент K_1			
			до 0,02	0,04	0,06	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5				
Торцовая 	Быстро-режущая сталь	До 1 3 6		62 56 52	56 52 48	52 46 44	44 40 37	38 35 33	34 30 28	30 27 25	27 25 23	$D/b_{ср}$	1,25	2	5
	Твердый сплав	До 1 3 6		400 360 330	380 340 320	320 280 260	270 240 220	240 210 200	200 180 170				$D/b_{ср}$	1,25	2
Дисковые для обработки плоскостей 	Быстро-режущая сталь	До 1 3 6		62 56 52	56 52 48	52 46 44	44 40 37	38 35 33	34 30 28	30 27 25	27 25 23	$D/b_{ср}$	3	5	10
	Твердый сплав	До 1 3 6		400 360 330	380 340 320	320 280 260	270 240 220	240 210 200	200 180 170				$D/b_{ср}$	3	5
												K_1	1,0	1,1	1,25
												K_1	1,0	1,1	1,3
												K_1	0,95	1,0	1,1
												K_1	0,9	1,0	1,15

Тип фрезы	Материал инструмента	t в мм	$v_{табл}$ в м/мин при подаче s_2 в мм/зуб										Коэффициент K_1				
			до 0,02	0,04	0,06	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5						
Дисковая для обработки пазов 	Быстро-режущая сталь	До 3	80	70	65	55	48	42	37					D/b 3 6 10 20 K_1 1,0 1,1 1,2 1,3			
		5	67	60	55	46	40	35	30								
		10	56	50	46	40	34	30	26								
		20	45	40	37	32	27	24	20								
	Твердый сплав	До 3	530	490	460	380	330							D/b 4 6 12 K_1 1,0 1,15 1,25			
		5	460	430	400	330	290										
		10	370	340	320	270	230										
		20	300	280	260	220	180										
Прорезная 	Быстро-режущая сталь	До 1,5	60	55	52	47							D/b 15 25 40 75 K_1 1,0 1,1 1,2 1,5				
		3	50	44	42	38											
		6	40	37	35	32											
		12	33	30	29	26											
		25	26	24	23	21											

Тип фрезы	Материал инструмента	t в мм	$\sigma_{табл}$ в м/мин при подаче s_z в мм/зуб								Коэффициент K_1	
			до 0,02	0,04	0,06	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4		0,5
 <p>Концевая для обработки пазов</p>	Быстро-режущая сталь	До 5	26	24	—	—						D 15 30
		10	24	23	—	—						K_1 1,0 1,1
		15	23	22	—	—						
 <p>Радиусная выпуклая</p>		$b=4$	50	46	43	38						D/t 5 10 20
		$b=10$	46	43	38	35						K_1 1,0 1,25 1,5
		$b=25$	42	38	35	33						
 <p>Радиусная вогнутая</p>		$b=8$	40	36	34	30						D/t 10 20 40
		$b=20$	36	33	30	28						K_1 1,0 1,25 1,5
		$b=40$	34	30	28	25						

Тип фрезы	Материал инструмента	t в мм	$v_{табл}$ в м/мин при подаче s_z в мм/зуб									Коэффициент K_1				
			до 0,02	0,04	0,06	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5					
Двухугольная 		$b=4$	40	36	34	30							D/t	5	10	20
		$b=10$	36	34	30	28							K_1	1,0	1,25	1,5
		$b=20$	34	32	28	25										
Цилиндрическая и концевая 	Быстро-режущая сталь	$b=40$	—	50	47	42	38.	34	28	24	21		D/t	10	20	30
		$b=60$	—	48	45	40	36	33	26	23	20		K_1	1,0	1,2	1,4
		$b=100$	—	46	43	38	34	30	25	21	10					
Фрезы для пазов сегментных шпонок			30	27												

Коэффициенты K_2 , K_3
Коэффициент K_1

Материал инструмента	Марка стали																							
	10; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50						15X; 20X; 30X; 35X; 38XA; 40X						45Г2; 50Г		12Х2Н3А	12Х2Н4А	20ХН4	40ХНМА	35ХГС		18ХГТ	25ХГТ; 30ХГТ		
	НВ																							
	≤156	156—207	170—229	207—269	269—302	285—321	137—179	156—207	170—217	207—255	255—285	286—332	170—229	229—269	269—285	156—217	179—255	156—207	197—269	170—241	269—321	321—375	149—187	170—197
Быстрорежущая сталь	1,35	1,0	0,9	0,7	0,55	0,5	1,0	0,85	0,8	0,65	0,55	0,4	0,7	0,55	0,5	0,75	0,6	0,8	0,55	0,6	0,35	0,25	0,9	0,6
Твердый сплав	1,35	1,0	0,9	0,75	0,7	0,65	1,1	0,95	0,9	0,75	0,7	0,6	0,8	0,7	0,65	0,85	0,75	0,9	0,7	0,7	0,5	0,45	0,95	0,8

Коэффициент K_3

Тип фрезы	Материал инструмента	K_3 при стойкости T_p в минутах резания								
		до 30	60	100	150	200	400	600	1000	1500
Торцовая, дисковая, прорезная Цилиндрическая, радиусная, концевая	Быстрорежущая сталь	1,5 1,6	1,15 1,2	1,0 1,0	0,9 0,85	0,8 0,75	0,7	0,55	0,5	0,45

Тип фрезы	Материал инструмента	K_3 при стойкости T_p в минутах резания								
		до 30	60	100	150	200	400	600	1000	1500
Торцовая и дисковая	T15K6		1,2	1,0	0,85	0,75	0,6			
	T14K8		0,95	0,8	0,7	0,6	0,5			
	T5K10		0,8	0,65	0,6	0,5	0,4			

ОБРАБОТКА АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Тип фрезы	Материал инструмента	v в м/мин
Дисковая цельная	Быстрорежущая сталь	300—400
	Твердый сплав	500—700
Торцовая и дисковая со вставными ножами	Твердый сплав	600—900

Примечание. Меньшие значения рекомендуются при больших подачах.

Мощность резания. Карта Ф-5

Для торцовых и дисковых двусторонних фрез

$$N_{рез} = E \frac{vtz_u}{1000} K_1 K_2,$$

для дисковых трехсторонних, цилиндрических, концевых (для обработки плоскостей), радиусных, прорезных и угловых фрез

$$N_{рез} = E \frac{vb_{max}z_u}{1000} K_1 K_2,$$

где E — величина, определяемая по таблице; v — скорость резания в м/мин; t — глубина резания в мм; z_u — число зубьев фрезы; b_{max} — максимальная ширина фрезерования; K_1 — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала; K_2 — от типа фрезы и скорости резания (для твердосплавных фрез)

Подача s_z в мм/зуб	Значение E для фрез																			
	торцевой и дисковой двусторонних									дисковой трехсторонней, цилиндрической, концевой, прорезной, радиусной и угловой										
	$D : b_{\max}$									$D : t$										
	40	20	12	8	5	3	2	1,5	200	100	60	40	20	12	8	5	3	2	1,5	
Сталь, чугун ковкий и прочный																				
0,02	0,01	0,02	0,04	0,06	0,1	0,2	0,3	0,4	0,007	0,01	0,02	0,03	0,05	0,08	0,11	0,17	0,3	0,4	0,5	
0,04	0,02	0,04	0,07	0,1	0,17	0,3	0,5	0,7	0,01	0,02	0,03	0,05	0,08	0,12	0,2	0,25	0,4	0,6	0,7	
0,06	0,03	0,05	0,09	0,15	0,24	0,4	0,7	0,9	0,02	0,03	0,04	0,06	0,11	0,17	0,25	0,35	0,6	0,8	1,0	
0,10	0,04	0,08	0,14	0,2	0,35	0,6	1,0	1,4	0,025	0,04	0,06	0,09	0,16	0,25	0,35	0,5	0,8	1,1	1,5	
0,12	0,05	0,09	0,16	0,25	0,4	0,7	1,1	1,5	0,03	0,05	0,07	0,1	0,18	0,3	0,4	0,6	0,9	1,3	1,6	
0,16	0,06	0,12	0,2	0,3	0,5	0,9	1,4	1,9	0,035	0,06	0,09	0,13	0,23	0,35	0,5	0,8	1,1	1,6	2,0	
0,20	0,07	0,14	0,24	0,4	0,6	1,1	1,7	2,3	0,04	0,07	0,1	0,15	0,26	0,4	0,6	0,9	1,3	1,9	2,4	
0,30	0,09	0,2	0,3	0,5	0,85	1,5	2,4	3,2	0,05	0,09	0,13	0,2	0,35	0,5	0,8	1,2	1,7	2,4	3,2	
0,40	0,11	0,24	0,4	0,6	1,0	1,9	2,9	4,0	0,06	0,1	0,16	0,24	0,42	0,7	0,9	1,5	2,1	3,0	3,8	
0,50	0,13	0,3	0,5	0,8	1,2	2,2	3,4	4,7	0,07	0,12	0,19	0,27	0,5	0,8	1,0	1,7	2,4	3,4	4,4	
0,60	0,15	0,32	0,6	0,9	1,4	2,6	4,0	5,4	0,08	0,14	0,22	0,3	0,6	0,9	1,2	1,9	2,8	3,9	5,0	
Чугун серый																				
0,02	0,009	0,02	0,03	0,046	0,07	0,12	0,18	0,24	0,005	0,01	0,015	0,02	0,04	0,05	0,07	0,1	0,16	0,2	0,3	
0,04	0,015	0,03	0,05	0,076	0,12	0,20	0,30	0,40	0,008	0,014	0,02	0,03	0,05	0,08	0,11	0,18	0,25	0,3	0,4	
0,06	0,02	0,04	0,06	0,10	0,16	0,26	0,40	0,53	0,01	0,02	0,03	0,04	0,07	0,1	0,15	0,220	0,33	0,5	0,6	
0,10	0,03	0,06	0,10	0,17	0,24	0,39	0,60	0,78	0,013	0,024	0,04	0,05	0,09	0,14	0,2	0,3	0,43	0,6	0,8	
0,12	0,035	0,07	0,11	0,18	0,28	0,46	0,70	0,92	0,016	0,03	0,045	0,06	0,1	0,16	0,22	0,35	0,5	0,7	0,9	
0,16	0,04	0,08	0,14	0,22	0,35	0,57	0,86	1,14	0,02	0,035	0,05	0,07	0,13	0,18	0,26	0,4	0,6	0,8	1,0	
0,20	0,05	0,10	0,16	0,25	0,40	0,66	1,00	1,30	0,022	0,04	0,06	0,08	0,15	0,22	0,3	0,5	0,7	1,0	1,2	
0,30	0,07	0,14	0,22	0,34	0,55	0,90	1,36	1,80	0,03	0,05	0,08	0,1	0,2	0,28	0,4	0,6	0,9	1,2	1,6	
0,40	0,09	0,17	0,27	0,42	0,68	1,12	1,70	2,23	0,035	0,06	0,09	0,12	0,22	0,35	0,45	0,7	1,1	1,5	1,8	
0,50	0,10	0,19	0,30	0,50	0,78	1,30	2,00	2,60	0,04	0,07	0,1	0,14	0,25	0,4	0,5	0,8	1,2	1,7	2,0	
0,60	0,12	0,23	0,37	0,58	0,92	1,50	2,26	3,00	0,045	0,08	0,12	0,16	0,3	0,45	0,6	1,0	1,5	1,9	2,4	

Коэффициенты K_1, K_2

Коэффициент K_1

Материал инструмента	Обрабатываемый материал												
	Сталь								Чугун				
									серый		ковкий и прочный		
	HB												
до 156	143— 207	170— 229	207— 269	229— 285	269— 302	285— 321	321— 375	163— 229	235— 295	130— 170	207— 229	265— 285	
Быстрорежущая сталь	0,7	0,9	1,0	1,15	1,2	1,3	1,4	1,6	1,0	1,2	0,6	0,8	0,9
Твердый сплав	1,15	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45	1,5	1,55	1,25	1,4	0,75	1,0	1,1

Примечание. Для алюминиевых сплавов принимать 0,3—0,4 значений для стали HB 170—229.

Коэффициент K_2

Тип фрезы	Для фрез из быстро- режущей стали	Для твердосплавных фрез при скорости резания v в м/мин				
		до 150	200	300	400	≥ 500
Торцовая, дисковая	1,0	1,0	0,95	0,9	0,85	0,75
Прорезная, концевая	1,0					
Раднусная	0,7					
Угловая	0,55					

СВЕРЛИЛЬНЫЕ СТАНКИ

В разделе содержатся нормативы режимов резания при работе сверлами, зенкерами, развертками, цековками, зенковками и метчиками на сверлильных станках различных типов.

Рекомендации по назначению режимов резания охватывают одно- и многоинструментную обработку, выполняемую одной или несколькими головками (агрегатные станки).

Нормативы содержат инструктивные указания по расчету режимов резания и рекомендации по назначению подач, выбору стойкостей, определению скоростей резания, осевых сил резания и потребной мощности.

Рекомендуемые скорости резания ориентированы на работу с охлаждением при обработке деталей из стали и ковкого чугуна и без охлаждения при обработке деталей из серого чугуна.

Общий порядок расчета режимов резания на всех сверлильных станках принят единым и отличается для отдельных станков лишь в связи с их кинематическими особенностями.

Рекомендации по расчету режимов резания. Карта С-1 ОДНОИНСТРУМЕНТНАЯ ОБРАБОТКА

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
I	Расчет длины рабочего хода $L_{p, x}$ в мм	$L_{p, x} = L_{рез} + y + L_{доп}$ (значение y см. в приложении 3, стр. 303)	1. Длина резания $L_{рез}$ 2. Длина подвода, врезания и перебега инструмента y 3. Дополнительная длина хода, вызванная в отдельных случаях особенностями наладки и конфигурации детали, $L_{доп}$
II	Назначение подачи на оборот шпинделя станка s_0 в мм/об: а) определение подачи по нормативам; б) уточнение подачи по паспорту станка	См. карту С-2, стр. 110—114	1. Условия обработки 2. Обрабатываемый металл 3. Вид обработки 4. Диаметр обработки d 5. Требования к точности обработки
III	Определение стойкости инструмента по нормативам T_p в минутах резания	См. карту С-3, стр. 114	1. Диаметр обработки d 2. Коэффициент времени резания λ

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
IV	<p>Расчет скорости резания v в м/мин и числа оборотов шпинделя n в минуту:</p> <p>а) определение скорости резания по нормативам;</p> <p>б) расчет числа оборотов шпинделя станка;</p> <p>в) уточнение числа оборотов шпинделя по паспорту станка;</p> <p>г) уточнение скорости резания по принятому числу оборотов шпинделя</p>	<p>См. карту С-4, стр. 115—123</p> $n = \frac{1000v}{\pi d}$ $v = \frac{\pi dn}{1000}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обрабатываемый металл 2. Вид обработки 3. Диаметр обработки d 4. Подача s_0 5. Инструментальный материал 6. Принятая стойкость инструмента T_p 7. Точность обработки и шероховатость поверхности при развертывании
V	Расчет основного машинного времени обработки t_M в мин	$t_M = \frac{L_p \cdot x}{n s_0}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Длина рабочего хода $L_p \cdot x$ 2. Принятые подача s_0 и число оборотов шпинделя n
VI	<p>Проверочные расчеты:</p> <p>а) определение осевой силы резания P_0 в кг по нормативам;</p> <p>б) определение мощности резания $N_{рез}$ в кВт по нормативам;</p> <p>в) проверка осевой силы резания по допустимому усилию подачи станка и мощности резания по мощности двигателя</p>	<p>См. карту С-5, стр. 124—126</p> <p>См. карту С-6, стр. 126—128</p> $N_{рез} \leq 1,2N_{дв} \eta$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вид обработки 2. Обрабатываемый металл 3. Диаметр обработки d 4. Подача s_0 5. Глубина резания t при зенкеровании 6. Инструментальный материал 7. Число оборотов n или скорость резания v

ОБРАБОТКА НА СТАНКАХ С ОДНОЙ МНОГОШПИНДЕЛЬНОЙ ГОЛОВКОЙ

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
I	<p>Определение длины рабочего хода головки $L_p \cdot x$ в мм, исходя из значений L, рассчитанных для отдельных инструментов головки. Наибольшая из них является длиной рабочего хода головки</p>	$L = L_{рез} + y + L_{дон}$ <p>(значение y см. в приложении 3, стр. 303); $L_p \cdot x = L_{max}$</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Эскиз наладки с указанием размеров обработки 2. Величина подвода, врезания и перебега инструментов y 3. Дополнительная длина хода, вызванная в ряде случаев особенностями наладки и конфигурации детали, $L_{дон}$

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
II ¹	<p>Назначение подач s_0 в мм/об:</p> <p>а) определение подачи для инструментов головки по нормативам;</p> <p>б) определение подачи головки за оборот шпинделя станка (ведущего вала) $s_{0иш}$ по рекомендуемому для каждого инструмента подачам. $s_{0иш}$ принимают по паспорту станка, исходя из наименьших расчетных значений $s_{0иш}^i$</p> <p>в) уточнение подачи на оборот для каждого инструмента по принятой подаче головки на оборот шпинделя станка $s_{0иш}$</p>	<p>См. карту С-2, стр. 110—114</p> $s_{0иш} = s_0^i$ $s_0 = \frac{s_{0иш}}{i}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Условия обработки отверстия 2. Требования к точности обработки 3. Обрабатываемый металл 4. Вид обработки 5. Диаметр обработки d 6. Передаточное отношение i, равное числу оборотов инструментального шпинделя за оборот ведущего вала
III ²	<p>Определение стойкостей для предположительно лимитирующих инструментов T_p в минутах резания</p>	<p>См. карту С-3, стр. 114</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Те же, что и при одиоинструментной обработке (см. этап III, стр. 104) 2. Количество инструментов в наладке
IV ²	<p>Расчет скоростей резания v в м/мин, чисел оборотов n в минуту, инструментов и минутной подачи головки s_M в мм/мин:</p> <p>а) определение скоростей резания для предположительно лимитирующих инструментов;</p> <p>б) расчет чисел оборотов инструментов, соответствующих рекомендуемым скоростям резания;</p> <p>в) определение минутных подач для отдельных инструментов, исходя из установленной подачи s_0 и рассчитанного числа оборотов n;</p> <p>г) установление общей минутной подачи головки по наименьшей из рассчитанных минутных подач отдельных инструментов;</p>	<p>См. карту С-4, стр. 115—123</p> $n = \frac{1000v}{\pi d}$ $s_M = s_0 n$	<p>Те же, что и для одиоинструментной работы с учетом рассчитанных на этапе III стойкостей (см. этап IV, стр. 105)</p>

№ стапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
IV ²	<p>д) определение числа оборотов шпинделя (ведущего вала) и уточнение его по паспорту станка;</p> <p>е) определение чисел оборотов инструментов, соответствующих принятому числу оборотов шпинделя станка;</p> <p>ж) уточнение скоростей резания по принятым числам оборотов;</p> <p>з)³ уточнение минутной подачи головки по принятому числу оборотов шпинделя станка (ведущего вала) и подаче на оборот</p>	$n_{ш} = \frac{s_M}{s_{0ш}}$ $n = n_{ш} i$ $v = \frac{\pi D n}{1000}$ <p>По числу оборотов шпинделя станка</p> $s_M = n_{ш} s_{0ш}$ <p>или любого из инструментов</p> $s_M = n s_0$	
V	Расчет основного машинного времени обработки t_M в мин	$t_M = \frac{L_{p. x}}{s_M}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Длина рабочего хода головки $L_{p. x}$ 2. Принятая минутная подача головки s_M
VI	<p>Проверочные расчеты:</p> <p>а) определение по нормативам осевой силы резания для каждого инструмента P_0 в кг;</p> <p>б) расчет суммарной осевой силы резания для всех одновременно работающих инструментов $\sum P_0$ в кг;</p> <p>в) проверка суммарной осевой силы по допустимому усилию подачи станка;</p> <p>г) определение по нормативам потребной для каждого инструмента мощности резания $N_{рез}$ в кВт;</p> <p>д) расчет наибольшей за период работы станка суммарной мощности резания всех одновременно работающих инструментов $\sum N_{рез}$ в кВт</p>	<p>См. карту С-5, стр. 124—126</p> <p>См. карту С-6, стр. 126—128</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обрабатываемый металл 2. Диаметр обработки d 3. Глубина резания t и подача s_0 для инструментов наладки 4. Мощность двигателя $N_{дв}$ 5. Коэффициент полезного действия станка η 6. Допустимый по прочности для данного числа оборотов крутящий момент $M_{кр}$ <p>в кгм</p>

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
VI	<p>е)⁴ проверка по мощности двигателя $N_{дв}$ в квт;</p> <p>ж) проверка прочности привода (производится только при малых числах оборотов шпинделя обычно на первых трех - четырех ступенях)</p>	$\sum N_{рез} \leq \leq 1,2N_{дв}\eta$ $\sum N_{рез} \leq N_{кр}$ $N_{кр} = \frac{M_{кр}n}{974} \text{ квт}$	

¹ Для головок с приводом подачи, кинематически независимым от вращения шпинделя, принятое значение $s_{ощ}$ по паспорту станка не уточняют.

² Минутную подачу головки устанавливают по лимитирующим по стойкости инструментам, которые выявляют в следующей последовательности:

1. Для инструментов наладки определяют стойкость T_p в минутах резания, исходя из принятой общей для всех инструментов стойкости T_m в минутах машинной работы (см. карту С-3).
2. В соответствии с установленными стойкостями T_p по нормативам определяют скорости резания v , рассчитывают числа оборотов n и минутные подачи s_m .

Инструменты, для которых минутные подачи получаются наименьшими, являются лимитирующими (по стойкости).

При этом, как правило, нет необходимости производить расчеты T_p , v , n и s_m для всех инструментов, а можно ограничиться расчетами для предположительно лимитирующих, так как, рассматривая наладку, можно исключить из расчетов явно нелимитирующие инструменты.

³ Для головок с приводом подачи, кинематически независимым от вращения шпинделя, при отсутствии механизма бесступенчатого ее регулирования, рассчитанную на этапе IVз минутную подачу головки s_m уточняют по паспорту станка. Если ближайшая минутная подача значительно меньше расчетной, целесообразно уменьшить число оборотов шпинделя, не превосходя при этом рекомендованных подач на оборот инструментов.

⁴ Если по прочности привода выбранный режим резания не ограничивается, а $\sum N_{рез} > 1,2N_{дв}\eta$, то двигатель следует проверить на пиковую нагрузку и на нагрев (см. приложение 1, стр. 263).

ОБРАБОТКА НА СТАНКАХ С НЕСКОЛЬКИМИ ГОЛОВКАМИ

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
I—V ¹	Длину рабочего хода L_p , x' , подачу s_0 , стойкость T_p , скорость резания v , число оборотов инструментов n , минутную подачу s_m и машинное время t_m для каждой головки определяют, как для станка с одной головкой		См. этапы I—V (стр. 105—108) для обработки на станках с одной многошпиндельной головкой и примечание из стр. 109

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
VI	Установление машинного времени работы стайка t_M в мин, исходя из рассчитанных машинных времен для каждой головки		Рассчитанные на этапе V машинные времена по головкам
VII	<p>Корректирование (уменьшение) минутных подач s_M в мм/мин и чисел оборотов n в минуту нелIMITирующих головок с учетом установленного машинного времени работы станка:</p> <p>а) корректирование минутных подач, исходя из установленного машинного времени работы станка;</p> <p>б) расчет чисел оборотов $n_{ш}$ шпинделей (ведущих валов) с учетом скорректированной минутной подачи и уточнение их по паспорту стайка;</p> <p>в) расчет чисел оборотов инструментов n в минуту;</p> <p>г) уточнение скоростей резания по скорректированным числам оборотов инструментов</p>	$s_M = \frac{L_{р. х}}{t_M}$ $n_{ш} = \frac{s_M}{s_{0ш}}$ $n \approx n_{ш} i$ $v = \frac{\pi d n}{1000}$	<p>1. Длины рабочих ходов головок $L_{р. х}$</p> <p>2. Машинное время работы станка t_M</p> <p>3. Подачи на оборот шпинделя каждой головки $s_{0ш}$</p> <p>4. Передаточное отношение i, равное числу оборотов инструментального шпинделя за оборот ведущего вала соответствующей головки</p>
VIII	Проверочные расчеты по осевым силам резания и мощности для каждой головки отдельно	См. этап VI (стр. 107) для одноинструментной обработки и многошпиндельных головок	См. этап VI (стр. 107) для одноинструментной обработки и многошпиндельных головок

* При определении стойкости инструментов T_p необходимо учитывать все инструменты станка, а не только установленные на рассматриваемой головке.

Примечание. Для одношпиндельной головки с приводом подачи, независимым от вращения шпинделя, расчет режимов резания производят по указаниям для одноинструментной обработки со следующими отличиями:

- а) подачу s_0 в мм/об на этапе IIб по паспорту станка не уточняют;
- б) после определения числа оборотов шпинделя в минуту n рассчитывают минутную подачу $s_M = s_0 n$ и уточняют по паспорту станка.

Если ближайшая по паспорту минутная подача значительно меньше расчетной, целесообразно уменьшить число оборотов шпинделя, не превосходя при этом рекомендованных подач на оборот инструмента;

- в) машинное время

$$t_M = \frac{L_{р. х}}{s_M}$$

Подача s_0 . Карта С-2

Операция	Условия обработки	Группа подачи
Сверление	Сверление быстрорежущими сверлами с точностью не выше 5-го класса	I
	Сверление быстрорежущими сверлами с точностью не выше 5-го класса при пониженной жесткости системы деталь—приспособление. Сверление твердосплавными сверлами с точностью не выше 5-го класса	II
	Сверление перед однократным развертыванием или чистовым зенкерованием. Сверление при усложненных условиях работы сверла (наклонные поверхности, «косые» каналы и т. п.). Сверление под резьбу	III
Зенкерование	Черновое зенкерование	I
	Зенкерование по 5-му классу точности и под резьбу. Зенкерование под развертывание с невысокими требованиями к чистоте поверхности	II
	Зенкерование по 4-му классу точности. Зенкерование под развертывание	III
Развертывание	Черновое развертывание под последующее чистовое. Чистовое развертывание после черного или однократное	I II

ПОДАЧИ НА ОБОРОТ ИНСТРУМЕНТА s_0

Обработка стали

Операция	Группа подач	s_0 в мм/об при обрабатываемом диаметре d в мм														
		2,5	4	6	8	10	12	16	20	25	32	40	60	80	100	
Сверление при $\frac{L_{рез}}{d}$	≤ 3 4—8	I	0,04 0,03	0,08 0,06	0,12 0,1	0,16 0,14	0,22 0,18	0,28 0,22	0,32 0,28	0,4 0,32	0,45 0,36	0,5 0,4				
	≤ 8	II III	0,03 0,02	0,06 0,04	0,09 0,06	0,12 0,08	0,15 0,11	0,18 0,14	0,23 0,17	0,3 0,2	0,32 0,22	0,35 0,25				
Зенкерование	I				0,4	0,45	0,5	0,6	0,65	0,75	0,85	1,0	1,2	1,4	1,6	
	II				0,3	0,32	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,85	1,0	1,1	
	III				0,25	0,27	0,30	0,35	0,40	0,45	0,5	0,6	0,7	0,85	0,95	
Развертывание	I				0,5	0,6	0,75	0,9	1,0	1,1	1,35	1,5	2,0	2,4	2,7	
	II				0,35	0,45	0,5	0,6	0,75	0,8	1,0	1,1	1,5	1,8	2,1	
Цекование при $d_H - d_0$, равном:	5					0,23	0,25	0,28	0,3	0,33	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	
	10								0,25	0,27	0,3	0,32	0,38	0,42	0,46	
	20										0,2	0,25	0,3	0,32	0,36	
	≥ 30											0,12	0,18	0,2	0,22	
Зенкование						0,06	0,08	0,1	0,13	0,15	0,18	0,25	0,3	0,35	0,4	

Примечания: 1. Таблица дана для сталей HB 229—270. Для сталей $HB < 229$ подачу умножить на 1,3, а для сталей $HB > 270$ — на 0,8.

2. При зенкеровании и развертывании глухих отверстий подачи s_0 принимать не более 0,5 мм/об.

3. Для сверл-разверток подачи назначать по сверлу.

4. Подачи при цековании и зенковании даны для инструментов, имеющих четыре-шесть зубьев, в остальных случаях подачи на оборот следует изменять пропорционально числу зубьев.

5. При высоких требованиях к чистоте цекованной поверхности обработку рекомендуется заканчивать двумя-пятью зачистными оборотами при выключенной подаче.

6. При центровании подачи s_0 принимать равным $0,01d$ меньшего центровочного отверстия.

Обработка чугуна

Операция	Группа подач	s_0 в мм/об при обрабатываемом диаметре d в мм														
		2,5	4	6	8	10	12	16	20	25	32	40	60	80	100	
Сверление при $\frac{L_{рез}}{d}$:	$\begin{matrix} < 3 \\ 4-8 \end{matrix}$	I	0,06 0,05	0,12 0,1	0,18 0,15	0,24 0,2	0,3 0,25	0,35 0,3	0,45 0,35	0,5 0,4	0,55 0,45	0,6 0,5				
	≤ 8	II III	0,04 0,03	0,08 0,06	0,12 0,09	0,16 0,12	0,2 0,15	0,25 0,18	0,3 0,22	0,35 0,25	0,38 0,27	0,45 0,3				
Зенкерование		I II III				0,45 0,3 0,25	0,5 0,4 0,3	0,6 0,45 0,35	0,7 0,5 0,4	0,8 0,6 0,45	0,9 0,65 0,5	1,0 0,75 0,55	1,2 0,9 0,7	1,5 1,2 0,9	1,8 1,4 1,0	2,0 1,5 1,1
	Развертывание	I II				1,0 0,60	1,1 0,75	1,3 0,85	1,5 1,0	1,8 1,2	2,1 1,4	2,4 1,6	2,8 1,7	3,6 2,3	4,2 2,6	4,5 3,0
Цекование							0,23	0,25	0,28	0,3	0,33	0,35	0,4	0,5	0,55	0,6
Зенкование							0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,5	0,55	0,6

Примечания: 1. Таблица составлена для серого чугуна HB 170—229 и ковкого чугуна $HB < 170$. Для серого чугуна с пределом твердости $HB > 229$ табличные значения умножать на 0,8.

2. При зенкеровании и развертывании глухих отверстий подачи s_0 принимать не более 0,5 мм/об.

3. Подачи для сверл-разверток назначать по сверлу.

4. Подачи при цековании и зенковании даны для инструментов, имеющих четыре-шесть зубьев. В остальных случаях подачи на оборот следует изменять пропорционально числу зубьев.

5. При высоких требованиях к шероховатости цекованной поверхности обработку рекомендуется заканчивать двумя-пятью зачистными оборотами при выключенной подаче.

6. Для твердосплавных разверток табличные значения брать по II группе и умножать на 0,7.

Растачивание чугуна

Характер обработки	s_0 в мм/об при диаметре растачивания d в мм				
	40	80	120	180	250
Черновая	0,2—0,4	0,3—0,6	0,4—0,8	0,6—1,0	0,6—1,2
Получистовая	0,15—0,25	0,2—0,4	0,3—0,5	0,3—0,6	0,4—0,8
Чистовая	0,08—0,12	0,1—0,18	0,1—0,18	0,12—0,2	0,15—0,25
" круглым резцом		0,3—0,4	0,3—0,4	0,3—0,5	0,3—0,5

Примечание. Круглые резцы применяются для чистового растачивания при достаточно жесткой системе станок—приспособление—инструмент—деталь

Обработка алюминиевых сплавов

Операция	Группа подачи	s_0 в мм/об при обрабатываемом диаметре d в мм														
		2,5	4	6	8	10	12	16	20	25	32	40	60	80	≥100	
Сверление при $\frac{L_{рез}}{d}$:	≤ 3 4—8 ≥ 8	I	0,1 0,08	0,2 0,15	0,3 0,22	0,4 0,3	0,5 0,4	0,6 0,45	0,7 0,5	0,8 0,6	0,85 0,65	1,0 0,75				
		II	0,08	0,15	0,22	0,3	0,4	0,45	0,5	0,6	0,65	0,75				
		III	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5				
Зенкерование	I II III							0,6	0,8	1,1	1,3	1,5	1,7	2,2	2,6	3,0
								0,5	0,6	0,9	1,0	1,1	1,3	1,6	1,9	2,2
								0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	1,5
Развертывание	I II				0,55	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,6	1,8	2,2	
					0,35	0,4	0,45	0,5	0,6	0,65	0,7	0,9	1,1	1,2	1,3	

Примечания: 1. При зенкерования и развертывания глухих отверстий подачи s_0 принимать не более 0,5 мм/об.
 2. Поддачи для чистового развертывания по 2-му классу точности и 7 и 8-му классам чистоты поверхности принимать в 2 раза меньше, чем рекомендуемые по II группе.
 3. При цековании принимать поддачи на зуб, равные 0,05 мм, при зенковании — 0,03 мм.

Растачивание алюминиевых сплавов

Характер обработки	s_0 в мм/об при диаметре растачивания d в мм					
	20	40	80	120	180	250
Черновая		0,15— 0,25	0,2— 0,4	0,3— 0,5	0,4— 0,8	0,4— 0,9
Получистовая	0,05— 0,1	0,08— 0,15	0,1— 0,25	0,15— 0,3	0,2— 0,4	0,2— 0,4
Чистовая	0,04— 0,06	0,05— 0,08	0,06— 0,1	0,07— 0,12	0,08— 0,15	0,1— 0,18
Чистовая круглым резцом			0,2— 0,3	0,2— 0,4	0,2— 0,45	0,2— 0,45

Примечание. Круглые резцы* применять при достаточно жесткой системе станок—приспособление—инструмент—деталь.

Стойкость инструментов. Карта С-3

Стойкость каждого из инструментов наладки, по которой ведется расчет скорости резания,

$$T_p = T_m \lambda,$$

где T_m — стойкость в минутах машинной работы станка (см. таблицу). Для многоинструментных работ T_m относится к лимитирующим по стойкости инструментам наладки; λ — коэффициент времени резания каждого инструмента, равный отношению длины резания $L_{рез}$ этого инструмента к длине рабочего хода $L_{р. х}$:

$$\lambda = \frac{L_{рез}}{L_{р. х}}.$$

В случае, когда $\lambda > 0,7$, его можно не учитывать и принимать $T_p \approx T_m$.

СТОЙКОСТЬ T_m В МИНУТАХ МАШИННОЙ РАБОТЫ

Наибольший обрабатываемый диаметр d в мм	T_m при количестве инструментов в наладке					
	1	3	5	8	10	15 и более
10	20	50	80	100	120	140
15	30	80	110	140	150	170
20	40	100	130	170	180	200
30	50	120	160	200	220	250
50	60	150	200	240	260	300

Примечание. Для зенкеров и резцовых головок диаметром более 60 мм T_m принимать от 150 до 300 мин в зависимости от сложности наладки.

Скорость резания. Карта С-4

ОБРАБОТКА СТАЛИ

При сверлении, зенкерования, цековании и зенковании $v = v_{табл} K_1 K_2 K_3$, где K_1 — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала; K_2 — от стойкости инструмента; K_3 — от отношения длины резания к диаметру

$v_{табл}$ при															
S_0 в мм/об	сверлении											зенкерования			цеко- вания и зен- кова- нии
	Обрабатываемый диаметр в мм														
	2,5	4	6	8	10	12	16	20	25	32	40	до 20	20—40	>40	
До 0,06	22	26	32	36	40	44									22
0,1		20	24	27	30	32	36	40	44	50	55	46	54	60	22
0,15			21	23	25	27	30	33	36	40	44	38	42	50	20
0,2			18	19	22	23	26	29	32	34	38	33	38	43	18
0,3				16	18	19	22	24	26	29	31	26	30	35	17
0,4						17	19	21	23	24	26	23	26	30	16
0,6								17	18	20	22	20	22	24	14
0,8											18	16	19	21	—
1,0													17	19	—

Примечания: 1. Для инструментов из быстрорежущих сталей повышенной производительности табличные значения умножать на 1,2.

2. Для сверл-разверток скорости резания назначать по разверткам.

3. При зенкерования твердосплавным инструментом табличные значения повышать в 2,5—3 раза.

4. Для сверл с двойной заточкой скорости резания повышать на 15%.

5. При зенкерования стального литья по корке скорости резания понижать на 25%.

Коэффициенты K_1 , K_2 , K_3

Коэффициент K_1

Материал инструмента	Марка обрабатываемой стали											
	10; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50						15X; 20X; 30X; 35X; 38XA; 40X					
	HB											
	≤156	156—207	170—220	207—269	269—302	285—321	137—179	156—207	170—217	207—255	255—285	286—332
Быстрорежущая сталь	1,3	1,0	0,9	0,8	0,7	0,65	0,95	0,85	0,8	0,7	0,65	0,55
Твердый сплав	1,3	1,0	0,9	0,8	0,7	0,65	1,0	0,9	0,85	0,75	0,7	0,6

Материал инструмента	Марка обрабатываемой стали											
	45Г2; 50Г			12Х2Н3А	12Х2Н4А	20ХНМ	40ХНМА	35ХГС			18ХГТ	25ХГТ; 30ХГТ
	HB											
	170—229	229—260	269—285	156—217	179—255	156—207	197—269	170—241	269—321	321—375	149—187	170—197
Быстрорежущая сталь	0,65	0,55	0,5	0,75	0,65	0,7	0,55	0,6	0,45	0,4	0,9	0,6
Твердый сплав	0,75	0,65	0,6	0,85	0,75	0,8	0,65	0,7	0,55	0,45	0,95	0,8

Коэффициент K_2 для сверла, зенкера, цековки, зенковки

Материал инструмента	K_2 при стойкости T_p в минутах резания									
	до 15	30	60	100	150	200	300	400	600	
Быстрорежущая сталь	1,5	1,25	1,15	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,55	
Твердый сплав	1,6	1,4	1,2	1,0	0,85	0,75	0,65	0,55	—	

Коэффициент K_3

Отношение длины резания к диаметру	До 5	8	10
K_3	1,0	0,8	0,7

Развертывание

Класс точности	Класс чистоты	v в м/мин при обработке стали		Класс точности	Класс чистоты	v в м/мин при обработке стали	
		нормализованной	вязкой и улучшенной			нормализованной	вязкой и улучшенной
2а—3	7	4	2	3а—4	6	8	5
	6	7	4		5	11	8
	5	9	6		4	16	12

Нарезание резьбы машинными метчиками

$v = v_{табл} K_v$, где K_v — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала

Диаметр резьбы d в мм	$v_{табл}$ в м/мин при шаге резьбы S в мм						
	0,5	0,75	1	1,25	1,5	2	3
3—6	6	7	8				
8—10	7	8	9				
12—16	8	9	10	10	11	11	
18—24	9	10	11		13	13	12
27 и более		11	12		14	13	13

Коэффициент K_v

Сталь	K_v	Сталь	K_v
Углеродистая 30, 40, 45:		Легированная:	
нормализованная	1,0	нормализованная	0,85
улучшенная	0,85	улучшенная	0,7
A12, A20	1,15		
08, 10	0,7		
15, 20	0,9		

Примечания: 1. В таблице даны значения скоростей резания при нарезании резьбы 2-го класса точности. При нарезании резьбы 1-го класса точности скорости резания уменьшать на 20%.
2. Для нарезания неотчетливых резьб скорости резания повышать на 10—20%.

Центрование

Для центрования отверстий скорости резания назначать по таблице для сверления по наибольшему диаметру фаски центровочного отверстия.

ОБРАБОТКА СЕРОГО ЧУГУНА

При сверлении, зенкеровании, цековании и зенковании серого чугуна

$v = v_{табл} K_1 K_2 K_3$, где K_1 — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала; K_2 — от стойкости инструмента; K_3 — от отношения длины резания к диаметру.

s_d в мм/об	$v_{табл}$ в м/мин при														
	сверлении											зенкеро- вании		цекование и зенкование	
	Обрабатываемый диаметр d в мм														
	2,5	4	6	8	10	12	16	20	25	32	40	до 20	20—40		> 40
Дс 0,06	21	24	27	30	32	33	36	38	41	44	46				23
0,1		21	23	25	26	28	30	31	32	35	37	45	52		23
0,15		17	19	20	22	23	25	26	28	30	32	39	43	46	22
0,2			17	18	19	20	22	23	24	26	28	35	38	41	21
0,3			15	16	17	18	20	21	22	24	25	31	34	36	20
0,4					15	16	17	18	19	21	22	27	30	32	19
0,6							15	16	17	18	20	23	25	27	18
0,8										15	16	21	23	24	
1												19	21	22	
1,5													17	18	

Примечания: 1. Для инструментов из быстрорежущих сталей повышенной производительности табличные значения умножать на 1,2.

2. Для сверл-разверток скорости резания назначать по разверткам.

3. При сверлении и зенкерování твердосплавными инструментами скорости резания повышать в 3 раза, при цековании — в 2 раза.

4. Для сверл с двойной заточкой скорости резания повышать на 20%.

5. При зенкерování по корке скорости резания понижать на 25%.

6. При применении смазочно-охлаждающих жидкостей скорости резания увеличивать на 15—20%.

Коэффициенты K_1, K_2, K_3

Коэффициент K_1

НВ	143—207	163—229	170—241	235—295
K_1	1,2	1,0	0,9	0,7

Коэффициент K_2

Материал инструмента	K_2 при стойкости T_p в минутах резания										
	до 15	30	60	100	150	200	300	400	600	800	1000
Быстрорежущая сталь	1,5	1,3	1,15	1,0	0,9	0,85	0,75	0,7	0,6	0,58	0,55
Твердый сплав	2,0	1,6	1,2	1,0	0,85	0,75	0,65	0,6			

Коэффициент K_3

Отношение длины резания к диаметру	До 5	8	10
K_3	1,0	0,8	0,7

Примечание. При горизонтальном сверлении коэффициент K_3 не учитывать.

Развертывание

Обрабатываемая поверхность				Скорость резания v в м/мин развертками		
Класс точности	Класс чистоты			из быстрорежущей стали		твердосплавными
	Без охлаждения	С применением		HB < 229	HB > 229	
		эмульсии	керосина			
2а—3 3а—4	5—6	6—7	7—8	12 16	8 12	20 30

Нарезание резьбы машинными метчиками

Диаметр резьбы d в мм	v в м/мин при шаге резьбы S в мм						
	0,5	0,75	1	1,25	1,5	2	3
3—6	7	8	9				
8—10	8	9	10	10	11		
12—16	9	10	11	11	12	12	
18—24	10	11	12		14	14	13
27 и более		12	13		15	14	14

Примечания: 1. Значения скоростей резания даны для нарезания резьбы 2-го класса точности. При нарезании резьбы 1-го класса точности скорости резания уменьшать на 20%.
2. Для неотвечественных резьб скорости резания повышать на 10—20%.

ОБРАБОТКА КОВКОГО ЧУГУНА

При сверлении, зенкеровании, цековании и зенковании $v = v_{табл} K_1 K_2 K_3$, где K_1 — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала; K_2 — от стойкости инструмента; K_3 — от отношения длины резания к диаметру.

Подача s_0 в мм/об	$v_{табл}$ в м/мин при													цекование и зенкование	
	сверлении											зенкеро- вании			
	Обрабатываемый диаметр d в мм														
	2,5	4	6	8	10	12	16	20	25	32	40	до 20	20— 40		> 40
До 0,06	24	27	31	35	36	38	40	42	46	50	53	—	—	—	23
0,1		21	24	25	28	30	31	34	36	38	41	64	58	55	23
0,15		18	20	21	23	24	26	28	30	32	34	53	48	45	22
0,2			17	19	20	21	22	24	26	28	30	48	44	41	21
0,3			14	15	16	17	19	20	21	22	24	41	37	35	20
0,4					14	15	16	17	18	20	21	37	34	32	19
0,6							13	14	15	16	17	29	27	25	18
0,8										14	15	27	25	24	
1,0												25	23	22	
1,5												21	19	18	

Примечания: 1. Для инструментов из быстрорежущих сталей повышенной производительности табличные значения умножить на 1,2.
 2. Для сверл-разверток скорости резания назначать по разверткам.
 3. При сверлении и зенкеровании твердосплавными инструментами скорости резания повышать в 2—2,5 раза, при цековании — в 2 раза.
 4. Для сверл с двойной заточкой скорости резания повышать на 20%.
 5. При зенкеровании по корке скорости резания понижать на 25%.

Коэффициенты K_1 , K_2 , K_3

Коэффициент K_1

Чугун	НВ	K_1
Ковкий	120—140 130—170	1,15 1,0
Прочный	207—229 265—285	0,7 0,55

Коэффициент K_2

Материал инструмента	K_2 при стойкости T_p в минутах резания										
	до 15	30	60	100	150	200	300	400	600	800	1000
Быстрорежущая сталь	1,5	1,3	1,15	1,0	0,9	0,85	0,75	0,7	0,6	0,58	0,55
Твердый сплав	2,0	1,6	1,2	1,0	0,85	0,75	0,65	0,6			

Коэффициент K_3

Отношение длины резания к диаметру	До 5	8	10
K_3	1,0	0,8	0,7

Примечание. При горизонтальном сверлении коэффициент K_3 не учитывать.

Развертывание

Обрабатываемая поверхность		Скорость резания v в м/мин развертками			
Класс точности	Класс чистоты		из быстрорежущей стали		твердосплавными
	Без охлаждения	С применением эмульсии	$HV < 170$	$HV > 170$	
2а—3 3а—4	5—6	6—7	12 16	8 12	20 30

Нарезание резьбы машинными метчиками

Диаметр резьбы d в мм	v в м/мин при шаге резьбы S в мм						
	0,5	0,75	1	1,25	1,5	2	3
3—6	7	8	9				
8—10	8	9	10	10	11		
12—16	9	10	11	11	12	12	
18—24	10	11	12		14	14	13
27 и более		12	13		15	14	14

Примечания: 1. Скорости резания даны для нарезания резьбы 2-го класса точности. При нарезании резьбы 1-го класса точности скорости резания уменьшать на 20%.

2. Для неотчетливых резьб скорости резания повышать на 10—20%.

ОБРАБОТКА АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

При сверлении и зенкерованиях алюминиевых сплавов $v = v_{табл} K_1 K_2 K_3$, где K_1 — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала; K_2 — от стойкости инструмента; K_3 — от отношения длины резания к диаметру.

Подача s_0 в мм/об	$v_{табл}$ в м/мин при													
	сверлении										зенкерования			
	Обрабатываемый диаметр d в мм													
	2,5	4	6	8	10	12	16	20	25	32	40	До 20	20— 40	>40
До 0,06	75													
0,1	53	70	81	92	100						135	155		
0,15	39	53	62	69	75	81	90				110	130		
0,2		43	50	56	62	67	74	82			98	110	120	
0,3			42	48	52	56	62	68	75		79	90	96	
0,4				40	45	48	53	59	64	69	75	68	78	85
0,6					37	39	44	48	52	56	63	57	64	70
0,8							38	42	46	49	54	50	54	58
1										43	48	44	49	52
1,5												36	40	42
2													34	37

Примечания: 1. Для сверл из стали 9ХС табличные значения умножить на 0,6.

2. Для твердосплавных зенкеров скорости резания повышать в 1,5—2 раза.

3. При работе без охлаждения табличные значения скоростей умножить на 0,8.

Коэффициенты K_1, K_2, K_3

Коэффициент K_1

Обрабатываемый материал	K_1
Литейные сплавы $\sigma_B = 20 \div 30$ кг/мм ² , $HV \geq 65$ (закаленные) Дюралюминий $\sigma_B = 40 \div 50$ кг/мм ² , $HV \geq 100$ (закаленный)	1,0
Литейные сплавы $\sigma_B = 10 \div 20$ кг/мм ² , $HV \leq 65$ Дюралюминий $\sigma_B = 30 \div 40$ кг/мм ² , $HV \leq 100$	1,25
Дюралюминий $\sigma_B = 20 \div 30$ кг/мм ²	1,5

Коэффициент K_2

Инструмент	K_2 при стойкости T_p в минутах резания											
	до 15	30	60	100	150	200	250	300	400	600	800	1000
Сверло	1,45	1,25	1,1	1,0	0,9	0,85	0,8	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6
Зенкер	1,7	1,4	1,15	1,0	0,9	0,8	0,75	0,75	0,7	0,6	0,55	0,5

Коэффициент K_3

Отношение длины резания к диаметру	До 5	8	10
K_3	1,0	0,8	0,7

Пр и м е ч а н и е. При горизонтальном сверлении коэффициент K_3 не учитывать.

Развертывание

Класс точности	Класс чистоты	v в м/мин
3	6—7	25—50
2	6—7	15—20
2	7—8	8—12

Пр и м е ч а н и е. Для твердосплавных разверток применять эти же скорости резания, при этом стойкость повышается не менее чем в 3 раза.

Цекование, зенкование

Операция	v в м/мин при обработке алюминиевых сплавов	
	закаленных	отожженных
Цекование	60—80	80—100
Зенкование	80—100	120—140

Пр и м е ч а н и е. Для твердосплавных цековок скорости резания повышать в 2 раза.

Нарезание резьбы машинными метчиками

Диаметр резьбы d в мм	v в м/мин при шаге резьбы S в мм						
	0,5	0,75	1	1,5	2	2,5	3
6	8	9	10				
14	11	12	13	14	15		
20	12	13	14	16		18	
30		15	16	18	20		
60			21	23	24		24

Осевая сила резания. Карта С-5

При сверлении, зенкеровании и цековании $P_0 = P_{табл} K_p$, где K_p — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала

СВЕРЛЕНИЕ

Обрабатываемый диаметр d в мм	$P_{табл}$ в кг при обработке																			
	стали										чугуна									
	Подача s_0 в мм/об																			
	0,06	0,1	0,14	0,16	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	0,06	0,1	0,14	0,16	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
2,5	30										15									
3	40										20	25								
4	50	70									25	35	45							
6	75	110	135	150							35	55	70	80	95					
8	100	145	180	200	235						45	70	95	110	125	175				
10	125	180	225	250	290	390					55	90	115	130	155	215	275			
12	150	215	270	300	350	465					68	110	140	150	190	260	330			
16	200	280	365	400	470	620	750				90	140	180	210	250	340	430	520		
20	250	360	450	500	580	770	950	1100			114	180	230	260	310	430	550	650	750	
25	314	450	560	620	730	970	1180	1370	1570		140	220	290	320	390	540	680	810	940	1190
32	400	570	725	800	920	1240	1510	1770	2000	2450	180	290	380	420	500	690	880	1040	1200	1530

Примечания: 1. При сверлении чугуна твердосплавными сверлами табличные значения осевых сил резания увеличивать в 1,3 раза.

2. Для сверл с подточкой перемычки и с двойной заточкой табличные значения осевых сил умножать на 0,75.

СВЕРЛЕНИЕ

ЦЕКОВАНИЕ

Обрабатываемый диаметр d в мм	$P_{табл}$ в кг при подаче s_0 в мм/об для обработки алюминиевых сплавов										Обрабатываемый металл	$P_{табл}$		
	0,06	0,1	0,16	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1	1,2				
2,5	10	12										Сталь	150s (d_1-d_2)	
3	12	17	23											Чугун
4	17	23	30	35								Примечание. d_1 и d_2 — наибольший и наименьший обрабатываемые диаметры в мм.		
6	25	35	50	55	75									
8	35	50	65	80	110	120								
10	45	65	85	100	130	150	200							
12	55	75	100	120	160	190	240	300						
16	75	100	140	160	220	260	340	410						
20	100	130	180	210	280	330	430	520						
25	120	170	230	270	360	430	550	670	780					
32	160	220	310	360	460	560	720	880	1000	1150				

ЗЕНКЕРОВАНИЕ

Глубина резания f в мм	$P_{табл}$ в кг при обработке															
	стали								чугуна							
	Подача s_0 в мм/об															
	0,2	0,3	0,4	0,6	1	1,5	2	2,5	0,2	0,3	0,4	0,6	1	1,5	2	2,5
0,5	15	19	24	30	44	57	69	79	13	18	20	26	37	50	59	68
1	36	46	56	72	102	133	160	185	30	40	48	63	88	114	138	160
2	82	105	128	166	234	304	367	420	70	90	110	143	200	262	314	364
4	188	242	295	380	536	698	843	970	163	210	255	330	464	605	725	840

Коэффициент K_p

Обрабатываемый материал	$HВ$	K_p	Обрабатываемый материал	$HВ$	K_p
Сталь	До 156	0,75	Чугун серый	163—229	1,0
	143—207	0,9		235—295	1,25
	170—229	1,0	Чугун ковкий и прочный	130—170	0,9
	207—269	1,1		207—229	1,1
	269—302	1,25		265—285	1,25
	285—321	1,3			
321—375	1,45				

Мощность резания. Карта С-6

При сверлении

$$N_{рез} = N_{табл} K_N \frac{n}{1000};$$

при зенкерования и цековании

$$N_{рез} = N_{табл} K_N \frac{v}{100},$$

где $N_{табл}$ — мощность резания по таблице;

K_N — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

n — число оборотов инструмента в минуту;

v — скорость резания в м/мин.

ЗНАЧЕНИЯ $N_{табл}$

Сверление

Обрабатываемый диаметр d в мм	$N_{табл}$ при подаче s_0 в мм/об и обработке																					
	стали											чугуна										
	0,06	0,1	0,14	0,16	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	0,06	0,1	0,14	0,16	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8		
3	0,03										0,02	0,03										
4	0,06	0,09									0,03	0,05	0,07									
6	0,13	0,2	0,25	0,29							0,08	0,12	0,15	0,18	0,21							
8	0,22	0,35	0,45	0,52	0,60						0,14	0,22	0,27	0,32	0,37	0,5						
10	0,35	0,55	0,7	0,8	0,94						0,21	0,34	0,43	0,5	0,58	0,8	1,0					
12	0,5	0,8	1	1,2	1,4	1,9					0,31	0,49	0,62	0,7	0,83	1,2	1,5					
16	0,9	1,4	1,8	2,1	2,4	3,4	4,3				0,55	0,86	1,1	1,3	1,5	2,1	2,6	3,1				
20	1,4	2,2	2,8	3,2	3,8	5,3	6,7	8			0,9	1,4	1,7	2	2,3	3,3	4,1	4,9	5,6			
25	2,2	3,5	4,4	5,0	5,9	8,3	10,5	12,4	14,4		1,3	2,1	2,7	3,1	3,6	5,1	6,4	7,6	8,8	11		
32	3,6	5,7	7,4	8,2	9,9	13,5	17,2	20,5	24	30	2,2	3,4	4,5	5	5,9	8,2	10,5	12,5	14	18		

Сверление

Цекование

Обрабатываемый диаметр d в мм	$N_{табл}$ при подаче s_0 в мм/об и обработке алюминиевых сплавов										Обрабатываемый металл	$N_{табл}$	
	0,06	0,1	0,16	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1	1,2			
3	0,02	0,03	0,04										
4	0,03	0,04	0,06	0,075									
6	0,06	0,09	0,13	0,16	0,21								
8	0,1	0,15	0,22	0,27	0,35	0,44							
10	0,16	0,23	0,3	0,4	0,53	0,66	0,9						
12	0,22	0,33	0,43	0,54	0,75	0,92	1,25						
16	0,37	0,54	0,73	0,9	1,25	1,6	2,1	2,6					
20	0,55	0,8	1,1	1,4	1,9	2,3	3,1	3,9					
25	0,8	1,2	1,7	2	2,8	2,5	4,7	5,8	6,9				
32	1,3	1,9	2,7	3,2	4,3	5,4	7,3	9,1	10,5	12,5			

Примечание. d_1 и d_2 — наибольший и наименьший обрабатываемые диаметры в мм

Зенкерование

Подача s_0 в мм/об	$N_{табл}$ при глубине резания t и обработке											
	стали				чугуна				алюминиевых сплавов			
	0,5	1	2	4	0,5	1	2	4	0,4	0,6	0,75	1
0,2	0,7	1,4	2,8	5,7	0,42	0,87	1,7	3,4	0,2	0,28	0,33	0,4
0,4	1,2	2,4	4,7	9,4	0,78	1,4	2,8	5,6	0,36	0,5	0,58	0,72
0,6	1,5	3,0	6,0	12,0	0,9	1,8	3,6	7,2	0,5	0,68	0,8	1,0
1,0	2,4	4,7	9,4	18,8	1,4	2,8	5,6	11,2	0,75	1,0	1,2	1,5
1,5	3,2	6,4	12,7	25,4	1,9	3,8	7,6	15,2	1,0	1,4	1,6	2,0
2,0	4,0	8,0	15,8	31,6	2,4	4,8	9,6	19,0	1,3	1,8	2,0	2,6
2,5	4,7	9,4	18,7	37,4	2,6	5,6	11,2	22,4	1,6	2,0	2,5	3,0

КОЭФФИЦИЕНТ K_N

Обрабатываемый материал	$HВ$	K_N	Обрабатываемый материал	$HВ$	K_N
Сталь	До 156	0,75	Чугун серый	163—229	1,0
	143—207	0,9		235—295	1,25
	207—229	1,0	Чугун ковкий и прочный	130—170	0,9
	207—269	1,1		207—229	1,1
	269—302	1,25		265—285	1,25
	285—321	1,3			
321—375	1,45				

Примечание. Крутящий момент $M_{кр}$ в кгм можно принять равным $N_{табл} K_N$ при сверлении и $0,03 N_{табл} K_N d$ при зенкеровании.

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные											
II	<p>Расчет машинного времени протягивания t_m в мин:</p> <p>а) определение длины рабочей части протяжки l_n в мм (при отсутствии чертежа протяжки для ориентировочных расчетов могут быть использованы примеры длин рабочей части протяжек, приведенные в приложении 2, стр. 275);</p> <p>б) расчет длины рабочего хода $L_{p. x}$ в мм;</p> <p>в) определение машинного времени протягивания комплекта деталей, установленных на станке, t_m в мин</p>	<p>Чертеж протяжки</p> $l_n = L - l_1$ $L_{p. x} = l_u + l_n + l_{доп}$ $t_m = \frac{L_{p. x}}{1000 v} K$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Общая длина протяжки L в мм 2. Длина протяжки до первого зуба l_1 в мм 3. Длина протягивания l_u в мм 4. Дополнительная длина хода $l_{доп}$, равная 30—50 мм 5. Скорость протягивания v в м/мин 6. Коэффициент, учитывающий соотношение скоростей рабочего (v) и обратного ($v_{0. x}$) ходов, K 	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="622 656 829 732">Тип станка</th> <th data-bbox="829 656 956 732">K</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="622 732 829 829">Одноплунжерный с ускоренным обратным ходом</td> <td data-bbox="829 732 956 829">$1 + \frac{v}{v_{0. x}}$</td> </tr> <tr> <td data-bbox="622 829 829 911">Одноплунжерный без ускоренного обратного хода</td> <td data-bbox="829 829 956 911">2</td> </tr> <tr> <td data-bbox="622 911 829 943">Двухплунжерный</td> <td data-bbox="829 911 956 943">2</td> </tr> <tr> <td data-bbox="622 943 829 1037">Непрерывного действия</td> <td data-bbox="829 943 956 1037">1</td> </tr> </tbody> </table>	Тип станка	K	Одноплунжерный с ускоренным обратным ходом	$1 + \frac{v}{v_{0. x}}$	Одноплунжерный без ускоренного обратного хода	2	Двухплунжерный	2	Непрерывного действия	1
Тип станка	K													
Одноплунжерный с ускоренным обратным ходом	$1 + \frac{v}{v_{0. x}}$													
Одноплунжерный без ускоренного обратного хода	2													
Двухплунжерный	2													
Непрерывного действия	1													

¹ Если скорость резания лимитируется мощностью электродвигателя, следует рассмотреть возможность уменьшения силы резания P в кг путем изменения конструкции протяжки.

ПРЯТЯГИВАНИЕ НАРУЖНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и иормативы	Исходные данные
I II	<p>Назначение скорости резания (рабочего хода) v в м/мин</p> <p>Расчет машинного времени протягивания t_m в мин:</p> <p>а) определение длины рабочей части протяжки l_n в мм (при отсутствии чертежа протяжки для ориентировочных расчетов могут быть использованы длины рабочей части протяжек, приведенные в приложении 2);</p> <p>б) расчет длины рабочего хода $L_{p. x}$ в мм</p> <p>в) определение машинного времени протягивания комплекта деталей, установленных на станке. t_m в мин</p>	<p>См. карту П-2, стр. 132 См. карту П-4, стр. 136</p> <p>Чертеж протяжки $l_n = L - l_1$ для протяжек, закрепляемых хвостовиком; $l_n = L_1$ для протяжек, закрепляемых на колодке;</p> <p>$L_{p. x} = l_n + l_u + l_{доп}$ для станков с возвратно-поступательным движением; $L_{p. x} = B_n$ для станков непрерывного действия с движущимися протяжками; $L_{p. x} = B_d$ для станков непрерывного действия с движущейся деталью (типа Футбург и т. п.)</p> $t_m = \frac{L_{p. x}}{1000v} K$	<p>См. этап I для протягивания отверстий</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Общая длина протяжки, закрепляемой хвостовиком, L в мм 2. Длина протяжки до первого зуба l_1 в мм 3. Длина комплекта протяжек, закрепляемых на колодке, L_1 в мм 4. Дополнительная длина хода $l_{доп}$, равная 30—50 мм 5. Расстояние между комплектами протяжек, закрепленных на конвейере станка, B_n в мм 6. Расстояние между деталями, закрепленными в приспособлениях на конвейере станка, B_d в мм 7. Скорость резания v в м/мин 8. Коэффициент, учитывающий соотношение скоростей рабочего (v) и обратного (v_0, x) ходов, K (значения K см. в таблице этапа III для протягивания отверстий)

Скорость резания. Карта П-2

Группа обрабатываемости	Цилиндрические отверстия		Шлицевые отверстия		Наружные поверхности и шпоночные пазы		Все виды протягивания
	▽ 6, 2-й класс точности	▽ 5, 3-й класс точности и грубее	▽ 6, 2-й класс точности	▽ 5, 3-й класс точности	▽ 6, допуск 0,03—0,05 мм	▽ 5, допуск свыше 0,05 мм	▽ 7
	<i>v в м/мин</i>						
I	6	8	5	8	7	10	4
II	5	7	4,5	7	6	8	3
III	4	6	3,5	6	5	7	2,5
IV	3	4	2,5	4	3,5	4	2

Примечания: 1. Рекомендуемые скорости резания рассчитаны на применение широко распространенных конструкций протяжек, смазочно-охлаждающих жидкостей и станков. При применении новых, более эффективных СОЖ и быстроходных станков скорости резания могут быть увеличены.
 2. При протягивании секциями протяжек с фасонным профилем наружных поверхностей с допуском 0,03 мм и точнее скорость резания снижается на 25—40%.
 3. Для всех видов протягивания 7 класс чистоты стабильно получают при условии применения протяжек со специальной конструкцией чистовой и калибрующей частей и особо тщательной заточки зубьев.

ГРУППЫ ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ МЕТАЛЛА ПО СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ

Сталь	Марка стали	HB	Группа обрабатываемости
Углеродистая и автоматная	10, 15, 20	До 156	IV
	25, 30	До 187	III
	35	До 197	II
		197—269	I
	40, 45, 50, А12, А20, А30	До 269	I

Сталь	Марка стали	НВ	Группа обрабатываемости
Марганцовистая	20Г	До 187	III
	30Г	До 197	III
		197—269	II
	40Г, 50Г, 60Г, 65Г	До 229	I
	30Г2, 35Г2, 45Г2, 50Г2	229—269 269—321	II III
Хромистая	20ХН	До 229	I
	30Х, 35Х, 38ХА, 40Х	229—269	II
	45Х, 50Х	269—321	III
Хромоникелевая	20ХН 12ХН2, 12ХН3А, 12Х2Н4А	До 187 » 229	III II
	40ХН, 50ХН	До 229	I
		229—269	II
		269—321	III
	20ХН3А, 20Х2Н4А, 30ХН3	До 269	III
	37ХН3А	269—321	IV
Хромомарганцовистая	20ХГ 35ХГ2	До 187	II
		» 229	I
		229—269	II
		269—321	III
Хромокремнистая	33ХС, 38ХС	До 269 269—321	III IV
Хромованадиевая	20ХФ 40ХФА, 50ХФА	До 197	III
		» 269	II
		269—321	III

Сталь	Марка стали	НВ	Группа обрабатываемости
Хромокремнемарганцовистая	20ХГС	До 229	II
	30ХГС, 30ХГСА	» 269	II
	35ХГСА 30ХГС, 38ХГСА	269—321	III
Хромоникелемолибденовая	18Х2Н4МА, 20ХНМ	До 229	II
	20Х2Н2М 40ХНМА	229—269 269—321	III IV
Хромомарганцовистотитанистая	18ХГТ, 25ХГТ	До 229	II
	30ХГТ	До 229 229—269	II III
Хромомолибденовая	20ХМ	До 187	II
	30ХМА, 35ХМА	До 229 229—269 269—321	II III III
Хромомарганцовомолибденовая	18ХГМ	До 229	II
	40ХГМ	До 229 229—269 269—321	I II III
Кремнемарганцовистая	20СГ, 35СГ	До 229 229—269 269—321	II III IV
	25Н, 30Н 25НЗ, 30НЗ	До 197 » 229 229—269	IV III II
Никелемолибденовая	15НМ, 20НМ	До 197	III
	40НМ	До 229 229—269 269—321	III II III

Чугун	НВ	Группа обрабатываемости
Серый	До 180	I
Ковкий	Св. 180	II
		I

Примечание. Группу обрабатываемости назначать по верхнему пределу заданной твердости обрабатываемого металла.

Сила резания. Карта П-3

Сила резания на 1 мм длины режущей кромки

$$F = p s_2 \text{ кг/мм,}$$

где p — удельная сила резания при протягивании в кг/мм^2 ; s_2 — подача (подъем) на зуб в мм.

Подача на зуб s_2 в мм	F в кг/мм при обработке								
	углеродистой стали			легированной стали			чугуна		КОВ-КОГО
	серого			серого			серого		
	$HВ \leq 197$	$HВ 197-229$		$HВ > 229$	$HВ \leq 180$		$HВ > 180$	$HВ \leq 180$	
0,01	6,5	7,1	8,5	7,6	8,5	9,1	5,5	7,5	6,3
0,02	9,5	10,5	12,5	12,6	13,6	15,8	8,1	8,9	7,3
0,025	10,9	12,1	14,4	14,2	15,2	16,8	9,3	10,3	8,4
0,03	12,3	13,6	16,1	15,7	16,9	18,6	10,4	11,6	9,4
0,04	14,3	15,8	18,7	18,4	19,8	21,8	12,1	13,4	10,9
0,05	16,3	18,1	21,6	20,7	22,2	24,5	14,0	15,5	12,5
0,06	17,7	19,5	23,2	23,8	25,5	28,2	15,1	16,6	13,4
0,07	19,6	21,7	25,8	26,0	28,2	31,2	16,7	18,4	14,3
0,075	20,2	22,4	26,9	27,0	29,2	32,5	17,3	19,2	15,6
0,08	21,3	23,5	28,0	28,0	30,2	33,5	18,0	20,0	16,4
0,09	23,1	25,5	30,4	30,4	32,8	36,2	19,5	21,6	17,9
0,10	24,7	27,3	32,5	32,8	35,4	39,0	20,7	23,6	19,2
0,11	26,6	29,4	35,0	35,1	38,1	42,0	22,6	25,4	20,6
0,12	28,5	31,5	37,5	37,8	40,7	45,0	24,3	26,8	22,0
0,125	29,4	32,6	38,7	39,0	42,0	46,5	25,0	27,9	23,0
0,13	30,4	33,6	39,8	40,3	43,4	48,0	25,8	28,5	23,4
0,14	32,4	35,7	42,5	42,3	45,7	50,5	27,3	30,3	25,0
0,15	34,2	37,9	45,0	44,5	48,0	53,0	29,0	32,1	26,1
0,16	36,0	39,8	47,2	47,1	51,0	56,0	30,5	33,6	27,6
0,17	37,8	41,6	49,6	49,5	53,6	59,2	32,0	35,3	29,1
0,18	39,5	43,6	52,0	52,5	56,5	62,5	33,4	37,0	30,2
0,19	41,1	45,5	54,0	55,5	60,0	66,2	34,6	38,8	31,9
0,20	42,7	47,3	56,2	57,6	62,0	68,5	36,0	40,2	32,6
0,21	44,2	48,8	58,0	58,0	64,3	71,0	37,5	41,5	33,8
0,22	45,6	50,3	60,0	62,0	66,7	73,8	38,5	42,7	34,9
0,23	46,8	51,7	61,6	64,0	68,7	76,2	39,5	43,8	35,8
0,24	48,0	53,1	63,2	66,2	70,9	78,6	41,0	45,1	36,8
0,25	49,5	54,5	65,0	68,0	73,0	81,0	42,1	46,5	37,6
0,26	51,0	56,1	66,6	70,6	75,3	83,4	42,9	47,7	39,0
0,27	52,5	57,4	68,2	72,2	77,6	85,8	44,4	48,7	40,2
0,28	54,0	58,8	70,0	74,4	79,8	88,3	45,5	50,0	41,3
0,29	54,9	60,0	72,0	76,0	83,0	92,0	46,2	51,0	41,9
0,30	56,4	61,5	73,0	78,5	84,5	93,3	47,6	52,2	43,1
0,40	75,0	82,0	97,5	104,5	113,0	124,0	63,5	69,5	57,5
0,50	94,0	102,5	121,5	131,0	141,0	155,0	79,5	87,0	72,0

Мощность резания. Карта П-4

Сила резания P в кг	Мощность двигателя N в квт при скорости резания v в м/мин										
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14
500	0,06	0,13	0,19	0,26	0,32	0,39	0,45	0,52	0,60	0,78	0,91
1 000	0,13	0,26	0,39	0,52	0,65	0,78	0,91	1,00	1,30	1,60	1,80
2 000	0,26	0,52	0,78	1,00	1,30	1,60	1,80	2,10	2,60	3,10	3,60
3 000	0,39	0,78	1,20	1,60	1,90	2,30	2,70	3,10	3,90	4,70	5,40
4 000	0,52	1,00	1,60	2,10	2,60	3,10	3,60	4,10	5,20	6,20	7,30
5 000	0,65	1,30	1,90	2,60	3,20	3,90	4,50	5,20	6,50	7,8	8,40
6 000	0,78	1,60	2,30	3,10	3,90	4,70	5,40	6,20	7,80	9,3	10,90
7 000	0,91	1,80	2,70	3,60	4,50	5,40	6,30	7,30	9,10	10,90	12,70
8 000	1,0	2,1	3,1	4,1	5,2	6,2	7,3	8,3	10,4	12,4	14,5
9 000	1,2	2,3	3,5	4,7	5,8	7,0	8,2	9,3	11,7	14,0	16,3
10 000	1,3	2,6	3,9	5,2	6,5	7,8	9,1	10,4	13,0	15,5	18,1
12 000	1,6	3,1	4,7	6,2	7,8	9,3	10,9	12,4	15,5	18,6	21,8
14 000	1,8	3,6	5,4	7,3	9,1	10,9	12,7	14,5	18,1	21,8	25,4
16 000	2,1	4,1	6,2	8,3	10,4	12,4	14,5	16,6	20,7	24,8	29,0
18 000	2,3	4,7	7,0	9,3	11,7	14,0	16,3	18,6	23,3	28,0	32,6
20 000	2,6	5,2	7,8	10,0	13,0	16,0	18,0	21,0	25,9	31,0	36,0
25 000	3,2	6,5	9,7	13,0	16,2	19,4	22,7	25,9	32,4	38,9	45,3
30 000	3,9	7,8	12,0	16,0	19,0	23,0	27,0	31,0	38,9	47,0	54,0
35 000	4,5	9,1	13,6	18,1	22,7	27,9	32,8	38,2	47,2	57,2	68,2
40 000	5,2	10,9	15,5	20,7	26,0	32,0	38,0	45,0	55,0	66,0	79,0
45 000	5,8	11,7	17,5	23,3	29,1	35,0	40,8	46,6	58,3	69,9	81,6
50 000	6,5	13,0	19,0	26,0	32,0	39,0	45,0	52,0	64,8	78,0	90,0

Примечания: 1. По таблице можно определить мощность двигателя станка по силе и скорости резания или допустимую скорость резания по силе резания и мощности двигателя.

2. Для станка с винтовым приводом мощности увеличивать на 30%

**Стойкость инструмента (средние значения). Карта П-5
ПРОТЯЖКИ ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ. ПРОГРЕССИВНЫЕ
(С ГРУППОВОЙ СХЕМОЙ РЕЗАНИЯ)**

Обработка отверстий (длина протягивания до 50 мм)

Обрабатываемый материал	Круглые		Шлицевые		Шпоночные
	▽ 6, 2-й класс точности	▽ 5, ▽ 4, 3-й класс точности и грубее	▽ 6, 2-й класс точности	▽ 5, ▽ 4, 3-й класс точности и грубее	
	Стойкость между переточками (суммарная длина протянутых деталей) T_1 в м				
Сталь <i>HV</i> < 229	55	70	45	55	60
Сталь <i>HV</i> 229—300	35	55	25	45	45
Чугун (серый и ковкий) мягкий	70	90	55	70	75
Чугун твердый	45	60	35	45	45

Примечания. 1. При длине протягивания свыше 50 мм табличные значения повышать примерно на 20%.
2. При применении быстрорежущих сталей P14Ф4 и P9Ф5 стойкость возрастает в 1,5—2 раза.

Обработка плоскостей, цилиндрических вогнутых и угловых поверхностей (длина протягивания 30—100 мм)

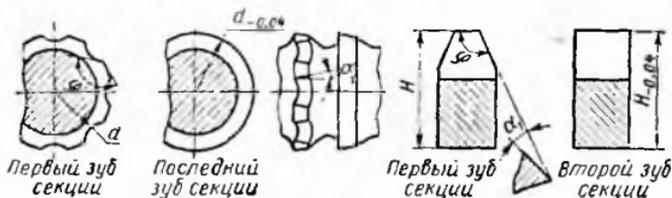
Твердость обрабатываемой стали	Стойкость между переточками (суммарная длина протянутых деталей) T_1 в м	
	при чистоте обработки	
	▽ 6	▽ 5 и грубее (или предварительные)
<i>HV</i> < 229	600	1250
<i>HV</i> 229—300	250	600

Примечания: 1. В таблице даны значения для протяжек, перетачиваемых по задней грани. Для протяжек наружных, перетачиваемых по передней грани, стойкость принимать как при обработке отверстий, причем для фасонных протяжек с генераторной схемой резания (непрогрессивные) уменьшать на 20%.

В обеих таблицах стойкости даны при условиях:

а) подача черновых зубьев (на сторону) s_2 составляет для стали средней твердости 0,07—0,25 мм, у наружных протяжек до 0,3 мм, для сталей вязких и твердых $s_2 \max = 0,2 \div 0,15 \text{ мм}$;

б) угловые переходы зубьев выполнены с углом $\varphi \sim 100^\circ$ и $\alpha_1 > 0^\circ$.



2. При высоких требованиях к чистоте обработки ($\nabla 7$ и выше) табличные значения уменьшать в 1,5—2 раза по сравнению со стойкостью при $\nabla 6$.

3. Стойкость протяжек непрогрессивных (со стружкоделителями на зубьях $\varphi < 100^\circ$, $\alpha_1 = 0$ при $s_z < 0,06$) уменьшать на 30—50%.

4. Для обработки узких плоскостей (зубья без стружкоделителей с подачей на каждый зуб) принимать табличные значения стойкости.

5. Критериями затупления являются ухудшение чистоты поверхности, искажение геометрии или изменение размеров протягиваемых поверхностей (за пределы допусков), резкое увеличение сил протягивания (нагрев детали, вибрация протяжки), приваривание стружек, а также большие износы (посадки) на нескольких зубьях.

Для черновых протяжек, не влияющих на точность и чистоту обработанной поверхности и перетачиваемых по задней грани, допускаются износы порядка 2—3 мм.

ПРЯТЖКИ ТВЕРДОСПЛАВНЫЕ (С ПЛАСТИНКАМИ ВК8) ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЧУГУННЫХ ДЕТАЛЕЙ (ПЛОСКОСТЕЙ И ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ВОГНУТЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ)

Длина протягивания в мм	30	60	250	600
Стойкость между переточками (суммарная длина протянутых деталей) T_1 в м . . .	1500	2000	4000	10 000

Примечания: 1. Стойкости даны для обработки комбинированным комплектом протяжек, где первая часть комплекта, воспринимающая ударные нагрузки, выполняется с быстрорежущими зубьями (во избежание выкрашивания твердого сплава).

2. При обработке отливок быстрорежущими протяжками стойкость уменьшать в 20—40 раз.

ЗУБООБРАБАТЫВАЮЩИЕ СТАНКИ

Рекомендации по расчету режимов резания приведены на следующие виды зубообработки:

- нарезание зубьев колес на зубофрезерных станках;
- фрезерование шлицев на шлицефрезерных станках;
- нарезание зубьев колес на зубодолбежных станках;
- обработка зубьев на шевинговальных станках;
- абразивное шевингование на зубохонинговальных станках;
- предварительное фрезерование прямых зубьев конических колес с подачей вдоль зуба;

нарезание прямых зубьев конических колес двумя дисковыми фрезами;

окончательное строгание прямых зубьев конических колес;

горячее накатывание зубьев ведомых конических колес.

Для остальных видов зубообработки в картах режимов резания указаны скорость резания v и время обработки одного зуба t_z , по

которым рассчитывают число оборотов инструмента $n = \frac{1000v}{\pi D}$ и ма-

шинное время обработки колеса $t_n = \frac{t_z}{60} z_d$.

Режимы резания рассчитаны на применение смазочно-охлаждающих жидкостей на масляной основе.

Рекомендации по расчету режимов резания. Карта 3-1

НАРЕЗАНИЕ ЗУБЬЕВ НА ЗУБОФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
1	Расчет длины рабочего хода L_{p-x} в мм	$L_{p-x} = L_{рез} + y + L_{доп}$ (значение y см. в приложении 3, стр. 304)	1. Ширина венца l_b 2. Количество временно обрабатываемых деталей q 3. Длина резания $L_{рез}$, равная $l_b q$ 4. Длина подвода, врезания и перебега y 5. Дополнительная длина хода, вызванная наладкой и конфигурацией колеса, $L_{доп}$

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
II	Назначение подачи на оборот детали s_0 в мм/об: а) определение рекомендуемой подачи по нормативам; б) уточнение подачи по паспорту станка	См. карту 3-2, стр. 148—149	1. Характер обработки 2. Число заходов фрезы e 3. Число зубьев детали z_d 4. Угол наклона зуба к оси детали β 5. Модуль m 6. Жесткость системы 7. Обрабатываемый металл 8. Материал фрезы
III	Расчет скорости резания v в м/мин и числа оборотов фрезы n в минуту: а) определение рекомендуемой скорости резания по нормативам; б) расчет числа оборотов фрезы в минуту; в) уточнение числа оборотов фрезы по паспорту станка; г) уточнение скорости резания по принятому числу оборотов	См. карту 3-2, стр. 148—149 $n = \frac{1000v}{\pi D}$ $v = \frac{\pi D n}{1000}$	1. Характер обработки 2. Обрабатываемый металл 3. Жесткость системы 4. Принятый период стойкости фрезы T_M 5. Диаметр червячной фрезы D 6. Материал фрезы
IV	Расчет машинного времени t_M в мин (на одну деталь)	$t_M = \frac{L_{p.x} z_d}{s_0 n e q}$	1. Длина рабочего хода $L_{p.x}$ 2. Число зубьев детали z_d 3. Принятая подача на оборот детали s_0 4. Принятое число оборотов фрезы n 5. Число заходов фрезы e 6. Количество одновременно обрабатываемых деталей q

¹ При зубонарезании косозубых колес на станках, не имеющих дифференциала, подачи следует уточнять после подбора сменных шестерен деления

ФРЕЗЕРОВАНИЕ ШЛИЦЕВ НА ШЛИЦЕФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ

При расчете режимов резания для фрезерования шлицев руководствоваться инструктивными указаниями по нарезанию зубьев на зубофрезерных станках, пользуясь картой 3-3 (стр. 149—150)

НАРЕЗАНИЕ ЗУБЬЕВ НА ЗУБОДОЛБЕЖНЫХ СТАНКАХ

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
I	Расчет длины рабочего хода $L_{p.x}$ в мм	$L_{p.x} = L_{рез} + 6$	Длина резания $L_{рез}$, равная ширине венца l_{θ}
II	Назначение круговой подачи на двойной ход долбяка s_0 в мм/дв. ход.: а) определение рекомендуемой подачи по нормативам; б) уточнение подачи по паспорту станка	См. карту 3-4, стр. 150—151	1. Характер обработки 2. Диаметр долбяка D 3. Модуль m 4. Число зубьев детали z_{∂} 5. Число проходов u 6. Угол наклона зубьев к оси детали β 7. Обрабатываемый металл
III	Расчет скорости резания v в м/мин и числа двойных ходов долбяка n в дв. ход./мин: а) определение рекомендуемой скорости резания по нормативам; б) расчет рекомендуемого числа двойных ходов долбяка в минуту; в) уточнение числа двойных ходов долбяка по паспорту станка; г) уточнение скорости резания по принятому числу двойных ходов	См. карту 3-4, стр. 150—151 $n_{\partial.x} = \frac{1000v}{2L_{p.x}}$	1. Характер обработки 2. Диаметр долбяка D 3. Модуль m 4. Число зубьев детали z_{∂} 5. Обрабатываемый металл
IV	Расчет машинного времени t_M в мин	$v = \frac{2L_{p.x} n_{\partial.x}}{1000}$ $t_M = \frac{a_M}{s_f n_{\partial.x}} + \frac{\pi m_T^2 \partial}{s_0 n_{\partial.x} u}$	1. Припуск на обработку по межцентровому расстоянию a_M 2. Радиальная подача врезания $s_f = (0,15 \div 0,2) s_0$ 3. Принятое число двойных ходов $n_{\partial.x}$ 4. Модуль m_T по торцу 5. Число зубьев деталн z_{∂} 6. Принятая круговая подача s_0 7. Число проходов u

Примечание. Припуск на обработку a_M при предварительном и однократном зубодолблении равен высоте зуба h .

ОБРАБОТКА ЗУБЬЕВ НА ШЕВИНГОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
I	Назначение величины припуска на шевингование по межцентровому расстоянию a_m в мм	См. карту 3-6, стр. 152	1. Модуль m 2. Угол зацепления колеса 3. Угол наклона зуба β Ширина венца колеса l_g
II	Определение длины рабочего хода стола $L_{p.x}$ в мм	$L_{p.x} = l_g + 4 \text{ мм}$	
III	Назначение минутной подачи стола s_M в мм/мин	См. карту 3-6, стр. 153	1. Угол скрещивания осей шевра и детали ω 2. Диаметр колеса
IV	Назначение радиальной подачи стола s_f в мм/ход стола	См. карту 3-6, стр. 153	Угол скрещивания осей шевра и детали ω
V	Определение числа оборотов шевра n_u в минуту к скорости резания (скольжения) v в м/мин: а) определение числа оборотов шевра по нормативам; б) уточнение числа оборотов по паспорту станка; в) расчет окружной скорости шевра v_0 в м/мин; г) расчет скорости резания (скольжения) ²	См. карту 3-6, стр. 153 $v_0 = \frac{\pi D n_u}{1000}$ $v = v_0 \frac{\sin \omega}{\cos \beta}$	1. Угол скрещивания осей шевра и детали ω 2. Угол наклона зубьев колеса β 3. Диаметр шевра D
VI	Расчет машинного времени t_M в мин	$t_M = \frac{L_{p.x}}{s_M} \left(\frac{a_m}{s_f} + u_K \right)$ См. карту 3-6, стр. 153	1. Длина рабочего хода стола $L_{p.x}$ 2. Припуск на шевингование по межцентровому расстоянию a_m 3. Минутная продольная подача s_M 4. Радиальная подача s_f 5. Количество калибрующих ходов u_K

¹ На станке с качающимся столом $L_{p.x} = 0,8l_g$; при шевинговании облегающими шеврами длина $L_{p.x}$ должна быть уменьшена не менее чем в 2 раза.

² Скорости резания свыше 45 м/мин не рекомендуются.

АБРАЗИВНОЕ ШЕВИНГОВАНИЕ НА ЗУБОХОНИНГОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
I	Определение длины рабочего хода стола $L_{p.x}$ в мм	Для параллельного метода шевингования $L_{p.x} = l_{\theta} + 4$ мм. Для касательного метода шевингования $L_{p.x} = l_{\theta} \cdot \operatorname{tg} \omega + 6$ мм	1. Принятый метод шевингования 2. Ширина зубчатого венца колеса l_{θ} в мм 3. Угол скрещивания осей шевра и детали ω
II	Определение продольной минутной подачи стола s_M в мм/мин: а) назначение минутной подачи по нормативам; б) уточнение минутной подачи по паспорту станка	См. карту 3-6, стр. 154	1. Принятый метод шевингования 2. Диаметр колеса d 3. Угол скрещивания осей шевра и детали ω
III	Назначение нагрузочного усилия шевингования	См. карту 3-6, стр. 154	1. Принятый метод нагружения 2. Угол зацепления колеса 3. Диаметр колеса d
IV	Определенные числа оборотов шевра n и колеса n_{θ} в минуту: а) определение числа оборотов шевра по нормативам; б) уточнение числа оборотов шевра по паспорту станка; в) определение числа оборотов колеса; г) корректирование (уменьшение) n_u в случае, если $n_{\theta} > 900$	См. карту 3-6, стр. 154 $n_{\theta} = n_u \frac{z_u}{z_{\theta}} \leq 900$ $n_u = 900 \frac{z_{\theta}}{z_u}$	1. Угол скрещивания осей шевра и детали ω 2. Угол наклона зубьев детали (колеса) β 3. Диаметр шевра D 4. Число зубьев шевра z_u 5. Число зубьев детали z_{θ}
V	Назначение числа ходов стола u	См. карту 3-6, стр. 154	1. Диаметр колеса d 2. Требуемая чистота поверхности зуба колеса
VI	Расчет машинного времени t_M в мин	$t_M = \frac{L_{p.x}}{s_M} u$	1. Длина рабочего хода $L_{p.x}$ 2. Минутная подача s_M 3. Число ходов стола u

ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ФРЕЗЕРОВАНИЕ ПРЯМЫХ ЗУБЬЕВ КОНИЧЕСКИХ КОЛЕС С ПОДАЧЕЙ ВДОЛЬ ЗУБА

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
I	Определение длины рабочего хода $L_{p. x}$ в мм	$L_{p. x} = L_{рез} + u$ (значения u см. в приложении 3, стр. 304)	1. Длина резания $L_{рез}$, равная длине зуба колеса 2. Длина подвода, врезания и перебега u
II	Назначение рекомендуемой подачи на зуб фрезы s_z в мм/зуб по нормативам	См. карту 3-7, стр. 155—156	Модуль m
III	Расчет скорости резания v в м/мин и числа оборотов фрезы n в минуту: а) определение рекомендуемой скорости по нормативам; б) расчет числа оборотов фрезы в минуту	См. карту 3-7, стр. 155—156 $n = \frac{1000v}{\pi D}$	1. Модуль m 2. Обрабатываемый металл 3. Подача на зуб s_z 4. Диаметр фрезы D
IV	Определение минутной подачи s_M в мм/мин: а) расчет минутной подачи; б) уточнение минутной подачи по паспорту станка	$s_M = s_z z_u n$	1. Подача на зуб фрезы s_z 2. Число зубьев фрезы z_u 3. Принятое число оборотов фрезы
V	Расчет машинного времени t_M в мин	$t_M = \left[L_{p. x} \left(\frac{1}{s_M} + \frac{1}{s_x} \right) + t_{\partial} \right] \frac{z_{\partial}}{u}$	1. Число зубьев детали z_{∂} 2. Длина рабочего хода $L_{p. x}$ 3. Принятая минутная подача s_M 4. Минутная подача обратного хода s_x , постоянная для данного типа станка 5. Время деления t_{∂} по паспорту станка 6. Количество одновременно (параллельно) обрабатываемых деталей q

НАРЕЗАНИЕ ПРЯМЫХ ЗУБЬЕВ КОНИЧЕСКИХ КОЛЕС ДВУМЯ ДИСКОВЫМИ ФРЕЗАМИ
(типа «Конифлекс»)

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
I	<p>Расчет скорости резания v в м/мин и числа оборотов фрезы n в минуту:</p> <p>а) определение рекомендуемой скорости по нормативам;</p> <p>б) расчет числа оборотов фрезы в минуту;</p> <p>в) уточнение числа оборотов фрезы по паспорту станка;</p> <p>г) уточнение скорости резания по принятому числу оборотов</p>	<p>См. карту 3-7, стр. 157</p> $n = \frac{1000v}{\pi D}$ $v = \frac{\pi D n}{1000}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Характер обработки 2. Длина зуба l_g 3. Диаметр фрезы D (275 или 490) в мм
II	<p>Назначение времени обработки зуба t_z в сек/зуб</p>	<p>См. карту 3-7, стр. 157</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Модуль m 2. Длина зуба l_g 3. Характер обработки
III	<p>Расчет машинного времени t_M в мин при различных методах обработки:</p> <p>а) обкатке или врезанию;</p> <p>б) комбинированном в один проход;</p> <p>в) комбинированном в два прохода</p>	$t_M = (t_z + t_x) \cdot u \cdot z_d$ $t_M = (2t_z + t_x) z_d$ $t_M = (3t_z + 2t_x) \cdot z_d$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Время обработки одного зуба t_z в сек/зуб 2. Время холостого хода t_x (при $z_d > 15$ $t_x = 2,5$ сек/зуб; при $z_d < 15$ $t_x = 5$ сек/зуб) 3. Число проходов u 4. Число зубьев детали z_d

ОКОНЧАТЕЛЬНОЕ СТРОГАНИЕ ПРЯМЫХ ЗУБЬЕВ КОНИЧЕСКИХ КОЛЕС

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
I	Определение длины рабочего хода резцов $L_{p. x}$ в мм	$L_{p. x} = l_{\theta} + (5 - 10)$	1. Длина зуба l_{θ} 2. Длина подвода и перебега 5—10 мм
II	Расчет скорости резания v в м/мин и числа двойных ходов резцов n_{∂} в минуту: а) определение рекомендуемой скорости по нормативам; б) расчет числа двойных ходов резцов в минуту; в) уточнение числа двойных ходов резцов по паспорту станка; г) уточнение скорости резания по принятому числу двойных ходов	См. карту 3-8, стр. 158 $n_{\partial. x} = \frac{1000v}{2L_{p. x}}$ $v = \frac{2L_{p. x} n_{\partial. x}}{1000}$	1. Характер обработки 2. Длина зуба l_{θ} 3. Обрабатываемый металл 4. Длина рабочего хода $L_{p. x}$
III	Назначение времени обработки одного зуба t_z в сек/зуб	См. карту 3-8, стр. 158	1. Модуль m 2. Длина зуба l_{θ} 3. Обрабатываемый металл 4. Жесткость системы
IV	Расчет машинного времени t_M в мин	$t_M = \frac{t_z}{60} z_{\partial}$	1. Время обработки одного зуба t_z 2. Число зубьев детали z_{∂}

ГОРЯЧЕЕ НАКАТЫВАНИЕ ЗУБЬЕВ ВЕДОМЫХ КОНИЧЕСКИХ КОЛЕС

№ этапа	Последовательность определения режима накатывания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
I	Определение числа оборотов детали n в об/мин	См. карту 3-10, стр. 159	1. Диаметр колеса d
II	Определение времени нагрева t_n в сек	См. карту 3-10, стр. 159	1. Диаметр колеса d 2. Модуль m
III	Определение времени накатывания $t_{нак}$ в сек	См. карту 3-10, стр. 160	1. Диаметр колеса d 2. Модуль m
IV	Определение времени обкатывания $t_{об}$ в сек	См. карту 3-10, стр. 160	1. Диаметр колеса d
V	Определение времени подхода инструмента на рабочей подаче t_s в сек	См. карту 3-10, стр. 160	1. Диаметр колеса d 2. Модуль m
VI	Определение стойкости зубонакатного ин- струмента: а) T_{∂} в шт.; б) T_m в минутах машинной работы	См. карту 3-10, стр. 160 $T_m = T_{\partial} \frac{t_{нак} + t_{об}}{60}$	1. Материал инструмента 1. Стойкость T_{∂} в шт. 2. Время накатывания $t_{нак}$ 3. Время обкатывания $t_{об}$
VII	Определение времени охлаждения инстру- мента и патрона $t_{охл}$ в сек	См. карту 3-10, стр. 160	1. Диаметр колеса d
VIII	Определение постоянного времени автомати- ческого цикла t_n в сек	См. карту 3-10, стр. 160	1. Диаметр колеса d 2. Модель зубонакатного подуавто- мата
IX	Расчет времени цикла $t_{ц}$ в мин	$t_{ц} = t_n + t_{нак} + t_{об} + t_s + t_{охл} + t_n$	

Зубофрезерование цилиндрических колес. Карта 3-2

Подача s_0 в мм/об и скорость резания v в м/мин червячными фрезами из быстрорежущих сталей нормальной производительности и Р9К10: $s_0 = s_{0 табл} K_s \cos \beta$, где K_s — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала; β — угол наклона зуба к оси косозубого колеса; $v = v_{табл} K_1 K_2$, где K_1 — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала; K_2 — от стойкости инструмента.

Характер обработки	Модуль m в мм	Число заходов фрезы z	Число зубьев детали z_d						Скорость резания $v_{табл}$ в м/мин		
			до 20		25—45		более 50				
			Подача фрезы $s_0 табл$ в мм/об из стали								
			бы- строре- жущей	Р9К10	бы- строре- жущей	Р9К10	бы- строре- жущей	Р9К10	бы- строре- жущей	Р9К10	
Предварительная	5—6.5	1		2,0	2,0	2,5		3,0	30	55—65	
		2	2,0	1,5	2,6	2,0	3,0	30	55—65		
		3	1,6	2,1	2,0	2,4					
Однократная окончательная	2—5	1	1,6	1,5	2,1	2,0	2,4	2,3	40	60—65	
		2	1,2	1,0	1,6	1,5	1,8	1,6	40	60—65	
Окончательная после предварительной	5—6,5	1	2,0	1,8	2,6	2,3	3,0	2,7	45	65—75	
		2	1,5	1,3	2,0	1,8	2,3	2,1	45	65—75	
Однократная под шевингование	2—5	1	2,0	1,6	2,6	2,1	3,0	2,4	35	60—70	
		2	1,5	1,0	2,0	1,5	2,3	1,5	35	60—70	
		3	1,2	1,6			1,8				
Под шевингование после предварительной	5—6.5	1	2,6	2,0	3,0	2,6	3,5	3,0	45	65—70	
		2	2,0	1,5	2,6	2,0	3,0	2,3	45	65—70	
		3	1,6	2,1			2,4				

Примечания: 1. Если модуль меньше 2, то подачу следует уменьшать до 30%. 2. В таблице отсутствуют значения подач и скоростей для трехзаходных фрез из стали Р9К10, что вызвано ее повышенной хрупкостью. 3. Передний угол на фрезях из стали Р9К10 должен быть нулевым. 4. При применении червячных фрез, оснащенных твердым сплавом, скорости резания могут быть увеличены до 150—200 м/мин.

Коэффициенты K_1 и K_5

Коэффициенты	Материал инструмента	Обрабатываемый материал			
		Сталь			Чугун
		35:45	40X:18XГТ	30XГТ	
K_1	Быстрорежущая сталь нормальной производительности и P9K10	1,1	1,0	0,9	1,2
K_5	Быстрорежущая сталь нормальной производительности	1,2	1,0	0,9	1,4

Коэффициент K_2

Материал инструмента	K_2 при стойкости T_M в минутах машинной работы (на одну передвижку)			
	600	400	240	160
Быстрорежущая сталь нормальной производительности		0,8	1,0	1,2
P9K10	0,8	1,0	1,1	

Примечание. На станках с автоматической передвижкой фрезы K_2 принимать равным 1,4 для фрез из быстрорежущей стали и 1,2 — для фрез из P9K10.

Нарезание шлицев червячными фрезами. Карта 3-3

Скорость резания $v = v_{табл} K_v$, где K_v — коэффициент, зависящий от стойкости инструмента

Материал	Характер обработки	Допуск на толщину шлицев δ в мм	Высота шлицев h в мм	Число шлицев детали z_d			Скорость резания $v_{табл}$ в м/мин
				6-8	10-12	14-16	
				Подача s_0 в мм на оборот детали			
Углеродистые и легированные нормализованные стали $HRC < 25$	Однократная под шлифование	0,1—0,15	2—3,5 4—6	2,4 2,2	2,6 2,4	2,9 2,6	40 35
		Однократная окончательная	0,045—0,06	2—3,5 4—6	2,0 1,6	2,2 1,8	2,4 2,0
	0,03—0,04		2—3,5 4—6	1,2	1,4	1,6	35
				1,0	1,2	1,4	30

Материал	Характер обработки	Допуск на толщину шлицев δ в мм	Высота шлицев h в мм	Число шлицев детали z_d			Скорость резания $v_{табл}$ в м/мин
				6—8	10—12	14—16	
				Гюдача s_0 в мм на оборот детали			
Углеродистые и легированные улучшенные стали HRC 25—35	Однократная под шлифование	0,1—0,15	2—3,5 4—6	2,0 1,8	2,2 2,0	2,4 2,2	30 25
	Окончательная после предварительной	0,045—0,06	2—3,5 4—6	1,8 1,6	2,0 1,8	2,2 2,0	40 35
		0,03—0,04	2—3,5 4—6	1,4 1,3	1,6 1,5	1,8 1,7	40 35
	Однократная окончательная	0,045—0,06	2—3,5 4—6	1,4 1,2	1,6 1,4	1,8 1,6	30 25
		0,03—0,04	2—3,5 4—6	1,0 0,8	1,2 1,0	1,4 1,2	30 25
	Примечания: 1. Для станков недостаточной жесткости подача может быть уменьшена на 10—30%. 2. Для фрезы с «кусниками» подача может быть уменьшена до 20%. 3. Режимы резания ориентированы на стойкость фрезы между передвижками (при отсутствии передвигек — за одну установку) $T_M = 240$ мин. Для других стойкостей табличные значения скорости резания нужно умножить на коэффициент K_v .						
Стойкость T_M в минутах машинной работы				400	320	240	160
K_v				0,8	0,9	1,0	1,2

Нарезание зубьев долбяками. Карта 3-4

Подача $s_0 = s_{0табл} K_s$; скорость резания $v = v_{табл} K_v$, где K_s , K_v — коэффициенты, зависящие от обрабатываемого материала

Характер обработки	Круговая подача на двойной ход долбяка s_0 табл в мм/дв. ход Скорость резания $v_{табл}$ в м/мин	Диаметр делительной окружности долбяка D в мм					
		75			100		
		Модуль m в мм					
		2—3		3,5—4,5		5—6,5	
		Число зубьев детали z_d					
		до 15	св. 20	до 15	св. 20	до 15	св. 20
Предварительная	s_0 v	0,35 20	0,40 24	0,35 18	0,40 22	0,30 18	0,35 22

Характер обработки	Круговая подача на двойной ход долбяка s_0 табл в мм/дв. ход Скорость резания v табл в м/мин	Диаметр делительной окружности долбяка D в мм					
		75			100		
		Модуль m в мм					
		2—3		3,5—4,5		5—6,5	
		Число зубьев детали z_0					
до 15	св. 20	до 15	св. 20	до 15	св. 20		
Однократная окончательная	s_0 v	0,20 22	0,25 25	0,20 20	0,25 23	0,15 22	0,20 24
Окончательная после предварительной	s_0 v	0,22 30		0,22 30		0,22 26	
Однократная под шевингование	s_0 v	0,25 24	0,30 28	0,25 23	0,30 26	0,20 24	0,25 27
Под шевингование после предварительной	s_0 v	0,30 30		0,30 30		0,30 26	

Примечания: 1. Режимы резания приведены для нарезания зубьев в один проход; при нарезании в два и более проходов табличные значения можно увеличить на 20%.

2. Поддачи даны для обработки прямозубых колес; для косозубых колес подачу уменьшать на 15% при угле наклона зуба к оси детали β до 30° и на 25% при угле наклона до 40°.

3. Режимы резания ориентированы на стойкость $T_M = 300$ мин для предварительного зубодолбления и $T_M = 400$ мин для окончательного.

Коэффициенты K_v и K_s

Коэффициенты	Обрабатываемый металл			
	Сталь			Чугун
	30ХГТ	40Х	35, 45	
K_s	0,9	1,05	1,3	1,2
K_v	1,0	1,0	1,1	1,4

Зубозакругление. Карта 3-5
ЗАКРУГЛЕНИЕ ЗУБЬЕВ ПАЛЬЦЕВОЙ ФРЕЗОЙ
 Время обработки одного зуба t_z

Модуль m в мм	Число проходов u	Подача на зуб фрезы s_z в мм/зуб	t_z в сек./зуб при числе оборотов фрезы n в минуту		
			1200	1500	1800
2 3	1 1	0,08	1,0 1,5	0,8 1,2	0,7 1,0
4 5	2 3	0,12	2,6 4,9	2,1 3,9	1,7 3,2
6 7	4 4	0,18	5,2 6,1	4,2 4,9	3,5 4,1

ЗАКРУГЛЕНИЕ ЗУБЬЕВ И СНЯТИЕ ФАСОК
НА ЗУБЬЯХ РЕЗЦАМИ И ФРЕЗАМИ
 Время обработки одного зуба t_z

Модуль m в мм	Число оборотов инструмента n в минуту			
	600	700	600	700
	t_z в сек./зуб при			
	зубозакругления		снятия фасок	
2 3	1,0	0,7	0,8	0,6
4 5	1,5	1,0	1,2	0,8
6 7	3,0	2,0	2,4	1,6

Примечание. Режимы резания на зубозакругляющих станках ориентированы на стойкость $T_m = 500$ мин.

Шевингование. Карта 3-6
 Припуск на шевингование

Угол зацепления в град	Припуск по межцентровому расстоянию a_m при модуле m в мм		
	2—3,25	3,5—4,5	5—7
15	0,18—0,22	0,22—0,27	0,27—0,32
20	0,15—0,18	0,17—0,22	0,22—0,27
25	0,12—0,16	0,14—0,18	0,17—0,22
30	0,10—0,13	0,12—0,16	0,14—0,20

Примечание. Припуски даны для прямозубых колес. Для косозубых колес табличные значения увеличивать до 1,5 раза.

Продольная подача стола s_M

Угол скрещивания ω в град	s_M в мм/об при диаметре колеса d в мм			
	до 100	100—150	150—250	св. 250
До 10	110	105	100	90
10—15	120	115	110	100
Св. 15	130	125	120	110

Радиальная подача стола s_f

Угол скрещивания ω в град	5—10	10—15	Св. 15
Радиальная подача s_f в мм/ход	0,02—0,04	0,04	0,06

Число оборотов шевра n_u

Угол скрещивания ω в град	n_u в об/мин при угле наклона зуба колеса β в град			
	0	10—15	20—25	св. 25
До 10	290	270	250	230
10—15	260	240	220	200
Св. 15	230	210	190	170

Примечание. Таблица составлена для диаметра шевра $D = 190$ мм. При других размерах табличное значение умножить на отношение $\frac{190}{D}$.

Число калибрующих ходов u_K

Степень точности	6—7	7—8
Число калибрующих ходов u_K	4—6	2—4

Примечания: 1. Общее число ходов стола, равное $\frac{a_M}{s_f} + u_K$, должно быть четным.

2. Для модуля более 4 мм число калибрующих ходов может быть увеличено до 6.

АБРАЗИВНОЕ ШЕВИНГОВАНИЕ (ЗУБОХОНИНГОВАНИЕ)

Продольная подача стола s_M

Угол скрещивания ω в град	s_M в мм/мин при диаметре колеса d в мм							
	до 100	100—150	150—250	св. 250	до 100	100—150	150—250	св. 250
	Параллельный метод				Касательный метод			
До 15	200	180	150	110	100	90	85	80
15—20	210	200	170	120	110	100	95	90
Св. 20	220	210	180	130	120	115	110	100

Нагрузочное усилие шевингования

Угол зацепления в град	Нагрузочное усилие при диаметре колеса d в мм							
	до 100	100—150	150—250	св. 250	до 100	100—150	150—250	св. 250
	Усилие прижима стола P в кг при радиальном нагружении (двухпрофильная обработка)				Тормозной момент $M_{тн}$ в кгМ при окружном нагружении (однопрофильная обработка)			
15	15	20	25	30	0,7	1,0	1,7	2,2
20	20	30	40	45	0,75	1,1	1,8	2,3
30	30	40	45	50	0,8	1,15	1,9	2,4

Число оборотов шевра n_u

Число ходов стола u

Угол скрещивания в град	n_u в об/мин при угле наклона зуба колеса β в град				Класс чистоты поверхности	Число ходов u при диаметре колеса d в мм			
	0	15	25	св. 25		до 100	100—150	150—250	св. 250
	До 15	760	740	670		660	7	2	2
15—20	580	560	540	520	8	4	4	4	6
Св. 20	400	380	360	340	9	6	6	6	8

Примечания: 1. Табличные данные рассчитаны для диаметра инструмента $D = 190$ мм. При диаметрах инструмента больше или меньше 190 мм табличные значения n_u умножать на отношение $\frac{190}{D}$.

2. Число оборотов детали не должно превышать 900 в минуту.

3. Режимы резания рекомендуются для обработки стальных зубчатых колес и ориентированы на применение абразивного инструмента зернистостью 12—16 на органической и эпоксидной связке при стойкости этого инструмента 1000—1500 деталей.

Обработка прямозубых конических колес. Карта 3-7

ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ФРЕЗЕРОВАНИЕ НА СТАНКАХ С ПОДАЧЕЙ ВДОЛЬ ЗУБА

Модуль m в мм	4	5	6	7	8
Подача s_z в мм/зуб	0,12	0,10	0,09	0,08	0,06

Скорость резания $v = v_{табл} K_v$, где K_v — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала

Модуль m в мм	$v_{табл}$ в м/мин при подаче s_z в мм/зуб				
	0,06	0,08	0,09	0,10	0,12
4	44	41	38	35	33
5	42	39	36	33	31
6	40	37	34	31	29
7	38	35	32	29	28
8	36	33	30	27	26

Коэффициент K_v

Обрабатываемая сталь	18ХГТ	30ХГТ	35Х	20ХНМ
K_v	0,9	0,8	1,1	1,0

Примечание. Режимы резания ориентированы на стойкость инструмента $T_M = 500$ мин.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ФРЕЗЕРОВАНИЕ НА СТАНКАХ С РАДИАЛЬНОЙ ПОДАЧЕЙ

Время обработки одного зуба t_z

Длина зуба l_g в мм	t_z в сек/зуб при модуле m в мм				
	4	5	6	7	8
30	8	12	14	16	18
40	10	14	16	18	20
50	12	16	18	20	22

Примечание. Режимы резания даны для обработки нормализованной стали марки 20ХНМ при скорости резания $v = 35$ м/мин.

**ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ НАРЕЗАНИЕ РЕЗЦОВОЙ ГОЛОВКОЙ
(ПО МЕТОДУ РЕВЕКС)**

Модуль m в мм	Скорость резания v в м/мин	Число оборотов го- ловки за время на- резания одного зуба n_z	Время нарезания одного зуба t_z в сек
4	35	2	4
5	32	3	7
6	30	4	10
7	27	5	13
8	25	7	20

Примечания: 1. Режимы резания соответствуют номинальному диаметру резцовой головки $D = 381$ мм.

2. При обработке на приведенных режимах резания нормализованной стали 18ХГТ стойкость $T_M = 1000$ мин.

**ОБРАБОТКА МЕТОДОМ КРУГОВОГО ПРОТЯГИВАНИЯ
(РИВАСАЙКЛ)**

Характер обработки	Модуль m в мм	Скорость резания v в м/мин	Время обработки одного зуба t_z в сек/зуб
Однократная окончательная	4	35	3
	5	30	3,5
	6	28	4
	7	25	5
	8	20	6
Окончательная после предва- рительной	6	30	3,5
	7	28	4
	8	25	5

Примечания: 1. При недостаточной жесткости станка скорость резания уменьшать на 20%, время обработки одного зуба увеличивать на 20%.

2. При обработке на приведенных режимах резания нормализованной стали 20ХНМ стойкость $T_M = 1000$ мин.

НАРЕЗАНИЕ ДВУМЯ ДИСКОВЫМИ ФРЕЗАМИ

$v = v_{табл} K_v$, где K_v — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала

Характер обработки		Длина зуба l_6 в мм	Скорость резания $v_{табл}$ в м/мин	Время обработки зуба t_z в сек/зуб при модуле m в мм				
				4	5	6	7	8
Предварительная без обкатки		20	35	—	—	12	15	16
		30		—	—	15	18	20
		40		—	—	18	20	22
Однократная окончательная	Простой способ с обкаткой (для колес с углом начального конуса $<45^\circ$)	20	45	10	12	16	24	28
		30		12	16	20	28	32
		40		16	20	24	32	38
	Комбинированный способ (врезание с последующей обкаткой; для колес с углом начального конуса $>45^\circ$)	20	45	—	18	22	26	32
		30		—	22	26	32	38
		40		—	26	32	38	44
Окончательная после фрезерования		20	45	—	12	16	20	24
		30		—	16	20	24	28
		40		—	20	24	28	32
Окончательная обработка штампованного зуба		20	35	—	—	22	26	30
		30		—	—	26	30	34
		40		—	—	30	34	38
<p>Примечания: 1. Режимы резания даны для колес нормальной точности при обработке в один проход. 2. Режимы резания рассчитаны на стойкость дисковых фрез $T_M = 1500$ мин.</p>								

Коэффициент K_v

Обрабатываемая сталь	18ХГТ	30ХГТ	20ХНР	20ХНМ
K_v	0,9	0,8	0,9	1,0

Зубострогание конических колес. Карта 3-8

$v = v_{табл} K_v$; $t_z = t_{z табл} K_{t_z}$, где K_v и K_{t_z} — коэффициенты, зависящие от обрабатываемого материала

Характер обработки	Длина зуба l_g в мм	Скорость ре- зания $v_{табл}$ в м/мин	Время обработки зуба $t_{z табл}$ в сек/зуб при модуле m в мм				
			4	5	6	7	8
Окончательная после наре- зания резцовою головкой (Ревекс)	30	28	8	10	14	17	21
	40	27	10	12	17	20	24
	50	25	12	15	20	24	27
Окончательная после фре- зерования с подачей вдоль зуба	30	25	12	14	16	20	24
	40	24	14	16	20	24	27
	50	22	16	20	24	27	32
Окончательная после фре- зерования с радиальной подачей	30	25	15	18	22	25	32
	40	21	18	22	25	28	35
	50	19	22	25	28	32	39

Пр и м е ч а н и я: 1. При недостаточной жесткости станков время обработки одного зуба увеличивать на 20%.
2. Режимы резания рассчитаны на стойкость инструмента $T_M = 150$ мин.

Коэффициенты K_v и K_{t_z}

Коэффициенты	Обрабатываемая сталь		
	35X	18XГТ	20XНМ
K_v	1,1	0,9	1,0
K_{t_z}	0,9	1,1	1,0

Зубонарезание спирально-конических колес. Карта 3-9

$v = v_{табл} K_v$; $t_z = t_{z (табл)} K_{t_z}$, где K_v и K_{t_z} — коэффициенты, зависящие от обрабатываемого материала.

Обработка ведущих колес

Характер обработки	Скорость ре- зания $v_{табл}$ в м/мин	Степень точности					
		6—7			7—8		
		Время обработки зуба $t_{z табл}$ в сек/зуб с модулем m в мм					
		4	5	6	8	9	10
Предварительная	45	18	20	25	30	35	40
Окончательная	55	25	30	35	32	37	43

Обработка ведомых колес

Характер обработки	Скорость резания v табл в м/мин	Время обработки зуба t_z (табл) в сек/зуб с модулем m в мм					
		4	5	6	8	9	10
Предварительная: с обкаткой	40	12	15	20	25	30	35
	без обкатки	40	4	5	8	15	20
Окончательная после предварительной: с обкаткой	50	18	20	25	30	32	35
	без обкатки	50	10	12	15	17	
Окончательная (протягиванием)	8	3,5	4	5	7	8	

Примечания: 1. Режимы резания даны для ведущих колес с числом зубьев меньше 10. Для других значений время обработки одного зуба уменьшать в пределах 10%.
 2. При нарезании зубьев на станках недостаточной жесткости время обработки одного зуба увеличивать на 20%.
 3. Для окончательной обработки зубьев ведущих колес дано время нарезания одной стороны зуба.
 4. Для ведомых колес приведены режимы для работы двусторонними резовыми головками. При работе трехсторонними головками скорость должна быть увеличена на 20%, а время обработки зуба уменьшено на 20%.
 5. Режимы резания рассчитаны на стойкость обычных резовых головок $T_M = 500$ мин, а одноцикловых резовых головок (протяжек) $T_M = 800$ мин.

Коэффициенты K_D и K_{t_z}

Коэффициенты	Обрабатываемая сталь		
	18ХГТ	30ХГТ	20ХНМ
K_D	0,9	0,9	1,0
K_{t_z}	1,1	1,0	1,0

Накатывание зубьев ведомых конических колес. Карта 3-10

Определяемая величина	Диаметр колеса d в мм ($m = 5 \div 12$)					
	200	250	300	350	400	450
Число оборотов детали n в минуту	60—80			40—60		
Время нагрева t_H в сек	19—22	40—42	54—58	59—62	62—66	66—70

Определяемая величина	Диаметр колеса d в мм ($m = 5 \div 12$)					
	200	250	300	350	400	450
Время накатывания $t_{\text{нак}}$ в сек	3—5	5—6	7—8	8—9	9—10	10—11
Время обкатывания $t_{\text{об}}$ в сек	4	5	6	6	7	8
Время подхода инструмента на рабочей подаче t_s в сек	1—2		3—4		5—6	
Время охлаждения инструмента и патрона $t_{\text{охл}}$ в сек	30—40			50—60		
Постоянное время автоматического цикла t_n в сек . .	16—20			20		

Примечания: 1. Меньшее число оборотов и большее время охлаждения выбирать при больших диаметрах.
 2. Большие значения времени нагрева, накатывания и подхода инструмента выбирать для больших модулей.
 3. Постоянное время автоматического цикла t_n принимать для зубонакатных полуавтоматов моделей типа 535M, 569—16 сек, для 2008 — 20 сек.

СТОЙКОСТЬ ЗУБОНАКАТНОГО ИНСТРУМЕНТА T_{∂}

Материал	Термическая обработка	Стойкость T_{∂} в шт.
12Х2Н4А, 20ХН3 5ХНТ, 5ХНМ ЭИ958, 3Х2В8	Цементация, закалка Закалка, азотирование Закалка, азотирование	1100—1300 1200—1500 2500—3000

РЕЗЬБООБРАБАТЫВАЮЩИЕ СТАНКИ

Рекомендации по расчету машинного времени и мощности
резания. Карта Р-1

МАШИННОЕ ВРЕМЯ t_M

Машинные метчики:

для обычных станков $t_M = \frac{2L_{p.x}}{Sn}$;

для станков с ускоренным обратным ходом

$$t_M = \frac{L_{p.x}}{S} \left(\frac{1}{n} + \frac{1}{n_0} \right);$$

гаечные метчики:

$$t_M = \frac{1}{A_c}, \quad A_c = \frac{Sn}{L_{рез} + L_{дон}};$$

резьбонарезные головки:

$$t_M = \frac{L_{p.x}}{Sn};$$

резьбовые фрезы:

$$t_M = \frac{1,2\pi d}{s_z z_u n_u};$$

плоские плашки:

$$t_M = \frac{1}{n_{д.х}};$$

круглые ролики:

$$t_M = \frac{n_n}{n_p \frac{\varepsilon_{II}}{\varepsilon_{\partial}}} + t_K$$

где $L_{p.x} = L_{рез} + y$ — длина рабочего хода в мм; $L_{рез}$ — длина нарезаемой резьбы с полным профилем в мм (при нарезании гасчými метчиками высота гайки); y — величина, учитывающая подход, врезание и перебег, в мм; S — шаг резьбы в мм; n — число оборотов в минуту; n_0 — число оборотов в минуту на обратном ходу (ускоренном); A_c — производительность гайконарезного автомата в шт/мин; $L_{дон}$ — интервал между гайками при нарезании гаечными метчиками;

d — диаметр обработки в мм; s_z — подача на зуб фрезы в мм; z_u — число зубьев фрезы в мм; n_u — число оборотов фрезы в минуту; n_n — число оборотов детали за время профилирования резьбы (см. карту Р-4); n_p — число оборотов ролика в минуту; ϵ_u — число заходов ролика; ϵ_d — число заходов накатываемой резьбы; t_k — время калибрования резьбы, зависящее от точности резьбы и твердости обрабатываемого металла, для резьб 2-го класса точности $t_k = 0,02 \div 0,05$ мин, для резьб 1-го класса $t_k = 0,05 \div 0,1$ мин; $n_{д.х}$ — число двойных ходов в минуту.

МОЩНОСТЬ РЕЗАНИЯ

$$N_{рез} = \frac{M_{кр} n}{97400} \text{ кет}$$

$M_{кр}$ — крутящий момент кг.см (см. карту Р-2); n — число оборотов в минуту детали или инструмента.

Нарезание резьбы. Карта Р-2

Скорость резания $v = v_{табл} K_v$, где K_v — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала.

СКОРОСТЬ РЕЗАНИЯ $v_{табл}$

Диаметр резьбы d в мм	Метчики машины						Резьбонарезные головки с круглыми гребенками							
	$v_{табл}$ в м/мин при шаге резьбы S в мм													
	0,5	0,75	1	1,25	1,5	2	3	0,5	0,75	1	1,25	1,5	2	3
3—6	6	7	8					9	10	11				
8—10	7	8	9	9	10			10	11	12	12	13		
12—16	8	9	10	10	11	11		11	12	13	13	14	15	
18—24	9	10	11		13	13	12	12	13	14		15	16	15
27 и более		11	12		14	13	13		14	15		16	17	16

Примечания: 1. Табличные значения даны для нарезания резьбы 2-го класса точности; при нарезании резьбы 1-го класса точности скорости резания уменьшать на 20%.

2. Для неотвественных резьб скорости резания повышать на 10—20%.

3. Для гаечных метчиков диаметром до 10 мм, шагом до 1 мм скорости резания принимать 8—10 м/мин, для других размеров метчиков — 12—14 м/мин.

4. Табличные значения даны для круглых гребенок с углом заборной части $\phi = 20^\circ$; при угле заборной части $\phi = 30^\circ$ скорости резания уменьшать на 10%, а при $\phi = 45^\circ$ — на 25%.

Коэффициент K_v

Обрабатываемый материал	K_v	Обрабатываемый материал	K_v
30. Сталь углеродистая:		Сталь легированная:	
40, 45:		нормализованная	0,9
нормализованная	1,0	улучшенная	0,7
улучшенная	0,85	Чугун серый, бронза	0,8
A12, A20	1,15	Чугун ковкий	1,0
08, 10	0,7	Латунь	1,2
15, 20	0,9	Алюминиевые сплавы	1,3

КРУТЯЩИЙ МОМЕНТ $M_{кр}$

При нарезании цилиндрической резьбы $M_{кр} = M_{кр(табл.)} K_1 K_2 K_{Гс.м.}$, где K_1 — коэффициент, зависящий от диаметра резьбы; K_2 — от обрабатываемого материала

Инструмент	Шаг резьбы S в мм	$M_{кр}$ (табл.) в кгсм	Инструмент	Шаг резьбы S в мм	$M_{кр}$ (табл.) в кгсм
Метчики	0,5	22	Резьбонарезные головки	0,5	20
	0,75	40		0,75	40
	1,0	63		1,0	60
	1,25	90		1,75	80
	1,5	120		1,5	100
	2	180		2,0	160
	3	340		3,0	300

Примечания: 1. Значения $M_{кр}$ даны для острых инструментов. При допустимом износе возрастает в 1,5—2 раза.

2. При длине заборной части инструмента менее двух ниток значение $M_{кр}$ умножить на 0,8.

КОЭФФИЦИЕНТЫ K_1 и K_2

Коэффициент K_1

Диаметр нарезаемой резьбы d в мм														
	6,0	8,0	10	12	14	16	18	20	24	30	36	42	52	64
K_1 Метчики	0,5	0,7	1,0	1,3	1,7	2,0	2,3	2,7	3,5	4,7	6	7,4	10	13
Резьбонарезные головки	0,55	0,77	1,0	1,2	1,5	1,7	1,9	2,2	2,7	3,4	4	4,8	6,2	7,6

Коэффициент K_2

Обрабатываемый материал	K_2	Обрабатываемый материал	K_2
Сталь углеродистая:		Сталь легированная:	
30, 40, 45:		нормализованная	1,1
нормализованная	1,0	улучшенная	1,3
улучшенная	1,2	Чугун серый, бронза	0,65
A12, A20	0,85	Чугун ковкий	0,9
0,8, 10	1,3	Латунь	0,55
15, 20	1—1,2*	Алюминиевые сплавы	0,4

* Для круглых гребенок $K_2 = 1$, для метчиков $K_2 = 1,2$.

**НАРЕЗАНИЕ МЕТЧИКОМ КОНИЧЕСКОЙ РЕЗЬБЫ
В ЧУГУННЫХ ДЕТАЛЯХ (ГОСТ 6111—58, ОТРАСЛЕВАЯ
НОРМАЛЬ ОН025199-64)**

Размер резьбы в дюймах	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	2
$M_{кр}$ в кгсм	66	86	160	200	310	400	600	840	960	1100

Примечания: 1. $M_{кр}$ даны для резьб длиной l 10 мм. При других значениях l $M_{кр}$ изменять пропорционально $\frac{l}{10}$.

2. При нарезании резьбы в алюминиевых сплавах $M_{кр}$ уменьшать вдвое.

3. При допустимом износе $M_{кр}$ возрастает в 2—2,5 раза.

**Фрезерование резьбы. Карта Р-3
ПОДАЧА НА ЗУБ ФРЕЗЫ s_z**

Обрабатываемый металл	HВ	s_z в мм/зуб при диаметре резьбы d в мм								
		20			50			100		
		Шаг резьбы S в мм								
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Сталь углеродистая	До 156	0,03	0,04	0,045	0,038	0,051	0,06	0,048	0,065	0,075
	156—217	0,028	0,035	0,042	0,035	0,048	0,056	0,045	0,06	0,07
	228—302	0,022	0,028	0,032	0,029	0,038	0,045	0,035	0,048	0,055
Сталь легированная	156—217	0,022	0,028	0,032	0,029	0,037	0,045	0,035	0,048	0,055
	228—321	0,015	0,022	0,025	0,021	0,028	0,032	0,025	0,035	0,04
Чугун серый Чугун ковкий	156—229	0,045	0,06	0,07	0,06	0,08	0,095	0,075	0,1	0,12
	150	0,032	0,045	0,05	0,042	0,058	0,065	0,055	0,07	0,085

Примечание. При нарезании резьбы 1-го класса точности табличные значения подач умножить на 0,75.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ СТОЙКОСТЬ ФРЕЗЫ T_p

Обрабатываемый металл	T_p в мин при диаметре фрезы D в мм			
	40	60	80	110
Сталь	90	150	180	240
Чугун	150	210	270	330

Скорость резания $v = v_{табл} K_1 K_2$, где K_1 — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала и его твердости; K_2 — от стойкости инструмента.

СКОРОСТЬ РЕЗАНИЯ $v_{табл}$

Шаг резьбы S в мм	Сталь					Чугун серый					Чугун ковкий				
	$v_{табл}$ в м/мин при подаче на зуб фрезы s_z в мм/зуб														
	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,03	0,04	0,06	0,08	0,1	0,03	0,04	0,06	0,08	
0,8	52	44	39	33	29	43	38	32	29	26	45	40	37	33	31
1	48	41	36	31	28	40	35	30	27	25	42	37	35	32	28
1,5	43	37	33	28	25	36	32	27	24	22	38	33	31	28	25
2	40	34	30	26	23	33	29	25	22	20	35	31	28	26	23
3	35	29	26	23	19	29	25	22	19	18	31	26	25	23	20

КОЭФФИЦИЕНТЫ K_1 И K_2

Коэффициент K_1

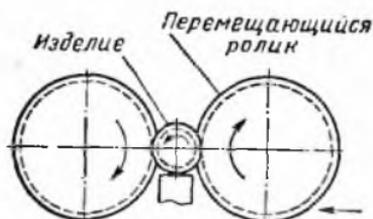
Обрабатываемый материал	НВ	K_1	Обрабатываемый материал	НВ	K_1
Сталь: 20, 30, 35, 40, 45	≤156 137—187 156—207 207—255 228—286 255—302	1,2	20ХМ	156—217	0,75
		1,1	30ХМА	156—207	0,7
		1,0	20ХНМ	156—217	0,65
		0,8	40ХНМ	197—269	0,5
		0,7	50ХГ	179—255	0,5
		0,65	18НГТ. 15НМ 35ХГС	156—217 179—256	0,7 0,5
20Х, 30Х, 40Х	156—207 170—217 241—269 269—321	0,85	45Г2	228—269	0,5
		0,8	Чугун: серый	269—288	0,45
		0,6		ковкий	156—229
0,5		179—241	0,9		
				150	1,0

Коэффициент K_2

Обрабатываемый металл	K_2 при стойкости T_p в минутах резания						
	90	150	180	210	240	270	330
Сталь	1,4	1,1	1,0	0,9	0,85	0,8	0,75
Чугун	1,45	1,2	1,15	1,1	1,05	1,0	0,95

Накатывание резьбы. Карта Р-4

НАКАТЫВАНИЕ РЕЗЬБЫ КРУГЛЫМИ РОЛИКАМИ



Скорость накатывания v

Сталь, σ_b в кг/мм ²	Менее 50	50—70	70—90
v в м/мин	60—80	30—50	15—25
Примечание. Наименьшие скорости рекомендуются для накатывания резьбы с шагом $S > 2$ мм, наибольшие — для резьб с $S < 1$ мм.			

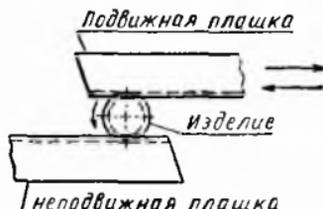
Число оборотов детали n_n за время профилирования резьбы

Шаг резьбы S в мм	n_n при накатывании стали σ_b в кг/мм ²			
	<50	50—70	70—90	90—120
1,0—1,5	6—8	10—12	14—18	20—30
1,75—3	8—10	14—18	20—30	30—40

Ориентировочные усилия накатывания P на 10 мм длины резьбы

Сталь, σ_b в кг/мм ²	P в кг при шаге резьбы S в мм					
	0,5—0,8	0,8—1	1—1,5	1,5—2	2—2,5	2,5—3
≥ 85	до 900	1200	1500	1700	2000	2300
≤ 85	» 600	800	1000	1100	1300	1500

НАКАТЫВАНИЕ РЕЗЬБЫ ПЛОСКИМИ ПЛАШКАМИ



Скорости накатывания v

Сталь, σ_b в кг/мм ²	Менее 50	50—70	70—90
v в м/мин	50—70	25—45	15—25
<p>Примечание. Скорость при накатывании резьбы плоскими плашками переменная. В таблице приведены средние значения скоростей.</p>			

Ориентировочные усилия накатывания P на 10 мм длины резьбы при обработке стали $\sigma_b \leq 85$ кг/мм²

Шаг резьбы S в мм	0,8—1	1—1,5	1,5—2	2—2,5	2,5—3	3—3,5
P в кг	1500	2500	3500	6000	8000	10 000

ШЛИФОВАЛЬНЫЕ И ОТДЕЛОЧНЫЕ СТАНКИ

Круглошлифовальные станки. Карта Ш-1 ШЛИФОВАНИЕ ШЕЕК

№ стапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
I	Расчет скорости шлифовального круга $v_{кр}$ в м/сек	$v_{кр} = \frac{\pi D n_{кр}}{1000 \cdot 60}$	1. Диаметр круга D 2. Число оборотов круга по станку $n_{кр}$
II	Выбор характеристики шлифовального круга	См. стр. 172	1. Характер обработки 2. Класс чистоты 3. Точность обработки δ 4. Обрабатываемый металл 5. Скорость круга $v_{кр}$
III	Расчет скорости v в м/мин и числа оборотов n в минуту детали: а) определение рекомендуемой нормативами скорости вращения детали; б) расчет числа оборотов шпинделя, соответствующего рекомендуемой скорости, и уточнение его по паспорту станка; в) уточнение скорости вращения детали по принятым оборотам шпинделя	См. стр. 173 $n = \frac{1000v}{\pi d}$ $v = \frac{\pi d n}{1000}$	1. Скорость круга $v_{кр}$ 2. Обрабатываемый металл 3. Дисбаланс детали 4. Диаметр детали d
IV	Выбор минутной поперечной подачи s_m в мм/мин	См. стр. 173—175	1. Автоматизированный или ручной цикл шлифования 2. Диаметр детали d 3. Ширина шлифования b 4. Обрабатываемый металл 5. Скорость круга $v_{кр}$ 6. Припуск на сторону a

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
IV	Выбор минутной поперечной подачи s_M в мм/мин	См. стр. 173—175	7. Точность обработки δ 8. Диаметр круга D 9. Количество одновременно работающих кругов q_K 10. Характер поверхности 11. Расстояние шлифуемой шейки от опоры $l_{оп}$
V	Определение времени выхаживания $t_{вых}$ в мин	См. стр. 175—176	1. Чистота обработки 2. Точность обработки δ 3. Ширина шлифования b 4. Диаметр детали d 5. Наличие на поверхности шпоночных канавок, срезов и др.
VI	Определение величины слоя, снимаемого при выхаживании $a_{вых}$ в мм	См. стр. 176	1. Минутная поперечная подача s_M 2. Время выхаживания $t_{вых}$
VII	Расчет машинного времени t_M в мин: а) при автоматическом цикле шлифования; б) при ручном цикле	$t_M = \frac{1,3 a_{пр}}{s_{M пр}} + \frac{a_{ок}}{s_{M ок}} + t_{вых}$ $t_M = \frac{1,3 (a - a_{вых})}{s_M} + t_{вых}$	1. Общий припуск на сторону a 2. Припуск на сторону, снимаемый на этапе предварительной подачи $a_{пр} = (0,4 - 0,5) a$ 3. Припуск на сторону, снимаемый на этапе окончательной подачи $a_{ок} = a - (a_{пр} + a_{вых})$ 4. Коэффициент, учитывающий потери на этапе врезания. 1,3 5. Минутные поперечные подачи $s_{M пр}$ и $s_{M ок}$ при автоматическом цикле; s_M — при ручном цикле 6. Время выхаживания $t_{вых}$ 7. Слой, снимаемый на этапе выхаживания $a_{вых}$

ОДНОВРЕМЕННОЕ ШЛИФОВАНИЕ ШЕЙКИ И ТОРЦА

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
I	Расчет скорости шлифовального круга $v_{кр}$ в <i>м/сек</i>	$v_{кр} = \frac{\pi D n_{кр}}{1000 \cdot 60}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Диаметр круга D 2. Число оборотов круга по станку $n_{кр}$
II	Выбор характеристики шлифовального круга	См. стр. 172	<ol style="list-style-type: none"> 1. Класс чистоты 2. Точность обработки δ 3. Обрабатываемый металл 4. Скорость круга $v_{кр}$
III	Расчет скорости v в <i>м/мин</i> и числа оборотов детали n в минуту		См. этап III, стр. 168
IV	Выбор минутной поперечной подачи s_M в <i>мм/мин</i> : а) шлифование шейки; б) шлифование торца	См. стр. 173—176 См. стр. 173—176	<p>См. этап IV, стр. 168—169</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Наибольший диаметр шлифования d_1 2. Наименьший диаметр шлифования d_2 3. Обрабатываемый металл 4. Скорость круга $v_{кр}$ 5. Припуск на сторону a 6. Точность обработки δ 7. Диаметр круга D 8. Количество одновременно работающих кругов q_K

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
IV	б) Шлифование торца	См. стр. 173-176	9. Расстояние шлифуемого торца от опоры $l_{оп}$
V	<p>Определение времени выхаживания $t_{вых}$ в мин:</p> <p>а) на шлифование шейки $t_{вых}^*$</p> <p>б) » » торца $t_{вых}''$</p> <p>в) общее время выхаживания</p>	См. стр. 175-176	<p>См. этап V, стр. 169</p> <p>1. Класс чистоты</p> <p>2. Точность обработки δ</p> <p>3. Наибольший диаметр шлифования d_1</p> <p>4. Наименьший диаметр шлифования d_2</p>
VI	Определение величины слоя, снимаемого при выхаживании $a_{вых}$, в мм	$t_{вых} = t_{вых}^* + t_{вых}''$ <p>См. стр. 176</p>	<p>1. Минутная поперечная подача s_M</p> <p>2. Время выхаживания $t_{вых}$</p>
VII	<p>Расчет машинного времени t_M в мин:</p> <p>а) на шлифование шейки: при автоматическом цикле » ручном цикле;</p> <p>б) на шлифование торца;</p> <p>в) расчет общего машинного времени</p>	$t_M' = \frac{1,3 a_{пр}}{s_{M. пр}} + \frac{a_{ок}}{s_{M. ок}} + t_{вых}$ $t_M' = \frac{1,3 (a - a_{вых})}{s_M} + t_{вых}$ $t_M'' = \frac{1,3 (a - a_{вых})}{s_M} + t_{вых}$ $t_M = t_M' + t_M''$	<p>См. этап VIIа, стр. 169</p> <p>См. этап VIIб, стр. 169</p> <p>1. Припуск на сторону a</p> <p>2. Коэффициент, учитывающий потерю на этапе врезания (1,3)</p> <p>3. Минутная поперечная подача s_M</p> <p>4. Время выхаживания $t_{вых}$</p> <p>5. Слой, снимаемый при выхаживании $a_{вых}$</p>

Характеристика шлифовального круга

Характер обработки	Класс чистоты поверхности	Точность обработки δ в мкм	Обрабатываемый металл				
			Сталь			Чугун	
			$HRC \leq 30$	$HRC 30-50$	$HRC \geq 50$	серый	прочный
Шлифование гладких шеек	5-6	$>0,03$	Э5 40 СТ1—СТ2 5К	Э5 40 С2—СТ1 5К	Э5 40 С1—С2 5К	КЧ8 40 СТ1—СТ2 5К	Э5 40 С2—СТ1 5К
	7-8	$<0,03$	Э5 25—40 СТ1—СТ2 УК	Э9А 25—40 С2—СТ1 5К	Э9А 25—40 С1—С2 5К	К39 25—40 СТ1—СТ2 5К	Э9А 25—40 С2—СТ1 5К
Шлифование шеек с буртами	5-6	$>0,03$	Э5 40 СТ2 5 К5	Э5 40 СТ1—СТ2 5 К5	Э5 40 С2—СТ1 5 К5		Э5 40 СТ1—СТ2 5 К
	7-8	$<0,03$	Э9А 25—40 СТ2 5 К5	Э9А 25—40 СТ1—СТ2 5 К5	Э9А 25—40 С2—СТ1 5 К5		Э9А 25—40 СТ1—СТ2 5 К
Шлифование шлицевых шеек	5-6	$>0,03$	Э5 40 СТ2 5 К	Э5 40 СТ1—СТ2 5 К	Э5 40 С2—СТ1 5 К		
	7-8	$<0,03$	Э9А 25—40 СТ2 5К	Э9А 25—40 СТ1—СТ2 5К	Э9А 25—40 С2—СТ1 5 К		
Одновременное шлифование шейки и торца	5-6	$>0,03$	Э5 А 40 С1—С2 8 К5	Э5 40 СМ2—С1 8 К5	Э9А 40 СМ1—СМ2 10 К5	КЧ8 40 С1—С2 5К	Э5 40 СМ2—С1 5К
	7-8	$<0,03$	Э9А 25—40 С1—С2 8 К5	Э9А 25—40 СМ2—С1 8 К5	Э9А 25—40 СМ1—СМ2 10 К5	К39 25—40 С1—С2 5К	Э9А 25—40 СМ2—С1 5К

Примечание. При скоростном шлифовании применять круги на боросодержащей связке твердостью на одну степень ниже рекомендуемой.

Скорость вращения детали v

Скорость круга $v_{кр}$ в м/сек	v в м/мин при обработке				
	стали			чугуна	
	$HRC \leq 30$	$HRC 30-50$	$HRC \geq 50$	серого	прочного
30—35	20—25	25—35	35—45	20—25	30—35
45—50	20—25	30—40	40—50	25—30	35—40

Примечание. Меньшие значения скорости принимать при шлифовании деталей со значительным дисбалансом.

Минутная подача s_m

Автоматический цикл:

предварительная обработка $s_m = s_{m. пр} (табл.) K_1 K_2 K_3$;

окончательная обработка $s_m = s_{m. ок} (табл.) K_1 K_2 K_3$.

Ручной цикл: $s_m = s_m (табл.) K_1 K_2 K_3$,

где $s_{m. ок} (табл.)$, $s_{m. пр} (табл.)$, $s_m (табл.)$ — минутные подачи по таблице; K_1 — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала и скорости круга; K_2 — от припуска и точности; K_3 — от диаметра круга, количества кругов и характера поверхности.

Шлифование шеек при автоматическом цикле

Ширина шлифова- ния b в мм	Минутная поперечная подача в мм/мин при диаметре шлифуемой шейки d в мм													
	на предварительном этапе цикла $s_{m. пр} (табл.)$						на окончательном этапе цикла $s_{m. ок} (табл.)$							
	до 16	25	40	60	100	160	Св. 160	до 16	25	40	60	100	160	Св. 160
До 16	3,4	3,0	2,6	2,1	1,9	1,75	1,6	1,0	0,85	0,7	0,6	0,5	0,45	0,35
25	3,0	2,6	2,2	1,8	1,7	1,5	1,4	0,9	0,75	0,6	0,5	0,45	0,4	0,3
40	2,6	2,2	1,9	1,6	1,5	1,3	1,2	0,8	0,65	0,5	0,45	0,4	0,35	0,25
60	2,2	2,0	1,7	1,4	1,3	1,15	1,05	0,7	0,6	0,45	0,4	0,35	0,3	0,23
100	2,0	1,7	1,5	1,25	1,15	1,0	0,9	0,6	0,5	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2
160	1,7	1,5	1,3	1,1	1,0	0,9	0,8	0,5	0,45	0,35	0,3	0,25	0,2	0,17
Св. 160	1,5	1,3	1,1	0,9	0,85	0,75	0,7	0,45	0,4	0,3	0,25	0,2	0,17	0,15

Шлифование шеек при ручном цикле

Ширина шлифованья b в мм	Средняя минутная подача s_m (табл) в мм/мин при диаметре шлифуемой шейки d в мм						
	до 16	25	40	60	100	160	св. 160
До 16	1,5	1,4	1,1	1,0	0,85	0,75	0,7
25	1,3	1,1	1,0	0,9	0,75	0,65	0,6
40	1,1	1,0	0,85	0,75	0,65	0,55	0,5
60	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,45
100	0,85	0,75	0,65	0,6	0,5	0,45	0,4
160	0,8	0,7	0,6	0,5	0,45	0,4	0,35
Св. 160	0,7	0,6	0,55	0,45	0,4	0,35	0,3

Шлифование торцов

Наименьший диаметр шлифования d_2 в мм	Средняя минутная подача s_m (табл) в мм/мин при наибольшем диаметре шлифования d_1 в мм					
	до 40	60	100	160	250	400
До 25	2,9	2,6	2,3	1,9	1,7	1,5
40		2,3	2,0	1,7	1,5	1,3
60			1,8	1,6	1,4	1,2
100				1,3	1,1	1,0

Коэффициенты K_1, K_2, K_3

Коэффициент K_1

Скорость круга $v_{кр}$ в м/сек	Обрабатываемый металл							
	Сталь				Чугун			
	30, 35, 40, 45, 50, 20Г, 30Г, 40Г, 50Г, 65Г, 70Г, 35Г2, 40Г2, 15Х, 20Х, 30Х, 35Х, 38Х, 40Х, 45Х, 50Х, 12Х3, 20ХН, 40ХН, 45ХН, 50ХН, 12ХН2, 12ХН3А, 20ХН3А, 30ХН3, 37ХН3А, 12Х2Н4, 20Х2Н4А, 20ХГ, 35ХГ2, 45Г2				33ХС, 38ХС, 40ХС, 15ХФ, 20ХФ, 40ХФА, 50ХФА, 20ХМ, 30ХМ, 30ХМА, 35ХМ, 35ХМА, 35ХГМА, 35ХЮА, 20ХГС, 30ХГС, 30ХГСА, 35ХГСА, 38ХГС, 38ХГСА, 18Х2Н3МА, 18Х2Н4МА, 40ХНМА, 20ХНМ, 20Х2Н2М, 25ХНВА, 20ХНФВ, 35ХМФА, 38ХМЮА, 18ХГТ, 25ХГТ, 30ХГТ		серый	прочный
					незакаленная	закаленная		
25	0,9	0,8	0,7	0,6	1,1	0,8		
35	1,1	1,0	0,9	0,8	1,3	1,0		
40	1,2	1,1	1,0	0,9	1,4	1,1		
50	1,4	1,3	1,2	1,1	1,7	1,3		

Коэффициент K_2

Точность обработки δ в мм	K_2 при припуске на сторону a в мм						
	0,1	0,15	0,20	0,25	0,3	0,4	0,5
0,01	0,5	0,6	0,65	0,7			
0,015	0,55	0,65	0,75	0,8	0,85		
0,025	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	
0,05	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7
0,1			1,6	1,7	1,8	2,0	2,2
0,15				2,0	2,1	2,3	2,5

Примечание. При шлифовании деталей, у которых $\frac{l_{оп}}{d} > 7$ подачу снижать на 20—30%.

Коэффициент K_3

Диаметр круга D в мм	Характер поверхности	K_3 при числе кругов n_k				
		1	2	3	4	5
350	Гладкая	0,8	0,7	0,6	0,55	0,5
	Шлицевая	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7
450	Гладкая	0,9	0,8	0,7	0,6	0,55
	Шлицевая	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8
600	Гладкая	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6
	Шлицевая	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9
750	Гладкая	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7
	Шлицевая	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0

Выхаживание

Время выхаживания $t_{вых}$
Шлифование шеек

Точность обработки δ в мм	Ширина шлифования b в мм	Класс чистоты поверхности							
		7				8			
		$t_{вых}$ в мин при диаметре шлифуемой шейки d в мм							
		до 16	40	100	160 и более	до 16	40	100	160 и более
<0,025	До 16	0,08	0,09	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20
	40	0,09	0,10	0,11	0,13	0,15	0,18	0,20	0,22
	100	0,10	0,11	0,13	0,15	0,17	0,20	0,22	0,25
	160 и более	0,12	0,13	0,15	0,18	0,20	0,23	0,24	0,27
0,025—0,05	До 16	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,13	0,15
	40	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,15	0,17
	100	0,08	0,09	0,10	0,11	0,13	0,14	0,17	0,19
	160 и более	0,09	0,10	0,12	0,13	0,15	0,16	0,19	0,22

Точность обработки δ в мм	Ширина шлифования b в мм	Класс чистоты поверхности							
		7				8			
		$t_{вых}$ в мин при диаметре шлифуемой шейки d в мм							
		до 16	40	100	160 и более	до 16	40	100	160 и более
$> 0,05$	До 16 40 100 160 и более	0,04 0,05 0,06 0,07	0,05 0,06 0,07 0,08	0,06 0,07 0,08 0,09	0,07 0,08 0,09 0,10			0,08 0,10 0,12 0,14	0,10 0,12 0,14 0,17

Шлифование торцов

Точность обработки δ в мм	Наименьший диаметр шлифования d_2 в мм	Класс чистоты поверхности							
		6				7			
		$t_{вых}$ в мин при наибольшем диаметре шлифования d_1 в мм							
		до 100	160	250	400	до 100	160	250	400
$< 0,1$	< 60 > 60	0,10 0,08	0,12 0,10	0,14 0,12	0,16 0,14	0,14 0,12	0,16 0,14	0,18 0,16	0,20 0,13
$> 0,1$	< 60 > 60	0,06 0,05	0,08 0,07	0,10 0,09	0,12 0,11	0,10 0,08	0,12 0,10	0,14 0,12	0,16 0,14

Примечание. При шлифовании деталей, имеющих на цилиндрической поверхности канавки, срезы и т. п., время выхаживания увеличить до 1,5 раза.

Слой, снимаемый при выхаживании, $a_{вых}$

Время выхаживания $t_{вых}$ в мин	$a_{вых}$ в мм при минутной подаче s_M в мм/мин				
	0,2	0,5	1,0	2,0	св. 2,0
0,1	0,01	0,02	0,03	0,05	0,06
0,15	0,01	0,03	0,04	0,06	0,07
0,2	0,015	0,035	0,05	0,07	0,08
0,25	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10

Бесцентрово-шлифовальные станки. Карта Ш-2
БЕСЦЕНТРОВОЕ ШЛИФОВАНИЕ МЕТОДОМ ПРОДОЛЬНОЙ ПОДАЧИ

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
I	Определение числа проходов $и$	См. стр. 178, 181	<ol style="list-style-type: none"> 1. Исходная точность формы $\delta_{и}$ 2. Требуемая точность формы δ 3. Обрабатываемый металл 4. Термообработка 5. Многопроходное шлифование на нескольких или на одном станке
II	Расчет скорости шлифовального круга $v_{кр}$ в м/сек	$v_{кр} = \frac{\pi D n_{кр}}{1000 \cdot 60}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Диаметр круга D 2. Число оборотов круга n по станку
III	<p>Определение удвоенной глубины шлифования $2t$ в мм, продольной подачи s_M в мм/мин. скорости детали v в м/мин, угла наклона ведущего круга α°, числа оборотов ведущего круга $n_{в.к}$ в минуту и характеристики круга:</p> <ol style="list-style-type: none"> а) определение удвоенной глубины шлифования по проходам; б) назначение продольной минутной подачи; в) выявление рекомендуемых скоростей детали и углов наклона ведущего круга; г) расчет числа оборотов ведущего круга по выбранной скорости детали; д) подбор по паспорту станка ближайшего (большого) числа оборотов ведущего круга; е) уточнение скорости детали по принятому числу оборотов ведущего круга; ж) расчет угла наклона ведущего круга по назначенной минутной продольной подаче и уточненной скорости детали; 	<p>См. стр. 179—182</p> <p>См. стр. 179—182</p> <p>См. стр. 179—182</p> $n_{в.к} = \frac{1000v}{\pi D_{в.к}}$ $v = \frac{\pi D_{в.к} n_{в.к}}{1000}$ $\sin \alpha = \frac{s_M}{v}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Многопроходное или однопроходное шлифование 2. Многопроходное шлифование на нескольких или на одном станке 3. Обрабатываемый металл 4. Проход (а, б, в, г, д, е, ж) 5. Диаметр детали d 6. Высота шлифовального круга $B_{кр}$ 7. Скорость шлифовального круга $v_{кр}$ 8. Диаметр ведущего круга $D_{в.к}$

Удвоенная глубина шлифования $2t = 2t_{табл}K_1$ мм; продольная минутная подача $s_M = s_M(табл)K_2$ мм/мин; скорость вращения детали $v = v_{табл}K_2$ м/мин, где K_1 — коэффициент, зависящий от высоты круга, K_2 — от скорости круга; угол наклона ведущего круга α°

Диаметр детали d в мм, не более	Режим обработки	Обозначение проходов						
		а	б	в	г	д	е	ж
10	$2t$	—0,20	0,15	0,10	0,05	0,03	0,015	0,010
	s_M	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200
	v	25—32	25—32	32—36	36—42	42—50	42—50	50—63
	α°	4,0—5,0	4,0—5,0	3,5—4,5	3,0—3,5	2,5—3,0	2,5—3,0	2,0—2,5
16	$2t$	0,20	0,15	0,10	0,05	0,03	0,015	0,010
	s_M	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
	v	23—28	23—28	28—33	33—38	36—46	36—46	46—58
	α°	4,0—5,0	4,0—5,0	3,5—4,5	3,0—3,5	2,5—3,0	2,5—3,0	2,0—2,5
25	$2t$	0,25	0,15	0,10	0,08	0,04	0,02	0,010
	s_M	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700
	v	20—24	20—24	24—28	28—33	33—39	33—39	39—49
	α°	4,0—5,0	4,0—5,0	3,5—4,5	3,0—3,5	2,5—3,0	2,5—3,0	2,0—2,5
40	$2t$	0,25	0,20	0,15	0,08	0,04	0,025	0,015
	s_M	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
	v	18—20	18—20	20—24	24—29	29—34	29—34	34—43
	α°	4,0—5,0	4,0—5,0	3,5—4,5	3,0—3,5	2,5—3,0	2,5—3,0	2,0—2,5

Диаметр детали d в мм, не более	Режим обработки	Обозначение проходов						
		а	б	в	г	д	е	ж
60	2t S _M v α°	0,30 1400	0,20 1400	0,15 1400	0,10 1400	0,05 1400	0,025 1400	0,015 1400
		16—19 4,0—5,0	16—19 4,0—5,0	19—23 3,5—4,5	23—27 3,0—3,5	27—32 2,5—3,0	27—32 2,5—3,0	32—40 2,0—2,5
100	2t S _M v α°	0,35 1200	0,20 1200	0,15 1200	0,10 1200	0,05 1200	0,03 1200	0,015 1200
		14—16 4,0—5,0	14—16 4,0—5,0	16—20 3,5—4,5	20—23 3,0—3,5	23—27 2,5—3,0	23—27 2,5—3,0	28—34 2,0—2,5
Характеристика шлифовального круга		Э5 50 СТ1 5 К	Э5 40 СТ1 5 К	Э5 40 С2—СТ1 5 К Э5 25 С1—С2 5 К	Э5 25 С1—С2 5 К	Э5 16 С1—С2 5 К	Э5 12 С2—СТ1 5 К	Э5 12 Т В
Достижимый класс чистоты поверхности		5—6	6—7	7	7—8	8	8—9	9

Примечание. Проходы а и б предусмотрены для шлифования деталей из незакаленной стали, последующие — из закаленной. В случае чистовой обработки деталей из незакаленной стали (проходы в—ж) твердость абразивного инструмента выбирать на одну степень выше.

Обработка чугунных деталей
Число проходов

Исходная точность формы δ_m в мм	Требусмая точность формы δ в мм									
	0,05—0,10		0,03—0,05		0,01—0,03		0,005—0,010		0,0025—0,005	
	Число проходов	Обозначение прохода	Число проходов	Обозначение прохода	Число проходов	Обозначение прохода	Число проходов	Обозначение прохода	Число проходов	Обозначение прохода
0,15—0,3	1	а	2	а, б	3	а, б, в	4	а, б, в, г	5	а, б, в, г, д
0,10—0,15			1	б	2	б, в	3	б, в, г	4	б, в, г, д
0,05—0,10					1	в	2	в, г	3	в, г, д
0,02—0,05 0,005—0,02							1	г	2 1	г, д д

Удвоенная глубина шлифования $2t = 2t_{табл}K_1$ мм;
 продольная минутная подача $s_M = s_M(табл)K_2$ мм/мин;
 скорость вращения детали $v = v_{табл}K_2$ м/мин;
 угол наклона ведущего круга α° (K_1 — коэффициент, зависящий от высоты круга; K_2 — от скорости круга)

Диаметр детали d в мм	Режим обработки	Обозначение проходов				
		а	б	в	г	д
16	$2t$	0,20	0,15	0,10	0,05	0,015
	s_M	2600	2600	2600	2600	2600
	v	30—37	30—37	34—43	43—50	50—58
	α°	4—5	4—5	3,5—4,5	3—3,5	2,5—3
25	$2t$	0,25	0,15	0,10	0,08	0,02
	s_M	2200	2200	2200	2200	2200
	v	25—31	25—31	28—36	36—43	43—49
	α°	4—5	4—5	3,5—4,5	3—3,5	2,5—3
40	$2t$	0,30	0,20	0,15	0,08	0,025
	s_M	1950	1950	1950	1950	1950
	v	22—27	22—27	25—32	32—37	37—45
	α°	4—5	4—5	3,5—4,5	3—3,5	2,5—3
60	$2t$	0,35	0,20	0,15	0,10	0,03
	s_M	1800	1800	1800	1800	1800
	v	21—25	21—25	23—30	30—35	35—40
	α°	4—5	4—5	3,5—4,5	3—3,5	2,5—3

Диаметр детали d в мм	Режим обработки	Обозначение проходов				
		а	б	в	г	д
Характеристика шлифовального круга		К48 50 С1 5 К	К48 40 С1 5 К	К48 25 СМ2 5 К	К39 16 СМ2 5 К	К36 М40 С1 2 Б
Достижимый класс чистоты поверхности		6—7	7	8	8—9	9—10

Примечания: 1. При многопроходном шлифовании на одном станке режимы шлифования устанавливать на все проходы одинаковыми по уровню последнего прохода.

2. При шлифовании на автоматизированных линиях, где один рабочий обслуживает несколько станков (без автоподналадчика), число проходов может быть увеличено на один-два. При осуществлении всех проходов на одном станке их число можно уменьшить на один. В этих случаях рекомендуемые нормативами удвоенную глубину шлифования $2t$ следует сохранить на последних (одном-двух) проходах, а на первых соответственно изменить, оставив неизменным суммарный припуск.

3. Если технологическим процессом предусмотрено шлифование детали до и после термообработки, то при расчете числа проходов для незакаленных деталей требуемой является точность, с которой деталь поступает в термообработку; для термообработанных деталей исходной является точность, с которой детали возвращаются после термообработки.

Однопроходное шлифование

Удвоенная глубина шлифования $2t = 2t_{табл} K_1$ мм; продольная минутная подача $s_m = s_m(табл) K_2$ мм/мин; скорость вращения детали $v = v_{табл} K_2$ м/мин; угол наклона ведущего круга α° (K_1 — коэффициент, зависящий от высоты круга; K_2 — от скорости круга)

Диаметр детали d в мм	Режим обработки	Припуск на обработку $2a$ в мм				
		0,50—0,65	0,35—0,50	0,20—0,35	0,10—0,20	0,05—0,10
10	$2t$		0,35	0,20	0,10	0,05
	s_m		2000	2200	2500	2900
	v		23—29	31—42	36—48	56—66
	α°		4—5	3—4	3—4	2,5—3
16	$2t$		0,40	0,25	0,10	0,05
	s_m		1850	2000	2300	2650
	v		21—27	29—39	33—44	51—60
	α°		4—5	3—4	3—4	2,5—3

Диаметр детали d в мм	Режим обработки	Припуск на обработку $2a$ в мм				
		0,50—0,65	0,35—0,50	0,20—0,35	0,10—0,20	0,05—0,10
25	$2l$	0,50	0,40	0,25	0,15	0,05
	s_M	1450	1550	1700	1900	2200
	v	17—21	18—22	24—33	27—37	43—50
	α°	4—5	4—5	3—4	3—4	2,5—3
40	$2l$	0,55	0,45	0,30	0,15	0,10
	s_M	1300	1350	1500	1700	1950
	v	15—18	16—19	21—29	24—33	38—44
	α°	4—5	4—5	3—4	3—4	2,5—3
60	$2l$	0,60	0,45	0,30	0,20	0,10
	s_M	1250	1300	1400	1500	1800
	v	14—18	15—19	20—27	21—29	35—41
	α°	4—5	4—5	3—4	3—4	2,5—3
100	$2l$	0,65	0,50	0,35	0,20	0,10
	s_M	1000	1100	1200	1350	1500
	v	12—14	13—16	17—23	19—26	29—34
	α°	4—5	4—5	3—4	3—4	2,5—3
Материал детали	Характеристика шлифовального круга					
Сталь	Э5 80 СТ2 5 К	Э5 63 СТ1 5 К	Э5,50 СТ1 5 К	Э5 40 С2—СТ1 5 К	Э5 16—25 С1—С2 5 К	
Чугун	КЧ8 80 С2 5 К	КЧ8 63 С2 5 К	КЧ8 50 С1 5 К	КЧ8 25—40 СМ2—С1 5 К	КЗ9 16 СМ 2 5 К	
<p>Примечания: 1. Продольная подача s_M дана для закаленной стали. При обработке незакаленной стали подачу увеличивать на 20%, чугуна на 30%.</p> <p>2. Припуск при одиoproходном шлифовании устанавливается в зависимости от исходной и заданной точности формы по таблицам (см. стр. 182).</p>						

Коэффициенты K_1 и K_2

$V_{кр}$	150—200	550	650	$v_{кр}$	25	30	35	40	45	50
K_1	1,0	1,7	2,0	K_2	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3

Примечание. Характеристика ведущего круга для всех проходов Э216ТВ.

БЕСЦЕНТРОВОЕ ШЛИФОВАНИЕ МЕТОДОМ ВРЕЗАНИЯ

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
I	Определение числа операций	См. стр. 186	<ol style="list-style-type: none"> 1. Многопроходное шлифование на нескольких или на одном станке 2. Обрабатываемый металл 3. Исходная точность формы $\delta_{и}$ 4. Требуемая точность формы δ
II	Определение припуска $2a$	См. стр. 186	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обрабатываемый металл 2. Операция (а, б, в, г)
III	Расчет скорости шлифовального круга $v_{кр}$ в м/сек	$v_{кр} = \frac{\pi D n_{кр}}{1000 \cdot 60}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Диаметр круга D по станку 2. Число оборотов круга $n_{кр}$ по станку
IV	<p>Определение минутной поперечной подачи s_m в мм/мин, скорости вращения детали v в м/мин, числа оборотов ведущего круга $n_{в.кр}$ в минуту, характеристики шлифовального круга:</p> <p>а) определение минутной поперечной подачи и скорости вращения детали по нормативам;</p> <p>б) расчет числа оборотов ведущего круга, соответствующего рекомендуемой скорости детали, и уточнение его по паспорту станка;</p>	<p>См. стр. 187—189</p> $n_{в.к} = \frac{1000v}{\pi D_{в.к}}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Припуск на обработку $2a$ 2. Требуемая точность формы δ 3. Диаметр шлифуемой поверхности d 4. Обрабатываемый металл 5. Скорость круга $v_{кр}$ 6. Длина шлифования $l_{ш}$ 7. Количество одновременно работающих кругов q_k 8. Диаметр ведущего круга $D_{в.к}$

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и поправочные	Исходные данные
V	в) уточнение скорости детали по принятым оборотам ведущего круга; г) выбор характеристики шлифовального круга Определение времени выхаживания $t_{вых}$ в мин	$v = \frac{\pi D_{в.к} n_{в.к}}{1000}$ См. стр. 189 См. стр. 189	1. Шероховатость поверхности 2. Требуемая точность формы δ 3. Диаметр шлифуемой поверхности d 4. Длина шлифования $l_{ш}$ 5. Наличие на шлифованной поверхности шпонок, срезов и т. д.
VI	Определение слоя, снимаемого при выхаживании. $a_{вых}$ в мм	См. стр. 189	1. Время выхаживания $t_{вых}$ 2. Минутная поперечная подача s_M
VII	Расчет машинного времени t_M в мин	$t_M = t_{вр} + \frac{2(a - a_{вых})}{s_M} + t_{вых}$	1. Время врезания $t_{вр}$, равное 0,01—0,02 мин 2. Припуск на сторону a 3. Слой, снимаемый при выхаживании $a_{вых}$ 4. Минутная поперечная подача s_M 5. Время выхаживания $t_{вых}$

Обработка стальных деталей

Число операций								
Исходная точность формы $\delta_{\text{и}}$ в мм	Требуемая точность формы δ в мм							
	0,10—0,15		0,05—0,10		0,02—0,05		0,01—0,02	
	Число опе- раций	Обозначе- ние опера- ции	Число опе- раций	Обозначе- ние опера- ции	Число опе- раций	Обозначе- ние опера- ции	Число опе- раций	Обозначе- ние опера- ции
0,20—0,30	1	а	2	а, б	3	а, б, в	4	а, б, в, г
0,10—0,20			1	б	2	б, в	3	б, в, г
0,05—0,10					1	в	2	в, г
0,02—0,05							1	г
Припуск на диаметр $2a$								
Операция	$2a$ в мм			Операция	$2a$ в мм			
а	0,3—0,5			в	0,1—0,15			
б	0,2—0,3			г	0,05—0,1			

Обработка чугуных деталей

Число операций							Припуск на диаметр $2a$	
Исходная точность формы $\delta_{\text{и}}$ в мм	Требуемая точность формы δ в мм						Операция	$2a$ в мм
	0,05—0,10		0,02—0,05		0,01—0,02			
	Число опе- раций	Обозначе- ние опера- ции	Число опе- раций	Обозначе- ние опера- ции	Число опе- раций	Обозначе- ние опера- ции		
0,15—0,3	1	а	2	а, б	3	а, б, в	а	0,3—0,5
0,05—0,15			1	б	2	б, в	б	0,15—0,3
0,02—0,05					1	в	в	0,05— 0,15

Примечания: 1. Рекомендации числа операций предусматривают выполнение их на нескольких станках. Если шлифование деталей осуществляется на одном станке, то требуемая точность 0,05 может быть достигнута за одну операцию вместо трех, а точность 0,01 — за две операции вместо четырех. В этих случаях рекомендуемую минутную подачу s_M (см. стр. 187—189) следует уменьшать до 40%.

2. При шлифовании тонкостенных деталей число операций увеличивать на 1—2.

Припуск на диаметр $2a$ в мм; минутная поперечная подача $s_M = s_{M. табл} K_1 K_2$ мм/мин (K_1 — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала и скорости круга, см. карту Ш-1 стр. 174, K_2 — от длины шлифования); скорость вращения детали v в м/мин; требуемая точность формы δ .

Диаметр детали d в мм	Режим обработки	Требуемая точность формы δ в мм на операциях										
		а			б			в			г	
		0,05	0,10	0,15	0,03	0,05	0,10	0,015	0,03	0,05	0,01	0,02
10	$2a$	0,30			0,20			0,10			0,05	
	s_M	4,0	5,0	5,8	2,5	3,4	4,2	1,9	2,4	2,9	1,5	2,0
	v	20—25			20—25			25—30			25—30	
16	$2a$	0,30			0,20			0,10			0,05	
	s_M	3,5	4,4	5,2	2,3	3,2	4,0	1,7	2,1	2,6	1,4	1,8
	v	20—25			20—25			25—30			25—30	
25	$2a$	0,35			0,25			0,10			0,05	
	s_M	3,0	3,8	4,6	2,1	2,8	3,8	1,5	2,0	2,4	1,2	1,6
	v	20—25			20—25			25—30			25—30	

Диаметр детали d в мм	Режим обработки	Требуемая точность формы δ в мм на операциях										
		а			б			в			г	
		0,05	0,10	0,15	0,03	0,05	0,10	0,015	0,03	0,05	0,01	0,02
40	$2a$	0,40			0,25			0,15			0,08	
	s_M	2,4	3,1	3,8	1,7	2,3	2,8	1,2	1,6	1,9	1,0	1,3
	v	15—20			15—20			20—25			20—25	
60	$2a$	0,40			0,25			0,15			0,08	
	s_M	2,0	2,5	3,1	1,5	2,0	2,5	1,0	1,4	1,7	0,9	1,1
	v	15—20			15—20			20—25			20—25	
100	$2a$	0,45			0,30			0,20			0,10	
	s_M	1,7	2,3	2,8	1,3	1,8	2,3	0,9	1,2	1,5	0,8	1,0
	v	15—20			15—20			20—25			20—25	
160	$2a$	0,50			0,30			0,20			0,10	
	s_M	1,5	2,0	2,4	1,1	1,5	2,0	0,8	1,1	1,3	0,7	0,9
	v	15—20			15—20			20—25			20—25	

Характеристика шлифовального круга

Материал детали и класс чистоты	Припуск на диаметр $2a$ в мм			
	0,3—0,5	0,2—0,3	0,1—0,2	0,05—0,1
Сталь	Э5 40—50 СТ2 5 К	Э5 40 СТ1— СТ2 5 К	Э5 25 СТ1— СТ2 5 К	Э5 12—16 С2— СТ1 5 К
Чугун	КЧ840—50 С2 5 К	КЧ8 40 С2— СТ1 5 К		КЧ8 12—16 С1 5 К
Достижимый класс чистоты поверхности	6—7	7	7—8	8

Коэффициент K_2

$l_{ш}$	40	60	80	100	160	250
K_2	1,3	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7

Примечания: 1. При одновременном шлифовании двумя кругами уровень s_m уменьшать в 1,2 раза.

2. Характеристика ведущего круга для всех операций Э2 16 ТВ

Выхаживание

Время выхаживания

Точность формы δ в мм	Диаметр детали d в мм	$\nabla 7$		$\nabla 8$	
		$t_{вых}$ в мин при длине шлифования $l_{ш}$ в мм			
		до 100	св. 100	до 100	св. 100
<0,02	До 40	0,02	0,03	0,03	0,04
	Св. 40	0,03	0,04	0,04	0,05
>0,02	До 40	0,01	0,02	0,02	0,03
	Св. 40	0,02	0,03	0,03	0,04

Слой, снимаемый при выхаживании

Время выхаживания $t_{вых}$ в мин	$a_{вых}$ в мм при минутной поперечной подаче s_m в мм/мин	
	до 2,5	св. 2,5
0,01	0,005	0,01
0,02	0,01	0,02
0,03	0,02	0,03
0,04	0,03	0,05
0,05	0,04	0,06

Примечание. При шлифовании деталей, имеющих прерывистую поверхность, время выхаживания увеличивать в 1,5 раза

Внутришлифовальные станки. Карта Ш-3 ШЛИФОВАНИЕ ОТВЕРСТИЙ

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
I	Выбор характеристики шлифовального круга	См. стр. 193	1. Обрабатываемый металл 2. Характер отверстия (сквозное, глухое) 3. Скорость круга $v_{кр}$
II	Определение размеров шлифовального круга	См. стр. 193	1. Диаметр отверстия d 2. Длина шлифования $l_{ш}$
III	Расчет числа оборотов шлифовального круга в минуту: а) выбор скорости круга; б) расчет числа оборотов шлифовального круга, соответствующих выбранной скорости, и уточнение его по станку; в) уточнение скорости круга по принятым оборотам	$n_{кр} = \frac{1000 \cdot 60 v_{кр}}{\pi D}$ $v_{кр} = \frac{\pi D n_{кр}}{1000 \cdot 60}$	1. Диаметр шлифовального круга D 2. Скорость круга $v_{кр}$
IV	Расчет скорости вращения детали v в м/мин и числа оборотов детали в минуту n : а) выбор рекомендуемой нормативами скорости детали; б) расчет числа оборотов детали, соответствующего рекомендуемой скорости, и уточнение его по паспорту станка; в) уточнение скорости детали по принятым оборотам	См. карту Ш-3, стр. 194 $n = \frac{1000 v}{\pi d}$ $v = \frac{\pi d n}{1000}$	1. Диаметр отверстия d 2. Скорость круга $v_{кр}$
V	Определение продольной подачи круга s_0 в мм/об	См. стр. 194	1. Диаметр отверстия d 2. Длина шлифования $l_{ш}$ 3. Ширина круга B

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
VI	Расчет длины рабочего хода круга $L_{p. x}$ в мм	$L_{p. x} = l_{ш} - \frac{1}{3} B$ для сквозных отверстий; $L_{p. x} = l_{ш} - \frac{2}{3} B$ для глухих отверстий	<ol style="list-style-type: none"> 1. Длина шлифования $l_{ш}$ 2. Ширина круга B
VII	Расчет числа двойных ходов круга $n_{д. x}$ в дв. ход./мин	$n_{д. x} = \frac{s_0 n}{2L_{p. x}}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Продольная подача круга s_0 2. Число оборотов детали n 3. Длина рабочего хода круга $L_{p. x}$
VIII	<p>Расчет поперечной подачи круга:</p> <p>при автоматическом цикле — минутной подачи круга s_M в мм/мин:</p> <p>а) определение рекомендуемой нормативами поперечной подачи;</p> <p>при ручном цикле — поперечной подачи на двойной ход стола s_t в мм/дв. ход.:</p> <p>а) определение рекомендуемой нормативами поперечной подачи;</p> <p>б) уточнение рекомендуемой нормативами поперечной подачи по паспорту станка</p>	См. стр. 194—195	<ol style="list-style-type: none"> 1. Диаметр отверстия d 2. Длина шлифования $l_{ш}$ 3. Продольная подача круга s_0 4. Припуск на сторону a 5. Точность обработки δ 6. Характер отверстия (глухое, сквозное) 7. Обрабатываемый металл 8. Скорость круга $v_{кр}$ 9. Шероховатость поверхности
IX	Определение времени выхаживания $t_{вых}$ в мин (при ручном цикле)	См. стр. 195	<ol style="list-style-type: none"> 1. Точность обработки δ 2. Диаметр отверстия d 3. Длина шлифования $l_{ш}$

Характеристика шлифовального круга

Отверстие	Класс чистоты	Точность обработки δ в мм	Характеристика круга при обработке				
			стали			чугуна	
			HRC < 30	HRC 30—50	HRC > 50	серого	прочного
Сквозное	5—6	$\geq 0,025$	Э9А 40 С1— С2 7—8 К	Э9А 40 СМ2— С17—8 К	Э9А 40 СМ1— СМ2 7—8 К	КЧ6 40 СМ1— СМ2 6—7 К	Э9А 40 СМ2—С1 7— 8 К
	7	$< 0,025$	Э9А 25 С1— С2 7—8 К	Э9А 25 СМ2— С1 7—8 К	Э9А 25 СМ1— СМ2 7—8 К	КЗ9 25 СМ1— СМ2 6—7 К	Э9А 25 СМ2—С1 7— 8 К
Глухое	5—6	$> 0,025$	Э9А 40 С2— СТ1 7—8 К	Э9А 40 С1— С2 7—8 К5	Э9А 40 СМ2— С1 7—8 К5	КЧ6 40 СМ2—С1 6— 7 К	Э9А 40 С1—С2 7— 8 К
	7	$< 0,025$	Э9А 25 С2— СТ1 7—8 К	Э9А 25 С1— С2 7—8 К5	Э9А 40 СМ2— С1 7—8 К5	КЗ9 25 СМ2—С1 6— 7 К	Э9А 25 С1—С2 7— 8 К

Примечание. При скоростном шлифовании применять круги на боросодержащей связке твердостью на одну степень ниже рекомендуемой.

Диаметр обрабатываемого отверстия d в мм	16												200	Диаметр обрабатываемого отверстия $l_{ш}$ в мм	10									
	20	25	32	40	50	60	80	100	120	160	12	16			20	25	32	40	50	60	80			
Диаметр круга D в мм	14	18	23	28	35	45	52	65	80	100	125	150	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63		

Скорость вращения детали v

Скорость круга $v_{кр}$ в м/сек	v в м/мин при диаметре отверстия d в мм											
	16	20	25	32	40	50	60	80	100	120	160	200
20	15	20	23	25	30	35	40	45	50	55	60	65
30	20	23	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
40	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	90
50	35	40	45	55	60	65	70	75	80	90	100	110

Продольная подача круга $s_0 = s_d B$ мм/об,

где s_d — подача в долях ширины круга

$l_{ш}$ в мм	s_d при d в мм											
	16	20	25	32	40	50	60	80	100	120	160	200
10	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9				
12	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9			
16	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9		
20	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	
25	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9
32	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85
40		0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8
50			0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75
60				0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7
80					0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65

Поперечная подача круга

При автоматическом цикле минутная поперечная подача на этапе окончательного цикла $s_{м.ок} = s_{м.ок}(табл) K_1 K_2$; минутная поперечная подача на этапе предварительного цикла $s_{м.пр} = (2,5 \div 3,0) s_{м.ок}$; минутная поперечная подача на этапе врезания $s_{м.вр} = (2,5 \div 3,0) s_{м.пр}$, где K_1 — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала и скорости круга (см. карту Ш-1, стр. 174); K_2 — от припуска на сторону a , точности обработки δ и характера отверстия.

$l_{ш}$ в мм	$s_{м.ок}(табл)$ в мм/мин при диаметре отверстия d в мм											
	16	20	25	32	40	50	60	80	100	120	160	200
10	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,2	0,21	0,22	—	—	—	—
16	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,21	0,23	—	—
25	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25
40		0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,14	0,16	0,18	0,19	0,20
60				0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,13	0,14	0,15	0,16
80					0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13

При ручном цикле — поперечная подача на двойной ход стола
 $s_t = s_t(\text{табл.}) K_1 K_2$ мм/дз. ход

s_0 в мм/об	s_t (табл.) в мм/дз. ход при диаметре отверстия d в мм											
	16	20	25	32	40	50	60	80	100	120	160	200
5	0,0035	0,004	0,0045	0,005	—	—	—	—	—	—	—	—
6	0,003	0,0035	0,004	0,0045	0,0055	0,0065	—	—	—	—	—	—
8	0,0025	0,003	0,0035	0,004	0,005	0,0055	0,0065	0,008	—	—	—	—
11	—	—	0,003	0,0035	0,0045	0,005	0,0055	0,007	0,008	—	—	—
15	—	—	—	0,003	0,004	0,0045	0,0055	0,006	0,007	0,0085	0,010	—
20	—	—	—	—	0,003	0,004	0,0045	0,0055	0,006	0,0075	0,0085	0,010
25	—	—	—	—	—	0,0035	0,004	0,0045	0,0055	0,0065	0,0075	0,0085
30	—	—	—	—	—	—	0,0035	0,004	0,005	0,0055	0,0065	0,0075
40	—	—	—	—	—	—	—	0,0035	0,004	0,005	0,0055	0,0065

Коэффициент K_2

δ в мм	Класс чистоты	K_2 при шлифовании сквозных отверстий с припуском на сторону a в мм									Шлифование глухих отверстий
		0,1	0,13	0,16	0,2	0,25	0,32	0,4	0,5	0,65	
0,015	7	0,5	0,55	0,6	0,7	0,8					0,4
	8	0,25	0,3	0,3							
0,025	7	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2			0,5
	8	0,3	0,35	0,4							
0,05	7	0,8	0,9	0,95	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	0,6
0,15	7				1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	0,8

Выхаживание (при ручном цикле)

Время выхаживания $t_{вых}$

Точность обработки δ в мм	Диаметр отверстия d в мм											
	до 16				40				100			
	$t_{вых}$ в мин при длине шлифования $l_{ш}$ в мм											
	10	25	60	100	10	25	60	100	10	25	60	100
0,015	0,1	0,14	0,19	0,25	0,13	0,18	0,24	0,33	0,15	0,20	0,28	0,38
0,025	0,08	0,12	0,16	0,21	0,11	0,15	0,20	0,28	0,13	0,17	0,24	0,32
0,05	0,07	0,10	0,13	0,17	0,09	0,12	0,17	0,23	0,11	0,14	0,20	0,27
0,15	0,05	0,07	0,10	0,13	0,07	0,09	0,12	0,17	0,08	0,10	0,15	0,20

s_t в мм/пов. ход.	$a_{вых}$ в мм при $t_{вых}$ в мин					s_t в мм/пов. ход.	$a_{вых}$ в мм при $t_{вых}$ в мин				
	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4
0,002	0,02	0,03	0,05	0,06	0,08	0,010	0,04	0,07	0,11	0,15	0,19
0,005	0,03	0,04	0,07	0,10	0,13	0,015	0,05	0,09	0,14	0,20	0,25

ШЛИФОВАНИЕ ТОРЦОВ

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
I	Выбор характеристики круга	См. стр. 197	1. Обрабатываемый металл 2. Характер обра- ботки (шлифование одного торца или тор- ца и отверстия)
II	Расчет числа оборотов шлифовального круга $n_{кр}$ в минуту: а) выбор скорости круга; б) расчет числа оборо- тов шлифовального круга, соответствую- щего выбранной скорости и уточне- ние его по станку; в) уточнение скорости круга по принятым оборотам	$n_{кр} = \frac{1000 \cdot 60 v_{кр}}{\pi D}$ $v_{кр} = \frac{\pi D n_{кр}}{1000 \cdot 60}$	1. Число оборотов круга $n_{кр}$ по станку 2. Диаметр круга D
III	Расчет скорости v в м/мин и числа оборотов детали n в минуту: а) определение реко- мендуемой норма- тивами скорости вращения детали; б) расчет числа оборо- тов, соответствую- щего рекомендуе- мой скорости, и уточнение его по паспорту станка; в) уточнение ско- рости детали по принятым оборо- там шпинделя	См. стр. 198 $n = \frac{1000 v}{\pi d_{ср}}$ $v = \frac{\pi d_{ср} n}{1000}$	1. Средний диаметр шлифования $d_{ср}$ 2. Скорость кру- га $v_{кр}$ 3. Характер обра- ботки (шлифование одного торца или тор- ца и отверстия)

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
IV	Определение минутной подачи круга s_M в мм/мин	См. стр. 198	<ol style="list-style-type: none"> 1. Наибольший диаметр шлифования d_1 2. Наименьший диаметр шлифования d_2 3. Обрабатываемый металл 4. Скорость круга $v_{кр}$ 5. Припуск на обработку a 6. Точность обработки δ
V	Определение времени выхаживания $t_{вых}$ в мин	См. стр. 198	<ol style="list-style-type: none"> 1. Шероховатость поверхности 2. Точность обработки δ 3. Ширина обработки b
VI	Определение слоя, снимаемого при выхаживании, $a_{вых}$ в мм	См. стр. 199	<ol style="list-style-type: none"> 1. Минутная подача s_M 2. Время выхаживания $t_{вых}$
VII	Расчет машинного времени t_M в мин	$t_M = t_{вр} + \frac{a - a_{вых}}{s_M} + t_{вых}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Время врезания $t_{вр}$ равное 0,02—0,03 мин 2. Припуск на сторону a 3. Слой, снимаемый при выхаживании, $a_{вых}$ 4. Минутная подача s_M 5. Время выхаживания $t_{вых}$

Характеристика шлифовального круга

Сталь	HRC < 30	HRC 30—50	HRC > 50
Характеристика круга	Э5 50 С1—С2 6—7Б	Э5 40 СМ2—С1 6—7 Б	Э5 40 СМ2 6—7 Б

Примечание. При шлифовании торца и отверстия одним кругом характеристику круга выбирать как при шлифовании отверстия.

Скорость вращения детали v

$v_{кр}$ в м/сек	v в м/мин при среднем диаметре шлифования $d_{cp} = \frac{d_1 + d_2}{2}$ в мм											
	16	20	25	32	40	50	60	80	100	120	160	200
20	15	20	23	25	30	35	40	45	50	55	60	65
30	20	23	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
40	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	90
50	35	40	45	55	60	65	70	75	80	90	100	110

Примечание. При шлифовании торца и отверстия в одну операцию скорость детали выбирать, как для шлифования отверстия.

Минутная поперечная подача круга $s_m = s_m(\text{табл.}) K_1 K_2$ мм/мин, где K_1 — коэффициент, зависящий от обрабатываемого металла и скорости круга $v_{кр}$ (см. карту Ш-1, стр. 174); K_2 — от припуска a и точности δ .

Минутная поперечная подача круга s_m (табл.)

Наименьший диаметр шлифования d_2 в мм	s_m (табл.) в мм/мин при наибольшем диаметре шлифования d_1 в мм									
	32	40	50	60	80	100	120	160	200	250
25	1,8	1,5	1,3	1,2	1,0	0,9				
32		1,7	1,5	1,3	1,2	1,0	0,9			
40			1,6	1,4	1,3	1,1	1,0	0,8		
50				1,5	1,4	1,2	1,1	0,9	0,8	
60					1,5	1,3	1,2	1,0	0,9	0,8
80						1,4	1,3	1,1	1,0	0,9
120								1,2	1,1	1,0
160										1,1

Коэффициент K_2

Точность обработки δ в мм	K_2 при припуске a в мм		
	0,25	0,5	1,0
0,025	0,7	0,8	0,9
0,05	1,0	1,1	1,2
0,1	1,2	1,3	1,4
>0,1	1,4	1,5	1,6

Выхаживание

Время выхаживания $t_{вых}$ для получения поверхности 7 класса чистоты

Точность обработки δ в мм	$t_{вых}$ в мин при ширине обработки $b = \frac{d_1 - d_2}{2}$ в мм				
	10	25	40	100	160
0,025	0,07	0,09	0,11	0,14	0,20
0,05	0,04	0,06	0,08	0,11	0,15
0,1	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08

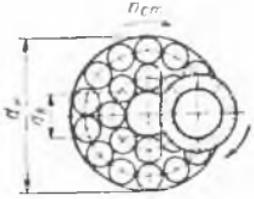
s_M в мм/мин	$a_{вых}$ в мм при $t_{вых}$ в мин			
	0,02	0,04	0,07	0,15
1,0	0,01	0,02	0,03	0,04
1,5	0,01	0,02	0,03	0,04
2,0	0,02	0,03	0,04	0,05
2,5	0,02	0,03	0,04	0,05

Плоскошлифовальные станки. Карта Ш-4
ПЛОСКОЕ ШЛИФОВАНИЕ ТОРЦОМ КРУГА
НА СТАНКАХ С КРУГЛЫМ СТОЛОМ

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
I	Расчет среднего диаметра расположения деталей на столе станка $d_{расп}$ в мм	$d_{расп} = \frac{d_n + d_v}{2}$	1. Наружный диаметр расположения де- талей на столе станка d_n 2. Внутренний диа- метр расположения де- талей на столе станка d_v
II	Расчет приведенной ширины шлифования $b_{пр}$ в мм	$b_{пр} = \frac{F}{\pi d_{расп}}$	1. Площадь шлифуе- мых поверхностей F 2. Средний диаметр расположения деталей на столе $d_{расп}$
III	Расчет скорости круга $v_{кр}$ в м/сек	$v_{кр} = \frac{\pi D n_{кр}}{1000 \cdot 60}$	1. Число оборотов круга по станку $n_{кр}$ 2. Диаметр круга D по станку
IV	Выбор характеристики круга	См. стр. 200	1. Обрабатываемый металл 2. Точность обра- ботки δ
V	Расчет средней скорости вращения деталей v в м/мин и числа оборотов стола $n_{ст}$ в минуту: а) определение рекомен- дуемой нормативами средней скорости вращения деталей; б) расчет числа оборо- тов стола, соответ- ствующего рекомен- дуемой средней ско- рости вращения де- талей, и уточнение его по паспорту стан- ка; в) уточнение скорости вращения деталей по принятым оборотам стола	См. стр. 201 $n = \frac{1000v}{\pi d_{расп}}$ $v = \frac{\pi d_{расп} n_{ст}}{1000}$	1. Средний диаметр расположения деталей на столе станка $d_{расп}$ 2. Приведенная ши- рина шлифования $b_{пр}$

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
VI	Определение минутной подачи круга s_m в мм/мин	См. стр. 201	<ol style="list-style-type: none"> 1. Число оборотов стола $n_{ст}$ 2. Приведенная ширина шлифования $b_{пр}$ 3. Обрабатываемый металл 4. Скорость круга $v_{кр}$ 5. Припуск на сторону a 6. Точность обработки δ
VII	Определение времени выхаживания $t_{вых}$ в мин	См. стр. 202	<ol style="list-style-type: none"> 1. Класс чистоты поверхности 2. Приведенная ширина шлифования $b_{пр}$ 3. Точность обработки δ
VIII	Определение слоя, снимаемого при выхаживании, $a_{вых}$ в мм	См. стр. 202	<ol style="list-style-type: none"> 1. Минутная подача s_m 2. Время выхаживания $t_{вых}$
IX	Расчет машинного времени t_M в мин	$t_M = (t_{вр} + \frac{a - a_{вых}}{s_m} + t_{вых}) \cdot \frac{1}{q}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Время врезания $t_{вр}$, равное 0,05—0,06 мин 2. Припуск на сторону a 3. Слой, снимаемый при выхаживании, $a_{вых}$ 4. Минутная подача s_m 5. Время выхаживания $t_{вых}$ 6. Количество одновременно обрабатываемых деталей q

Характеристика шлифовального круга

	Обрабатываемый металл	Характеристика круга при точности δ в мк	
		$>0,1$	$<0,1$
Сталь незакаленная Сталь закаленная Чугун ковкий Чугун серый	Э3—5 50—80 С1—	Э3—5 25—40	СМ1—СМ2 7—8 Б
	С2 7—8 Б	Э3—5 25—40	СМ1—СМ2 7—8 Б
	Э3—5 50—80	М3—СМ1 7—8 Б	КЧ7 25—40
	СМ1—СМ2 7—8 Б	М3—СМ1 7—8 Б	КЧ7 25—40
	К7 50—80 М3—	М3—СМ1 7—8 Б	КЧ7 25—40
	СМ1 7—8 Б	М3—СМ1 7—8 Б	КЧ7 25—40
	КЧ7 50—80	СМ2 7—8 Б	М3—СМ1 7—8 Б

Средняя скорость вращения деталей v

Средний диаметр расположения деталей на столе $d_{расп}$ в мм	v в м/мин при приведенной ширине шлифования $b_{пр}$ в мм					
	20	50	100	150	200	300
200	22	17	14	12	11	10
300	28	23	18	16	14	13
400	34	27	22	19	17	15
500	39	30	25	22	20	18
600	45	35	28	25	23	21

Минутная подача круга $s_m = s_{m(табл)} K_1 K_2$ мм/мин, где K_1 — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала и скорости круга (см. карту Ш-1 стр. 174); K_2 — от припуска a и точности δ .

Минутная подача s_m (табл)

Число оборотов стола $n_{ст}$ в минуту	s_m (табл) в мм/мин при приведенной ширине шлифования $b_{пр}$ в мм					
	20	50	100	150	200	300
10			0,10	0,08	0,07	0,06
15		0,18	0,14	0,12	0,10	0,09
20	0,36	0,25	0,19	0,16	0,14	0,12
25	0,45	0,31	0,24	0,20	0,18	0,15
30	0,54	0,37	0,28	0,24		
35	0,63	0,43	0,33			

Коэффициент K_2

Точность обработки δ в мм	K_2 при припуске a в мм			Точность обработки δ в мм	K_2 при припуске a в мм		
	0,25	0,5	1,0		0,25	0,5	1,0
0,025	0,5	0,7	0,9	0,1	0,9	1,1	1,3
0,05	0,7	0,9	1,1	0,2	1,0	1,2	1,4

Выаживание
Время выаживания $t_{\text{вых}}$

Точность обработки δ в мм	Класс чистоты поверхности											
	7						8					
	$t_{\text{вых}}$ в мин при приведенной ширине шлифования $b_{\text{пр}}$ в мм											
	20	50	100	150	200	300	20	50	100	150	200	300
0,025	0,3	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,6	0,75	0,9	1,0	1,1	1,2
0,05	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,4	0,55	0,65	0,7	0,75	0,85
0,1	0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3	0,3	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6
0,2 и более	0,1	0,15	0,15	0,2	0,2	0,2	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45

Слой, снимаемый при выаживании, $a_{\text{вых}}$

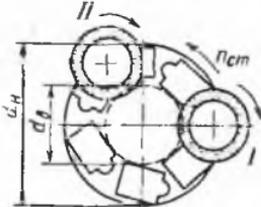
Минутная подача s_m в мм/мин	$a_{\text{вых}}$ в мм при $t_{\text{вых}}$ в мин					
	0,1	0,15	0,25	0,4	0,8	1,2
0,1	0,01	0,02	0,02	0,03	0,05	0,06
0,2	0,02	0,03	0,03	0,05	0,07	0,09
0,5	0,03	0,04	0,05	0,07	0,09	0,11
1,0	0,04	0,05	0,07	0,09	0,11	0,13

**ПЛОСКОЕ ШЛИФОВАНИЕ ТОРЦОМ КРУГА
НА ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДВУХШПИНДЕЛЬНЫХ СТАНКАХ
С КРУГЛЫМ СТОЛОМ**

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
I	Расчет среднего диаметра расположения деталей на столе станка $d_{\text{рас}}$ в мм	$d_{\text{рас}} = \frac{d_H + d_6}{2}$	1. Наружный диаметр расположения деталей на столе станка d_H 2. Внутренний диаметр расположения деталей на столе станка d_6
II	Расчет приведенной ширины шлифования $b_{\text{пр}}$ в мм	$b_{\text{пр}} = \frac{F}{\pi d_{\text{рас}}}$	1. Площадь шлифуемых поверхностей F 2. Средний диаметр расположения деталей на столе станка $d_{\text{рас}}$
III	Расчет скорости круга $v_{\text{кр}}$ в м/сек	$v_{\text{кр}} = \frac{\pi D n_{\text{кр}}}{1000 \cdot 60}$	1. Число оборотов круга $n_{\text{кр}}$ по станку 2. Диаметр круга D по станку

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
IV	Выбор характеристики круга	См. стр. 203	1. Обрабатываемый металл 2. Позиция (черновая или чистовая)
V	Определение числа оборотов стола $n_{ст}$ в минуту с уточнением его по паспорту станка	См. стр. 204	1. Припуск на сторону a 2. Приведенная ширина шлифования $b_{пр}$ 3. Обрабатываемый металл 4. Скорость круга $v_{кр}$
VI	Определение глубины шлифования t в мм	См. стр. 204	1. Припуск на сторону a 2. Позиция (черновая или чистовая)
VII	Расчет машинного времени t_m в мин	$t_m = \frac{1}{n_{ст} q}$	1. Число оборотов стола $n_{ст}$ 2. Количество одновременно обрабатываемых деталей q

Характеристика шлифовального круга

	Обрабатываемый металл	Позиция	
		черновая (I)	чистовая (II)
		Характеристика круга	
Сталь закаленная	Э3—5 50 СМ2— С1 7—8 Б	Э5 25 СМ1— СМ2 7—8 Б	
Сталь закаленная	Э3—5 50 СМ1— СМ2 7—8 Б	Э5 25 М3— СМ1 7—8 Б	
Чугун серый	К47 80 СМ2— С1 7—8 Б	К47 40 СМ1— СМ2 7—8 Б	
Чугун отбеленный	К47 80 М3— СМ 17—8 Б	К46 43 М3— СМ1 7—8 Б	
Чугун легированный	К47 80 СМ2— С1 7—8 Б	К47 40 СМ2— С1 7—8 Б	

Число оборотов стола $n_{ст} = n_{ст(табл)} K_1$ об/мин, где K_1 — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала и скорости круга (см. карту Ш-1, стр. 174)

Число оборотов стола $n_{ст}$ (табл)

Припуск на сторону a в мм	$n_{ст}$ (табл) в об/мин при приведенной ширине шлифования $b_{пр}$ в мм											
	1	2	4	6	8	12	20	30	40	60	80	120
0,2	1,3	1,3	1,2	1,1	1,05	1,0	0,95	0,9	0,8	0,75	0,7	0,65
0,4	1,3	1,3	1,2	1,1	1,05	1,0	0,9	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6
0,5	1,3	1,3	1,1	1,05	1,0	0,95	0,9	0,75	0,7	0,65	0,6	0,55
0,6	1,3	1,2	1,05	1,0	0,95	0,9	0,85	0,7	0,7	0,6	0,6	0,55
0,8	1,3	1,15	1,0	0,95	0,9	0,85	0,8	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5
1,0	1,2	1,1	0,95	0,9	0,85	0,8	0,75	0,65	0,6	0,55	0,5	0,45
1,3	1,15	1,05	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,6	0,55	0,55	0,5	0,45
1,6	1,1	1,0	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4
2,0	1,05	0,95	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5	0,45	0,45	0,4
2,5	1,0	0,9	0,75	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5	0,5	0,45	0,4	0,35
3,2	0,9	0,8	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3

Глубина шлифования t

Позиция	t в мм при припуске на сторону a в мм										
	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,3	1,6	2,0	2,5	3,0
Черновая	0,13	0,27	0,35	0,4	0,55	0,7	0,9	1,1	1,4	1,8	2,4
Чистовая	0,07	0,13	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8

ПЛОСКОЕ ШЛИФОВАНИЕ ПЕРИФЕРИЕЙ КРУГА НА СТАНКАХ С КРУГЛЫМ СТОЛОМ

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
I	Расчет скорости круга $v_{кр}$ в м/сек	$v_{кр} = \frac{\pi D n_{кр}}{1000 \cdot 60}$	1. Число оборотов круга $n_{кр}$ по станку 2. Диаметр круга D по станку
II	Расчет длины рабочего хода круга $L_{р. х}$ в мм	$L_{р. х} = \frac{d_n - d_s}{2}$	1. Наружный диаметр расположения деталей d_n 2. Внутренний диаметр расположения деталей d_s
III	Выбор характеристики и ширины круга B в мм	См. карту Ш-4, стр. 206	1. Обрабатываемый металл 2. Точность обработки δ 3. Длина рабочего хода $L_{р. х}$

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
IV	Определение продольной подачи круга s_0 в мм/об	См. стр. 206	1. Точность обработки δ
V	<p>Расчет средней скорости вращения деталей v в м/мин, среднего диаметра расположения деталей на столе $d_{расп}$ в мм и числа оборотов стола $n_{ст}$ в минуту:</p> <p>а) определение рекомендуемой нормативами средней скорости вращения деталей;</p> <p>б) расчет среднего диаметра расположения деталей на столе;</p> <p>в) расчет числа оборотов стола, соответствующего рекомендуемой средней скорости вращения деталей, и уточнение его по паспорту станка;</p> <p>г) уточнение средней скорости вращения деталей по принятым оборотам стола</p>	<p>См. стр. 207</p> $d_{расп} = \frac{d_H + d_в}{2}$ $n_{ст} = \frac{1000v}{\pi d_{расп}}$ $v = \frac{\pi d_{расп} n_{ст}}{1000}$	<p>2. Класс чистоты</p> <p>1. Ширина круга B</p> <p>2. Продольная подача круга s_0</p> <p>3. Наружный диаметр расположения деталей на столе d_H</p> <p>4. Внутренний диаметр расположения деталей на столе $d_в$</p>
VI	Определение вертикальной подачи круга на двойной ход s_f в мм/дв. ход	См. стр. 207	<p>1. Ширина круга B</p> <p>2. Пропуск на сторону a</p> <p>3. Точность обработки δ</p> <p>4. Обрабатываемый металл</p> <p>5. Скорость круга $v_{кр}$</p>
VII	Расчет числа двойных ходов круга $n_{д. х}$ в дв. ход/мин	$n_{д. х} = \frac{n_{ст} s_0}{2L_p x}$	<p>1. Число оборотов стола $n_{ст}$</p> <p>2. Продольная подача круга s_0</p> <p>3. Длина рабочего хода L_p, x</p>
VIII	Определение времени выжигания $t_{вых}$ в мин	См. стр. 207	<p>1. Точность обработки δ</p> <p>2. Класс чистоты поверхности</p> <p>3. Длина рабочего хода круга L_p, x</p>
IX	Определение слоя, снимаемого при выжигании, $a_{вых}$ в мм	См. стр. 207	<p>1. Вертикальная подача круга s_f</p> <p>2. Время выжигания $t_{вых}$</p>

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
X	Расчет машинного времени t_m в мин	$t_m = \left(t_{вр} + \frac{a - a_{вых}}{n_{д.х} s_t} + t_{вых} \right) \frac{1}{q}$	1. Время врезания $t_{вр}$ равное 0,06—0,07 мин 2. Припуск на сторону a 3. Слой, снимаемый при выхаживании, $a_{вых}$ 4. Число двойных ходов круга $n_{д.х}$ 5. Вертикальная подача круга s_t 6. Время выхаживания $t_{вых}$ 7. Количество одновременно обрабатываемых деталей q

Характеристика шлифовального круга

Обрабатываемый металл	Характеристика круга при точности		
	<0,1 мм	>0,1 мм	
Сталь незакаленная	Э5 50 СМ2—С1 5 К	Э5 40 С1—С2 5 К	
» закаленная	Э5 40 СМ1—СМ2 5 К	Э5 25 СМ2—С1 5 К	
Чугун	КЧ7 50 СМ1—СМ2 К	КЧ7 40 С1—С2 К	
Длина хода $L_{р. х} = \frac{d_H - d_n}{2}$ мм	50—100	100—200	200—400
Ширина круга B в мм	25—32	32—50	50—100

Продольная подача круга s_0

Точность δ в мм	s_0 в мм/мин стола
0,025	(0,3—0,4) В
0,05	(0,4—0,5) В
0,1 и более	(0,5—0,6) В

Примечание. Для обеспечения шероховатости поверхности $\nabla 7$ подачу s_0 выбирать по нижнему пределу.

Средняя скорость вращения детали v

B в мм	25		32		40		50		63		80		100								
s_0 в мм/об	7	10	15	10	13	19	12	16	24	15	20	30	19	25	38	24	32	48	30	40	60
v в м/мин	35	28	18	38	30	20	40	32	22	45	36	27	55	40	30	60	46	35	65	50	40

Вертикальная подача круга на двойной ход $s_t = s_{t(\text{табл})} K_1$ мм/дв. ход, где K_1 — коэффициент, зависящий от обрабатываемого металла и скорости круга (см. карту Ш-1, стр. 174).

Вертикальная подача круга s_t (табл)

Припуск a в мм	Точность обработки δ в мм	s_t (табл) в мм/дв. ход при ширине круга B в мм							
		25	32	40	50	63	80	100	
0,1	$< 0,1$	0,011	0,009	0,007	0,005	0,004	0,003	0,002	
	$> 0,1$	0,015	0,013	0,009	0,007	0,005	0,004	0,003	
0,2	$< 0,1$	0,015	0,014	0,009	0,007	0,005	0,004	0,003	
	$> 0,1$	0,02	0,017	0,012	0,009	0,007	0,005	0,004	
0,5	$< 0,1$	0,02	0,017	0,012	0,009	0,007	0,005	0,004	
	$> 0,1$	0,027	0,022	0,015	0,012	0,009	0,007	0,005	
1,0	$< 0,1$	0,027	0,022	0,015	0,012	0,009	0,007	0,005	
	$> 0,1$	0,035	0,027	0,019	0,015	0,012	0,009	0,007	

Выхаживание

Время выхаживания $t_{\text{вых}}$

Точность обработки δ в мм	Класс чистоты поверхности													
	7							8						
	$t_{\text{вых}}$ в мин при длине рабочего хода $L_{p. х}$ в мм													
	50	75	100	150	200	300	400	50	75	100	150	200	300	400
0,025	0,5	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,0	1,2	1,4	1,8	2	2,5	3
0,05	0,5	0,6	0,6	0,8	0,9	1,2	1,4	0,9	1,1	1,2	1,5	1,8	2,2	2,6
0,1	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	0,8	0,9	1,1	1,3	1,5	1,9	2,3
0,2	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	1,6	1,9
0,5	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5

Слой, снимаемый при выхаживании, $a_{\text{вых}}$

Вертикальная подача s_t в мм/дв. ход	$a_{\text{вых}}$ в мм при $t_{\text{вых}}$ в мин						
	0,25	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3
0,005	0,005	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
0,010	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08
0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,06	0,08	0,10
0,05 и более	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12

Шлицшлифовальные станки. Карта Ш-5

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
I	Расчет скорости круга $v_{кр}$ в м/сек	$v_{кр} = \frac{\pi D n_{кр}}{1000 \cdot 60}$	1. Число оборотов круга $n_{кр}$ по станку 2. Диаметр шлифовального круга D
II	Выбор характеристики шлифовального круга	См. карту Ш-5, стр. 209	1. Метод шлифования 2. Наличие поднутрения шлицев 3. Скорость круга $v_{кр}$ 4. Шероховатость поверхности
III	Определение продольной подачи (скорости) стола s_M в м/мин	См. карту Ш-5, стр. 209	1. Число шлифуемых шлицев z_{δ} 2. Длина шлицев $l_{ш}$ 3. Время полного оборота барабана $t_{об}$
IV	Определение подачи круга на двойной ход стола s_f в мм/дв. ход	См. карту Ш-5, стр. 210	1. Метод шлифования 2. Периметр шлифуемой поверхности 3. Продольная подача стола s_M 4. Точность шага δ
V	Определение длины перебега y_n в мм	См. карту Ш-5, стр. 211	1. Продольная подача стола s_M 2. Время поворота барабана на один зуб $\frac{t_{об}}{z_{\delta}}$
VI	Определение числа проходов на выхаживание каждого шлица $u_{вых}$	См. карту Ш-5, стр. 211	Шероховатость поверхности
VII	Определение слоя, снимаемого при выхаживании. $a_{вых}$ в мм	См. карту Ш-5, стр. 211	1. Подача круга на двойной ход s_f 2. Число проходов на выхаживание $u_{вых}$
VIII	Расчет числа проходов на шлифование каждого шлица u_0	$u_0 = \frac{a - a_{вых}}{s_f}$	1. Припуск на сторону a 2. Слой, снимаемый при выхаживании $a_{вых}$ 3. Подача круга на двойной ход стола s_f
IX	Расчет машинного времени t_M в мин	$t_M = \frac{2(l_{ш} + y_n)}{1000 s_M} \times (u_0 + u_{вых}) z_{\delta}$	1. Длина шлицев $l_{ш}$ 2. Длина перебега y_n 3. Число проходов u_0 4. Число проходов на выхаживание $u_{вых}$ 5. Продольная подача стола s_M 6. Число шлицев z_{δ}

Характеристика шлифовального круга

Метод шлифования	Характеристика шлифовального круга	
	для шлицев с поднутрением	для шлицев без поднутрения
Одновременное шлифование боковых сторон и дна	Э9А 25—40 СМ2—С2 8—9 К5	Э9А 25—40 С1—СТ1 5К 5
Шлифование дна	Э5 40 СТ1—СТ2 6—7 Б Э9А40 СМ2—С1 8—9 К	Э5 25—40 СТ2—СТ3 2—3 Б
Шлифование боковых сторон	Э5 25—40 СТ2—СТ3 6—7 Б Э9А 25 СМ2—С1 8—9 К5	Э5 25—40 СТ3—Т2 2—3 Б

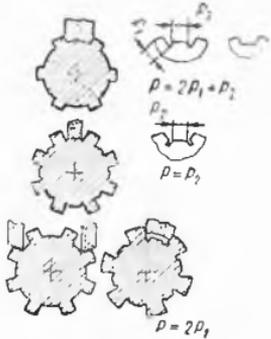
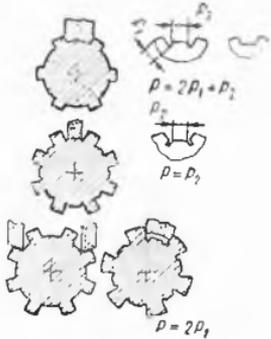
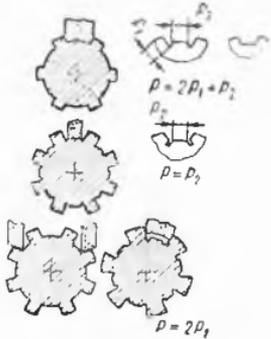
Примечания: 1. Для получения шероховатости поверхности $\nabla 8$ применять круги зернистостью 25.
2. При скоростном шлифовании твердость кругов выбирать по нижнему пределу.

Продольная подача (скорость) стола s_m

Длина шлицев $l_{ш}$ в мм	Число шлицев z_d													
	4		6		8		10		12		16		20	
	s_m в м/мин при времени полного оборота барабана $t_{об}$ в мин													
	0,1	0,14	0,1	0,14	0,1	0,14	0,1	0,14	0,1	0,14	0,1	0,14	0,1	0,14
60	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
100	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,9	6,0	7,1	6,0	8,6	6,1	11,5	8,2	14,3
160	6,0	6,0	6,9	6,0	9,2	6,5	11,4	8,1	13,7	9,6	16,0	13,0	16,0	16,0
200	6,0	6,0	8,5	6,1	10,4	8,2	14,3	10,2	16,0	12,2	16,0	16,0	16,0	16,0
250	7,1	6,0	10,7	7,7	14,3	10,2	16,0	12,7	16,0	15,3	16,0	16,0	16,0	16,0

Примечание. Время на полный оборот барабана зависит от конструкции станка и для большинства станков равно 0,1 или 0,14 мин.

Подача круга на двойной ход стола s_z

Метод обработки	Эскиз	Периметр шлифуемой поверхности P в мм	s_z в мм/дв. ход при продольной подаче стола s_M в м/мин					
			6	8	10	12	14	16
Одновременное шлифование боковых сторон и дна		До 10	0,036	0,030	0,026	0,022	0,020	0,018
		15	0,032	0,026	0,022	0,020	0,018	0,016
		20	0,028	0,023	0,020	0,018	0,016	0,014
Шлифование дна		До 5	0,038	0,031	0,027	0,023	0,021	0,019
		7	0,036	0,030	0,026	0,022	0,020	0,018
		10	0,034	0,028	0,024	0,021	0,019	0,017
Шлифование боковых сторон		До 6	0,04	0,033	0,028	0,025	0,022	0,020
		8	0,038	0,031	0,027	0,023	0,021	0,019
		10	0,036	0,030	0,026	0,022	0,020	0,018

Примечание. В таблице даны подачи для точности шага выше 0,015 мм. При точности ниже 0,015 мм s_z увеличивать в 1,3 раза.

Длина перебега u_n

Время поворота барабана на один шлиц $\frac{t_{05}}{z\theta}$	u_n в мм при продольной подаче стола s_M в м/мин					
	6	8	10	12	14	16
0,005	18	24	30	36	42	48
0,01	36	48	60	72	84	96
0,02	72	96	120	144	168	192
0,04	144	192	240	288	336	384

Примечание. Длина перебега рассчитана для шлифования шлицев с выходом круга на одну сторону. При шлифовании сквозных шлицев к табличной величине прибавлять 3—5 мм.

Выхаживание

Число проходов на выхаживание $u_{вых}$ (без подачи на двойной ход)

Слой, снимаемый при выхаживании, $a_{вых}$

Класс чистоты поверхности	7	8
Число проходов на выхаживание $u_{вых}$. . .	2	4

Число проходов на выхаживание	$a_{вых}$ при подаче на двойной ход s_f		
	0,015	0,025	0,04
2	0,02	0,03	0,04
4	0,04	0,05	0,07

Хонинговальные и суперфинишные станки. Карта Ш-6

ХОНИНГОВАНИЕ ОТВЕРСТИЙ АБРАЗИВНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
I	Расчет длины бруска L_u в мм	$L_u = \left(\frac{1}{3} \div \frac{3}{4} \right) l_x$	1. Длина хонингования l_x 2. Требуемая точность формы δ 3. Производительность
II	Расчет длины выхода брусков y в мм (y уточняется при наладке, в зависимости от характера и направления исходной погрешности формы)	$y = (0,2 \div \div 0,4) L_u$	1. Длина брусков L_u 2. Исходная погрешность формы
III	Расчет длины рабочего хода инструмента $L_{p. x}$ в мм	$L_{p. x} = l_x + 2y - L_u$	1. Длина брусков L_u 2. Длина выхода брусков y 3. Длина хонингования l_x

№ стапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
IV	Выбор числа операций и величины припуска $2a$ в мм	См. карту Ш-6, стр. 216—219	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обрабатываемый металл 2. Предшествующая обработка 3. Шероховатость и точность поверхности после предшествующей обработки 4. Требуемый класс чистоты 5. Требуемая точность
V	Выбор характеристики абразивных брусков	См. карту Ш-6, стр. 216—219	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обрабатываемый металл 2. Шероховатость поверхности после предшествующей обработки 3. Требуемый класс чистоты 4. Припуск на диаметр $2a$ 5. Требуемая точность
VI	<p>Выбор скорости вращения v в м/мин и числа оборотов инструмента n в минуту:</p> <p>а) определение рекомендуемой нормативами скорости вращения инструмента;</p> <p>б) расчет числа оборотов инструмента, соответствующего рекомендуемой скорости, и уточнение по паспорту станка;</p> <p>в) уточнение скорости вращения инструмента по принятым числам оборотов</p>	<p>См. карту Ш-6 стр. 216—219</p> $n = \frac{1000v}{\pi D}$ $v = \frac{\pi D n}{1000}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обрабатываемый металл 2. Шероховатость поверхности после предшествующей обработки 3. Требуемый класс чистоты поверхности 4. Операция (предварительная, однократная, окончательная) 5. Припуск на диаметр $2a$ 6. Характеристика абразивных брусков
VII	Выбор скорости возвратно-поступательного движения $v_{\text{в.п}}$ в м/мин и расчет числа двойных ходов инструмента $n_{\text{дв.х}}$ в дв. ход./мин	<p>См. карту Ш-6, стр. 216—219</p> $n_{\text{дв.х}} = \frac{1000v_{\text{в.п}}}{2L_p \cdot x}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обрабатываемый металл 2. Шероховатость поверхности 3. Операция (предварительная, однократная окончательная) 4. Характеристика абразивных брусков 5. Длина рабочего хода $L_p \cdot x$
VIII	Выбор удельного давления p в кг/см ²	См. карту Ш-6, стр. 216—219	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обрабатываемый металл 2. Требуемый класс чистоты поверхности 3. Характеристика абразивных брусков

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
IX	Определение достигаемой точности формы и шероховатости поверхности	См. карту Ш-6, стр. 216—219	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обрабатываемый металл 2. Операция (предварительная, однократная, окончательная) 3. Шероховатость поверхности после предшествующей обработки 4. Припуск на диаметр $2a$ 5. Характеристика абразивных брусков 6. Режимы хонингования v, v_b, n, p 7. Точность предшествующей обработки
X	Определение машинного времени t_M в мин	См. карту Ш-6, стр. 216—219	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обрабатываемый металл 2. Операция (предварительная, однократная, окончательная) 3. Шероховатость поверхности после предшествующей обработки 4. Характеристика абразивных брусков 5. Режимы хонингования v, v_b, n, p 6. Припуск на диаметр $2a$ 7. Требуемая точность формы δ

¹ Меньшее значение L_u применять при повышенных требованиях к точности формы, большее — для повышения производительности и стойкости брусков.

ХОНИНГОВАНИЕ ОТВЕРСТИЙ АЛМАЗНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
I	Расчет длины брусков L_u в мм Примечание. Меньшее значение L_u применять при повышенных требованиях к точности формы, большее — для повышения производительности и стойкости брусков	$L_u = \left(\frac{1}{3} \div \frac{3}{4} \right) l_x$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Длина отверстия l_x 2. Требуемая точность δ 3. Производительность

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
II	Расчет длины выхода брусков y в мм (y — уточняют при наладке в зависимости от характера и направления исходной погрешности формы)	$y = (0,2 \div \div 0,4) L_{\text{и}}$	1. Длина брусков $L_{\text{и}}$ 2. Исходная погрешность формы $\delta_{\text{и}}$
III	Расчет длины рабочего хода инструмента $L_{p, x}$ в мм	$L_{p, x} =$ $= l_x + 2y -$ $- L_{\text{и}}$	1. Длина хонингования l_x 2. Длина брусков $L_{\text{и}}$ 3. Длина выхода брусков y
IV	Выбор числа операций и величины припуска $2a$ в мм	См. карту Ш-6, стр. 220—225	1. Обрабатываемый металл 2. Предшествующая обработка 3. Точность и шероховатость поверхности после предшествующей обработки 4. Требуемый класс чистоты поверхности
V	Выбор характеристики алмазных брусков	См. карту Ш-6, стр. 220—225	1. Обрабатываемый металл 2. Точность и шероховатость поверхности после предшествующей обработки 3. Требуемый класс чистоты поверхности 4. Припуск на хонингование $2a$
VI	Выбор скорости вращения v в м/мин и расчет числа оборотов инструмента n в минуту: а) определение рекомендуемой нормативами скорости вращения инструмента; б) расчет числа оборотов инструмента, соответствующего рекомендуемой скорости, и уточнение по паспорту станка; в) уточнение скорости вращения инструмента по принятым числам оборотов	См. карту Ш-6, стр. 220—225 $n = \frac{1000v}{\pi D}$ $v = \frac{\pi D n}{1000}$	1. Обрабатываемый металл 2. Класс чистоты после предшествующей обработки 3. Требуемый класс чистоты поверхности 4. Операция (предварительная, однократная, окончательная) 5. Припуск на хонингование $2a$ 6. Характеристика алмазных брусков
VII	Выбор скорости возвратно-поступательного движения $v_{\text{в. п}}$ в м/мин и расчет числа двойных ходов инструмента $n_{\text{д. х}}$ в дв. ход./мин	См. карту Ш-6, стр. 220—225 $n_{\text{д. х}} =$ $= \frac{1000v_{\text{в. п}}}{2L_{p, x}}$	1. Обрабатываемый металл 2. Операция (предварительная, однократная, окончательная) 3. Требуемый класс чистоты поверхности 4. Характеристика алмазных брусков 5. Длина рабочего хода $L_{p, x}$

№ этапа	Последовательность определения режима резания	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
VIII	Выбор удельного давления p в $кг/см^2$	См. карту Ш-6, стр. 220—225	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обрабатываемый металл 2. Требуемые классы чистоты и точность 3. Характеристика алмазных брусков
IX	Определение машинного времени t_m в мин	См. карту Ш-6, стр. 220—225	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обрабатываемый металл 2. Точность и шероховатость поверхности после предшествующей обработки 3. Операция (предварительная, однократная, окончательная) 4. Характеристика алмазных брусков 5. Диаметр d и длина хонингования l_x 6. Режим хонингования $v, v_{в.п}, p$
X	Определение достигаемой точности формы и класса чистоты поверхности	См. карту Ш-6, стр. 220—225	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обрабатываемый металл 2. Точность и шероховатость поверхности после предшествующей обработки 3. Припуск на хонингование $2a$ 4. Характеристика алмазных брусков 5. Режим хонингования $v, v_{в.п}$ 6. Жесткость деталей
XI	<p>Определение расхода алмаза на 1000 деталей Q в каратах:</p> <p>а) выбор среднего расхода алмаза на 1000 деталей $Q_{табл}$ в каратах;</p> <p>б) расчет среднего расхода алмазов на 1000 деталей Q в каратах</p>	<p>См. карту Ш-6, стр. 220—225</p> $Q = \frac{dl_x a}{d_p l_{xp} a_p} \times Q_{табл}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обрабатываемый металл 2. Характеристика алмазных брусков 3. Операция (предварительная, однократная, окончательная) 4. Диаметр хонингования d 5. Длина хонингования l_x 6. Припуск на сторону a 7. Расчетный диаметр хонингования d_p 8. Расчетная длина хонингования l_{xp} 9. Расчетный припуск на сторону a_p

ХОНИНГОВАНИЕ ОТВЕРСТИЙ

Обработываемый металл	Наименование детали	Размеры отверстия в мм		Предшествующая операция		Требуемый класс чистоты	Характер обработки	
		Диаметр <i>d</i>	Длина <i>l</i> , х	Наименование	Класс чистоты поверхности			
Серый чугун	Цилиндры автомобильных двигателей, гильзы цилиндров, цилиндры компрессоров	50—110	150—250	Развертывание Растачивание	5—6	9	Предварительная Окончательная	
		Гильзы цилиндров автомобильных двигателей и другие нежесткие детали	70—110	150—300	Растачивание	5—6	9	Предварительная Получистовая Окончательная
	Цилиндры гидротормозов, компрессоров и др.		20—50	50—150	Растачивание Развертывание Протягивание	6	10	Предварительная Окончательная
			Блоки цилиндров (основные отверстия под вкладыши)	70—80	30—75	Развертывание	5	8
	Направляющие толкателей и клапанов	9—25	50—120	Растачивание	6—7	10	Однократная	
Сталь легированная	Шестерни	30—80	20—70	Протягивание	6	8	Однократная	
	Шатуны	40—70	30—50	Растачивание	6	8б	Однократная	
	Цилиндры гидротормозов и гидродомкратов	25—50	100—200	Растачивание Развертывание	5—6	10	Предварительная Окончательная	

РАЗНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

Средний припуск на диаметр $2a$ в мм	Характеристика абразивных брусков	Режимы хонингования			Достигаемые		Время обработки $t_{об}$ в мин
		Окружная скорость v в м/мин	Скорость возвратно-поступательного движения $v_{в.п}$ в м/мин	Удельное давление p в кг/см ²	Точность формы в мк	Класс чистоты поверхности	
0,04—0,08	КЗ7 10 СТ2—Т2 К	40—80	17—22	8—12	10—25	7	0,5—1,0
0,005—0,01	КЗ6 М20—М28 СТ2—Т2 К	30—50	10—15	3—5	8—20	9	0,3—0,6
0,03—0,05	КЗ7 10 СТ2—Т2 К	40—80	17—22	8—12	15—25	7	0,5—0,8
0,02—0,03	КЗ7 6 СТ2—Т2 К	40—70	15—20	6—8	12—20	8	0,3—0,4
0,005—0,008	КЗ 6 М20—М28 СТ2—Т2 К	30—50	10—15	3—5	10—15	9—10	0,3—0,4
0,03—0,08	КЗ7 8 СТ2—Т2 К	40—80	12—16	8—12	10—20	8	0,3—0,8
0,005—0,008	КЗ 6 М14—М20 СТ2—Т2 К	30—50	8—12	3—5	8—15	10	0,2—0,5
0,05—0,08	КЗ7 10 Т1—Т2 К	20—30	8—12	5—8	10—15	8	0,8—1,6 (на все отверстия)
0,02—0,03	КЗ7 3—6 СТ2 К	30—60	10—14	4—6	10—15	10	0,7—1,4
0,02—0,06	КЗ6 М40—КЗ 74 СТ2—Т2 К	10—30	3—6	2—5	5—10	8	0,1—0,2
0,02—0,04	КЗ6 М40—КЗ 74 СТ2—Т2 К	15—40	4—7	2—5	5—15	8,5	0,2—0,4
0,04—0,07	КЗ7 10 СТ2—Т1 2К Э9А 10 С2—СТ2 К	10—30	8—15	4—8	10—20	8	0,4—1,0
0,03—0,005	КЗ6 М14—М28 С1—СТ2 К	10—30	5—8	2—4	8—15	10	0,5

Обрабатываемый металл	Наименование детали	Размеры отверстия в мм		Предшествующая операция		Требуемый класс чистоты	Характер обработки
		Диаметр d	Длина l	Наименование	Класс чистоты поверхности		
Бронза	Шестерни с бронзовой втулкой	40—60	40—50	Растачивание	6	10	Однократная
	Шестерни	20—70	20—60	Протягивание	6	7	Однократная
	Шестерни	20—70	20—60	Протягивание	6	9	Предварительная
							Окончательная
Шестерни	20—70	20—60	Шлифование	7	9	Однократная	
Втулки, кольца	20—50	20—60	Шлифование	7	9	Однократная	

Примечания: 1. Меньшие значения $2a$ принимать при малых исходах.
2. Большие значения v принимать при меньшем припуске и относительно.
3. При грубой исходной поверхности и большем удельном давлении при.
4. Большее значение l принимать при большем припуске и более высокой.
5. В качестве охлаждающей жидкости рекомендуется применять керосин, индустриального масла.

Средний припуск на диаметр Δd в мм	Характеристика абразивных брусков	Режимы хонингования			Достигаемые		Время обработки $t_{\text{м}}$ в мин
		Окружная скорость v в м/мин	Скорость возвратно-поступательного движения $v_{\text{п}}$ в м/мин	Удельное давление p в кг/см ²	Точность формы в мк	Класс чистоты поверхности	
0,025—0,04	К36 М14—М28 М3—С1 К	40—70	4—8	3—5	10—15	10	0,25—0,5
0,09—0,15	Э9А10 СТ1—СТ2 К	20—40	5—8	12—15	8—15	7	0,25—0,5
0,08—0,14	Э9А10 СТ1—СТ2 К	20—40	5—8	12—15	8—15	7	0,25—0,5
0,01—0,02	Э9А3—5 С2—СТ2 К	20—30	4—7	4—7	6—10	9	0,2—0,4
0,01—0,03	Э9А3—5 С1—СТ1 К К37 3—5 С1 СТ1 К	20—40	4—7	5—8	6—12	9	0,3—0,5
0,01—0,03	Э9А3—5 СМ2—С2 К К37 3—5 С1— СТ1 К	20—40	4—7	5—8	6—12	9	0,3—0,6

ных погрешностях формы.

по мягких брусках.

менять более твердые бруски.

ных требованиях к точности обработки.

при обработке незакаленной стали — керосин с добавлением 10—20%

ХОНИНГОВАНИЕ ОТВЕРСТИЙ

Обрабатываемый металл	Наименование детали	Исходная поверхность			Характер обработки	Припуск на диаметр 2а в мк	Характеристика ал
		Класс чистоты	Точность формы в мк	Класс чистоты по чертежу			
Серый чугун	Гильзы, цилиндры двигателей, компрессоров, тормозов	5—6	50	9	Предварительная	0,05—0,08	АСР80/63-100/80 А80/63-100/80
					Окончательная	0,01	АСМ20/14-28/20
	Цилиндры двигателей, тормозов, картеры главного цилиндра и др.	5—7	40	10	Предварительная	0,04—0,07	АСР50/40-80/63 А50/40-80/63
					Окончательная	0,005—0,008	АСМ14/10
Блоки цилиндров (отверстия под коренные подшипники)	5—6	30	8	Однократная	0,05—0,08	АСМ60/40-АСР50/40 АМ60/40-А50/40	
Картеры амортизаторов, цилиндры и корпуса насоса отбора мощности и др.	5—6	40	8	Однократная	0,05—0,08	АСМ60/40-АСР50/40 АМ60/40—А50/40	
Сталь безкаленивая	Шатуны	5—7	30	86	Предварительная	0,02—0,05	АСР63/50-100/80
					Окончательная	0,005—0,01	АСМ10/28
	Шатуны	5—6	30	7—8	Однократная	0,03—0,06	АСР50/40
Шестерни и втулки со шлицевым отверстием	5	30	7	Однократная	0,02—0,07	АСР50/40	
	6	30	8	Однократная	0,02—0,06	АСМ60/40	

АЛМАЗНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

Тип бруска		Режимы хонингования			Время обработки $t_{\text{м}}$ в мин	Достижимая точность формы δ в мк	Достижимый класс чистоты	Ориентировочная стойкость брусков в тыс. шт.	Средний удельный расход алмаза в мг/с сытого металла	Средний расход алмазов на 1000 деталей $\Phi_{\text{алма}}$ в каратах
Слэнка	Концентрация в %	Окружная скорость v в м/мин	Возвратно-поступательная скорость $v_{\text{п}}$ в м/мин	Удельное давление брусков p в кг/см ²						
M1	100	50—80	15—18	8—12	0,5—1,0	15—25	7—8	10—30	0,06	1,4
M1 MC1	100	30—40	10—12	4—6	0,4—0,7	10—20	9	20—40	0,12	0,7
M1	100	50—80	15—18	8—12	0,3—0,8	8—15	7—8	10—30	0,06	1,2
M1 MC1	100	25—35	8—10	3—5	0,2—0,5	6—12	10	20—50	0,14	0,6
M1	50; 100	50—80	13—15	8—12	1,0—1,5	10—15	8	8—12	0,06	1,5
M1	100	50—80	15—18	8—12	0,4—0,8	10—20	8	10—30	0,07	1,2
M1 MC1	50; 100	20—35	8—12	4—6	0,3—0,8	8—14	7	4—10	0,14	3
M1	100	20—30	4—8	3—5	0,3—0,7	6—12	8	10—15	0,3	1,0
M1 MC1	50; 100	20—35	8—12	4—6	0,5—1,0	8—12	8	4—10	0,14	3
M1	100	20—35	3—5	3—5	0,3—0,5	4—8	7	6—10	0,14	1,4
MC1	100	20—35	3—5	2—4	0,3—0,5	4—8	8—9	6—10	0,18	1,4

Обрабатываемый металл	Класс чистоты	Точность формы в мк	Класс чистоты по чертежу	Характер операции	Припуск на диаметр в мм	Вид алмазного зерна и зернистость	Характеристики ал									
								Последняя поверхность								
Напеновые детали	6	30	9	Преда- ритель- ная	0,02—0,05	АСР50/40-63/50 АСМ60/40-АСР50/40	АСМ14/10-28/20									
								Оконча- тельная	0,006—0,010							
										Одно- кратная	0,02—0,07	АСР63/50-80/63				
								6	30				8	Одно- кратная	0,02—0,06	АСР50/40-63/50
								Шестерни, втулки, цилиндры с гладким от- верстием	6				30	9	Оконча- тельная	0,05—0,10
	Преда- ритель- ная	0,02—0,05	АСР80/63-100/80													
				Одно- кратная	0,02—0,15	А80/63-100/80 АСР80/63-100/80 АСР80/63-100/80										
	5—7	80	7				Одно- кратная			0,09—0,15						
											Преда- ритель- ная	0,08—0,14				
	Шестерни и втулки со шлицевым отверстием	5—7	80				8			Оконча- тельная						
				Преда- ритель- ная	0,08—0,14	А80/63-100/80 АСР80/63-100/80 АСР80/63-100/80										
Одно- кратная								0,09—0,15	А80/63-100/80 АСР80/63-100/80 АСР80/63-100/80							
				5—7	80	9					Преда- ритель- ная	0,08—0,14	А80/63-100/80 АСР80/63-100/80 АСР80/63-100/80			
														Оконча- тельная	0,01—0,02	АСР50/40
				Сталь закаленная	5—7	80					9	Оконча- тельная	0,01			
Преда- ритель- ная	0,08—0,14	А80/63-100/80 АСР80/63-100/80 АСР80/63-100/80														
			Одно- кратная				0,09—0,15	А80/63-100/80 АСР80/63-100/80 АСР80/63-100/80								
5—7	80	9							Преда- ритель- ная	0,08—0,14				А80/63-100/80 АСР80/63-100/80 АСР80/63-100/80		
															Оконча- тельная	0,01—0,02

Материал	Связка	Концентрация в %	Режимы хонинго- вания			Время обработки t_M в мин	Достигаемая точность формы в мк	Достигаемый класс чистоты	Ориентировочная стойкость брусков в тыс. шт.	Средний удельный расход алмаза в $мг/дм^2$ снятого металла	Средний расход алмазов на 1000 деталей $Q_{табл}$ в каратах
			Окружная скорость v в м/мин	Возвратно-поступательная скорость v_p в м/мин	Удельное давление брусков p в $кг/см^2$						
M1 MCS1	100	20—30	4—6	3—5	0,3—0,5	4—8	7	10—15	0,14	1,0	
M1	100	20—30	3—5	2—4	0,3—0,5	4—6	9	12—20	0,3	0,8	
M1	100	20—35	6—10	4—6	0,5—1,0	5—10	7	5—10	0,14	1,4	
M1	100	20—35	6—10	4—6	0,5—1,0	5—10	8	5—10	0,14	1,4	
M1	100	20—35	6—10	4—6	0,3—0,8	6—10	7	6—12	0,14	1,0	
M1	100	20—30	4—7	3—5	0,3—0,7	4—8	9	10—15	0,3	0,8	
M1 MCS3 MCS15	50; 100	40—60	5—7	10—12	0,5—1,0	6—10	7	0,8—2,0	0,6	1,5	
M1	100	30—40	2—4	4—6	0,3—0,5	4—8	8	2,0—5,0	1,7	4	
M1 MCS3 MCS15	50; 100	40—60	5—7	10—12	0,5—1,0	6—10	7	0,8—2,0	0,6	1,5	
M1	50; 100	30—40	2—4	4—6	0,4—0,6	4—8	9	2,0—5,0	1,7	4	

Обрабатываемый металл	Наименование детали	Исходная поверхность		Класс чистоты по чертежу	Характер обработки	Припуск на диаметр в мм	Характеристика алмазного зерна и зернистость
		Класс чистоты	Точность формы в мк				
Сталь закаленная	Шестерни, втулки, ко- ромысла клапанов и др. с глад- кими отвер- стиями	5—7	80	7	Одно- кратная	0,09— 0,15	A160/125-200/160 АСВ160/125-200/160 АСВ160/125-200/160
		5—7	80	8	Предва- ритель- ная	0,08— 0,14	A160/125-200/160 АСВ160/125-200/160 АСВ160/125-200/160
					Оконча- тельная	0,01— 0,02	АСР50/40-63/50
	5—7	80	9	Предва- ритель- ная	0,08— 0,14	A160/125-200/160 АСВ160/125-200/160 АСВ160/125-200/160	
				Оконча- тельная	0,01	АСМ60/40-АСР50/40	
	Шестерни, втулки, ци- линдры, вил- ки	7	20	Оконча- тельная	0,01— 0,04	АСР50/40-63/50	
Оконча- тельная				0,01— 0,04	АСМ40/28-АСР50/40		

Примечания: 1. В таблице приведен средний расход алмазов на

Обрабатываемый металл	Характер обработки
Чугун серый	Предварительная
»	Окончательная
Сталь незакаленная	Предварительная, однократная
Сталь закаленная	»
» незакален- ная и закаленная	Окончательная

- Для других условий хонингования средний расход алмазов определяется
- При обработке жестких деталей с наименьшими требованиями по точности
 - При хонинговании чугунных деталей ($d \geq 60$ мм и $l_x \geq 70$ мм) и стальному пределу.
 - Меньшее значение величины припуска $2a$ принимать при малых исходных размерах
 - Большее значение времени обработки $t_{\text{н}}$ выбирать при большем припуске
 - Обработка стальных закаленных деталей алмазными брусками реко-
мендуется для отверстий высокоточных с $l_x \geq 3d$ и твердостью HRC 58—63.
 - В качестве охлаждающей жидкости рекомендуется применять керосин,
стрильного масла. На окончательных операциях хонингования чугунных и
чистоты рекомендуется также добавлять 10—30% индустриального масла.
 - В графе «Характеристика алмазного бруска» для обработки одной
различные характеристики алмазных брусков.
- Характеристики для конкретной детали уточнить опытным путем.

изного бруска		Режимы хонингования				Время обработки t_m в мин	Достижимая точность формы в мк	Достижимый класс чистоты	Ориентировочная стоимость брусков в тыс. шт.	Средний удельный расход алмаза в мг/г снятого металла	Средний расход алмазов на 1000 деталей $Q_{шт\delta}$ в каратах
Связка	Концентрация в %	Окружная скорость хона v в м/мин	Возвратно-поступательная скорость $v_{в.п}$ в м/мин	Удельное давление брусков p в кг/см ²							
M1 MC3 MC15	50; 100	40—60	5—8	12—15	0,6— 1,2	6—10	7	0,2— 1,5	0,9	20	
M1 MC3 MC15	50; 100	40—60	5—8	12—15	0,6— 1,2	6—10	7	0,2— 1,5	0,9	20	
M1	100	30—40	2—5	5—7	0,4— 0,6	4—8	8	1,5— 5,0	2,0	5	
M1 MC3 MC15	50; 100	40—60	5—8	12—15	0,6— 1,0	6—10	7	0,2— 1,5	0,9	20	
M1	100	30—40	3—5	5—7	0,5— 0,7	4—8	9	1,5— 5,0	2,0	5	
M1	100	30—40	3—5	6—8	0,4— 0,7	4—8	8	3,0— 8,0	1,5	3	
M1	100	30—40	3—5	6—8	0,6— 1,0	4—8	9	3,0— 8,0	1,5	3	

1000 деталей Q в каратах для следующих условий хонингования:

Расчетные значения

d_p	l_{xp}	a_p
60	100	0,03
60	100	0,005
60	50	0,02
60	50	0,06
60	50	0,007

в формуле, приведенной на стр. 215.

ности режимы хонингования выбирать по верхнему пределу.

ных деталей ($d \geq 40$ мм и $l_x \geq 50$ мм) время обработки выбирать по верх-

ных погрешностях формы δ_u .

пуске 2а и более высоких требованиях к точности обработки δ .

рекомендуется для чистового хонингования, а также при необходимости изготов-

при обработке незакаленной стали — керосин с добавлением 20—30% инду-

стальных деталей при необходимости получения поверхности высокого класса

той же группы деталей в некоторых случаях рекомендуются две или три

ХОНИНГОВАНИЕ НАРУЖНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Тип детали и обрабатываемый металл	Характер обработки	Предыдущая операция		Средний припуск на диаметр $2a$ в мм	Скорость в м/мин			Характеристика абразивного инструмента	Машинное время t_m в мин	Класс чистоты
		Наименование	Класс чистоты		колебательного движения v_k	возвратно-поступательного движения $v_{в.п}$	вращения детали v			
Шейки валов (сталь HRC 58—62)	Однократная	Шлифование	7	0,02— 0,03	6—8	1—2	20—60	К36 M28 СТ2 К	0,6	10
Поршневые кольца хромированные (40—60 колец на оправке)	Однократная	Хромирование после шлифования	7	0,1	—	10—15	20—60	Э9А 8—10 СТ2 К	4—5	10

Примечание. При наружном хонинговании стальных закаленных и хромированных поверхностей применяется принудительное сближение абразивных брусков по диаметру со скоростью 0,15—0,3 мм/мин.

СУПЕРФИНИШIROВАНИЕ

Тип детали и обрабатываемый металл	Характер обработки	Предварительная операция	Наименование	Класс чистоты	Средний припуск в мм	Скорость в м/мин			Удельное давление p в кг/см ²	Характеристика абразивного или алмазного инструмента	Машинное время t_M в мин	Класс чистоты
						колебательного движения v_K	возвратно-поступательного движения $v_{в.п}$	вращения детали v				
Пальцы, шкворни, плунжеры (сталь НКС 58—62)	Однократная		Шлифованье	9	0,005 (на диаметр)	7	1—2	20—40	3	К36 М20—М28 СМ2 К	0,7—2	10
						6	—	60—100				
Тормозной барабан (внутренняя поверхность, чугун серый)	Предварительная	Окончательная	Растачивание	5	0,05 (на диаметр)	6	—	60—100	3	К36 М40 М2—СМ2 К	1	9
						5	—	60—100				
Диск сцепления, маховик (плоскость, чугун серый)	Предварительная	Окончательная	Шлифованье	7	0,020 (на сторону)	7	—	50—120	3	К37 5 СТ1 К К36 М28 СМ2 К	1	8—9
						5	—	50—120				

Тип детали и обрабатываемый металл	Характер обработки	Предыдущая операция		Средний припуск в мм	Скорость в м/мин			Удельное давление p в кг/см ²	Характеристика абразивного или алмазного инструмента	Машинное время t_M в мин	Класс чистоты
		Наименование	Класс чистоты		колебательного движе- ния v_k	возвратно-поступа- тельного движения $v_{в.п}$	вращения детали v				
Диск спеления, ма- ховик (плоскость, чугун серый)	Предварди- тельная Окончатель- ная	Точение	6	0,1	2—5	—	50—120	4	АСР 100/80 М1 100	0,75—1	8—9
								2	АСМ 60/40 М1 100		
Токагель (сфера, чугун специальный)	Однократная	Шлифо- вание	9	0,01 (на сторону)	60	—	35	2	КЗ6 М28 М3 Б	0,5	10

Продолжение

Шлифование и доводка деталей двигателя. Карта Ш-7

КОЛЕНЧАТЫЙ ВАЛ

Круглое шлифование методом врезания

Коренные шейки

Автоматический цикл

Характер обработки	Характеристика круга	Скорость вращения		Минутная поперечная подача s_m в мм/мин по этапам		Выходные или микроподача в мин
		шлифовального круга в м/сек	детали в м/мин	черновая	чистовая	
Предварительная Окончательная	Э5 40 С2—СТ1 7 К5 Э9А 25—32 С1—С2 7 К5	30—35 30—35	20—25 25—30	1,0—1,5 0,4—0,8	0,5—0,8 0,2—0,4	0,05—0,1 0,1—0,2
Примечание. Режимы даны для обработки на многокруговых станках.						

Ручной цикл

Характер обработки	Характеристика круга	Скорость вращения		Средняя минутная поперечная подача s_m в мм/мин		Выходные в мин
		шлифовального круга в м/сек	детали в м/мин	шлифование буртов	шлифование шейки	
Предварительная Окончательная	Э9А 40 СТ2—СТ3 5 К5 Э9А 25—32 СТ1—СТ3 5 К5	30—35 30—35	20—25 25—30	15—18 10—12	1,5—2,5 0,6—0,9	0,05—0,1 0,1—0,2

Шатунные шейки
Автоматический цикл

Характер обработки	Характеристика круга	Скорость вращения		Минутная поперечная подача s_m в мм/мин по этапам			Выжигание или микроподача в мин
		шлифовального круга в м/сек	детали в м/мин	шлифованные буртов	черновая	чистовая	
Предварительная	Э5 40 С2—СТ1 5 К5	30—35	16—20	10—12	1,5—2,0	0,6—0,8	0,05—0,1
Окончательная	Э5 25—32 СМ2—С2 5 К5	30—35	16—20	8—10	1,0—1,5	0,3—0,5	0,1—0,2

Ручной цикл

Характер обработки	Характеристика круга	Скорость вращения		Минутная поперечная подача s_m в мм/мин при шлифовании		Выжигание в мин
		шлифовального круга в м/сек	детали в м/мин	буртов	шейки	
Предварительная	Э5 40 СТ2—СТ3 5 К5	30—35	15—20	15—18	2,0—3,0	0,05—0,1
Окончательная	Э9А 25—32 СТ2—СТ3 5 К5	30—35	10—15	10—12	0,8—1,2	0,1—0,2

Суперфиниширование ¹

Класс чистоты после шлифования	Характеристика брусков	Средний припуск на диаметр	Число двойных ходов в минуту $n_{д. х}$	Длина хода $L_{р. х}$ в мм	Скорость вращения детали v в м/мин при цикле		Удельное давление p в кг/см ²	Машинное время t_M в мин	Достижимый класс чистоты
					черновом	чистовом			
7	Э9АМ28СМ2—С2К	0,008	100—120	6	15—20	30—40	2,0—3,0	0,7	8
8	Э9АМ20СМ2—С2К	0,005	100—120	6	15—20	30—40	2,0—3,0	1,0	9
7 ²	Э9АМ40—М28 СМ2—С2К	0,02—0,03	300—500	3—5	15—20	30—40	5,0—6,0	0,5—0,7	9

¹ В случаях, когда суперфинишированием не обеспечивается заданная чистота обработки, можно применить дополнительно полирование алмазной лентой. ² Значения даны для станков с кинематическим замыканием.

Полирование абразивной и алмазной лентой

Класс чистоты до полирования	Характеристика ленты	Средний припуск на диаметр $2a$ в мм	Число оборотов детали в минуту n	Число двойных ходов в минуту $n_{д. х}$	Длина хода $L_{р. х}$ в мм	Скорость перемещения ленты v в м/мин	Машинное время t_M в мин	Достижимый класс чистоты
8	Э53 АСО63/50	0,01	100—150	50—70	4—6	20	1,0	9а
8—9	Р950—100%	0,002—0,004	100—200	100—400	3—6	—	0,3—1,0	9в
	АСО50/40 Р950—100%	0,002—0,004	100—200	100—400	3—6	—	0,3—1,0	10

Примечание. Абразивную ленту применять после шлифования, алмазную — после суперфиниширования.

РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ ВАЛ
Круглое шлифование методом врезания
Опорные шейки
Автоматический цикл

Характер обработки	Характеристика круга	Скорость вращения		Средняя минутная поперечная подача s_m в мм/мин по этапам		Выхаживание или микроподача в мин
		шлифовального круга в м/сек	детали в м/мин	черновая	чистовая	
Предварительная Окончательная	Э5 40 С2—СТ1 5 К Э9А 25—32 С1—С2 5 К	30—35 30—35	20—25 20—25	0,8—1,2 0,4—0,6	0,3—0,5 0,15—0,3	0,05—0,1 0,1—0,15

Примечание. Режимы даны для обработки на многокруговых станках.

Ручной цикл

Характер обработки	Характеристика круга	Скорость вращения		Средняя минутная поперечная подача s_m в мм/мин	Выхаживание в мин
		шлифовального круга в м/сек	детали в м/мин		
Предварительная Окончательная	Э5 40 СТ1—СТ2 5 К Э9А 25—32 С2—СТ1 5 К	30—35 30—35	20—25 25—30	1,0—1,5 0,5—1,0	0,05—0,1 0,12—0,15

Кулачки

Характер обработки	Характеристика круга	Скорость вращения		Средняя минутная поперечная подача S_m в мм/мин	Время выжигания в мин
		шлифовального круга в м/сек	дстали в м/мин		
Предварительная	Э5 50 СТ2—СТ3 5 К	25—30	8—10	2,3—3,0	0,05—0,07
Получистовая	Э9А 25—40 С2—СТ1 5 К	25—30	5—7	1,3—2,0	0,08—0,12
Окончательная	Э5 16—25 СВ Э9А 25—С1—С2 5 К	25—30	4—6	0,5—0,7	0,12—0,15

Полирование абразивной и алмазной лентой

Класс чистоты после шлифования	Характеристика ленты	Средний припуск на диаметр $2a$ в мм	Число оборотов детали n в минуту	Число двойных ходов в минуту n_d х	Длина хода L_p х в мм	Скорость перемещения ленты v в м/мин	Машинное время t_m в мин	Достигаемый класс чистоты	
								шпек	кулачков
7—8	Э5 3—5	0,01—0,015	100—150	50—70	4—6	20	1,0—1,5	9	86
	АСО 80/63 Р950—100%	0,002—0,005	90—100	300—650	3—5	—	0,25—0,6		

ПОРШЕНЬ АЛЮМИНИЕВЫЙ
Бесцентровое шлифование методом врезания

Номер операции	Припуск на диаметр $2a$ в мм	Минутная подача s_m в мм/мин	Скорость детали v в м/мин	Время выхаживания $t_{вых}$ в мин	Слой на выхаживание $a_{вых}$ в мм	Характеристика круга	Достижимая точность δ в мм	Достижимый класс чистоты
1	0,15—0,25	1,8—2,0	30—40	0,05	0,04	Э5 40 СТ1 7 К К46 40 СТ1 5 К	0,05—0,07	6
2	0,06—0,12	0,3—0,4	40—50	0,1	0,02	Э5 25 С2 7 К К46 25 С1 5 К	0,06—0,08	6—7
3	0,05—0,06	0,2—0,3	40—50	0,2	0,01	Э5 25 С2 7 К К46 25 С1 5 К	0,04—0,06	7

Примечание. Режимы на первой операции ориентированы на шлифование поршня без прорезей, на второй и третьей операциях — на шлифование поршня с прорезями.

ПАЛЕЦ ПОРШНЕВОЙ
Бесцентровое шлифование методом продольной подачи

$s_m = s_m(\text{табл}) K_s$ мм/мин, где K_s — коэффициент, зависящий от диаметра поршневого пальца d

Номер прохода	Удвоенная глубина шлифования $2l$ в мм	Состояние обрабатываемой поверхности	Минутная подача s_m в мм/мин	Скорость детали v в м/мин	Угол поворота ведущего круга α°	Характеристика круга	Достижимая точность формы δ в мм	Достижимый класс чистоты поверхности
1	0,15—0,2	Незакаленная	2050	24—29	4,0—5,0	Шлифовального Э5 50 СТ1 5 К	0,05—0,1	6
2	0,08—0,12	То же	2050	24—29	4,0—5,0	Э5 40 СТ1 5 К	0,03—0,05	6—7

Но- мер про- хода	Удвоенная глубина шлифования $2l$ в мм	Состояние обрабаты- ваемой поверхности	Минут- ная по- дача s в мм/мин	Скорость детали v в м/мин	Угол пово- рота ведуще- го круга α°	Характеристика круга	Достигаемая точность формы δ в мм	Дости- гаемый класс чистоты поверх- ности
3	0,09—0,12	Закаленная	1700	20—24	4,0—4,5	Э5 40 СТ1 5 К	0,03—0,05	6—7
4	0,08—0,10	»	1700	24—28	3,5—4,0	Э5 40 С2—СТ1 5 К	0,02—0,03	7
5	0,06—0,08	»	1700	28—33	3,0—3,5	Э5 25 С1—С2 5 К	0,015—0,02	7
6	0,04—0,06	»	1700	33—39	2,5—3,0	Э5 25 С1—С2 5 К	0,01—0,02	7—8
7	0,03—0,04	»	1700	33—39	2,5—3,0	Э5 16 С1—С2 5 К	0,01—0,015	8
8	0,02—0,03	»	1700	39—49	2,0—2,5	Э5 12 С2—СТ1 5 К	0,006—0,01	8—9
9	0,01—0,015	»	1700	39—49	2,0—2,5	Э512ТВ Ведущего Э216ТВ	0,0025—0,005	9—10
10	0,001—0,005 (полирова- ние)	»	1760	$v_{кр} = 8 \div$ $\div 12$ м/сек 40—50	3,5—4 2—2,5	Полировального К36 М20 СМ2 ГЛ Ведущего К36 М40 СТ1 Б	0,0025—0,003	10

Пр и м е ч а н и е. Для надежного получения поверхности 10-го класса чистоты при шлифовании на автоматизированных линиях рекомендуется полировать в два прохода или суперфинишировать на бесцентровосуперфинишных станках модели 3878 на режимах, приведенных на стр. 227.

Коэффициент K_S

d в мм	20—25	25—30	30—35	35—40
K_S	1,2	1,0	0,9	0,8

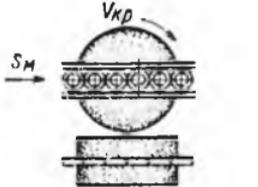
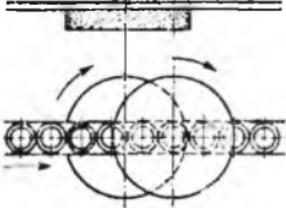
Шлифование торцов поршневых колец

Режимы предусматривают шлифование торцов поршневых колец в две операции: черновую (на специальных двухручьевых станках с горизонтальным шпинделем типа А-945) и чистовую (на специальных двухручьевых станках с вертикальным шпинделем типа З317).

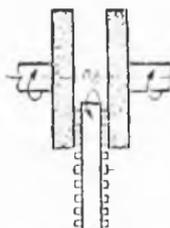
Число проходов n и глубина шлифования t по проходам

Припуск на сторону a в мм	Характер обработки	Число проходов n	Глубина шлифования t в мм по проходам				
			1	2	3	4	5
0,3	Черновая	3	0,12	0,08	0,07		
	Чистовая	2	0,02	0,01			
0,4	Черновая	4	0,15	0,10	0,07	0,05	
	Чистовая	2	0,02	0,01			
0,5	Черновая	4	0,15	0,15	0,10	0,07	
	Чистовая	2	0,02	0,01			
0,6	Черновая	5	0,15	0,15	0,10	0,10	0,07
	Чистовая	2	0,02	0,01			

Характеристика и скорость круга $v_{кр}$, продольная подача s_m и время обработки одной детали $t_{ш} = \frac{d}{1000s_m}$ мин, где d — наружный диаметр кольца

Операция	Эскиз обработки	Характеристика круга	Скорость круга $v_{кр}$ в м/сек	Продольная подача s_m в м/мин
Черновая		КЧ8 40 С1—С2 9 Б	25—30	20—25,
Чистовая		КЗ9 10—16 СМ2—С1 9 Б	18—25	15—20

Шлифование торцов толкателей и клапанов
(станок двухшпиндельный с горизонтальным шпинделем)

Эскиз обработки	Требуемый класс чистоты	Характеристика шлифовального круга	Число оборотов барабана n_6
	6—7 8—9	Э2—5 40—50 С1—СТ1 7—8 Б Э2—5 40—50 С1—СТ1 7—8 Б Э5 16—25 СМ2—С1 7—8 Б	1—2
<p>Примечание. Время обработки одной детали $t_m = \frac{1}{pq}$ мин, где q — число деталей, устанавливаемых в барабане; $v_{кр} = 25 \div 30$ м/сек.</p>			

Заточка и доводка твердосплавных режущих инструментов. Карта Ш-8

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКИ АЛМАЗНЫХ И АБРАЗИВНЫХ КРУГОВ

Наименование затачиваемого инструмента	Обрабатываемая поверхность	Операция	Припуск a в мм	Подача		Скорость круга $v_{кр}$ в м/сек	Характеристика круга
				продольная s_m в м/мин	поперечная s_t в мм/дв. ход		
Резец проходной	Задняя главная и вспомогательная грани по державке	Заточка	1,0	Ручная	Ручная	20—25	ПП300Э3 40 С1 К

Наименование затачиваемого инструмента	Обрабатываемая поверхность	Операция	Припуск a в мм	Подача		Скорость круга $v_{кр}$ в м/сек	Характеристика круга
				продольная s_m в м/мин	поперечная s_t в мм/дв. ход		
Резец проходной	Задние главная и вспомогательная грани по пластинке	Заточка	0,5—0,7 0,3—0,4	Ручная 1,0—1,5	0,1—0,12 0,03—0,04	15—18 18—20	ЧЦ300 КЗ9 40 МЗ К АЧК200 АСР 100/80 М 100% АЧК200 АСР 63/50 Б 50%
		Доводка	0,05—0,10	0,5—1,0	0,005	20—25	
	Передняя грань	Доводка	0,05—0,10	1,0—1,5	0,01—0,015 0,005	18—20 20—25	АЧК150—200 АСР100/80М 100% АЧК200 АСР50/40Б 50%
				0,5	0,015 0,005		
Радиус при вершине	Доводка	0,1 0,05	1,0—1,5	0,01—0,015 0,005	18—20 20—25	АЧК150—200 АСР100/80М 100% АЧК150—200 АСР100/80Б 50%	
			0,5	0,015 0,005			
Лунка или порожек	Доводка		Ручная	Ручная	18—20	ЛПП125×2 АСР80/63М 100%	

Наименование затачиваемого инструмента	Обрабатываемая поверхность	Операция	Припуск a в мм	Подача		Скорость круга $v_{кр}$ в м/сек	Характеристика круга
				продольная s_m в м/мин	поперечная s_t в мм/дв. ход		
Резец отрезной	Главная и вспомогательная задние грани по державке	Заточка	1,0	Ручная	Ручная	25—30	П1300 ЭЗ 40—50 С1—С2 К
	То же, по пластинке	Заточка	0,3—0,4	1,0—2,0	0,02—0,04	18—20	АЧК150 АСР100/80 ₄ М 100%
	Фаска передней поверхности	Доводка	0,05	0,5—1,0	0,005—0,01	20—25	АЧК125—150 АСР50/40 Б 50%
	Главная задняя грань	Доводка	0,05	0,5	0,005	20—25	АЧК200 АСР50/40 Б 50%
	Радиус при вершине	Доводка		Ручная	Ручная	20—25	АЧК125 АСР50/40 Б 50%

Наименование затачиваемого инструмента	Обрабатываемая поверхность	Операция	Припуск a в мм	Подача		Скорость круга $v_{кр}$ в м/сек	Характеристика круга
				продольная $s_{дл}$ в м/мин	поперечная $s_{п}$ в мм/дв. ход		
Сверло с пластинками твердого сплава	Задняя грань обонх лерьев	Заточка Доводка	0,4—0,6 0,1—0,2	10 1,0—2,0	0,1—0,2 0,02— 0,03	15—18 18—20	Ч1125 К39 25—40 СМ 1К АЧК125 АСР100/80М 100%
Зенкер насадной	Задняя грань зубьев на режущей части	Заточка Доводка	1,0—1,2 0,05	8 0,2—0,5	0,1 0,01	12 25	ЧК125 К39 25—40 М3 К АЧК125 АСР50/40— 63/50 Б 50%
Зенковка	Канавка	Прорезка	—	6—8	0,1—0,12	18—20	ЧК125 К39 25 СМ 1 К
	Задний угол по заданным граням согласно чертежу Передняя грань	Заточка Доводка Заточка	0,1—0,3 0,05 0,5	3—4 0,5—1,0 3—4	0,1—0,12 0,005 0,1—0,12	18—20 20—25 18—20	ЧК125 К39 25 СМ 1 К ЛЧК125 АСР63/50 Б 50% ЧЦ150 Э9А 25 СМ 1 К

Наименование затачиваемого инструмента	Обрабатываемая поверхность	Операция	Припуск a в мм	Подача		Скорость круга $v_{кр}$ в м/сек	Характеристика круга
				продольная s_m в м/мин	поперечная s_t в мм/дв. ход		
Цековка	Торец под углом 15—20°	Заточка	0,1—0,3	3—4	0,1—0,12	15—18	ЧК125 К39 25 СМ1 К
	Торец под углом 7—10°	Заточка	—	3—4	0,1—0,12	15—18	ЧК125 К39 25 СМ1 К
	Передняя грань	Заточка	0,5	3—4	0,1—0,12	15—18	ЧЦ150 Э9А 25 СМ1 К
	Задняя грань	Доводка	0,05	0,5—1,0	0,005	20—25	АЧК125 АСР50/40 Б 50%
Развертка машинная	Задняя грань режущей части под углом α_2	Заточка	0,7	8	0,1	12	ЧК125 К39 40 СМ1—М3 К
	То же, под углом α_1	Заточка Доводка	0,1 0,05	1—2 0,2—0,5	0,02 0,005	18—20 20—25	АЧК125 АСР100/80М 100% АЧК125 АСР50/40Б 50%

Наименование заточиваемого инструмента	Обрабатываемая поверхность	Операция	Припуск a в мм	Подача		Скорость круга $v_{кр}$ в м/сек	Характеристика круга
				продольная s_v в мм/мин	поперечная s_f в мм/дв. ход		
Протяжка круглая	Передняя грань	Заточка	0,3	1,0—2,0	0,02	18—20	АЗТ 100×3 АСР50/40 Б 100%
	Наружный диаметр	Заточка	0,3	1,0—2,0	0,02	18—20	АПТ300 АСР80/63 Б 50%
Фреза торцовая насадная	Задняя грань по державке	Заточка		3,0	0,1	20	ЧК125 Э9А 40 СМ2 К
	Задняя грань (угол ϕ и переходный ϕ_2) режущих кромок по пластине	Доводка	0,1 0,05	1,0—2,0 0,5—1,0	0,02 0,005— 0,01	18—20 20—25	АЧК125 АСР100/80М 100% АЧК125 АСР50/40Б 50%
	Фаска на передней грани	Доводка	0,05	1,0	0,01	25	АЧК125 АСР50/40Б 50%

Примечание. Для алмазной обработки указан только вид связки (металлическая М или органическая Б) без конкретизации марки, которая выбирается, исходя из условий работы.

ЧИСТОВАЯ ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТНЫМ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ¹

Раскатывание и обкатывание многороликовыми инструментами
с осевой подачи. Карта Д-1

№ этапа	Последовательность определения режима обработки	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
I	Расчет длины рабочего хода $L_{p. x}$ в мм	$L_{p. x} = L_{обр} + L_{дон}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Длина обработки $L_{обр}$ 2. Дополнительная длина хода, вызванная особенностями наладки, конфигурации детали и конструкции инструмента $L_{дон}$
II	Определение диаметра роликов D_p и их количества z_u	См. карту Д-1, стр. 246 или чертеж инструмента	Диаметр обрабатываемой поверхности d
III	<p>Определение подачи на ролик s_p в мм/рол:</p> <p>а) для обработки с принудительной подачей для инструментов с $\varphi = 0$;</p> <p>б) для обработки с принудительной подачей для инструментов с $\varphi \neq 0$;</p> <p>в) для обработки с самоподачей для инструментов с $\varphi \neq 0$</p>	<p>См. карту Д-1, стр. 247</p> $s_p = 1,1 \frac{\pi d \operatorname{tg} \varphi}{z_u}$ $s_p = \frac{\pi d \operatorname{tg} \varphi}{z_u}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обрабатываемый материал 2. Требуемый класс чистоты 3. Угол самоподачи (угол наклона оси вращения роликов к оси обрабатываемой поверхности) 4. Диаметр обрабатываемой поверхности d
IV	Определение подачи на оборот сепаратора s_c в мм/об	$s_c = s_p z_u$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Подача на ролик s_p 2. Число роликов z_u

¹ В разработке раздела участвовали А. М. Правон (НИИТАвтопро), П. В. Черников (ГАЗ), В. С. Парфиянович (МАЗ), Г. С. Ракошиц (ЗИЛ). Методика кинематических расчетов дана в разработке А. М. Правона.

№ этапа	Последовательность определения режима обработки	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
V	<p>Назначение окружной скорости раскатывания или обкатывания v в м/мин (скорости перемещения пятна контакта ролика по обрабатываемой поверхности) и определение числа оборотов сепаратора относительно детали n_0 в минуту:</p> <p>а) определение рекомендуемой окружной скорости раскатывания или обкатывания v в м/мин по нормативам;</p> <p>б) расчет рекомендуемого числа оборотов сепаратора относительно детали n_0 в минуту</p>	<p>См. карту Д-1, стр. 247</p> $n_0 = \frac{1000v}{\pi d}$	<p>1. Окружная скорость раскатывания или обкатывания v</p> <p>2. Диаметр обрабатываемой поверхности d</p>
VI	<p>Определение подачи на оборот шпинделя станка s_0 в мм/об (когда принудительно вращается только инструмент или только обрабатываемая деталь)¹:</p> <p>а) определение отношения числа оборотов сепаратора относительно детали к числу оборотов шпинделя станка A;</p> <p>б) расчет подачи на оборот шпинделя с уточнением ее по паспорту станка²</p>	<p>См. карту Д-1, стр. 247—250</p> $s_0 = s_c A$	<p>1. Схема обработки</p> <p>2. Диаметр обрабатываемой поверхности d</p> <p>3. Диаметр ролика D_p</p> <p>4. Подача на оборот сепаратора относительно детали s_c</p>
VII	<p>Расчет рекомендуемого числа оборотов шпинделя станка n в минуту с уточнением его по паспорту станка</p>	$n = \frac{n_0}{A}$	<p>1. Схема обработки</p> <p>2. Число оборотов сепаратора относительно детали n_0</p> <p>3. Диаметр обрабатываемой поверхности d</p> <p>4. Диаметр ролика D_p</p>

№ этапа	Последовательность определения режима обработки	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
VIII	Расчет основного машинного времени обработки t_M в мин	$t_M = \frac{L_p \cdot x}{s_0 n}$	1. Длина рабочего хода $L_p \cdot x$ 2. Принятые подача s_0 и число оборотов шпинделя n

¹ При раскатывании и обкатывании, когда принудительно вращается деталь и инструмент, отношение A до расчета числа оборотов определить невозможно. Вследствие этого с 6-го этапа расчет ведется в следующей последовательности: а) задают число оборотов детали n_d или число оборотов инструментального шпинделя $n = n_K$, n_K — число оборотов опорного конуса инструмента; б) рассчитывают число оборотов n_d или n_K в зависимости от того, что задано n_d или n_K , по следующим формулам: при раскатывании, если задано n_d , $n_K = \pm \left[n_d - \frac{2(i-1)}{i-2} n_0 \right]$, если задано n_K , $n_d = \frac{2(i-1)}{i-2} n_0 \pm n_K$; при обкатывании, если задано n_d , $n_K = \pm \left[n_d - \frac{2(i+1)}{i+2} n_0 \right]$, если задано n_K , $n_d = \frac{2(i+1)}{i+2} n_0 \pm n_K$. В приведенных формулах знак плюс (+) принимается при вращении инструмента и детали в одном направлении, знак минус (—) — при вращении в противоположных направлениях; в) рассчитанные числа оборотов шпинделей уточняют по паспорту станка. По скорректированному числу оборотов шпинделя определяют уточненное значение n_0 . По n_0 вычисляют $v = \frac{\pi d n_0}{1000}$ и s_0 . Подача на оборот инструментального шпинделя $s_0 = s_c \frac{n_0}{n_K}$; подача на оборот шпинделя детали $s_0 = s_c \frac{n_0}{n_d}$. Основное машинное время $t_M = \frac{L_p \cdot x}{s_0 n}$, где n и s_0 должны быть взяты для одного и того же шпинделя (например, для шпинделя обрабатываемой детали).

² При обработке с принудительной подачей инструментами с $\phi \neq 0$ уточненная подача не должна быть меньше расчетной более чем на 10%.

ОБРАБОТКА ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ МНОГОРОЛИКОВЫМИ РАСКАТКАМИ И ОБКАТКАМИ

Диаметр и количество роликов инструмента для обработки внутренних и наружных поверхностей

Диаметр внутренней поверхности d в мм	Диаметр роликов D_p в мм	Количество роликов z_u	Диаметр наружной поверхности d в мм	Диаметр роликов D_p в мм	Количество роликов z_u
10—16	3—4	4	10—16	6—8	3—4
16—25	4—6	4—6	16—25	6—12	4—6
25—50	6—8	6—8	25—50	8—12	6—8
50—75	8—10	8—10	50—75	10—16	8—10
75—100	10—12	10—12	75—100	12—16	10—12
100—150	12—14	12—14	100—150	12—18	12—18
150—250	14—18	14—20	150—200	16—18	18—24

Подача на ролик s_p

Обрабатываемый материал	Класс чистоты	Подача на ролик s_p в мм/рол
Сталь, алюминиевые и магниевые сплавы, латушь, бронза	10—11 8—9	0,1—0,4 0,2—0,5
Сталь Чугун	6—7 6—8	0,4—0,6 0,1—0,3

Примечания: 1. Меньшие значения подачи s_p рекомендуются для получения поверхностей более высоких классов чистоты.
2. С увеличением подачи возрастают радиальные и осевые усилия, вследствие этого при обработке деталей недостаточной жесткости следует применять меньшие подачи.
3. Шероховатость исходной поверхности и метод предварительной обработки влияют на величину подачи. При более грубой исходной поверхности рекомендуются меньшие подачи.

Окружная скорость раскатывания и обкатывания v

Окружная скорость практически не оказывает влияния на качество обрабатываемой поверхности. Значение скорости ограничивается возможностью перегрева детали и инструмента, приводящего к снижению стойкости инструмента и деформациям детали. Как правило, для деталей диаметром $d \leq 100$ мм $v = 15 \div 40$ м/мин, при $d > 100$ мм $v = 25 \div 60$ м/мин.

Расчет значения A

Отношение числа оборотов сепаратора относительно детали к числу оборотов шпинделя станка

$$A = \frac{n_0}{n}$$

Величину A определяют по таблице в зависимости от схемы обработки. В схемах и формулах приняты следующие обозначения:

n_d — число оборотов детали; n_c — число оборотов сепаратора; n_k — число оборотов опорного конуса инструмента; $i = \frac{d}{D_p}$ — отношение диаметра обрабатываемой поверхности к диаметру ролика инструмента.

Значения A и чисел оборотов принимают по абсолютной величине (без учета направления вращения).

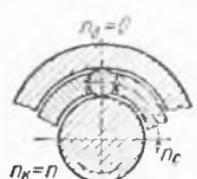
Схема обработки	A
<p>Раскатывание Деталь не вращается, опорный конус раскатки вращается заодно со шпинделем, сепаратор вращается свободно</p> 	$A = 0,5 \frac{i-2}{i-1}$

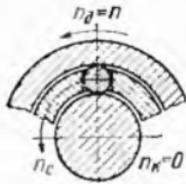
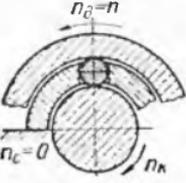
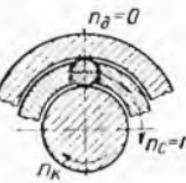
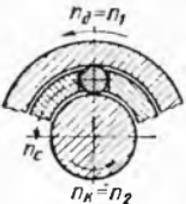
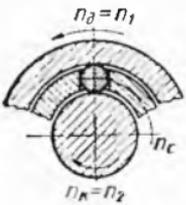
Схема обработки	A
<p>Деталь вращается заодно со шпинделем, опорный конус раскатки не вращается, сепаратор вращается свободно</p>	 $A = 0,5 \frac{i-2}{i-1}$
<p>Деталь вращается заодно со шпинделем, опорный конус раскатки вращается свободно, сепаратор не вращается</p>	 $A = 1$
<p>Деталь не вращается, опорный конус раскатки вращается свободно, сепаратор вращается заодно со шпинделем</p>	 $A = 1$
<p>Деталь вращается заодно со шпинделем станка, опорный конус раскатки вращается заодно с инструментальным шпинделем станка, сепаратор вращается свободно:</p> <p>а) деталь и опорный конус раскатки вращаются в одном направлении</p>  <p>б) деталь и опорный конус раскатки вращаются в противоположных направлениях</p> 	<p>См. примечание 1. стр. 246</p>

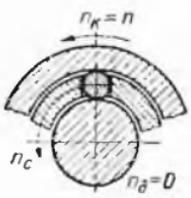
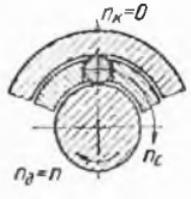
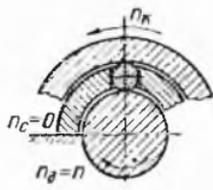
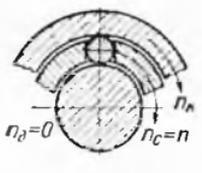
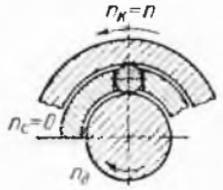
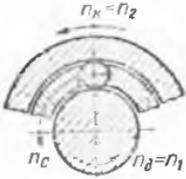
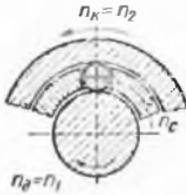
Схема обработки	A
<p>Обкатывание</p> <p>Деталь не вращается, опорный конус обкатки вращается заодно со шпинделем, сепаратор вращается свободно</p>	 $A = 0,5 \frac{i + 2}{i - 1}$
<p>Деталь вращается заодно со шпинделем, опорный конус обкатки не вращается, сепаратор вращается свободно</p>	 $A = 0,5 \frac{i + 2}{i + 1}$
<p>Деталь вращается заодно со шпинделем, опорный конус обкатки вращается свободно, сепаратор не вращается</p>	 $A = 1$
<p>Деталь не вращается, опорный конус обкатки вращается свободно, сепаратор вращается заодно со шпинделем</p>	 $A = 1$
<p>Деталь вращается свободно, опорный конус обкатки вращается заодно со шпинделем, сепаратор не вращается</p>	 $A = \frac{i + 2}{i}$
<p>Деталь вращается заодно со шпинделем станка, опорный конус обкатки вращается заодно с инструментальным шпинделем станка, сепаратор вращается свободно:</p>	

Схема обработки	А
<p>а) деталь и опорный конус обкатки вращаются в одном направлении</p>  <p>б) деталь и опорный конус обкатки вращаются в противоположных направлениях</p> 	См. примечание 1, стр. 246

Алмазное выглаживание. Карта Д-2

№ этапа	Последовательность определения режима обработки	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
I	Расчет длины рабочего хода L_p, x в мм	$l_{p, x} = L_{обр} + L_{доп}$	1. Длина обработки $L_{обр}$ 2. Дополнительная длина хода $L_{доп}$, вызванная особенностями конфигурации детали и наладки
II	Выбор радиуса рабочей поверхности алмазного инструмента R в мм	См. карту Д-2, стр. 251—252	1. Обрабатываемый металл 2. Шероховатость поверхности
III	Назначение усилия выглаживания P в кг	См. карту Д-2, стр. 251—252	1. Обрабатываемый металл 2. Радиус рабочей поверхности инструмента R 3. Шероховатость поверхности 4. Жесткость детали
IV	Назначение подачи на оборот шпинделя s_0 в мм/об: а) определение рекомендуемой подачи по нормативам; б) уточнение подачи по паспорту станка	См. карту Д-2, стр. 251—252	1. Обрабатываемый металл 2. Шероховатость поверхности

№ этапа	Последовательность определения режима обработки	Расчетная формула и нормативы	Исходные данные
V	<p>Назначение скорости выглаживания v в м/мин и расчет числа оборотов шпинделя n в минуту:</p> <p>а) назначение скорости по нормативам;</p> <p>б) расчет рекомендуемого числа оборотов шпинделя станка;</p> <p>в) уточнение числа оборотов шпинделя по паспорту станка;</p> <p>г) уточнение скорости выглаживания по принятому числу оборотов шпинделя</p>	<p>См. карту Д-2, стр. 252</p> $n = \frac{1000v}{\pi d}$ $v = \frac{\pi dn}{1000}$	Жесткость и виброустойчивость системы станок—приспособление—инструмент—деталь
VI	Расчет основного машинного времени обработки t_M в мин	$t_M = \frac{L_p \cdot x}{s_0 n}$	<p>1. Длина рабочего хода $L_p \cdot x$</p> <p>2. Принятые подача s_0 и число оборотов шпинделя n</p>
<p>Примечание. При совмещении алмазного выглаживания с тонким растачиванием или точением режимы определяют для каждой позиции по режущему инструменту. Полученные режимы сверяют по карте Д-2 (стр. 251—252) с рекомендуемыми для алмазного выглаживания. Если расчетная подача для режущего инструмента превосходит рекомендуемую, подачу необходимо уменьшить.</p>			

ПОДАЧА s_0 , УСИЛИЕ P , РАДИУС РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ИНСТРУМЕНТА R

Обрабатываемый материал	Предшествующая операция и класс чистоты поверхности	Класс чистоты после выглаживания	Радиус рабочей поверхности инструмента (сферической и цилиндрической) R в мм	Усилие выглаживания P в кг	Подача s_0 в мм/об
Сталь закаленная HRC 50—65	Шлифование, 7	8—9	1,0—2,0	15—25	0,04—0,08
	Шлифование, 8	9—10	1,0—2,0	15—25	0,04—0,08

Обрабатываемый материал	Предшествующая операция и класс чистоты	Класс чистоты после выглаживания	Радиус рабочей поверхности инструмента (сферической и цилиндрической) R в мм	Усилие выглаживания P в кг	Поддача s_p в мм/об
Сталь термообработанная <i>HRC</i> 35—50	Шлифование, 7 8	8—9 9—10	1,5— 2,5	15—25	0,04— 0,08
Сталь <i>HRC</i> 30—35	Чистовое растачивание или обтачивание, 5—6	7—8	2,0— 3,0	10—20	0,04— 0,08
Сталь до <i>HRC</i> 30	Чистовое растачивание или обтачивание, 5—6	7—9	2—4,0	5—15	0,04— 0,08
Алюминиевые сплавы, бронза, латунь	Чистовое растачивание или обтачивание, 7—8	9—11	2,5— 4,0	5—15	0,04— 0,10
<p>Примечания: 1. Применение меньших подач в пределах указанного диапазона обеспечивает лучшее качество обработки и более высокий класс чистоты.</p> <p>2. При обработке тонкостенных и маложестких деталей принимать меньшие значения из рекомендуемых усилий выглаживания.</p>					

СКОРОСТЬ ВЫГЛАЖИВАНИЯ v

Скорость выглаживания не оказывает существенного влияния на качество поверхности. Следует назначать возможно большую скорость, однако необходимо учитывать возможность возникновения вибраций. Рекомендуется принимать $v = 50 \div 200$ м/мин.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Дополнительные данные по режимам резания. Приложение 1

КОЭФФИЦИЕНТЫ ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ СТАЛЕЙ

Коэффициенты обрабатываемости K_M , характеризующие ориентировочное соотношение между скоростями резания для различных металлов, даны в зависимости от марки стали и ее твердости при точении, сверлении, зенкерования и фрезеровании твердосплавными инструментами и из быстрорежущей стали.

За исходное значение скорости резания принято ее значение при обработке углеродистой стали твердостью *HB 207*. Значения этой скорости резания приведены в соответствующих разделах справочника. Там же даны значения коэффициентов для наиболее широко применяемых сталей.

В остальных случаях рекомендуется пользоваться настоящим приложением, при этом для сталей скорость резания $v = v_{исх} K_M$, где $v_{исх}$ — скорость резания по нормативам для углеродистой стали (2-я группа) с твердостью *HB 207*. Коэффициент обрабатываемости стали $K_M = K_{гр} K_H$, здесь $K_{гр}$ — коэффициент обрабатываемости по группе; K_H — коэффициент обрабатываемости по твердости.

Коэффициент $K_{гр}$

Сталь	Марка стали	Материал инструмента	
		Быстро-режущая сталь	Твердый сплав
Автоматная Углеродистая Марганцовистая	A12, A20, A30, A40	1,2	1,1
	08, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50	1,0	1,0
	15Г, 20Г, 30Г, 40Г, 50Г, 60Г, 65Г, 70Г, 10Г2, 30Г2, 35Г2, 40Г2, 45Г2, 50Г2	0,75	0,9
Хромистая	15Х, 15ХА, 20Х, 30Х, 35Х, 38ХА, 40Х, 45Х, 50Х, 12Х3	0,85	0,95
Хромоникелевая	20ХН, 40ХН, 45ХН, 50ХН, 12ХН2А, 12ХН3А, 20ХН3А, 30ХН3, 37ХН3А, 12Х2Н4, 12Х2Н4А, 20Х2Н4, 20Х2Н4А	0,8	0,9
Хромомарганцови- стая	20ХГ, 35ХГ2	0,7	0,8
Хромокремнистая	33ХС, 38ХС, 40ХС	0,7	0,8

Сталь	Марка стали	Материал инструмента	
		Быстрорежущая сталь	Твердый сплав
Хромованадиевая	15ХФ, 20ХФ, 40ХФА, 50ХФА	0,85	0,8
Хромомолибденовая	20ХМ, 30ХМ, 30ХМА, 35ХМ, 35ХМА, 35Х2МА	0,8	0,85
Хромоалюминиевая	35ХЮА	0,75	0,8
Хромокремнемарганцовистая	20Х1С, 30ХГС, 30ХГСА, 35ХГСА, 38ХГС, 38ХГСА	0,7	0,8
Хромоникельмолибденовая	18Х2Н3МА, 18Х2Н4МА, 20ХНМ, 20Х2Н2М, 40ХНМА	0,7	0,8
Хромоникельвольфрамовая	25ХНВА	0,8	0,85
Хромоникельванадиевая	20ХНФА	0,75	0,85
Хромомолибденованадиевая	35ХМФА	0,8	0,9
Хромомолибденоалюминиевая	38ХМЮА	0,7	0,8

Коэффициент K_H

Материал инструмента и вид обработки	K_H при твердости обрабатываемого металла HV											
	156	179	187	197	207	217	229	255	285	321	332	375
I. Быстрорежущая сталь:												
точение	1,55	1,25	1,15	1,1	1,0	0,9	0,85	0,75	0,6	0,5	0,5	0,4
сверление и зенкование	1,3	1,15	1,1	1,05	1,0	0,95	0,9	0,85	0,75	0,65	0,65	0,6
фрезерование	1,35	1,15	1,1	1,05	1,0	0,95	0,9	0,75	0,6	0,5	0,45	0,35
II. Твердый сплав	1,3	1,2	1,1	1,05	1,0	0,95	0,9	0,8	0,75	0,65	0,65	0,55

ОБРАБАТЫВАЕМОСТЬ МАГНИЕВЫХ СПЛАВОВ¹

Магниеые сплавы, в том числе сплав МЛ-5, применяемый при производстве деталей автомобилей, обладают отличной обрабатываемостью резанием, что обуславливается в 5—7 раз меньшими силами резания, чем при точении стали, невысокой твердостью (HV 45—65) и высокой теплопроводностью. Стружка ломкая, и специальных средств для стружколомания не требуется. Обработка производится без смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ). Применение водных растворов недопустимо по условиям пожарной безопасности. На отдельных операциях деталь обдувают сжатым воздухом. В США при обработке магниевых сплавов в качестве СОЖ используют минеральные масла.

Магниеые сплавы можно обрабатывать при высоких режимах ре-

¹ Разработано с участием Н. И. Шарпова (МемЗ).

дания. Там, где это представляется возможным, рекомендуется применять инструменты из твердых сплавов (ВК8, ВК6).

Режимы резания обычно ограничиваются не режущими свойствами инструментов, а данными станков, условиями обработки и опасностью возгорания стружки. Опасность возгорания стружки возрастает с повышением скорости резания выше определенных пределов и с уменьшением размеров частиц магния, в частности при небольших значениях толщины стружки.

Случаи воспламенения стружки имеют место при точении на высоких скоростях и реже при фрезеровании. Сверление, зенкерование, развертывание и нарезание резьбы метчиками осуществляются с относительно невысокими скоростями резания, поэтому воспламенений почти не бывает. В этих случаях оно может возникнуть от трения инструмента о направляющую втулку или при работе чрезмерно затупленным инструментом.

При обработке деталей из магниевых сплавов необходимо тщательно выполнять специальные правила пожарной безопасности и принимать необходимые меры для антикоррозионной защиты деталей (оксидация и др.).

Ниже приведены основные данные по режимам резания на основании производственной практики и литературных источников.

Подача

Рекомендуется назначать относительно большие подачи, ограничиваемые возможностями станков, прочностью инструментов, жесткостью системы станок—деталь—инструмент и требованиями к чистоте обработанной поверхности.

Ниже приведены допустимые значения подач при точении и фрезеровании в зависимости от требований к чистоте обработанной поверхности и подачи осевых инструментов в зависимости от размеров обработки.

Необходимо исключить условия, приводящие к возникновению тонких стружек при работе с высокими скоростями резания во избежание их загораний. В связи с этим не следует применять подачи меньше 0,05 мм и необходимо полностью исключить контакт инструмента с деталью при выключенной подаче.

Точение и торцовое фрезерование

Класс чистоты	7	6	5	4	3
Подача s_0 в мм/об при точении: s_z в мм/зуб при фрезеровании	0,05—0,08	0,1—0,2	0,3—0,4	0,4—0,5	0,6—0,8

Примечание. При отсутствии специальных требований к чистоте обработанной поверхности подачи при точении могут быть увеличены до 1,5—2 мм/об.

Сверление, зенкерование, развертывание

Операция	s_0 в мм/об при обрабатываемом диаметре d в мм									
	2	4	6	8	10	12	16	20	30	
Сверление и зенкерование	0,15	0,3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,5	
Развертывание	—	0,4—0,6	0,5—0,8	0,6—1,0	0,8—1,5					

Примечание. При глубине сверления более $5d$ и усложненных условиях работы подачи рекомендуется уменьшать.

Скорость резания

При назначении скоростей резания необходимо учитывать числа оборотов шпинделей, мощности привода, допустимые скорости возвратно-поступательного движения головок при нарезании резьбы и др.

**Уровень скоростей резания
при обработке магниевых сплавов**

Операция	Параметры обработки		v в м/мин при работе инструментами	
	Глубина резания t в мм	Подача s_0 в мм/об	из твердых сплавов	из быстрорежущей стали
Точение	До 1	0,1—0,2	1500—2000	500—600
	1—2	0,2—0,4	1000—1500	300—400
		0,4—0,6	800—1000	250—300
2—4	0,2—0,4	600—800	200—250	
	0,4—0,6	500—600	150—200	
Торцовое фрезерование	Черновое		600—1000	200—300
	Чистовое		1500—2000	400—500
Сверление, зенкерование, развертывание			—	50—100
Нарезание резьбы метчиками			—	20—40

Сила и мощность резания

Силы резания P_z и мощности резания при обработке магнелиевых чугунов можно рассчитывать по таблицам для стали твердостью $HV200$. Возможно данные на 0,18.

ОБРАБАТЫВАЕМОСТЬ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Точность заготовок, полученных методом прессования и спекания, значительно выше, чем штампованных или литых. На долю механической обработки остаются финишные операции, а также сверление отверстий небольшого диаметра, выточка канавок и обработка некоторых других поверхностей, которые невозможно или неэкономично получать прессованием.

Стойкость твердосплавных инструментов превосходит стойкость инструментов из быстрорежущей стали в большей мере, чем при обработке сталей и чугунов, поэтому для обработки металлокерамики следует использовать, где это возможно, твердые сплавы группы ВК, пластичности мелкозернистые ВК6М и ВК3М, причем последний является более износостойким и хрупким, и его следует применять при небольшой нагрузке на режущие кромки, когда исключается опасность их выкрашивания.

Скорость резания $v_{\text{мк}} = v \cdot K_v$, где v — скорость резания при соответствующей обработке серого чугуна твердостью $HV 229$, K_v — коэффициент, зависящий от характеристики материала.

Характеристика обрабатываемых материалов

№ материала	Состав в %	Микроструктура	Средняя твердость HV
1	1,3—1,5 С Остальное Fe	Пластинчатый перлит, небольшое количество феррита и включения цементита	90
2	То же	Феррит, перлит	70
3	100 Fe	Феррит	50
4	96 Fe; 2,5 Cu; 1,5 С	Пластинчатый перлит, небольшое количество феррита и включения цементита	100
5	96 Fe; 2,5 Cu; 1,5 С (сульфидированце)	Пластинчатый перлит, феррит, сульфиды	70
6	То же	Зернистый перлит, феррит, сульфиды	70
7	97 Fe; 3 Cu	Феррит + твердый раствор меди в железе	100

Коэффициент K_v

Материал инструмента	K_v для материала ¹						
	1	2	3	4	5	6	7
Быстрорежущая сталь	0,2	0,3	0,65	0,2	0,25	0,4	0,2
Твердый сплав	0,3	0,55	1,1	0,3	0,5	0,65	0,3

¹ Пропитка деталей железуграфитных композиций маслом позволяет повысить скорость резания на 30%. При пропитке маслом деталей, не содержащих графита, скорости резания могут быть увеличены еще в большей степени.

Ниже приведены более подробные рекомендации по режимам точения твердосплавными резцами.

Подача на оборот шпинделя s_0

Характеристика обрабатываемого материала	Класс чистоты поверхности, обработанной при s_0 в мм/об			
	0,03—0,06	0,06—0,1	0,1—0,25	0,25—0,4
1,3—1,5% С, остальное Fe (пластинчатый перлит, феррит, включения цементита)	5	5—4	4	3
100% Fe (феррит) 96% Fe; 2,5% Си; 1,5% С (перлит, феррит, сульфиды)	4 6	4 6—5	4—3 5	3 4

Примечания: 1. Величина подач определяется главным образом требованиями к шероховатости обработанной поверхности. При подачах более 0,2—0,25 мм/об шероховатость обработанной поверхности резко возрастает вследствие вырывания частиц материала.
2. При точении пропитанных маслом деталей чистота поверхности выше на один класс.

Скорости резания $v = v_{табл} K_1 K_2 K_3$ м/мин, где K_1 — коэффициент, зависящий от состава и структуры обрабатываемого материала; K_2 — от пористости при обработке железуграфитных композиций, K_3 — от стойкости и марки твердого сплава.

Скорость резания $v_{табл}$

s_0 в мм/об	$v_{табл}$ при глубине резания									
	непропитанных					пропитанных маслом				
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
До 0,05	77	58	50	44	40	112	99	86	79	74
0,08	60	45	39	34	31	91	78	70	64	59
0,10	53	40	34	30	28	82	71	63	58	54
0,15	42	32	27	24	22	69	59	52	49	44
0,20	36	27	23	21	19	60	52	46	42	39
0,25	32	24	20	18	17	55	47	43	38	36
0,30	29	22	18	16	15	50	43	38	35	32

Силы резания $P_z = P_{z(табл.)} K_{p_z} t$ кг, где K_{p_z} — коэффициент, зависящий от состава и структуры обрабатываемого материала; t — глубина резания.

Силы резания $P_{z(табл.)}$ при $t = 1$.

в мм/об	0,03	0,05	0,08	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
$P_{z(табл.)}$	9	14	22	26	37	47	57	66

Значения коэффициентов K_1 , K_2 , K_3 и K_{p_z}

Коэффициенты K_1 и K_{p_z}

№ материала (см. стр. 257)	K_1^*	K_{p_z}
1	1,0	1,0
2	1,9	0,8
3	3,7	0,7
4	1,0	1,0
5	1,6	0,85
6	2,4	0,75
7	1,0	1,0

* Значения K_1 даны для твердосплавных резцов.

Коэффициент K_2

Пористость в %	15	20	30
K_2	0,9	1,0	1,15

Коэффициент K_3

Марка твердого сплава	K_3 при стойкости T_p в минутах резания		
	30	60	90
ВКЗМ	1,25	1,0	0,9
ВК6М	1,0	0,8	0,7

ПУШЕЧНОЕ СВЕРЛЕНИЕ И РАЗВЕРТЫВАНИЕ¹

Пушечными сверлами и развертками обрабатывают относительно глубокие отверстия в тех случаях, когда обычные развертки не обеспечивают требуемой точности, а тонкую расточку нельзя применить из-за небольших диаметров отверстий. При обработке отверстий под заткатели в блоках цилиндров, под клапаны в головках блоков, в деталях гидроаппаратуры и других, обеспечивается точность 0,02—0,025 мм и concentricity одновременно обработанных поверхностей

¹ Разработано с участием М. С. Берлинера (ЗИЛ).

0,012—0,015 мм. Для получения такой точности необходимо обеспечить жесткость и точность шпинделей станков, высокую точность инструментов и кондукторных втулок. Инструменты следует оснащать твердым сплавом (обычно ВК6).

Возможны две схемы обработки: с вращающимся инструментом и с вращающейся деталью.

Скорости резания пушечными сверлами и развертками несколько ниже, чем при растачивании твердосплавными резцами. Глубина резания при развертывании может быть больше, чем для обычных разверток; подачи небольшие.

Уровень режимов резания

Обрабатываемый металл	Твердость НВ	Скорость резания v в м/мин	Подача s_0 в мм/об при диаметре инструмента			
			6	12	25	50
Стали углеродистые и легированные конструкционные	170—200 210—250 260—310	120 100 75	0,010	0,015	0,025	0,04
Чугун серый	190—220	75	0,02	0,04	0,07	0,15
Чугун прочный	240—290 270—350	54 30	0,008	0,012	0,03	0,05
Алюминиевые и магниевые сплавы		200	0,025	0,050	0,075	0,15

Примечания: 1. Подача должна быть плавной. Значения подачи лимитируются условиями отвода стружки. При развертывании в благоприятных условиях подачи могут быть увеличены.

2. При сверлении в качестве смазочно-охлаждающих жидкостей применяют сульфидированные или сульфохлорированные масла под давлением от 20 до 70 атм (расход жидкости для сверл \varnothing 10 мм — 8 л/мин, \varnothing 16 мм — 15—20 л/мин). При развертывании, если жидкость не прокачивается через тело инструмента, то давление невысокое. Во всех случаях необходимо тщательно фильтровать жидкость.

РАСКАТЫВАНИЕ РЕЗЬБЫ¹

Раскатыванием можно получать внутренние резьбы 1 и 2-го классов точности и 5—7-го классов чистоты при обработке цветных и черных металлов повышенной пластичности. Точность резьбы в основном зависит от исполнительных размеров раскатника и в меньшей степени от материала детали, режима обработки и других факторов. Раскатывание производится машинным или ручным способом и, как правило, с применением сульфозрезола. Стойкость раскатников выше стойкости метчиков в 6—50 раз.

¹ Разработано С. И. Житивским (БАЗ).

Раскатывание резьб в деталях из углеродистых, нержавеющей, прочных сталей и цветных металлов и сплавов с $\sigma \geq 36 \text{ кг/мм}^2$ производится по методу открытого контура.

Раскатывание резьб в деталях из низкоуглеродистых сталей, цветных металлов и сплавов с $\sigma \leq 36 \text{ кг/мм}^2$ может производиться по методу замкнутого контура. При раскатывании малоответственных резьб рекомендуется применять метод открытого контура, так как припуск на диаметр отверстия при этом может быть расширен.

Скорость раскатывания v

Обрабатываемый материал	v в м/мин	Обрабатываемый материал	v в м/мин
Сталь:		Алюминиевые сплавы . .	25
низкоуглеродистая	12	Дюралюминий	15
углеродистая	6	Цинк, медь	15
нержавеющая и жаропрочная	4	Латунь	10

Крутящий момент $M_{кр}$

$M_{кр} = M_{кр}(\text{табл.}) K_1 K_2 \frac{L_{обр}}{d}$, где K_1 — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала; K_2 — от угла заборного конуса; $L_{обр}$ — длина обработки в мм; d — диаметр резьбы в мм.

Диаметр резьбы в мм	$M_{кр}$ в кг·см при шаге резьбы в мм								
	0,5	0,7	0,75	0,8	1,0	1,25	1,5	1,75	2,5
4	7	15	30	30	35	90	150	250	1000
5	12								
6	15								
8	18	30	30	70	135	150	250	1000	
10	50	60	100						
12		85							
16							330		
20									

¹ Ориентировочные данные

Коэффициент K_1

Обрабатываемый металл	Al2	08	10	15	20	25	15Г	15Х	20Х	Алюминиевые сплавы	Дюралюминий	Цинк	Медь	Латунь
K_1	1,25	0,7	0,9	0,95	1,0	1,15	1,3	0,95	1,15	0,4	0,55	0,5	0,52	0,65

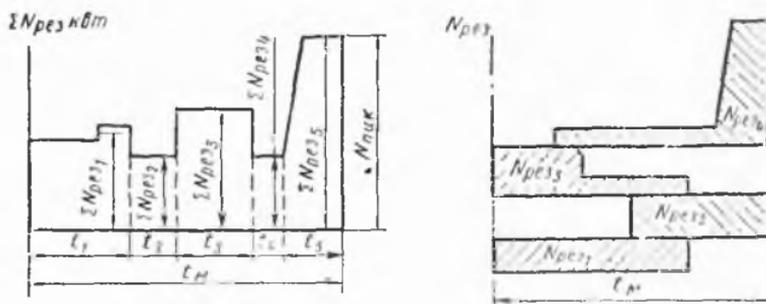
Коэффициент K_2

Угол заборного конуса	K_2	Область применения
3	1,0	Для гаечных раскатников » машинных » » обработки цветных металлов и низкоуглеродистых сталей
20—30	1,4	
45 (фаска)	3,5	

Примечание. Машинное время и мощность при раскатывании рассчитывают так же, как и при нарезании резьбы машинными метчиками.

ПРОВЕРКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПРИВОДА СТАНКА
ПО ПИКОВОЙ НАГРУЗКЕ И НА НАГРЕВ

Машинное время обработки детали t_M необходимо разбить на участки $t_1; t_2; t_3 \dots$ с примерно одинаковым расходом суммарной мощности $\sum N_{рез1}; \sum N_{рез2}; \sum N_{рез3}; \sum N_{рез4} \dots$. Наибольшее значение суммарной мощности за цикл $N_{пик}$.



Для определения изменения $\sum N_{рез}$ за период машинной работы при многоинструментной обработке предварительно составляют хронометрическую карту расхода мощности в следующей последовательности:

- 1) строят график, по оси абсцисс которого откладывают время от нуля до t_M , а по оси ординат — мощность;
- 2) для каждого из инструментов последовательно один за другим определяют мощность резания $N_{рез}$ с учетом времени работы каждого.

Проверка по пиковой нагрузке

$$N_{пик} \leq N_n \eta K_n,$$

где N_n — номинальная мощность электродвигателя в кВт; η — к. п. д. станка; K_n — допустимый коэффициент перегрузки.

время работы при пиковой нагрузке в мин	До 2	2,1—3	3,1—5
"	2	1,75	1,5

Проверка на нагрев

Определяют эквивалентную мощность

$$N_{эвк} = \sqrt{\frac{K_1 N_n^2 + t_1 (\sum N_{рез_1})^2 + t_2 (\sum N_{рез_2})^2 + \dots}{t_m + K_2 t_{всп}}},$$

где K_1 и K_2 — коэффициенты, зависящие от условий пуска электродвигателя; t_m — машинное время; $t_{всп}$ — вспомогательное время операции; при $t_m > 2$ мин можно принять $K_1 = K_2 = 0$; значения K_1 и K_2 при $t_m < 2$ мин даны в таблице.

Условия останова электродвигателя	K_1	K_2
Не выключается	0	1
Останавливается без торможения или с механическим тормозом	0,05	0,45
Останавливается переключением на постоянный ток	0,1	0,45
* противовключением	0,2	0,45

Мощность электродвигателя достаточная, когда

$$N_{эвк} \leq N_n \eta.$$

Если суммарная мощность резания в результате указанной проверки по $N_{пик}$ или $N_{эвк}$ больше, чем это допустимо по приводу станка, следует изменить наладку, в частности, последовательность работы инструментов, или повысить мощность электродвигателя. Если это невозможно, следует понизить скорости резания.

Технологические рекомендации, используемые при назначении режимов резания. Приложение 2

НАЗНАЧЕНИЕ МАРК ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ

Марка	Ориентировочный состав в %			Средний предел прочности при изгибе в кг/мм ² , не менее	Удельный вес	Твердость HRA, не менее
	Карбид вольфрама	Карбид титана	Кобальт			
ВК2	98		2	110	15,0—15,4	90,0
ВК3М	97		3	110	15,0—15,3	91,0

Марка	Ориентировочный состав в %			Средний предел прочности при из- гибе в кг/мм ² , не менее	Удельный вес	Твер- дость HRA, не ме- нее
	Карбид вольф- рама	Карбид титана	Кобальт			
ВК4	96		4	135	14,9— 15,1	89,1
ВК6М	94		6	135	14,8— 15,1	90,0
ВК6	94		6	145	14,6— 15,0	88,5
ВК8	92		8	160	14,4— 14,8	86,5
Т30К4	66	30	4	90	9,5—9,8	92,0
Т15К6	79	15	6	115	11,0— 11,7	90,0
Т14К8	78	14	8	125	11,2— 12,0	89,5
Т5К10	85	6	9	135	12,3— 13,2	88,5
Т5К12В	83	5	12	160	12,8— 13,3	87,0
ТТ7К12 ¹	81	4	12	160	13,0— 13,3	87,0

¹ Включает 3% карбида таптала.

Эксплуатационная прочность сплава оценивается надежностью работы твердосплавных инструментов в определенных условиях без поломок и выкрашиваний режущих кромок.

Эксплуатационная прочность сплава не определяется однозначно пределом прочности на изгиб. Например, твердые сплавы ВК4 и ВК6М имеют равное сопротивление при изгибе, а эксплуатационная прочность ВК4 при черновом и получистовом точении более высокая.

Если эксплуатационную прочность оценивать, как это принято, допустимыми значениями подачи при каких-либо конкретных условиях работы, то различие в эксплуатационной прочности значительно больше, чем разница в показателях временного сопротивления при изгибе. Например, прочности при изгибе для сплавов Т5К10 и Т5К12В отличаются на 15%, а допустимые значения подачи — в 2—2,5 раза.

Обработка деталей из конструкционных сталей (НВ 150—320)

Марка	Рекомендуемая область применения при обработке	
	черновой	чистовой
Т30К4	Применять не рекомендуется из-за хрупкости Точение, фрезерование и т. д. при благоприятных условиях (равномерный припуск, жесткие станки, детали и оснастка)	Тонкая (алмазная) расточка и обточка
Т15К6		Чистовая обработка, за исключением тонкой обточки и расточки
Т14К8	Точение, торцовое фрезерование при отсутствии резко выраженной ударной нагрузки	Применять, когда использовать твердый сплав Т15К6 нецелесообразно из-за его недостаточной прочности

Марка	Рекомендуемая область применения при обработке	
	черновой	чистовой
Т5К10	Грубая обработка с неравномерными припусками, при прерывном резании или невысокой жесткости станка, детали и оснастки	Применять нецелесообразно из-за невысокой стойкости инструмента и точности обработки
Т5К12В ТТ7К12	Тяжелая черновая обработка с большими сечениями среза, по литевой корке, сварным швам, с ударами и т. п. Пригоден для строгания. Применять взамен быстрорежущей стали, когда твердый сплав Т5К10 не обеспечивает надежной работы без поломок инструмента	Непригоден, так как показывает худшие результаты, чем другие инструментальные материалы
ВК6М	Не пригоден из-за недостаточной прочности	Точение, развертывание и т. д. при небольших сечениях среза и относительно невысоких скоростях резания

Примечания: 1. Для инструментов из Т5К12В (или ТТ7К12) необходимо повышать скорости резания на 40—50% по сравнению с применяемыми при работе быстрорежущими инструментами, так как при равных скоростях твердый сплав может показать худшие результаты. Эти сплавы допускают увеличение подач в 2—2,5 раза по сравнению с Т5К10 и требуют снижения скоростей резания примерно в 1,5 раза.

2. В случае, когда необходимо работать со скоростями резания, более низкими, чем принятые для сплавов группы ТК, являющихся основными для обработки стальных деталей, лучшие результаты по стойкости показывают сплав ВК6М (срезание тонких стружек) и в ряде случаев сплав ВК8 (черновая обработка). Значения скоростей резания, при которых целесообразно применять эти сплавы, зависят от свойств обрабатываемого материала, сечения среза, конструкции инструмента, состояния оборудования и т. п.

3. Покрытие переплачиваемых пластинок тонким слоем карбида титана повышает их стойкость в 2—4 раза.

Обработка чугунных деталей (НВ 130—250)

Марка	Рекомендуемая область применения при обработке	
	черновой	чистовой
ВК3М ВК2	Применять не рекомендуется из-за хрупкости	Тонкая (алмазная) расточка и обточка. Допускается применение также на операциях чистовой обработки при благоприятных условиях (небольшие припуски, жесткие станки, детали и оснастка)

Марка	Рекомендуемая область применения при обработке	
	черновой	чистовой
ВК6М	<p>Применять не рекомендуется из-за недостаточной эксплуатационной прочности</p> <p>При точении и фрезеровании, за исключением неблагоприятных условий работы (нежесткие станки, детали, оснастка, ударная нагрузка на режущие кромки при значительных припусках и т. п.)</p> <p>Грубая обработка с неравномерным припуском, ударами, недостаточно жесткие станки, детали и оснастка, когда более износостойкий сплав ВК4 нельзя применять из-за недостаточной прочности</p>	Работа с относительно невысокими скоростями резания
ВК4		<p>Основные сплавы для чистовой обработки чугунных деталей</p>
ВК6		
ВК8		<p>Применять нецелесообразно из-за невысокой стойкости инструмента и точности обработки по сравнению со сплавами, рекомендуемыми для чистовой обработки</p>
<p>Примечания: 1. Лучшие результаты при тонком точении обеспечивает, как правило, твердый сплав ВК3М. Поэтому во всех случаях, когда применяется сплав ВК2, следует проверять целесообразность замены его сплавом ВК3М.</p> <p>2. Твердый сплав ВК6М более износостойкий, чем ВК4 и ВК6, при относительно невысоких скоростях резания ($v = 40 \div 60$ м/мин). При более высоких скоростях резания сплав ВК6М не имеет заметных преимуществ по износостойкости и уступает сплавам ВК4 и ВК6 по эксплуатационной прочности.</p> <p>3. Покрытие неперегретаемых пластинок тонким слоем карбида титана повышает их стойкость в 2—4 раза.</p>		

Обработка цветных сплавов и металлокерамических материалов

При обработке цветных сплавов и металлокерамических материалов применяют сплавы группы ВК.

Результаты специальной экспериментальной работы и производственных испытаний показали, что при обработке металлокерамических железуграфитовых композиций перлитной и перлитно-ферритной структуры лучше применять мелкозернистые твердые сплавы ВК6М и ВК3М.

Эти сплавы показали лучшие результаты при обработке автомобильных поршней из алюминиевого сплава.

ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА

Качество и производительность шлифовальных операций зависят в значительной мере от правильного выбора характеристики шлифовального круга, определяемой материалом связки, твердостью и структурой круга.

Характеристика круга зависит от таких факторов как: обрабатываемый материал, заданные точность и класс чистоты обработки, площадь контакта шлифовального круга с обрабатываемой поверхностью,

характер шлифовальной операции, снимаемый припуск, скорость круга, детали, подача или усилие шлифования, состояние шлифовального станка, характер оплаты труда рабочего.

Ниже приведены общие рекомендации по выбору характеристики шлифовального круга в зависимости от параметров обработки.

Рекомендуемые характеристики для каждого вида шлифования приведены в соответствующих картах (карты Ш1—Ш7).

Параметры круга	Основные факторы, определяющие выбор параметров шлифовального круга
Материал абразивного зерна	<p>Обрабатываемый материал. При всех методах шлифования углеродистой, легированной и быстрорежущей стали, ковкого чугуна, берилловой бронзы, сварочного железа и др. применяется электрокорунд</p> <p>При шлифовании серого и отбеленного чугуна, латуни и мягкой бронзы, алюминия, меди, твердых сплавов, резины, кожи применяется карбид кремния.</p>
Зернистость	<p>Припуск. Чем больше припуск, тем более крупнозернистые круги следует выбирать для обеспечения производительного съема.</p> <p>Заданный класс чистоты поверхности. Чем выше класс требуемой чистоты поверхности, тем более мелкозернистые круги рекомендуется применять. Высокий класс чистоты поверхности может быть также обеспечен при работе кругами средней зернистости и соответствующих режимах правки.</p> <p>Физические свойства обрабатываемого материала. Для обработки мягких и вязких материалов следует применять более крупнозернистые круги, для твердых и хрупких — мелкозернистые.</p> <p>Площадь контакта круга с деталью. При большей площади контакта следует применять круги более крупной зернистости.</p>
Твердость	<p>Физические свойства обрабатываемого материала. Для более твердых материалов применять мягкие круги, для мягких — твердые. Однако для некоторых мягких материалов (бронза и др.) используют мягкие круги, что предохраняет их от засаливания.</p> <p>Площадь контакта круга с деталью. Чем меньше площадь контакта, тем большей твердости круги следует применять.</p> <p>Характер обрабатываемой поверхности. Прерывистые поверхности (типа шлицевых валов), шейки, ограниченные буртами, глухие отверстия и т. д. следует обрабатывать кругами большей твердости чем гладкие шейки и сквозные отверстия.</p> <p>Скорости круга и детали и их отношение $\frac{v_{кр}}{v}$.</p> <p>Чем выше скорость круга и больше отношение, тем меньшей твердости круги следует применять. При увеличении скорости детали без изменения скорости круга следует увеличивать твердость круга.</p> <p>Подача или усилие шлифования. При большей подаче или усилии шлифования следует выбирать круги большей твердости.</p> <p>Состояние шлифовального станка. При изношенном станке и больших люфтах в шпинделе следует применять круги большей твердости.</p> <p>Степень автоматизации. В случае автоматической подачи и повременной оплаты труда рабочего следует применять круги меньшей твердости, чем при ручной подаче и сдельной оплате труда.</p>

Параметры круга	Основные факторы, определяющие выбор параметров шлифовального круга
Связка	<p>Физические свойства обрабатываемого материала. Для обработки материалов, склонных к прижомам, применять бакелитовую связку.</p> <p>Площадь контакта круга с деталью. При больших площадях контакта (например, плоское шлифование торцом круга) применять бакелитовую связку.</p> <p>Характер обрабатываемой поверхности. Для шлифования шеек с буртами, шлицев, одновременного шлифования шейки и торца следует применять боросодержащую связку (типа К5).</p> <p>Заданная точность и класс чистоты поверхности. При прецизионном шлифовании следует применять керамическую связку. Высокий класс чистоты обеспечивают бакелитовая, вулканитовая или шеллаковая связки.</p> <p>Припуск. Для съема больших припусков рекомендуется использовать круги на керамической связке. Вулканитовую и шеллаковую связку применять для съема незначительных припусков.</p>
Структура	<p>Физические свойства обрабатываемого материала. Вязкие и мягкие материалы, склонные к прижомам, следует обрабатывать кругами с открытой структурой, твердые и хрупкие — кругами с плотной структурой (3, 4).</p> <p>Заданное качество обработки. В случае высоких требований к качеству обработки следует выбрать плотную структуру а при грубой обработке и неравномерном усилении шлифования — открытую структуру.</p> <p>Площадь контакта круга с деталью. Чем меньше площадь контакта, тем более плотную структуру можно применять.</p> <p>Характер шлифовальной операции. При круглом шлифовании (центровом и бесцентровом) и плоском шлифовании периферией круга применять среднюю структуру (5, 6), при внутреннем, плоском и шлицешлифовании, а также при одновременном шлифовании шейки и торца — открытую (7, 8).</p>

ЗУБООБРАБОТКА

Выбор числа заходов червячной фрезы

Двухзаходные червячные фрезы рекомендуется применять при предварительном или однократном зубофрезеровании под шевингование колес с числом зубьев более 15 и при однократном окончательном зубофрезеровании колес с нечетным числом зубьев.

Трехзаходные червячные фрезы рекомендуется использовать при предварительном зубофрезеровании, однократном зубофрезеровании под шевингование с числом зубьев более 20 и неократным трем, а также при окончательном фрезеровании зубьев колес типа маховика.

Трехзаходные червячные фрезы из стали Р9К10 применять не рекомендуется из-за их повышенной хрупкости по сравнению с быстрорежущими сталями нормальной производительности.

**Определение стойкости червячной фрезы
в зависимости от числа осевых передвижек**

Стойкость фрезы может быть повышена за счет периодических передвижек вдоль оси

$$W = \frac{L_u - (A - C)}{\Delta}$$

где L_u — длина рабочей части фрезы; $A = 1,2\Delta$ — расстояние от центра детали до торца фрезы в начальном положении (при первой установке); C — расстояние от центра детали до другого торца фрезы в конечном положении; Δ — величина осевой передвижки.

Величины осевой передвижки двухзаходной червячной фрезы в зависимости от модуля, числа зубьев колеса и подачи приведены в таблице.

Подача s_0 в мм/об	Число зубьев детали z_d	Δ в мм при модуле m в мм				
		2	3	4	5	6,5
1,5—2,0	До 20	4	6	8	10	12
	25—45	6	8	10	12	14
	Св. 50	8	10	12	14	16
2,0—2,5	До 20	6	8	10	12	14
	25—45	8	10	12	14	16
	Св. 50	10	12	14	16	18

Примечания: 1. При работе однозаходными червячными фрезами табличные значения Δ умножить на 0,8, а при работе трехзаходными червячными фрезами — на 1,2.

2. Для шлицевых фрез осевую передвижку принимать равной половине шага.

3. В таблице Δ даны для прямозубых колес; для косозубых колес эти значения умножить на коэффициент.

Угол наклона зуба β в град	15	20	25	35	40
Коэффициент (одноименное направление зубьев детали и фрезы)	1,2	1,5	1,8	2,3	2,5

Значения C

Угол зацепления в град	Расстояние C в мм при высоте головки зуба детали в мм				
	2	3	4	5	6
20	5	8	11	13	16
14,5—15	7	11	15	18	22

Стойкость фрезы с учетом осевых передвижек $T_{об} = T_m (W + 1)$, где T_m — стойкость за одну установку (между передвижками) фрезы.

Выбор угла скрещивания осей шевера и детали

Угол скрещивания ω определяется как разность углов наклона зубьев шестерни и шевера, рекомендуется принимать равным $10-15^\circ$.

В том случае, когда конструкция детали не позволяет устанавливать рекомендуемый угол, он может быть уменьшен до 5° .

Типы резовых головок и область их применения

Тип резовой головки	Область применения
Односторонняя	Окончательное нарезание зубьев ведущих колес
Двусторонняя	Предварительное нарезание зубьев ведомых и ведущих колес Окончательная обработка зубьев ведомых колес
Трехсторонняя	Предварительное нарезание зубьев ведомых колес
Одноцикловая	Окончательное нарезание (протягивание) зубьев ведомых спирально-конических колес

Методы нарезания конических колес при обработке двумя дисковыми фрезами на станках 5230 (типа «Конифлекс»)

Метод	Область применения
Врезание	Предварительное нарезание крупномодульных колес
Обкатка (простая)	Чистовое нарезание предварительно нарезанных заготовок и нарезание зубьев на цельных заготовках колес с углом начального конуса до 45°
Комбинированный (интенсивное врезание и окончательное профилирование обкаткой)	Нарезание за один или два прохода зубчатых колес (независимо от модуля) с углом начального конуса более 45°

**Критерии затупления зубчатого инструмента
(по задней поверхности)**

Инструмент	Характер обработки	Износ в мм
Фреза червячная	Предварительная	1,4
	Однократная окончательная . .	0,5
	Окончательная после предварительной	0,5
	Однократная под шевингование	1,0
	Под шевингование после предварительной	0,5
Фреза шлицевая	Однократная под шлифование . .	1,4
	» окончательная	0,5
	Окончательная после предварительной	0,2
Долбяк	Предварительная	1,4
	Однократная окончательная . . .	0,2
	Окончательная после предварительной	0,2
	Однократная под шевингование . .	0,8
	Под шевингование после предварительной	0,5
Фреза дисковая фасонная	Предварительное фрезерование прямых зубьев конических колес	1,5
Фреза для станка 5230 (типа «Конифлекс»)	Предварительная	1,0
	Однократная окончательная . . .	0,3
	Окончательная после предварительной	0,3
Резец зубострогальный	Окончательная обработка на зубострогальных станках	0,3
Головка резцовая («Ревекс»)	Предварительное нарезание прямых зубьев конических колес . .	1,0
Протяжка круговая («Ривасайкл»)	Окончательное протягивание прямых зубьев конических колес . .	1,0
Головка резцовая дву- и трехсторонняя	Предварительное зубонарезание спирально-конических колес . .	1,0
Головка резцовая одно- и двухсторонняя	Окончательное зубонарезание спирально-конических колес . . .	0,2
Головка резцовая одноцикловая	Окончательное зубонарезание ведомых спирально-конических колес	0,2

Примечание. Приведенные критерии затупления определены по качеству поверхности и точности зубчатого колеса. В некоторых случаях критерием затупления может служить шероховатость поверхности.

**Краткая характеристика процесса накатывания зубьев
ведомых конических колес**

Параметры	Характеристика параметров
Сущность метода	Образование зубчатого венца пластическим деформированием нагретой заготовки зубонакатным инструментом взамен предварительного нарезания зубьев
Точность обработки	Выше точности предварительного зубонарезания
Технологический процесс	Остается в основном таким же, как и при нарезании зубьев. Особенности: 1) замена предварительного зубонарезания накатыванием зубчатого венца; 2) введение дополнительной токарной операции; 3) введение промежуточной термической обработки для легированных сталей
Заготовка	Вес заготовки равен весу окончательно обработанного колеса с учетом припусков на дальнейшую механическую обработку
Оборудование	Зубонакатные полуавтоматы конструкции НИИТАвтопрома (мод. 535, 569, 2008). Цикл автоматизирован, за исключением установки заготовки. Продолжительность цикла колеблется от 1,5 до 4 мин в зависимости от размера колеса
Нагрев заготовки	Производится от машинного генератора мощностью 100—250 квт с частотой 2500 гц через понижающий трансформатор и индуктор т. в. ч. непосредственно на зубонакатном полуавтомате. Температура нагрева поверхностного слоя заготовки 1100—1150° С, при этом температура нижних деформируемых слоев должна быть не ниже 800° С. Контроль глубины прогрева производится по макрошлифу. Граница нагрева должна быть ниже диаметра впадины накатанного зуба примерно на величину, равную модулю
Зубонакатный инструмент	Представляет собой комплект, состоящий из зубонакатного колеса, наружной и внутренней реборд. Зубонакатное колесо выполнено в виде сопряженного колеса с накатываемым. Материал сталь ЭИ956, ЭИ958, 3Х2В8 и др. (стойкость инструмента приведена в карте 3-10)

Параметры	Характеристика параметров
Охлаждение и смазка	Охлаждение инструмента и патрона для крепления детали производится автоматически водой в течение 30—60 сек после снятия с патрона накатанного колеса. Смазка инструмента применяется для уменьшения трения при деформации металла и повышения стойкости инструмента в виде водной суспензии коллоидного графита
Технико-экономические показатели	Производительность обработки зуба увеличивается в 4—5 раз. Один зубонакатный полуавтомат заменяет не менее трех зуборезных станков. Уменьшается расход металла на 20%. Улучшаются физико-механические свойства зубчатых колес, увеличивается прочность и износостойкость на 20%

ПРОТЯГИВАНИЕ

Расчет сил резания

$$\text{Сила резания } P = F \sum b \text{ кг},$$

где F — сила резания на единицу длины режущей кромки в кг/мм (см. карту П-3); $\sum b$ — суммарная длина режущих кромок всех зубьев, одновременно участвующих в резании, в мм .

При обработке нескольких поверхностей набором протяжек по этой формуле рассчитывают силу резания для каждой поверхности отдельно, при параллельной работе эти силы суммируют, при последовательной — принимают наибольшую из них.

При протягивании круглых отверстий

$$\sum b = \frac{\pi D}{z_c} z_i,$$

где D — наибольший диаметр зубьев в мм ; z_c — число зубьев в секции прогрессивных протяжек (для непрогрессивных $z_c = 1$); z_i — наибольшее число одновременно работающих зубьев.

Для шлицевых отверстий и шпоночных пазов

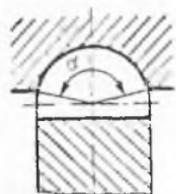
$$\sum b = \frac{b_u n}{z_c} z_i,$$

где b_u — ширина протягиваемой поверхности (плоскости, паза, уступа) при постоянной ширине обрабатываемого контура в мм ; n — число шлицев или шпонок.

При протягивании цилиндрических поверхностей при профильной и прогрессивной схемах резания

$$\sum b = \frac{\pi D \alpha}{z_c 360} z_i,$$

где α — угол контакта обрабатываемой поверхности с режущими кромками зубьев протяжки (наружное протягивание).

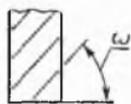


Для пазов, плоскостей и уступов с постоянной шириной обрабатываемого контура

$$\sum b = \frac{b_u z_i}{\cos \omega},$$

где ω — угол наклона режущей кромки зуба протяжки.

Направление
рабочего хода



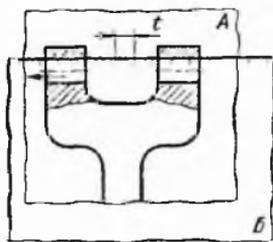
В приведенных формулах $z_i = \frac{l_u}{t} + 1$, где l_u —

длина протягивания в мм; t — шаг зубьев протяжки в мм. Результат округляют до ближайшего меньшего целого числа.

Для поверхностей с выточками z_i , а для плоскостей и уступов с переменной шириной обрабатываемого контура $\sum b$ определяют графически.

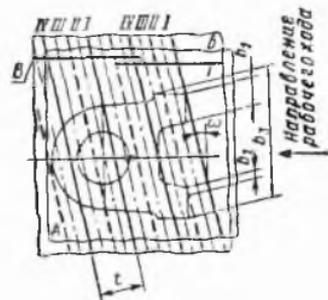
Графическое определение z_i при обработке отверстий и вогнутых радиусных поверхностей с выточками

На листе *A* в масштабе вычерчивают эскиз протягиваемого отверстия. В том же масштабе на листе *B* наносят риски с шагом, равным шагу зубьев протяжки. Кромку листа *B* с нанесенными рисками совмещают с линией протягиваемого отверстия и подсчитывают количество зубьев (рисок), находящихся в контакте с обрабатываемым отверстием. Затем лист *B* перемещают относительно листа *A* в направлении оси отверстия в пределах шага, причем в двух-трех промежуточных положениях проверяют числа рисок, находящихся в контакте с изделием и за величину z_i принимают наибольшее из них.



Графическое определение $\sum b$ для плоскостей и уступов с переменной шириной обрабатываемого контура

На листе *A* в масштабе вычерчивают эскиз протягиваемой поверхности. В том же масштабе на листе кальки *B* наносят прямые *I*, соответствующие зубьям протяжки (т. е. с шагом t под углом наклона зуба ω). Шаг зуба делят на четыре равные части и через точки деления проводят прямые *II*, *III* и *IV*, параллельные *I*. Длина отрезков b_1 , b_2 , b_3 и т. д. соответствует длине лезвий, одновременно участвующих в резании. На обоих листах наносят линии, соответствующие направлению рабочего хода *B* и *Г*. Лист *B* накладывают на лист *A* так, чтобы на обоих листах совместились линии *B* и *Г*. На всех прямых *I*, *II*, *III* и *IV* измеряют длины отрезков b_1 , b_2 , b_3 и т. д.



Сумма длин отрезков на прямых *I* соответствует сумме длин лезвий, одновременно участвующих в резании в первом положении протяжки относительно детали, и равна $\sum b_1 = b_1 + b_2 + b_3 + \dots$

Аналогично подсчитывают суммы длин лезвий на прямых *II*, *III* и *IV*. Для расчета силы резания принимают наибольшее из четырех полученных значений $\sum b$.

Разница в значениях Σb_i , полученных на прямых I, II, III, IV, характеризует неравномерность сил резания.

Ориентировочные значения длины протяжек с групповой схемой резания — «прогрессивных» (по примерам производственной практики)

Длина рабочей части протяжки для обработки цилиндрических отверстий l_n

Диаметр отверстия d в мм	Длина протягивания l_u в мм	Припуск на диаметр в мм	Сила протягивания $P_{ст}$ в т	l_n в мм	Диаметр отверстия d в мм	Длина протягивания l_u в мм	Припуск на диаметр в мм	Сила протягивания $P_{ст}$ в т	l_n в мм
После механической обработки					51—100	50 65 100	1,0 1,0 1,0	17 20 25	180 250 550
15—18	40	0,6	2	150					
19—30	30	0,9	§	200	Без механической обработки *				
	60			300	30—50	50	4	10	550
	120			650	30—50	50	5	10	650
31—50	50	1,0	13	200	30—50	50	6	15	550
	50	1,0	10	300	60—80	50	5	20	900
	90	1,5	17	450					
	120	1,0	20	550					
	120	2,0	7	850					
	180	2,3	16	950					

* Протягивание в один проход.

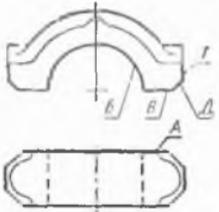
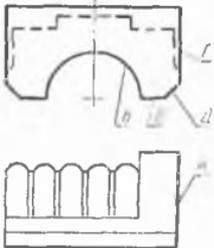
Длина рабочей части протяжки для обработки шлицевых отверстий l_n

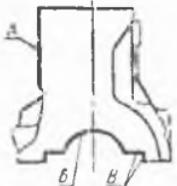
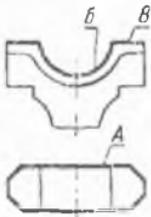
Диаметр отверстия d в мм	Длина протягивания l_u в мм	Припуск на диаметр в мм	Сила протягивания $P_{ст}$ в т	Количество проходов	l_n в мм	Диаметр отверстия d в мм	Длина протягивания l_u в мм	Припуск на диаметр в мм	Сила протягивания $P_{ст}$ в т	Количество проходов	l_n в мм					
16—20	35	4	2	1	500	41—50	35 50 60 70 90 90 140	5,5 7,5 7,5 7 7 10 8	12	1	520					
	40	4,5			600						700					
21—30	50	4	До 10	1	500						800					
	40	5			550						850					
	70	6			800						900					
	100	7			2						800					
31—40	30	6	8	1	550						Св. 50	50 50 100	6,5 10 12	18 15 20	1	800
	60	6	10		700											
	70	8	13		1000											
	90	6	10		850											
	100	8	15		1100	2	700									

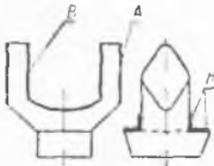
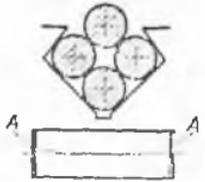
Примечания: 1. Для протяжек других конструкции l_n увеличивать на 30%, при этом в ряде случаев возрастает и число проходов.

2. При полуавтоматическом цикле протягивания отверстий l_n увеличивать на 100—150 мм из-за удлинения заднего хвостовика.

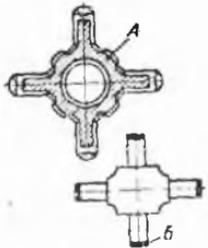
Длина рабочей части протяжек для наружных поверхностей. Примеры

Наименование детали	Эскиз	Обозначение поверхности	Размер обрабатываемой поверхности в мм	Наибольшая длина протягивания в мм	Максимальный припуск на сторону в мм	Тип станка	Сила протягивания $P_{ст}$ в т	Длина комплекта инструмента в мм	
								для каждой поверхности	общая с учетом совмещаемых протяжек l_n
Крышка подшипника		A	115	8	3,5	ВП	20	800	800
		B	∅ 65	60	4,0			500	1500
		B1	26	60				700	1500
		D		60	0,5			40	1500
Блок крышек подшипников		A	141,5	71,5	4,0	ВП	20	1000	1000
		B	∅ 74	212	4,0			970	970
		B1	35	212	3,5			920	920
		B2	8	212	3,5			890	920
		B3	34	212	0,9			440	900
		D	8	212	0,9			680	900
	1	212	0,5	60	900				

Наименование детали	Эскиз	Обозначение поверхности	Размер обрабатываемой поверхности в мм	Наибольшая длина протягивания в мм	Максимальный припуск на сторону в мм	Тип станка	Сила протягивания $P_{ст}$ в т	Длина комплекта инструмента в мм	
								для каждой поверхности	общая с учетом совмещаемых протяжек l_n
Блок цилиндров		A	180	620	9,5	ГП	25	3200	3200
		B	∅ 65	150	5,5			1500	3000
		B	25 × 5	150	5,6			1600	3000
Шатуны		A	34	10	2,0	ВП	20	900	900
		B	∅ 55	35	3,5			750	1150
		B	15	35	2,0			400	1150
		B	∅ 70	40	4,5			760	1250
		B	20	40	4,0			490	1250

Наименование детали	Эскиз	Обозначение поверхности	Размер обрабатываемой поверхности в мм	Наибольшая длина протягивания в мм	Максимальный припуск на сторону в мм	Тип стайка	Сила протягивания P в т	Длина комплекта инструмента в мм	
								для каждой поверхности	общая с учетом совмещаемых протяжек l_n
Фланец кардана (вилка кардана, пал сошки руля и т. д.)		A	50		5,0—9,0	ВП	20	1050—1200	1050—1200
		B	24	60	5,0			900	900
		B	50		3,0—4,5			900—1200	900—1200
Поршневые пальцы		A ¹	55	55	3—3,5	ВП	20	650	650

¹ Одновременно обрабатывают четыре пальца диаметром 23 мм каждый.

Наименование детали	Эскиз	Обозначение поверхности	Размер обрабатываемой поверхности в мм	Наибольшая длина протягивания в мм	Максимальный припуск на сторону в мм	Тип станка	Сила протягивания $P_{ст}$ в м	Длина комплекта инструмента в мм	
								для каждой поверхности	общая с учетом совмещаемых протяжек l_n
Крестовина		А	80	80	2,5	ВП	20	1000	1000
		Б ¹	∅ 26	26	2,5	ВП	20	850	850
Сектор переключения рулевого управления		А ²	Сложная фасонная поверхность	15	4,5	ВП	20	900	900

¹ Одновременно обрабатывают два торца.

² Деталь обрабатывают в два перехода.

**КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕССОВ
ЧИСТОВОЙ ОБРАБОТКИ
ПОВЕРХНОСТНЫМ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ**

Раскатывание и обкатывание многороликовыми инструментами

В результате обработки улучшается чистота поверхности и качество поверхностного слоя, что способствует повышению эксплуатационных свойств деталей. Для обработки внутренних и наружных поверхностей (цилиндрических, конических, профильных и торцовых) применяют различные по конструкции инструменты.

Наибольшее распространение получили многороликовые инструменты для обработки цилиндрических поверхностей с осевой подачей.

Метод	Обрабатываемый материал	Предшествующая обработка	Класс чистоты поверхности	
			исходный	достигаемый
Раскатывание многороликовыми инструментами	Сталь $HRC \leq 40$	Растачивание	5—7	8—10
		Развертывание	5—6	7—9
		Протягивание	6—7	8—9
	Алюминиевые и магниевые сплавы	Растачивание	5—7	8—9
		Развертывание	6—7	8—9
	Латунь, бронза	Растачивание	6—8	9—10
Развертывание		6—7	8—9	
Чугун ковкий	Растачивание	5—6	6—9	
Чугун серый	Растачивание	5—6	6—8	
Обкатывание многороликовыми инструментами	Сталь $HRC \leq 40$	Обтачивание	5—6	8—10
		Шлифование	7—8	9—11
	Алюминиевые сплавы, латунь, бронза	Обтачивание	6—7	9—10

Основными технологическими параметрами режимов обработки многороликowymi инструментами являются усилие обкатывания или раскатывания, осевая подача и окружная скорость.

Производительность процесса определяется окружной скоростью v в $м/мин$ и осевой подачей s_0 в $мм/об$, а также схемой обработки.

Осевая подача инструмента (или детали) может быть принудительной — от привода подач станка, либо за счет самоподачи — при наклоне оси вращения деформирующих роликов к оси обрабатываемой поверхности (φ°).

При раскатывании и обкатывании многороликовыми инструментами обработка производится с натягами 0,01—0,2 $мм$ в зависимости от материала и конструктивных особенностей деталей, диаметра обработки, класса чистоты исходной поверхности, конструкции и геометрии применяемого инструмента и других факторов; изменение размеров обрабатываемых поверхностей составляет 0,005—0,07 $мм$ на диаметр. В каждом конкретном случае эти величины уточняют экспериментально.

Операции поверхностного пластического деформирования производят на токарных, токарно-револьверных, расточных, сверлильных, агрегатных, специальных станках, автоматах и автоматических линиях.

В качестве смазочно-охлаждающей жидкости применяют индустриальные масла, эмульсию, сульфозфрезол.

Алмазное выглаживание

Алмазное выглаживание применяют для обработки наружных, внутренних и торцовых поверхностей деталей (на обрабатываемой поверхности не допускается наличие продольных канавок и колебания твердости более 10 единиц HRC), вводится в технологический процесс как дополнительная операция, или взамен отделочных (суперфиниширования, полирования и т. п.). Обработка осуществляется за один проход. Выглаживание можно совмещать с тонким растачиванием или обтачиванием при свободном выходе инструмента в условиях, исключающих попадание стружки в зону выглаживания.

При обработке цветных металлов и сталей с твердостью до HRC 30—35 чистота повышается на два-три класса по ГОСТу 2789—59, сталей с твердостью до HRC 62—65 — на один-два класса и улучшается качество поверхностного слоя. Заданная точность должна быть обеспечена на предшествующей операции. Изменение размеров обрабатываемой поверхности в результате выглаживания составляет для закаленных сталей 0,001—0,004 $мм$ на диаметр.

Выглаживание осуществляют на токарных и расточных станках обычной точности при отсутствии вибраций. Инструмент состоит из оправки с паянным кристаллом алмаза, имеющим сферическую или цилиндрическую форму рабочей поверхности.

Производительность при выглаживании определяется скоростью выглаживания и подачей. Усилие выглаживания не влияет на производительность, оно зависит от требований, предъявляемых к качеству поверхности, исходной чистоты, жесткости и материала детали.

В качестве смазочно-охлаждающей жидкости используют индустриальное масло. Применение керосина и эмульсии при обработке стали недопустимо ввиду быстрого износа алмаза. Алюминиевые сплавы, бронзу и латунь можно выглаживать без охлаждения.

ПРИМЕНЕНИЕ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ ПРИ РЕЗАНИИ МЕТАЛЛОВ¹

Выбирая смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ), необходимо учитывать совокупность условий их применения: характер операции механической обработки, характеристику обрабатываемого и инструментального материалов, режимы резания, тип стружки, требуемое качество обработанной поверхности и др.

Для обработки материалов, применяемых в автомобилестроении, могут быть рекомендованы следующие составы СОЖ:

№ по пор	Наименование СОЖ по ГОСТу или ТУ и ее характеристика
1 1а	4—5%-ная эмульсия на основе эмульсола марки Э различной модификации (ГОСТ 1975—53, ВТУ-ТНЗ-8-60) и 2—3%-ная эмульсия. Рекомендуется применять с бактерицидной добавкой (гексахлорофеном СТУ 74-5-87-62)
2	3—12%-ная эмульсия на основе эмульсола НГЛ-205 (СТУ 36-13-772-63). Обладает повышенной эффективностью по сравнению с эмульсией на основе эмульсола марок Э. Рекомендуется 3—4%-ная эмульсия при шлифовании, 5—6%-ная эмульсия при точении, сверлении, фрезеровании, развертывании, 7—10%-ная эмульсия при протягивании
3	Масло индустриальное 20 (ГОСТ 1707—61). Применяется при обработке черных и цветных металлов, где применение сульфосола недопустимо
4	Сульфозфрезол (ГОСТ 122—54). Осерненное масло, содержит до 1,7% серы. Применяется на тяжелоагрессивных операциях в условиях повышенного трения режущих инструментов
5	5—10%-ная эмульсия на основе эмульсола СДМУ (ВТУ 36-13-154-35). Эмульсол содержит до 1% дисульфида молибдена MoS_2 . Обладает высокими смазочными свойствами. Рекомендуется применять на операциях с повышенными требованиями к чистоте поверхности, а также при тяжелых условиях резания
6	Жидкость АВК-1 разработана Горьковским автозаводом. Прозрачная жидкость. Не эмульгирует с маслами. Состав: 0,2% триэтианоламина, 0,4% нитрита натрия, 0,1% тринатрийфосфата, 0,2% буры, 0,3% кальцинированной соды, 0,1% смачивателя ОП-7, остальное — вода
7	50%-ный раствор хлорированного парафина (ТУ МХП 2056—49) в масле «велосит» (ГОСТ 1840—51). Жидкость, обладающая противозадирными свойствами. Рекомендуется применять при обработке вязких материалов, например алюминиевых сплавов

¹ Рекомендации разработаны В. М. Николаевой (ЗИЛ), Д. Н. Троицкой и А. П. Шнурковой (ГАЗ) и отражают опыт этих заводов.

№ по пор.	Наименование СОЖ по ГОСТу или ТУ и ее характеристика
8	Жидкость АВК-2 разработана Горьковским автозаводом. Прозрачная жидкость. Состав: 0,6—0,8% мылонафта, 0,4—0,6% триэтаноламинового мыла оленовой кислоты, 0,3—0,4% борной кислоты, 0,1% кальцинированной соды, 0,3—0,5% нитрита натрия, 0,1—1,0% смачивателя ОП-7, остальное — вода. 1% смачивателя ОП-7 вводится при хонинговании. Рекомендуется при черновой и чистовой обработке стали и чугуна лезвийным инструментом, а также при абразивной обработке, в том числе при хонинговании
9	Жидкость МОТ-2 разработана Горьковским автозаводом. Прозрачная жидкость. Состав: 2% мылонафта, 1% оленовой кислоты, 0,5% этаноламина, остальное — вода
10	Керосин (ГОСТ 4753—49). Рекомендуется применять, когда водные растворы и масла не обеспечивают заданного качества обработки
11	30—50%-ный раствор масла индустриального 20 (ГОСТ 1707—61) в керосине (ГОСТ 4753—49)
12	0,6—1%-ный раствор СКЖ С ₉ —С ₁₀ (ГОСТ 11-275—63) в керосине (ГОСТ 4753—49). Более эффективен, чем керосин, и предназначен для отделочных операций, например хонингования
13	5—8%-ный раствор оленовой кислоты (ГОСТ 7580—55) в керосине (ГОСТ 4753—49). Более эффективен, чем керосин, и предназначен для отделочных операций, например хонингования
14	15%-ный раствор смазки НГ-203А (МРТУ 12Н 78-64) в трансформаторном масле (ГОСТ 982—56)
15	Жидкость РШЖ разработана Автозаводом им. Жихачева. Состав: 90% масла «велоцит», 4% смазки НГ-203А, 5% масла АСБ, 1% хлорированного парафина

Применение СОЖ при обработке металлов инструментами из быстрорежущей стали и абразивами

Вид обработки	Сталь конструкционная	Чугун	Сталь инструментальная	Медь и сплавы	Алюминий и сплавы
Точение	$\frac{1, 3, 4}{1^*, 3^*, 2, 8}$	$\frac{1}{1^*, 8}$	$\frac{1}{5, 1^*}$	$\frac{1, 3}{1^*, 3^*}$	$\frac{1, 3}{2, 1, 9, 1^*, 3^*}$
Фрезерование	$\frac{1}{1^*, 5}$	$\frac{1}{1^*, 8}$	$\frac{1}{1^*, 5}$	$\frac{1, 3}{1^*, 3^*}$	$\frac{1}{1^*, 2, 7, 9}$

Вид обработки	Сталь кон-струкционная	Чугун	Сталь инструментальная	Медь и сплавы	Алюминий и сплавы
Сверление	$\frac{1, 3}{2, 5, 8}$	$\frac{1, 3}{8}$	$\frac{1}{1, 5, 8}$	1, 3	$\frac{1, 11}{2, 7, 9}$
Развертывание	$\frac{1, 3, 4}{2, 8, 5}$	$\frac{1, 3, 11}{8}$	$\frac{1}{5, 8}$	1, 3	$\frac{1, 10}{2, 7, 9, 14}$
Протягивание	$\frac{1, 3, 4}{2, 5, 6, 8}$	1, 3	$\frac{1}{2, 5}$	1, 3	$\frac{1, 11}{5}$
Резьбонарезание	$\frac{1, 3, 4}{2, 5, 7, 8}$	$\frac{1, 3, 4, 10, 11}{8}$	$\frac{1, 3, 4}{7}$	$\frac{1, 3}{7}$	$\frac{1, 11}{2, 5, 7, 9, 14}$
Хонингование	$\frac{10, 13, 11}{8, 12}$	$\frac{10, 13, 11}{12}$	$\frac{13}{12}$	$\frac{10}{12}$	$\frac{10}{12}$
Зубонарезание	$\frac{1, 3, 4}{9}$	$\frac{1}{9}$	—	$\frac{3}{9}$	—
Шсвингование	$\frac{4}{15}$	1, 3, 4	—	$\frac{3}{15}$	—
Шлифование	$\frac{1a}{2, 6, 8}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{2, 6}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1a}{2, 8}$
Абразивное шесвингование (зубохонингование)	15	15	6	—	—

Примечания: 1. Жидкости обозначены цифрами, соответствующими порядковым номерам СОЖ в таблице составов.

2. В первой строке приведены широко распространенные СОЖ, во второй — еще не получившие широкого распространения, но уже положительно зарекомендовавшие себя в производстве. Звездочкой обозначены жидкости, которые можно применять в распыленном состоянии.

3. Обычно детали из серого чугуна обрабатывают без СОЖ, ввиду вредного влияния чугунной стружки на износ станков. Однако если станки имеют надежную защиту от чугунной стружки, то рекомендуется применять СОЖ.

Влияние СОЖ на стойкость твердосплавных инструментов зависит от уровня режимов резания (главным образом, скорости резания v) и свойств твердых сплавов.

Резание твердосплавными инструментами обычно осуществляется без СОЖ или с обильным охлаждением эмульсией. В ряде случаев положительные результаты получены на Горьковском автозаводе при охлаждении распыленной жидкостью и сжатым воздухом.

Рационально применяя СОЖ, можно повысить стойкость резцов от 1,5 до 2 раз по сравнению с работой без охлаждения.

Марка твердого сплава	СОЖ при точении сталей со скоростью резания v в м/мин		
	<60	60—150	150
Т5К10	Распыленная эмульсия, распыленное масло ¹	Эмульсия	
Т15К6	Распыленное масло ¹		Распыленное масло ¹ , распыленная эмульсия

¹ Индустриальное 20 ГОСТ 1707—61.

При фрезеровании стальных деталей со скоростью резания 170—300 м/мин целесообразно охлаждать сжатым воздухом или распыленным маслом (индустриальное 20) с расходом 0,5—2 г/ч, а при более низких скоростях резания СОЖ не применять. При фрезеровании чугунов наиболее эффективно применение распыленной 1,5%-ной эмульсии с расходом 400 г/ч.

Точение серого чугуна обычно производится без охлаждения, а ковкого чугуна — с эмульсией.

Распыленная эмульсия (5% с расходом 200 г/ч или 1,5% с расходом до 400 г/ч) обеспечивает повышение стойкости при точении серого чугуна.

При точении алюминиевых сплавов целесообразно применять обильное охлаждение эмульсией.

Алюминиевые сплавы целесообразно фрезеровать с охлаждением эмульсией, распыленным маслом (индустриальное 20, расход 2—5 г/ч), 5%-ной эмульсией (расход 200 г/ч) или 1,5%-ной эмульсией (расход 200—400 г/ч).

На операциях сверления, зенкерования и развертывания твердосплавными инструментами рекомендуется применять те же СОЖ, что и на подобных операциях при работе инструментами из быстрорежущей стали.

Приготовление СОЖ

Наименование СОЖ	Способ приготовления
<p>4—5%-ная эмульсия на основе эмульсола марки Э различной модификации</p> <p>5—10%-ная эмульсия на основе эмульсола СДМУ</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Приготовить эмульсол-пасту (70% эмульсола и 30% воды), перемешивать 30 мин 2. Растворить бактерицидную добавку (гексахлорофен) в 5%-ном растворе (50 г/л) каустической соды 3. Бак-мешалку залить водой, включить перемешивание, через 1—2 мин открыть вентиля подачи эмульсола-пасты, после чего слить в него раствор бактерицидной добавки. Выключить вибратор, добавить кальцинированную соду и нитрит натрия, включить на 10—15 мин воздушное перемешивание 4. Отобрать пробу для анализа на содержание эмульсола и свободной щелочи. В случае неудовлетворительного анализа — эмульсию откорректировать <p>Емкость для приготовления эмульсии на $\frac{3}{4}$ объема заполнить водой, включить перемешивание и постепенно загрузить эмульсол, после чего долить воды до уровня</p>
<p>Примечания: 1. В случае частичного отбора необходимо тщательное перемешивание для равномерного распределения добавок по объему бочки, а при полном отборе оно не требуется.</p> <p>2. Перед заливкой свежей эмульсии станок должен быть промыт содовым раствором и протерт ветошью.</p> <p>3. Для предохранения от загрязнения эмульсол и эмульсию хранить в закрытой таре или баках.</p>	
<p>Жидкость АВК-2</p>	<p>Составить смесь из мылонафта, триэтаноламинового мыла олеиновой кислоты и смачивателя ОП-7 (или ОП-10). Тщательно перемешать. Добавить борную кислоту, кальцинированную соду и нитрит натрия, предварительно растворенные в небольшом количестве горячей воды. Долить холодной воды до требуемого объема</p>
<p>Примечание. Триэтаноламиновое масло олеиновой кислоты готовится смешиванием олеиновой кислоты и триэтаноламина (в весовом соотношении 2 : 1).</p>	
<p>Жидкость МОТ-2</p> <p>0,6—1%-ный раствор СЖК С₆—С₁₆ в керосине</p>	<p>Составить смесь из мылонафта, олеиновой кислоты и триэтаноламина. Перемешать и растворить в трехкратном объеме горячей воды. Долить холодной воды</p> <p>В емкость налить керосин, включить перемешивание и на каждый литр керосина добавить 10 г синтетических жирных кислот (СЖК С₆—С₁₆)</p>
<p>Примечания: 1. Концентрация свыше 2% недопустима.</p> <p>2. Станок перед заливкой свежего раствора должен быть промыт и протерт ветошью.</p> <p>3. Контроль содержания жирных кислот должен производиться 1 раз в неделю.</p>	

Справочные данные. Приложение 3

МАРКИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ

В таблице приведены некоторые из применяемых в автомобилестроении марок конструкционных сталей и примерно соответствующие им марки сталей ряда зарубежных стран (примеры).

Группа стали	Марка стали по основным стандартам страны					
	СССР	ЧССР (CSN)	Италия	США (AISI)	Франция (AFNOR)	Япония
Углеродистая качественная	20	12022	C21 Fiat C2	(C1020)	C20d XC185	S20C
	35	12040 (12041)	C35	(C1034) (C1035)	C35d XC38f	S35C
	45	12050	C45	(C1045)	C45d XC48f	S45C
	15Г 50Г	12020	C50 Fiat C5	(C1016) C1049 C1050		
Хромистая	20X 40X	14140	40C4	5120 (5140)	18C3 38C4	SCr22 SCr4
Марганцовистая	35Г2 45Г2	(13250)		C1335 C1345	(45M5)	
Хромомарганцовистая	18ХГ	(14220)	(16MC5)	(5150)	16MC5 (20MC5)	(SCr4)
	40ХГ	14140	35СМ4 Fiat VMC3	(5140)	(28C4) (32C4)	
Хромомарганцовомолибденовая	25ХГМА		(25CD4) Fiat CRMB		(25CD4)	
Хромомолибденовая и хромольфрам- овая	15ХМ 35ХМ		16CD3 (32CD4) Fiat CRMC	(C4135)	(35CD4)	(SCA51) (SCM5)

Группа сталей	Марка стали по основным стандартам страны					
	СССР	ЧССР (CSN)	Италия	США (AISI)	Франция (AFNOR)	Япония
Хромованадиевая	20ХФ 50ХФА	(15232) (15260)	50Cr4 Fiat MVE	(6120) 6150	(50CV4)	(SUP10)
Хромоникелевая	20ХН 40ХН 12ХН3А 12Х2Н4А		(15NC5) Fiat P1B (35NC5) Fiat V1B	3120 3140 E3310	(20NC6) (35NC6) 10NC12 14NC12 (12NC15)	(SNC1) SNC22
Хромоникельмолибденовая	20ХНМ 40ХНМА		17NCD7 Fiat F1MD (35NCD7) (40NCD7)	4320 (4621) (E4340) (4340)	(20ND8) (35NCD6)	SNCM23 (SNCM8)
Хромолитиевая (с вольфрамом и молибденом)	38ХНЮА	15340	(38CAD7)		(40CAD6-12)	(ACM1)
Автоматная	A12 A20 A40Г		(9SMn23) (10S22) Fiat AB40P	(B1111) (B1112) C1120 (C1139) (C1140)	(10F2) (12MF4) (20F2) (35MF4) (45MF4)	

Примечание. В скобках приведены марки сталей, несколько отличающиеся от отечественных по содержанию легирующих элементов, а также углерода (до 0,05%), серы и фосфора (до 0,02%, кроме автоматных сталей), кремния (до 0,5%).

МАРКИ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В СССР, США, ФРАНЦИИ, ЯПОНИИ И ФРГ

Марка стали	Состав в %					
	C	W	Mo	V	Co	Cr
СССР						
P18	0,7—0,8	17,5—19,0	0,3	1,0—1,4		3,8—4,4
P12	0,8—0,9	12,0—13,0	Не более 0,5	1,5—1,9		3,1—3,6
P9	0,85—0,95	8,5—10,0	0,3	2,0—2,6		3,8—4,4
P6M3	0,85—0,95	5,5—6,5	3,0—3,6	2,0—2,5		3,0—3,6
P6M5	0,80—0,85	6,0—6,7	4,8—5,3	1,7—1,9		3,9—4,4
P9Ф5	1,4—1,5	9,0—10,5	0,4	4,3—5,1		3,8—4,1
P14Ф4	1,2—1,3	13,0—14,5	0,4	3,4—4,1		4,0—4,6
P18Ф2	0,85—0,95	17,5—19,0	0,5	1,8—2,4		3,8—4,4
P9K10	0,9—1,0	9,0—10,5	0,3	2,0—2,6	9,5—10,5	3,8—4,4
P10K5Ф5	1,45—1,55	10,0—11,5	0,3	4,3—5,1	5,0—6,0	4,0—4,6
P18K5Ф2	0,85—0,95	17,5—19,0	0,5	1,8—2,4	5,0—6,0	3,8—4,4
США						
T-1	0,7	18,0		1,0		4,0
T-5	0,8	18,0		2,0	8,0	4,0
T-15	1,5	12,0		5,0	5,0	4,0
M-1	0,8	1,5	8,0	1,0		4,0
M-2	0,8	6,0	5,0	2,0		4,0
M-3	1,0	6,0	5,0	2,7		4,0
M-10	0,85	—	8,0	2,0		4,0
M-15	1,5	6,5	3,5	5,0	5,0	4,0
M-42	1,1	1,5	9,5	1,2	8,0	1,0
M-44	1,15	5,8	6,25	2,25	12,0	4,2
Франция						
Z80W18	0,8	18,0	1,0—2,0	1,2		4,0
Z80WV19	0,8	19,0	1,0—2,0	2,0		4,0
Z130WV13.4	1,3	13,0	1,0—2,0	4,0		4,0
Z80WK18.5	0,8	18,0	1,0—3,0	1,0	5,0	4,0
Z150WKV13.10	1,5	13,0	1,0—3,0	5,0	10,0	4,0
Z130KWDV10.9	1,3	9,0	5,0	3,0	10,0	4,0
Z80D9	0,8	2,0	9,0	1,5		4,0
Z100WDV6.6.2	1,0	6,25	6,25	2,5		4,0
Z130WDV6.5.4	1,3	5,5	4,5	4,0		4,5

Марка стали	Состав в %					
	C	W	Mo	V	Co	Cr
Япония						
KN2	0,7—0,85	17,0—19,0		0,8—1,2		
KN4B	0,7—0,85	18,0—20,0		1,0—1,5	14,0—16,0	3,5—4,5
KN6	0,7—0,85	10,0—12,0		1,2—1,6		3,5—4,5
KN9	0,75—0,90	6,0—7,0	4,0—6,0	1,8—2,3		3,5—4,5
ФРГ						
S10-4-3-10	1,2—1,35	9,5—11,0	3,5—4,0	3,0—3,5	10,0—11,0	3,8—4,5
S6-5-2-5	0,88—0,96	6,0—6,7	4,7—5,2	1,7—2,0	4,5—5,0	3,8—4,5
S18-1-2-5	0,75—0,83	17,5—18,5	0,5—0,8	1,4—1,7	4,5—5,0	3,8—4,5
S6-5-2	0,84—0,92	6,0—6,7	4,7—5,2	1,7—2,0		3,8—4,5
SC6—5—2	0,95—1,05	6	5	2	—	4
S6-5-3	1,17—1,27	6	5	3	—	4
S12-1-4-5	1,3—1,45	12	1	4	5	4,5
S7-4-2-5	1,05—1,15	7	4	2	5	4,2

ОБОЗНАЧЕНИЯ МАРОК ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ ПО ИСО, ГОСТ И ПРИНЯТЫЕ В США, ШВЕЦИИ И ФРГ
Группы применения твердых сплавов по ИСО

Группа по ИСО	Область применения (основная)
P	Для обработки материалов, дающих сливную стружку (в основном сталей)
M	нержавеющих, жаропрочных сталей и сплавов
K	малопластичных материалов и цветных сплавов, в том числе чугунов, медных и алюминиевых сплавов, закаленных сталей, пластмасс

Примерное соответствие марок твердых сплавов по рекомендациям ИСО

Государственный или международный стан- дарт	Обозначение								
	Рекомендации ИСО ГОСТ (СССР) DIN (ФРГ) JIS (США)	K01 BK2 BK3M H1; H2 C4	K10 BK6M H1 C3	K20 BK6 BK4 G1 C2	K30 BK8 BK4 G2 C1	P01 T30K4 F1 C8	P10 T15K6 S1 C7	P20 T14K8 S2 C6	P30 T5K10 S3 C5

Фирменное название	Изготовитель или поставщик	Марка								
		Carbology	General Electric (США)	999 895	905	883	44A 55A 779	210 320	350 78	370 78B
Firthite	Firth-Stearling (США)	HE HF	NHA HE	HA	H; HB HC	T31 WF	TXL T31 T22	TXH T22	T04 NTA	
Kennametal	Kennametal (США)	K8 K11	K8 K68	K6	K1	K74 K165	K5H K4A	K311 K29 K45	KM E21 K42	K15 KM K42
Coromant	Sandvik Swedich Steels (Швеция)	H05	H10 H1P H13	H20 H1P	H35	F02	S1P	S2	S4	S8 R4A S6
Seco	Fudersta Bruks (Шве- ция)	H13	H02 H13	H20	H30 H32	FN FH SIG	S1 S1P S1F	S2	S4	S6 S7
Widia	F. Krupp Widia Fabrik (ФРГ)	TH03 TH05	TH10	TH20	TH30	TT02 TT03 TT04	TT10	TT20	TT30	TT40

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ АБРАЗИВНЫХ КРУГОВ, ПРИНЯТЫЕ В СССР, США, АНГЛИИ,
ИТАЛИИ, ЯПОНИИ, ЧССР И ГДР

Наименование материала и параметра	СССР	«Norton Co» (США)	«The Carborundum Co» (США)	«Universal Grinding Wheel Co Ltd» (Англия)	«Simat» (Италия)	«Brevetty M. B. N. Abrasive» (Италия)	«Kuro Grinding Wheel Mfg. Co Ltd» (Япония)	ЧССР	ГДР
Материал зерна ¹									
Электрокорунд нормальный	Э5 (95) Э4 (94) Э3 (93) Э2, Э2К (92)	А	А	А	А (96) АWA (98)	АА (96) АТ (97) АО (99,5)	А (>93)	А96	НК (95—97)
Электрокорунд белый	Э9 (99) Э8 (98) Э9А (99,3)	* 38А	АА, НА	NA	WA (99) RA (99)	В1 (99,5%)	WA (98,8)	А99 А99В	ЕК
Электрокорунд легированный	ЭХ, ЭТ	25А, 44А	WA, GA, BA, FA, PA, VA	—	SR	RU (99,5)	PW	А98	—
Специальные сорта электрокорунда	—	57А, 75А, 19А, 35А, 15А	АВ	—	—	BL (99,5) BA (99,8)	АН, SH	—	НК
Монокорунд	М8 (97—98,3) М7 (96,5—97,4)	32А	—	—	—	—	ДА, SH	—	—
Смесь разных сортов электрокорунда	—	23А	—	МА	—	—	А/WA А/DA	—	—

¹ В скобках указано содержание Al_2O_3 в электрокорунде или SiC в карбиде кремния в процентах.

Наименование материала и параметра	СССР	«Norton Co» (США)	«The Carborundum Co» (США)	«Universal Grinding Wheel Co Ltd» (Англия)	«Simat» (Италия)	Brevetty M. B. N. Abrasive» (Италия)	«Kure Grinding Wheel Mfg. Co Ltd» (Япония)	ЧССР	ГДР
Карбид кремния черный	K48 (98) K47 (96—97) K46 (95—96)	37C	C	BC	C	NC; GC	C	C48	SKS
Карбид кремния зеленый	K39 (98,5) K38 (98) K37 (97—98) K36 (96,5—97)	39C	GC	C	CW	VC	GC	C49	SKG
Смесь зеленого и черного карбида кремния	—	—	RC	—	—	—	C/GC	—	—
Смесь карбида кремния с электрокорундом	—	AC, A1C, A2C, A3C	—	—	—	—	—	—	—
Зернистость									
Группа зернистости	Шлифзерно 200—16 Шлиф- порошки 12—3 Микро- порошки M40—M5	Очень грубая 6—10 Грубая 12—30 Средняя 36—70 Тонкая 80—180 Очень тонкая 220—320 Порошки 400—600	Очень грубая 6—12 Грубая 12—24 Средняя 30—60 Тонкая 70—120 Очень тонкая 150—800	Грубая 8—24 Средняя 30—60 Тонкая 80—180 Очень тонкая 220—600	Крупная 8—24 Средняя 30—60 Мелкая 80—180 Очень мелкая 220—600	Крупная 10—24 Средняя 30—60 Мелкая 70—180 Очень мелкая 220—600	Крупная 10—30 Средняя 36—60 Тонкая 70—220 Очень тонкая 240—3000	Очень крупная 8—12 Крупная 14—24 Средняя 30—60 Тонкая 70—120 Очень тонкая 180—240 Порошки 280—600	Очень крупная 315—200 Крупная 160—80 Средняя 63—32 Мелкая 25—10 Очень мелкая 8—5 Порошки F40—F5

Наименование материала и параметра	СССР	«Norton Co» (США)	«The Carborundum Co» (США)	«Universal Grinding Wheel Co Ltd» (Англия)	«Simat» (Италия)	«Brevetty M. B. N. Abrasive» (Италия)	«Kure Grinding Wheel Mfg. Co Ltd» (Япония)	ЧССР	ГДР
Твердость									
Очень мягкие		D; E; F; G	A; B; C; D; E; F; G				E; F; G	E; F; G	
Мягкие	M1; M2; M3	H; I; J; K	H; I; J; K	E; F; G; H; I	F; G; H; I; J	D; E; F; G; H	H; I; J; K	H; I; J; K	G; H; I; J; K
Средние	CM1; CM2; C1; C2; CT1; CT2; CT3	Z; M; N; O	L; M; N; O	J; K; L	L; M; N; O; P	I; J; K; L; M; N; O; P	L; M; N; O	L; M; N; O	L; M; N; O
Твердые	T1; T2	P; Q; R; S	P; Q; R; S	Q; R; S	Q; R; S; T	Q; R; S; T; U; Z	P; Q; R; S	P; Q; R; S	P; Q; R; S
Очень твердые	BT1; BT2; CT1; CT2	T; U; V; Z	T; U; V; W; X; Y; Z	T; U; V; W; X; Y; Z			T; U; V; W; X; Y; Z	T; U; V; W; X; Y; Z	T; V

Наименование материала и параметра	СССР	«Norton Co» (США)	«The Carborundum Co» (США)	«Universal Grinding Wheel Co Ltd» (Англия)	«Simat» (Италия)	«Brevetty M. B. N. Abrasive» (Италия)	«Kure Grinding Wheel Mfg. Co Ltd» (Япония)	ЧССР	ГДР
Связка и ее разновидности									
Керамическая	K; K0; K1; K5; K7; K8	V; VA; VB; VC; VBE; VBA; VD; VP — пористая VBER — пористая на связке BE	Для корундовых материалов — V10; V11; V12; V30; V40; V60; VT; V8R1; V8R2; V16; V20; V404F; V65; V67; V80; V90; V223. Для карбидокремневых материалов — VD; VE; VG; VGC; VR; VW4; VS6; V61; V65	V; V3RE; V4RE; V5RE; V6RE; V2G; VRG; V5G; V6G; V7G; V8G; V8B; V9B; V10B; V3ARR; V4ARR; V7ARR; V5BRR; V6BRR; V7BRR; V8BRR; V6RA; V3RB; V5RB; V5CRR; V6CRR; V3RF; V5RF; V7RF; V3RR; V4RR; V5RR; V7RR; V10RR; V6TRA	V	V; VA; VB; VC; VD; VE; VF; VG	V; VG; VH; VK; VY; VPO — пористая; VS — с пропиткой сепрой; VSF — с жировой пропиткой	V	Ker

Наименование материала и параметра	СССР	«Norton Co» (США)	«The Carborundum Co» (США)	«Universal Grinding Wheel Co Ltd» (Англия)	«Simat» (Италия)	«Brevetty M. V. N. Abrasive» (Италия)	«Kure Grinding Wheel Mig, Co Ltd» (Япония)	ЧССР	ГДР
Связка и ее разновидности									
Бакелитовая	В; В1; В2; В3	В; ВН; ВL; В2; В4; В2H; В2L; ВА; ВNA; ВC4; ВC5; ВC6; ВC7; ВC8; ВC9; ВC10; ВC11; ВC12; ВC13; ВC14; ВF — фибра вулкани-товая; ВZZ, В, FR — упроченные, ВFRD — упроченная пейлоном	В; ВAS; ВA; ВD; В3; В5; В7; В7N; ВY; ВY2. Для корун-довых мате-риалов — ВZ; ВHXВ; ВТ; ВYГ; В53; В73; ВВW; ВВX; ВАР. Для карби-докремне-вых матери-алов — В8; ВRP; В3WS; ВX	В; В15Н; В31Н; В33Н; В78Н; В5DK; В5DM; ВCDOC; ВDD; ВDH; ВDK; ВDKC; ВDL; ВDOA; ВDOD; ВDSM; ВDY; ВFDO; ВFDOH; ВHD; ВODD; ВOHOF; ВSDB; ВSDKR; ВSDL; ВTDH	В	В; В1; В2; В3; В4; В5; В6; В7; В8; В9; В10	В; ВS-11; ВS-22; ВS-55; ВR; ВРОВ — пористая; ВF — упроченная стекло-волоконм	В	Kh2
Вулкани-товая	В; В1; В2; В3	В; В30; В50; В51; ВF	В; ВR; ВE; ВR1; ВC	В; ВVS; ВVT; ВVOC; ВVF; ВVK	В	В	В	В	Gum
Шеллаковая	Ш	Е; Е	Е	Е	Е	Е	Е	Е	

Наименование материала и параметра	СССР	«Norton Co» (США)	«The Carborundum Co» (США)	«Universal Grinding Wheel Co Ltd» (Англия)	«Simat» (Италия)	«Brevetty M. B. N. Abrasive» (Италия)	«Kure Grinding Wheel Mig. Co Ltd» (Япония)	ЧССР	ГДР
Силикатовая Магнезиальная	С М	С	С О		С		С SS	С О	Si Mag
Структура									
Плотная	1; 2; 3; 4	0; 1; 2; 3	0; 1; 2; 3	0; 1; 2; 3; 4; 5	1; 2; 3; 4	1; 2; 3; 4	0; 1; 2; 3; 4; 5	1; 2; 3; 4	1; 2
Средняя	5; 6	4; 5; 6	4; 5; 6	6; 7; 8; 9	5; 6; 7; 8	5; 6; 7; 8; 9	6; 7; 8; 9	5; 6	3
Открытая	7; 8; 9; 10; 11; 12	7; 8; 9; 10; 11; 12	7; 8; 9	10; 11; 12; 13; 14; 15	9; 10; 11; 12	10; 11; 12; 13; 14; 15; 16	10; 11; 12; 13; 14; 15	7; 8; 9; 10	4; 5
Примеры обозначения шлифовальных кругов									
Характеристика шлифовального круга	Э540СМ26К Э9А25С28К К4640М39Б	A46L6V 38A60N8V 37C46K9V	A46L6V AA60N8V C16K9V	A46L6V NA60N8V BC46K9B	A46L6V WA60N8V C46K9B	A46L6V BJ60N8V NC46K9B	A46L6V WA60N8V C46K9B	A9646L6V A9960N8V C4846K9B	NK40L6Ker EK25N8Ker SKS46K9Khr

ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ

Класс и разряд чистоты поверхности	ГОСТ 2789—59		ГОСТ 2789—51 ¹		Среднее квадратичное отклонение микронеровностей $H_{ск}$ в мк
	Среднее арифметическое отклонение профиля R_a в мк	Высота неровностей R_z в мк	Среднее квадратичное отклонение микронеровностей $H_{ск}$ в мк	Средняя неровность $H_{ср}$ в мк	
1	80	320		Св. 125 до 200	
2	40	160		» 63 » 125	
3	20	80		» 40 » 63	
4	10	40		» 20 » 40	
5	5	20	Св. 3,2 до 6,3		Св. 128 до 252
6а	2,5	10	Св. 2,5 до 3,2		Св. 100 до 128
6б	2	8	» 2,0 » 2,5		» 80 » 100
6в	1,6		» 1,6 » 2,0		» 64 » 80
7а	1,25	6,3	Св. 1,25 до 1,6		Св. 50 до 64
7б	1,0	5,0	» 1,0 » 1,25		» 40 » 50
7в	0,8	4,0	» 0,8 » 1,0		» 32 » 40
8а	0,63	3,2	Св. 0,63 до 0,8		Св. 25 до 32
8б	0,5	2,5	» 0,5 » 0,63		» 20 » 25
8в	0,4	2,0	» 0,4 » 0,5		» 16 » 20
9а	0,32	1,6	Св. 0,32 до 0,4		Св. 13 до 16
9б	0,25	1,25	» 0,25 » 0,32		» 10 » 13
9в	0,20	1,0	» 0,20 » 0,25		» 8 » 10
10а	0,16	0,8	Св. 0,16 до 0,2		Св. 6,4 до 8
10б	0,125	0,63	Св. 0,125 до 0,16		» 5 » 6,4
10в	0,10	0,50	Св. 0,1 до 0,125		» 4 » 5
11а	0,08	0,4	Св. 0,08 до 0,1		Св. 3,2 до 4
11б	0,063	0,32	Св. 0,063 до 0,08		» 2,5 » 3,2
11в	0,05	0,25	Св. 0,05 до 0,063		» 2,0 » 2,5
12а	0,04	0,20	Св. 0,04 до 0,05		Св. 1,6 до 2,0
12б	0,032	0,16	Св. 0,032 до 0,04		» 1,3 » 1,6
12в	0,025	0,125	Св. 0,025 до 0,032		» 1,0 » 1,3
13а	0,02	0,10		Св. 0,1 до 0,12	
13б	0,016	0,08		Св. 0,08 до 0,1	
13в	0,012	0,063		Св. 0,06 до 0,08	
14а	0,01	0,05		Св. 0,03 до 0,06	
14б	0,008	0,04		Св. 0,03	
14в	0,006	0,032			

¹ Для справок.

**СОТНОШЕНИЕ ЧИСЕЛ ТВЕРДОСТИ ПО БРИНЕЛЛЮ,
РОКВЕЛЛУ, ВИККЕРСУ И ШОРУ**

По Бринеллю			По Роквеллу				По Виккерсу HV	По Шору
Диаметр отпечатка при диаметре шарика			HB	HRA	HRC	HRB		
2,5	5,0	10,0						
0,55	1,10	2,20	782	89	72		1220	107
0,57	1,15	2,30	713	85	67		1021	96
0,60	1,20	2,40	652	83	63		867	88
0,63	1,25	2,50	600	81	59		746	81
0,65	1,30	2,60	555	79	56		649	75
0,68	1,35	2,70	512	77	52		587	70
0,70	1,40	2,80	477	76	49		534	66
0,73	1,45	2,90	444	74	47		474	61
0,75	1,49	2,99	418	73	44		435	57
0,78	1,55	3,10	387	71	41		401	53
0,80	1,60	3,20	364	70	39		380	50
0,82	1,65	3,30	340	69	37		344	47
0,85	1,70	3,40	321	68	35		320	45
0,87	1,75	3,50	302	67	33		305	42
0,90	1,80	3,59	286	66	30		285	40
0,93	1,85	3,70	269	65	28		272	38
0,95	1,90	3,80	255	64	26		255	36
0,97	1,95	3,90	241	63	24	100	240	35
1,00	2,00	4,01	228	62	22	98	226	33
1,02	2,05	4,10	217	61	20	97	217	32
1,05	2,10	4,20	207	60	18	95	209	30
1,08	2,15	4,31	196	58		93	197	29
1,10	2,20	4,40	187	57		91	186	28
1,12	2,25	4,49	179	56		88	177	27
1,15	2,30	4,60	170	55		86	171	26
1,17	2,35	4,70	163	53		84	162	25
1,20	2,40	4,80	156	52		82	154	24
1,23	2,45	4,90	149	51		80	149	23
1,25	2,50	5,00	143	50		76	144	22
1,27	2,55	5,10	137			75		
1,30	2,60	5,20	131			72		
1,32	2,65	5,30	126			69		
1,35	2,70	5,40	121			67		
1,38	2,75	5,50	116			65		
1,40	2,79	5,59	112			62		
1,43	2,85	5,71	107			59		
1,45	2,90	5,81	103			57		
1,47	2,95	5,90	99			54		
1,50	3,01	6,01	95					
1,58	3,16	6,32	85					
1,67	3,33	6,67	75					

ДЛИНА ПОДВОДА, ВРЕЗАНИЯ И ПЕРЕБЕГА

Длину подвода $U_{подв}$, врезания $U_{врез}$ и перебега U_n рассчитывают, исходя из конкретных условий обработки, при этом необходимо учитывать конструкцию инструмента и геометрию режущей части, припуск на обработку, форму и размеры детали и др.

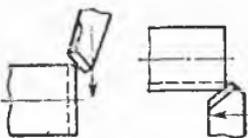
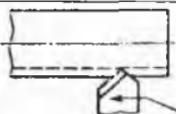
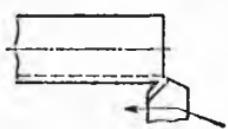
Составляющая длины рабочего хода

$$y = U_{подв} + U_{врез} + U_n$$

При определении u следует учитывать только те составные части, которые имеют место в конкретных условиях.

Приведенные ниже величины подвода врезания и перебега соответствуют наиболее распространенным условиям обработки.

Точение
Длина врезания

Схема резания	Угол в плане Ф в град	$u_{врез}$ в мм при глубине резания t в мм					
		1	2	3	4	5	6
	45 60 70—75	1 1 1	2 2 1	3 2 1	4 3 1	5 3 2	6 4 2
	45—90	2	4	6	8	10	12
	45 60 70—75	1 1 1	2 1 1	2 2 1	3 2 1	4 3 2	4 3 2

Длина подвода и перебега

Заготовка	$u_{подв} + u_n$ мм при точении	
	на проход	в упор
Предварительно обточенная заготовка и прокат	4	2
Поковка, отливка	6	3

Автоматная обработка

Длину подвода $u_{подв}$ для инструментов продольных суппортов одношпиндельных автоматов принимают равной 1—1,5 мм, многошпиндельных — 1,5—2 мм.

Для поперечных суппортов $u_{подв} = 0,5 \div 1$ мм. Перебег инструмента, где он должен учитываться по условиям обработки, принимают равным длине подвода.

Врезание $u_{врез}$ для различных инструментов рассчитывают в соответствии с конструкцией, размерами инструментов и схемой обработки.

Торцовые и концевые фрезы, работающие симметричным методом

Ширина фрезерования b в мм	Угрез+Уп в мм для фрезы диаметром D в мм																
	до 20	32	40	50	80	100	120	160	180	200	220	250	280	300	320	360	400
16	6	5	5	5	5												
20		7	6	6	5	5	5										
25		10	7	7	6	6	6	6	6								
32			10	9	7	7	7	6	6	6							
40				11	10	8	8	8	7	7							
60					20	14	12	12	10	10	9	9					
80						24	20	17	15	14	13	12	11	11			
100						54	30	26	21	18	17	16	15	15	14	13	12
120							49	35	29	25	22	20	19	18	17	16	15
140								71	49	34	30	27	24	24	22	21	19
160									56	45	39	34	31	29	27	25	22
180										61	50	43	39	36	33	31	27
200										105	60	55	48	44	40	37	33
220											92	71	60	54	48	45	39
240												95	75	66	58	54	46
260													97	81	71	64	54
280														105	85	76	62
300														156	105	91	73
320															138	110	85
340																139	100

Фрезерование

Во многих случаях при фрезеровании сумму $L_{рез} + U_{врез}$ удобно определять графически. Для этого на чертеж или отпечаток детали накладывают кальку с вычерченной на ней фрезой и перемещают в направлении подачи от положения, соответствующего началу врезания, до окончания резания.

Длину перебега при фрезеровании, как правило, принимают равной 2—5 мм в зависимости от размеров и конструкции детали, инструмента и условий обработки.

При торцовом фрезеровании с высокими требованиями к чистоте поверхности длину врезания и перебега принимают равной $D + (2-5)$ мм, где D — диаметр фрезы в мм.

При симметричном фрезеровании торцовыми и концевыми фрезами поверхностей с постоянной шириной фрезерования

$$U_{врез} = \frac{D - \sqrt{D^2 - b^2}}{2},$$

где D — диаметр фрезы в мм; b — ширина фрезерования в мм.

Для дисковых, прорезных, цилиндрических и фасонных фрез при постоянной глубине фрезерования на всем участке врезания

$$U_{врез} = \sqrt{Dt - t^2},$$

где D — диаметр фрезы в мм; t — глубина фрезерования в мм.

Рассчитанные по указанным формулам значения $U_{врез}$ с добавлением перебега u_n приведены в таблицах (стр. 301—302).

Сверление, зенкерование, развертывание и нарезание резьбы

Операции	Длина подвода, врезания и перебега u в мм инструмента диаметром D в мм										
	2,5	6	10	16	20	25	32	40	50	60	80
Обработка сквозных отверстий сверлами:											
с нормальной заточкой	2	3	5	6	8	10	12	15			
с двойной заточкой			6	8	10	15	15	18			
Сверление глухих отверстий	1,5	2	4	6	7	9	11	14			
Зенкерование отверстий:											
сквозных				3	4	5	5	6	6	8	8
глухих				2	2	2	2	3	3	4	4
Обработка сквозных отверстий развертками с углом заборного конуса:											
15° (обработка стали)		8	10	12	14	16	18	20	24	26	28
5° (обработка чугуна)		10	12	15	17	20	22	25	28	32	34
Развертывание глухих отверстий		2	3	3	3	3	4	4	4	5	5
Нарезание резьбы:											
машинными метчиками:											
в сквозных отверстиях											
в глухих отверстиях											
резьбонарезными головками											

Примечание. Длину подвода, врезания и перебега инструмента u следует назначать с учетом припуска на обработку и конструкции инструмента.

Зубофрезерование и шлицефрезерование

Нарезание зубьев цилиндрических колес червячными фрезами

Фреза		y в мм при угле наклона зуба к оси колеса β в град				
D в мм	t в мм	0	20	25	30	35
50	1	12	14	16	18	20
	1,5	14	16	18	21	25
90	2	22	24	26	29	32
	3	27	29	31	35	40
110	4	33	35	37	41	45
	5	37	39	41	45	50
130	6	43	45	47	51	55

Нарезание шлицев червячными фрезами

Диаметр фрезы D в мм	70		90		
Высота шлицев h в мм	2	3	4	5	6
Длина подвода, врезания и перебега y в мм	14	17	21	24	26

Черновое нарезание зубьев конических колес дисковыми фасонными фрезами

Диаметр фрезы D в мм	90				105				120			
Модуль t в мм	4	5	6	8	4	5	6	8	4	5	6	8
Длина подвода, врезания и перебега y в мм	29	32	34	38	32	34	37	42	34	37	40	45

Основные зависимости (формулы), принятые при составлении рекомендаций по скоростям резания¹ Приложение 4

ДААННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА СКОРОСТЕЙ РЕЗАНИЯ v_{100} ПРИ ТОЧЕНИИ, СВЕРЛЕНИИ, ЗЕНКЕРОВАНИИ И ФРЕЗЕРОВАНИИ

Резцы проходные, подрезные и расточные

Таблицы скоростей резания составлены на основании зависимости скорости резания v_{100} от характеристики резания x , выражающей совокупное влияние l , s_0 , φ и r на скорость резания.

При разработке справочника и установлении уровня режимов резания значения x определяли графически.

Представленная аналитическая зависимость для расчета x предложена проф. М. И. Клушиным.

$$v_{100} = \frac{C}{x^b}$$

¹ Составлены при участии В. П. Ксюниной и Ф. Г. Тарасовой (ГАЗ).

Обрабатываемый металл	Материал инструмента	C	b
Сталь 45 (HB 207)	Быстрорежущая сталь	20	0,6
Чугун серый (HB 229)	Твердый сплав Т14К8	82	0,4
Чугуны ковкие и прочные (HB 170)	Твердые сплавы ВК4, ВК6	54	0,4
	Твердый сплав ВК8	64	0,4

$$x = \alpha s_0 \sin \varphi_{cp},$$

где

$$\varphi_{cp} = \frac{\arccos \frac{r-t}{r}}{2}, \text{ если } t \leq r(1 - \cos \varphi);$$

или

$$\varphi_{cp} = \frac{\left(\frac{t}{2} + \cos \varphi - 1\right) \frac{1}{\sin \varphi} + \frac{\varphi}{2}}{\frac{\frac{t}{2} + \cos \varphi - 1}{\varphi \sin \varphi} + 1}, \text{ если } t > r(1 - \cos \varphi);$$

$$\alpha = \frac{1}{\sin \varepsilon_1 + \frac{1}{m} \sin \varepsilon_2}; \quad \text{здесь } m = \frac{t \sin \varepsilon}{S_0 \sin^2 \varphi_{cp}};$$

$$\varepsilon_2 = \varepsilon - \varepsilon_1; \quad \varepsilon = 180 - \varphi_{cp} - \varphi_1; \quad \operatorname{ctg} \varepsilon_1 = \frac{200m + 1}{100m + 101} \times$$

$$\times \operatorname{cosec} \varepsilon + \operatorname{ctg} \varepsilon.$$

Для упрощения расчетов «вручную» параллельно приведены степенные зависимости v_{100} от s , t и φ

$$v_{100} = \frac{C_v}{s^y} K_\varphi.$$

Обрабатываемый материал		Материал инструмента	$t < 1$		$1 \leq t \leq 3$		$t > 3$	
Марка	Твердость HB		C_v	y	C_v	y	C_v	y
Сталь 45	207	Быстрорежущая сталь	30,8	0,390	20,5	0,520	17,8	0,565
Ковкий чугун КЧ 35-10	150		40	0,182	30,3	0,306	27,3	0,356
Серый чугун СЧ 18-36	190		30,5	0,182	25	0,324	20,2	0,362
Сталь 45	207	Т5К10	91	0,210	71	0,316	64	0,360
Ковкий чугун КЧ 35-10	150		106	0,182	79	0,306	73	0,356
Серый чугун СЧ 18-36	190	ВК8	86	0,182	67	0,324	59	0,362

Коэффициент K_{ϕ}

Глубина резания	ϕ в град	Обрабатываемый материал			
		Сталь		Ковкий чугун	Серый чугун
		Материал инструмента			
		быстрорежущая сталь	твердый сплав		
$t < 1$	45 60 90	1	1 1 1	1 1 1	1 1 1
$1 \leq t \leq 3$	45 60 90	1,12 1 1	1,05 1 1	1,08 1 1	1,05 1 1
$t > 3$	45 60 90	1,13 1 0,8	1,05 1 0,88	1,06 1 0,86	1,08 1 0,88

Резцы фасонные, прорезные, отрезные

$$C_{100} = \frac{C_v}{s^y}$$

Резцы	Обрабатываемый материал		Материал инструмента	C_v	y
	Марка	Твердость НВ			
Прорезные, отрезные Фасонные	Сталь 45	207	Быстрорежущая сталь	14	0,4
	Сталь 45	207		12	0,45
Прорезные, отрезные Фасонные	Сталь 45	207	Т5К10 ВК8	32	0,4
	Ковкий чугун КЧ 35-10	150		46	0,4
	Серый чугун СЧ 18-36	190	ВК8	45	0,4
	СЧ 18-36				

Сверла и зенкеры из быстрорежущей стали

$$C_{100} = \frac{C_v D^z}{s^y}$$

Инструмент	Обрабатываемый материал	C_v	z	y
Сверло	Сталь 45, НВ 207	4,0	0,4	0,5
	Ковкий чугун КЧ 35-10, НВ 150	5,2	0,3	0,5
	Серый чугун СЧ 18-36, НВ 190	7,3	0,25	0,4
Зенкер	Сталь 45, НВ 207	5,7	0,3	0,5
	Ковкий чугун КЧ 35-10, НВ 150	13,8	0,2	0,4
	Серый чугун СЧ 18-36, НВ 190	13,5	0,2	0,4

Фрезы

$$v_{100} = \frac{C_v D^z}{t^x s_y B u z^n}$$

Тип фрезы	Обрабатываемый материал	Материал инструмента	Подача на зуб s_z	C_v	z	x	y	u	n	
Торцовая	Сталь 45, НВ 207	Быстро-режущая сталь	$\leq 0,1$	25,8	0,25	0,1	0,2	0,15	0,1	
Дисковая			$> 0,1$	16,2	0,25	0,1	0,4	0,15	0,1	
			$\leq 0,1$	30	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	
Для фрезерования пазов	Сталь 45, НВ 207	Твердый сплав Т5К10	$> 0,1$	19,2	0,25	0,3	0,4	0,1	0,1	
Прорезная, отрезная				22	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	
Торцовая										
Дисковая	Ковкий чугун КЧ 35-10, НВ 150 Серый чугун СЧ 18-36, НВ 190	Твердый сплав ВК8	$\leq 0,08$	180	0,2	0,1	0,1	0,2	0	
			$> 0,08$	80	0,2	0,1	0,4	0,2	0	
			$\leq 0,06$	160	0,2	0,3	0,12	0,1	0	
Для фрезерования пазов	Ковкий чугун КЧ 35-10, НВ 150 Серый чугун СЧ 18-36, НВ 190	Твердый сплав ВК8	$> 0,06$	73	0,2	0,3	0,4	0,1	0	
Торцовая										
	Ковкий чугун КЧ 35-10, НВ 150 Серый чугун СЧ 18-36, НВ 190	Твердый сплав ВК8	$\leq 0,18$	181	0,22	0,17	0,1	0,22	0	
			$> 0,18$	126	0,22	0,17	0,32	0,22	0	
				85	0,2	0,15	0,35	0,2	0	

Влияние твердости НВ на скорость резания

Обработка сталей

Вид обработки	Материал инструмента		
	Быстро-режущая сталь		Твердый сплав
	НВ 140—250	НВ > 250	
Точение	$\left(\frac{207}{НВ}\right)^{1,5}$	$\left(\frac{207}{НВ}\right)^{1,5}$	$\frac{207}{НВ}$
Сверление, зенкерование	$\left(\frac{207}{НВ}\right)^{0,9}$	$\left(\frac{207}{НВ}\right)^{0,9}$	$\left(\frac{207}{НВ}\right)^{0,9}$
Фрезерование	$\frac{207}{НВ}$	$0,83 \left(\frac{250}{НВ}\right)^2$	$\frac{207}{НВ}$

Ковкий и прочный чугуны	Серый чугун
$\left(\frac{150}{HB}\right)^n$	$\left(\frac{190}{HB}\right)^n$

Вид обработки	n при обработке чугуна	
	ковкого и прочного	серого
Точение	1,45	1,45
Сверление, зенкование, зенкование и цекование	1,3	1,3
Фрезерование . . .	1,25	1,25

$$T = 100e^a (1 - \sqrt{1 - b \ln \mu}),$$

где T — стойкость в мин; a и b — коэффициенты

$$\mu = \frac{v}{v_{100}}$$

Материал инструмента	Инструмент	Обрабатываемый материал	a	b
Быстрорежущая сталь	Резец	Сталь	-3,8465	1,9206
		Чугун:	-3,9692	2,3100
		ковкий	-3,5101	3,0896
	Сверло, зенкер	Сталь	-3,8164	1,7779
		Чугун	-12,804	0,6401
		Зенковка, цековка	-12,804	0,6401
Фреза	Сталь	-32,258	0,1897	
	Чугун ковкий	-12,804	0,6401	
	Чугун серый	-12,804	0,6401	
Твердый сплав	Резец	Сталь	-4,6951	0,9591
		Чугун:	-3,7431	1,4073
		ковкий	-4,0208	1,6209
	Фреза	Сталь	-107,009	0,04788
		Чугун серый	-32,258	0,1897
		Зенкер, цековка	-12,804	0,6401
Сверло, зенкер	Сталь	-107,009	0,04788	
	Чугун	-32,258	0,1897	
	»	-12,804	0,6401	
Зенковка, цековка	Сталь	-107,009	0,04788	
	Чугун	-32,258	0,1897	
	»	-12,804	0,6401	

Расчет режимов резания на электронно-вычислительных машинах. Приложение 5¹

Содержащиеся в справочнике рекомендации по режимам резания для одно- и многоинструментных токарных, фрезерных и сверлильных (агрегатных) станков ориентированы на получение заранее установленных значений стойкости инструментов, обеспечивающих экономически рентабельный режим работы.

Существует также расчетный метод определения значения экономической стойкости при многоинструментной обработке, основанный на использовании степенных зависимостей стойкости от скорости резания ($T-V$).

При расчетах режимов резания на ЭВМ можно использовать более достоверные нестепенные зависимости $T-V$, исключить такой промежуточный этап, как определение условно-экономической стойкости инструментов наладки, и вычислять для каждого из возможных вариантов режимов резания итоговые показатели: производительность, технологическую себестоимость, расходы по инструменту, требуемую мощность и др.

Основным преимуществом расчетов на ЭВМ является развернутая технико-экономическая оценка возможных вариантов режимов резания, что позволяет принять наиболее обоснованное решение как при проектировании и отладке нового технологического процесса производства, так и при совершенствовании действующего.

Для расчета на ЭВМ принимают те же нормативные исходные данные по обрабатываемости конструкционных материалов и режущим свойствам инструментов, что и при обычных методах расчета.

Дополнительно (взамен рекомендуемой стойкости) вводят значения технологической стоимости станко-минуты для различных типов станков, расходы на инструмент, отнесенные к одному периоду стойкости, а также затраты времени на смену и регулирование инструментов.

Полученные результаты можно сравнить с фактическими результатами работы станка, поскольку один из расчетных вариантов будет совпадать с установленным на станке.

В случае значительных расхождений расчетной и фактической стойкости лимитирующего инструмента можно произвести расчет, исключив расхождения между нормативной и фактической оценками обрабатываемости.

Такой перерасчет необходим, когда станок и инструментальная оснастка эксплуатируются в нормальных условиях. Если станок, приспособление или инструмент неисправны, то, прежде всего следует устранить неполадки.

Благодаря ускорению расчетов при применении ЭВМ можно проанализировать наладку и проверить, правильно ли выбран станок и распределена работа между инструментами. Для этих целей на одну и ту же операцию составляют несколько наладок (на разные станки, с применением различных инструментов и т. д.). При этом вариант обработки выбирают с учетом выдаваемых ЭВМ экономических оценок.

¹ Методика разработана НИИТАвтопромом, ГАЗ и НИИУАвтопром. В составлении приложения участвовали Ф. Б. Малев, В. П. Ксюнина и Ф. Г. Тарсова.

Программы расчета режимов резания для одно- и многоинструментных наладок разработаны на наиболее распространенные в автомобилестроении станки.

Токарные:

1) одношпиндельные многорезцовые полуавтоматы типа МТ-20, МТ-30, МТ-44, МТ-45, 1720, 1730;

2) вертикальные многошпиндельные полуавтоматы типа 1282, 1283, 1А283;

3) копировальные типа 1712, 1722.

Сверлильные:

1) одношпиндельные типа 2125, 2175, 2А125, 2А150;

2) одношпиндельные станки с многошпиндельной головкой;

3) многошпиндельные агрегатные станки типа ЭНИМС;

4) агрегатные с несколькими головками типа МАС.

Фрезерные:

1) одношпиндельные одно- и многоинструментные типа 680, 682, 6Г82;

2) многошпиндельные специальные;

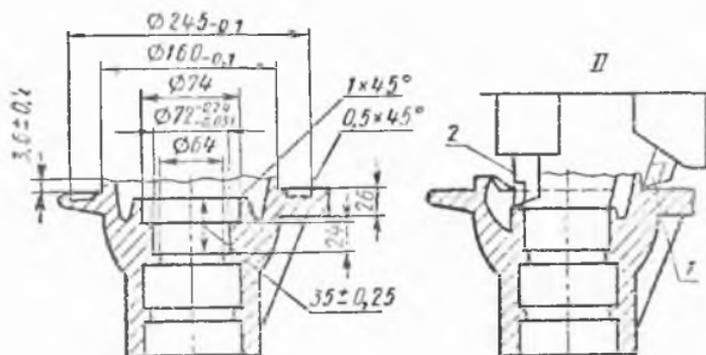
3) агрегатные специальные;

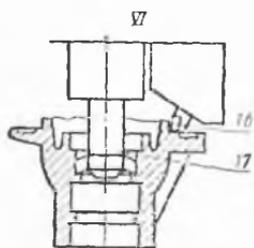
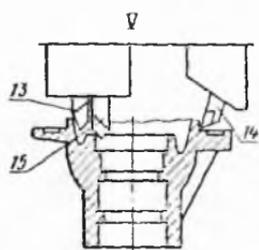
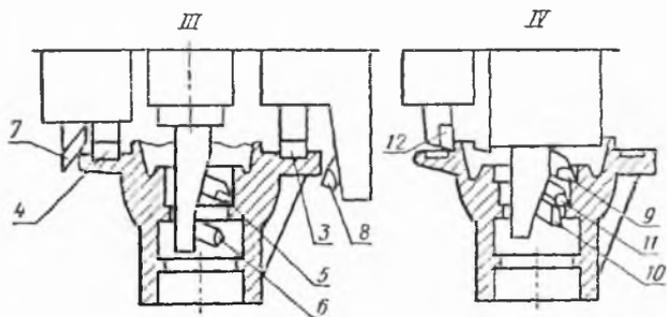
4) карусельно- и барабано-фрезерные.

По предлагаемой методике подачи устанавливают до расчета на ЭВМ, как и при обычных методах, когда подачи назначают до определения скорости резания и времени обработки.

Примечание. НИИ ПМК, НИИТАвтопром, ГАЗ ведут работы по созданию методики расчета режимов резания на ЭВМ и необходимых для этого исходных данных, которые одновременно давали бы оптимальные значения скоростей резания и подачи.

Пример расчета на ЭВМ





Исходные данные для расчета

Деталь: Ступица переднего колеса

(наименование и номер)

Станок: 6-шпиндельный полуавтомат 1A283

(наименование, тип, модель, инвентарный номер)

Операция: Обработка со стороны фланца

(номер, содержание)

Количество одновременно обрабатываемых деталей _____ шт.

Примечания: 1. При проектировании нового станка задать предва

2. Ограничить ряд чисел оборотов. Принять $n_{\text{тип}}$ - - об/мин; $n_{\text{тах}}$ - -

3. При расчете мощности исключить инструменты с порядковыми номе

4. Повторить расчет с изменением стойкости инструментов.

№ позиции	Суппорт или головка	Инструмент												
		Условный № инструмента	Наименование и тип	Количество инструментов одинаковых	№ чертежа	Материал инструмента	Сечение $H \times b$ или диаметр D	Главный угол в плане Φ , форма заточки сверла	Передний угол γ , профиль фасонного резца	Радус при вершине r	Число зубьев z			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
II	Г	1	Резец под-резной	1	9-У-12452	ВК4	16×26	45	—	2	—			
		2	Резец под-резной	1	9-У-12448			45		2	—			
III	В	3—4	Резец канавочный	2	9-У-15884			12×12		90	—	—	—	—
		5 6	Резец расточной	1 1	9-У-15884									
		7	Резец фасочный	1	9-У-12459			ВК8		16×26	45	10	2	—
		8	Резец проходной	1	9-У-12448			ВК4		16×26	90			
IV	В	9 10	Резец расточной	1 1	9-У-12450	12×12	12×12		—	—				
		11	Резец расточной	1	9-У-14452	12×12						—	—	

режимов резания на ЭВМ

Материал КЧ 35-10

Твердость HV_{max} 149

T_n — мин. Время холостого хода $T_{x, x} = 0,1$ мин

Охлаждение — эмульсия

Средний диаметр расположения деталей на круглом столе (для фре-
зерных станков) — мм

Почти наиболее вероятный ряд чисел оборотов: n_1 —, n_2 —, n_3 —, n_4 —,

мин.

амп. . .

Таблица 1

Данные об обработке

Вид токарной обработки	Наличие корки	Класс точности обработки	Диаметр обработки D	Глубина резания t	Ширина резания B	Длина резания $L_{рез}$	Длина рабочего хода $L_{р. х}$	Подача на зуб S_z	Подача на оборот S_0
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
П	К		265	3		50	53		0,389
П	К		85	3		10	53		0,389
П	БК		245	—	12	4,5	37		0,326
Р	К		70 60	1,5 1,5		35 8			
Н	БК		263	1		1			
Н	К		265	3		35			
Р	БК		74 64	2 2		11 8			
Р	БК		71,75	0,85		35			

№ позиции	Сулпорт или гондла	Инструмент										
		Условный № инструмента	Наименование и тип	Количество инструментов оди-наковых	№ чертежа	Материал ин-струмента	Сечение НХВ или диаметр D	Главный угол в плаве ф. форма заточки сверла	Передний угол ф. профиль фа-сонного реза	Радиус при вершине r	Число зубьев z	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
IV	В	12	Резец проходной	1	9-У-15884	ВК4	16Х25		10	2	—	
V	Г	13	Резец фасочный	1	9-У-14452							45
		14	Резец проходной	1	9-У-12446							75
		15	Резец фасочный	1	9-У-12441							75
VI	В	16	Резец проходной	1	9-У-12467							90
		17	Развертка с направлением	1	13-У-1790	ВК8	72	—			6	

Примечание. Приняты следующие обозначения: Г — горизонталь
 П — поперечное точение; Р — растачивание; Рз — развертывание; К — обра

Результаты рас

Показатели	Варианты							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Число оборотов шпинделей:								
1	33,300	37,400	44,200	51,800	57,500	57,500	63,600	70,200
2	29,500	33,300	37,400	41,800	46,600	51,800	51,800	57,500
3	29,500	33,300	37,400	41,800	46,600	51,800	51,800	57,500
4	33,300	37,400	41,800	46,600	51,800	51,800	57,500	63,600
5	26,000	29,500	33,300	37,400	41,800	44,200	46,600	51,800

Данные об обработке

Вид токарной обработки	Наличие корки	Класс точности обработки	Диаметр обработки D	Глубина резания γ	Ширина резания B	Длина резания $L_{рез}$	Длина рабочего хода $L_{р.х}$	Подача на зуб s_z	Подача на оборот s_0
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Н	БК		163	1		7	37		0,326
Н	БК		76	1		1	49		0,398
П	БК		260	1		47			
Н	БК		85	0,5		5,5			
Н	БК		161	0,5		7,5	26		0,26
Рз	БК		72	0,12		24	26		0,26

ый суппорт; В — вертикальный суппорт; Н — наружное продольное точение; БК — обработка после снятия корки.

Таблица 2

чета на ЭВМ

асчета									
9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
77,700	86,000	95,000	105,000	116,000	130,000	137,000	161,000	181,000	181,000
63,600	70,200	77,700	86,000	95,000	105,000	116,000	130,000	144,000	161,000
63,600	70,200	77,700	86,000	95,000	105,000	116,000	130,000	144,000	161,000
70,200	77,700	86,000	95,000	105,000	116,000	130,000	144,000	161,000	161,000
77,500	63,600	70,200	77,700	86,000	95,000	105,000	116,000	130,000	137,000

Показатели	Варианты							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Номер лимитирующего по стойкости инструмента	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Минимальная стойкость инструмента в шт.	285,45	265,12	235,73	207,91	189,79	189,79	172,53	155,93
Максимальное время рабочего хода в мин	3,9990	3,5606	3,0347	2,7152	2,4356	2,3767	2,1911	1,9739
Штучное время в мин	4,3577	3,9002	3,3516	3,0204	2,7309	2,6710	2,4790	2,2565
Производительность станка в шт.	13,769	15,384	17,902	19,865	21,971	22,463	24,203	26,590
Стоимость операции в коп.	13,421	12,063	10,436	9,4654	8,6192	8,4488	7,8889	7,2510
Затраты на инструмент в коп./дет.	0,3473	0,3619	0,3815	0,4042	0,4264	0,4357	0,4519	0,4814
Пиковая нагрузка	7,1843	8,1048	9,1448	10,268	11,441	12,546	12,711	14,100
Эквивалентная мощность	2,5719	2,8894	3,3297	3,7339	4,1518	4,3593	4,6022	5,0926
Скорость развертки	5,8811	6,6727	7,5323	8,4597	9,4549	9,9978	10,541	11,717

Представленные результаты расчета на ЭМВ содержат технико-экономическую оценку возможных вариантов режимов резания.

В таблице варианты расчета расположены в порядке возрастания чисел оборотов шпинделя по паспорту станка. Для каждого из них указано пять чисел оборотов шпинделей соответствующих числу рабочих позиций станка.

По вертикали даны основные показатели, характеризующие рассматриваемый вариант режимов резания.

расчета									
9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
139,25	123,04	107,68	92,834	78,738	63,533	56,888	37,939	25,660	25,660
1,7845	1,6168	1,4607	1,3197	1,1947	1,0809	0,9784	0,8731	0,7882	0,7647
1,0644	1,8962	1,7422	1,6065	1,4908	1,3934	1,3097	1,2551	1,2520	1,3482
29,065	31,643	34,440	37,349	40,246	43,059	45,811	47,806	47,925	44,503
7096	6,2475	5,8376	5,4957	5,2318	5,0577	4,9267	5,0660	5,5156	6,3466
0,5165	0,5589	0,6111	0,6763	0,7593	0,8774	0,9975	1,3008	1,7598	2,3019
15,596	17,221	19,057	21,088	23,296	25,783	28,366	31,924	35,427	39,039
5,6185	6,1871	6,8254	7,5270	8,2846	9,1336	9,9980	11,197	12,360	13,025
13,006	14,386	15,879	17,575	19,453	21,488	23,750	26,239	29,405	30,989

Расчет на ЭВМ показал, что условием наибольшей производительности соответствует 17-й вариант режимов резания, а наименьшей стоимости — 15-й вариант.

Для обеспечения требований к чистоте обработанной поверхности при разворачивании ($\nabla 6$) скорость резания не должна превышать 20 м/мин, поэтому допустимым является 13-й вариант. При отсутствии таких требований к чистоте обработанной поверхности производительность станка может быть увеличена (15-й вариант).

**Технико-нормировочная карта
для металлообрабатывающих станков автомобильного
производства**

Станок	Тип и фирма	Модель	Мощность	Инв. №	Охлаждение

№ детали и наименование		Вес в кг	Материал и его твердость

№ операции и наименование с указанием основных размеров обработки (диаметр d с допуском, модуль m , число зубьев детали z и др.)
--

Количество одновременно обрабатываемых деталей q , диаметр расположения деталей на круглом столе $d_{расп.}$, скорость круга $v_{кр}$ и др.
--

Расчет режима

№ позиции, перехода	№ суппорта, головки	№ по эскизу	Инструмент Наименование с указанием основных размеров (диаметр D , число зубьев z , ширина B , угол в плане Φ и др.) и марка материала (или характеристика шлифовального круга)	Размеры обработки в мм						на зуб s_z	
				Диаметр d	Точность δ	Глубина t , припуск a	Ширина b	Длина $L_{рез}$	Длина рабочего хода L_p, x	по нормативам	принятая

Примеры расчета режимов резания. Приложение 6

Примеры расчета режимов резания приведены на основные виды обработки, охваченные нормативами.

Расчеты выполнены на единой для всех операций механической обработки форме технико-нормировочной карты (см. стр. 318—321), при этом использована лишь лицевая ее сторона (стр. 318—319), так как обратная (стр. 320—321) предназначена в основном для нормирования полного времени обработки детали на станке.

Для операций обработки на токарных прутковых одно- и многошпиндельных автоматах, а также на сверлильных станках с одной и несколькими многошпиндельными головками выполнены на специальных бланках подробные расчеты, которые рекомендуется производить при сложных многоинструментных наладках перед заполнением основной технико-нормировочной карты.

Для отдельных примеров в приложении приведены в качестве иллюстрации выдержки из паспортов станков, по которым при расчете принимались и уточнялись параметры режимов резания.

На лицевой стороне технико-нормировочной карты имеется четыре свободные (безымянные) графы, предусмотренные для записи в них специфических для данного вида обработки параметров режима (число оборотов круглого стола n_c при фрезеровании, время врезания и выхаживания при шлифовании и др.). В эти же графы вносят дополнительные данные, уточняющие расчеты (число оборотов и подача по принятому машинному времени работы станка на многошпиндельных вертикальных токарных полуавтоматах).

При заполнении технико-нормировочной карты целесообразно производить конкретизацию в наименовании граф, например, при зубофрезеровании графу «Точность δ » именовать «Точность δ по межцентровому расстоянию», а при бесцентровом шлифовании графу «Глубина t , припуск a именовать «Удвоенная глубина $2t$ » и т. д.

Расчитанное по установленным режимам резания основное технологическое время (t_m) вместе с вспомогательным (t_b) определяют часовую производительность станка, а с учетом других затрат времени — сменную и годовую его производительность.

1. Часовая (расчетная) производительность станка

$$A_{\text{час}} = \frac{60}{t_m + t_b} \text{ шт/ч.}$$

2. Сменная производительность станка

$$A_{\text{см}} = \frac{60F_{\text{см}}}{t_c} = i_{\text{час}} A_{\text{час}} F_{\text{см}} \frac{t_m + t_b}{t_c} = A_{\text{час}} F_{\text{см}} \eta_{\text{см}}$$

3. Годовая производительность (производственная мощность) станка

$$A_{\text{г}} = \frac{F_{\text{г}} - (T_{\text{кр}} + T_{\text{омк}})}{t_c} 60,$$

В этих формулах

$$t_c = t_M + t_B + t_{обсл} = t_M + t_B + t_{т.о} + t_{орг} + t_n = \\ = \frac{t_M + t_B + t_{т.о}}{1 - (T_{орг}^M + T_n^M)} = \frac{1}{\eta_{см}} (t_M + t_B);$$

$$\eta_{см} = \frac{t_M + t_B}{t_c} = \frac{60F_{см} - T_{обсл}}{60F_{см}} = \frac{t_M + t_B}{t_M + t_B + t_{т.о}} [1 - (T_{орг}^M + T_n^M)];$$

$$t_{т.о} = \frac{T_n}{T_M} t_M^*;$$

t_c — полное (штучное) время, затрачиваемое на обработку одной детали; $\eta_{см}$ — коэффициент операционной работы; $T_{обсл}$ — время обслуживания станка и рабочего места в течение смены ($T_{обсл} = t_{т.о} + T_{орг} + T_n$); $t_{обсл}$ — то же, приходящееся на одну деталь ($t_{обсл} = t_{т.о} + t_{орг} + t_n$); $T_{орг}$ и T_n — затраты времени в течение смены на оргобслуживание и другие перерывы по нормативам; $T_{орг}^M$ и T_n^M — то же, приходящееся на одну минуту рабочего времени; $t_{орг}$ и t_n — то же, приходящееся на одну деталь; $t_{т.о}$ — время технического обслуживания, приходящееся на одну деталь; T_n — время на наладку и подналадку за период стойкости; T_M — стойкость инструмента в минутах машинной работы; $F_{см}$ — продолжительность рабочей смены в ч; F_n — годовой номинальный фонд рабочего времени в ч; $T_{кр}$ — затраты времени (в году) на капитальный ремонт в ч; $T_{отк}$ — технически неизбежные затраты времени в ч на устранение возникающих в процессе эксплуатации отказов в работе механизмов, которые учитываются только для автоматических линий и для очень сложного оборудования (как правило, новой конструкции).

* Эта зависимость справедлива не только для одноинструментной, но так же (приблизительно) и для многоинструментной обработки (принимая T_n и T_M для лимитирующего инструмента наладки и считая, что он работает на станке один).

Характерные отношения $\frac{T_n}{T_M}$ следующие:

1. Для токарных одношпиндельных станков, оснащенных быстрорежущими инструментами, — 0,05; оснащенных твердосплавными инструментами — 0,1; для многошпиндельных станков — в 2 раза больше.
2. Для сверлильных и агрегатных станков — 0,1.
3. Для фрезерных станков — 0,05.

*

Технико-нормировочная карта для металлообрабатывающих станков автомобильного производства

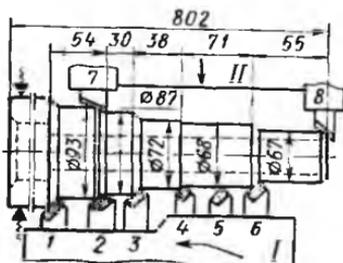
Станок	Тип и фирма	Модель	Мощность	Инв. №	Охлаждение
	Токарно-многорезцовый центровой полуавтомат	1A730	11,2 квт		Эмульсия
№ детали и наименование	Кожух полуоси	Вес в кг		Материал и его твердость	
				Сталь 45, HB 176—207	
№ операции и наименование с указанием основных размеров обработки (диаметр d с допуском, модуль m , число зубьев детали z_d и др.)				Обточить оконца заднего	
Количество одновременно обрабатываемых деталей q , диаметр расположения деталей на круглом столе $d_{расч}$, скорость круга $v_{кр}$ и др.					

Расчет режимов

№ позиции, перехода	№ суппорта, головки	№ по эскизу	Инструмент Наименование с указанием основных размеров (диаметр D , число зубьев z_d , ширина B , угол в плане ϕ и др.) и марка материала (или характеристика шлифовального круга)	Размеры обработки в мм					на зуб		
				Диаметр d	Точность δ	Глубина t , припуск a	Ширина b	Длина $L_{рез}$	Длина рабочего хода $L_{р. х}$	по нормативам	принятая
I		1	Резец проходной $\phi = 75^\circ$; T14K8	95		1		54	60		
		2	Резец проходной $\phi = 75^\circ$; T14K8	89		1		30	60		
		3	Резец проходной $\phi = 75^\circ$; T14K8	74		1		38	60		
		4	Резец проходной $\phi = 75^\circ$; T14K8	71		1,5		36	60		
		5	Резец проходной $\phi = 75^\circ$; T14K8	71		1,5		36	60		
		6	Резец проходной $\phi = 75^\circ$; T14K8	70		1,5		55	60		
II		7	Резец фасочный $\phi = 10^\circ$; T14K8	93		5		3	5		
		8	Резец фасочный $\phi = 45^\circ$; T14K8	67		3		3	5		

Завод
Цех
Участок
Заготовка
Поковка
Именно кожух полуоси моста

Эскиз обработки



Паспортные данные станка см. на стр. 338

обработки

Подача в мм				Стойкость T_p в мин по нормативам	Скорость v в м/мин		Число оборотов (двойных ходов) в минуту n		Основное технологическое (машинное) время t_m в мин	Мощность резания (обработки) $N_{рез}$ в кВт
на оборот или двойной ход		в минуту s_m	по нормативам или рассчитанная		по нормативам	рассчитанная по принятому n	рассчитанное по нормативной v	принятое		
s_0	s_f (на глубину)									
по нормативам	принятая	по нормативам		принятая	по нормативам	рассчитанная по принятому n	рассчитанное по нормативной v	принятое		
0,35	0,34			150	121	106	405	355	0,5	1,1
0,35	0,34			75	160	100	572	355		1,1
0,35	0,34					82,5				0,9
0,35	0,34					79				1,3
0,35	0,34					79				1,3
0,35	0,34					78				1,3
0,35	0,05					104				1,8
0,35	0,05					75				0,8
										9,6

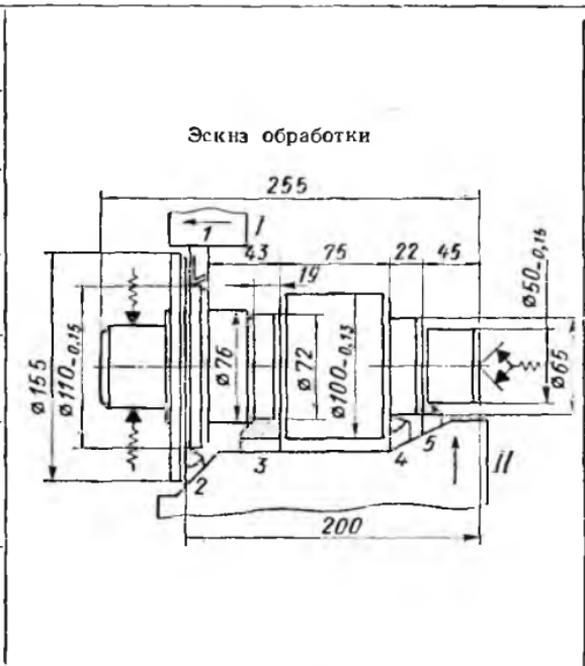
Технико-нормировочная карта для металлообрабатывающих станков автомобильного производства

Станок	Тип и фирма	Модель	Мощность	Инв. №	Охлаждение
	Токарный много-резцовый копировальный полуавтомат	1722	22,4 квт		Эмульсия
№ детали и наименование	Шестерня ведущая цилиндрическая	Вес в кг		Материал и его твердость	
				Сталь 20ХНМ. НВ 156—207	
№ операции и наименование с указанием основных размеров обработки (диаметр d с допуском, модуль m , число зубьев детали z_d и др.)				Обточить $\varnothing 50_{-0,15}^+$ $\varnothing 110_{-0,015}^+$	
Количество одновременно обрабатываемых деталей q , диаметр расположения деталей на круглом столе $d_{расп}$, скорость круга $v_{кр}$ и др					

Расчет режима

№ позиции, перехода	№ суппорта, головки	№ по эскизу	Инструмент	Размеры обработки в мм						на зуб s_z		
				Диаметр d	Точность δ	Глубина t , припуск a	Ширина b	Длина $L_{рез}$	Длина рабочего хода $L_{р. х}$	по нормативам	принятая	
												Наименование с указанием основных размеров (диаметр D , число зубьев z_u , ширина B , угол в плане ϕ и др.) и марка материала (или характеристика шлифовального круга)
I	1		Резец проходной $\phi = 90^\circ$, Т14К8 (по копиру)	54	0,15	2		45	203			
				69		2		22				
				104		0,13		2				75
				114		0,15		2				14
II	2		Резец подрезной $\phi = 90^\circ$, Т14К8	155		3,5		23				
				76				21				14
				100				5				17,5
				65				5				7,5
				75				5				7,5

Завод	
Цех	
Участок	
Заготовка	
Поковка	
$\varnothing 65$; $\varnothing 100-0,13$; $\varnothing 72$; подрезать торцы	



обработки

Подача в мм		на оборот или двойной ход	s_f (на глубину)	в минуту s_M	Стойкость T в мин по нормативам	Скорость v в мин		Число оборотов (двойных ходов) в минуту n		Расчетное машинное время t_M в мин	Уточненная подача по принятому i_M работы станка	Основное технологическое (машинное) время t_M в мин	Мощность резания (обработки) $N_{рез}$ в кет					
по нормативам	принятая					по нормативам	рассчитанная	по нормативам	рассчитанная					по нормативам	рассчитанная			
0,6	0,6				29	144	102	400		1,19	0,6		3,2					
0,6						150	139	308	285					0,76	0,08	1,19	1,9	
0,6						50	116	68										5,2
0,2						60	169	90										1,7
0,12	0,12				25	189	58					1,1						
0,2													13,1					
0,12																		

Технико-нормировочная карта для металлообрабатывающих станков автомобильного производства

Станок	Тип и фирма	Модель	Мощность	Инв. №	Охлаждение
	Токарный 6-шпиндельный полуавтомат завода «Красный пролетарий»	1284	17 квт		Эмульсия
№ детали и наименование		Ступица заднего колеса	Вес в кг	Материал и его твердость	
				Ковкий чугун, HB 121—149	
№ операции и наименование с указанием основных размеров обработки (диаметр d с допуском, модуль m , число зубьев детали z_d и др.)					
Количество одновременно обрабатываемых деталей q , диаметр расположения деталей на круглом столе $d_{расп}$, скорость круга $v_{кр}$ и др.					

Расчет режима

№ позиции, перехода	№ суппорта, головки	№ по эскизу	Инструмент Наименование с указанием основных размеров (диаметр D , число зубьев z_u , ширина B , угол в плане δ и др.) и марка материала (или характеристика шлифовального круга)	Размеры обработки в мм					на зуб s_z		
				Диаметр d	Точность δ	Глубина t , припуск a	Ширина b	Длина $L_{рез}$	Длина рабочего хода L_p, x	по нормативам	принятая
II	A	1	Резец подрезной $\phi = 45^\circ$; ВК4	145		2		10	43		
		2	Резец подрезной $\phi = 45^\circ$; ВК4	145		2		10	43		
		3	Резец подрезной $\phi = 90^\circ$; ВК4	270		4		40	43		
III	Б	4	Резец расточной $\phi = 90^\circ$; ВК4	128		1		20	29		
		5	Резец расточной $\phi = 90^\circ$; ВК4	123		2,5		22	29		
		6	Резец расточной $\phi = 90^\circ$; ВК4	108		1,5		12	29		
		7	Резец проходной $\phi = 90^\circ$; ВК4	270		1,5		23	29		
IV	В	8	Резец фасочный $\phi = 45^\circ$; ВК4	132		1,5		1,5	7		
		Г	9	Резец широкий $\phi = 12^\circ$; ВК4	267		23		5	7	
V	Д	10	Резец расточной $\phi = 90^\circ$; ВК4	130		1		20	25		
		11	Резец расточной $\phi = 90^\circ$; ВК4	125		1		22	25		
VI	Е	12	Плавающие ножи $\phi = 90^\circ$; ВК4	130		0,2		20	25		
		13	Плавающие ножи $\phi = 90^\circ$; ВК4	125		0,2		22	25		

Завод	
Цех	
Участок	
Заготовка	
Отливка	
Токарная (см. эскиз обработки)	

Эскиз обработки
 Эскиз обработки см. стр. 342 и паспортные данные станка на стр. 339

обработки

Подача в мм		на оборот или двойной ход	в минуту S_M	Стойкость T_p в мин по нормативам	Скорость v в м/мин				Расчетное машинное время t_M в мин	Уточненные числа оборотов и подач по принятому машинному времени работы станка		Скорость резания v в м/мин, рассчитанная по уточненному числу оборотов n	Основное технологическое (машинное) время t_M в мин	Мощность резания (обработки) $N_{рез}$ в кВт
по нормативам	принятая				по нормативам	принятая	рассчитанная	по принятому n		рассчитанное по нормативной v	принятое			
0,55	0,51			210	63	64	74	75	<u>1,12</u>	75	0,51	34	<u>1,12</u>	0,5
												34		
												64		2,0
												33		0,3
												32		0,6
												28		0,3
0,55	0,51			210	75	78	88	92	0,62	83	0,34	71	1,03	0,8
0,8	0,22											19		0,1
0,2	0,22			210	70	69	84	83	0,38	45,5	0,17	38	0,9	3,1
0,3	0,24			210	117	75	286	184	0,57	127	0,22	52	0,9	0,2
0,3	0,24			210	117	72	300	184	0,57	127	0,22	50	0,9	0,2
0,6	0,61				40	42	98	103	0,4	68	0,34	28	1,08	
0,6	0,61				40	40	102	103	0,4	68	0,34	27	1,08	
														8,1

ТЕХНИКО-НОРМИРОВОЧНАЯ КАРТА

для металлообрабатывающих станков автомобильного производства

Станок	Тип и фирма	Модель	Мощность	Инв. №	Охлаждение
	Одношпиндельный автомат	1124	3,7 квт		Сульфозфрезол

№ детали и наименование	Сопло горелки	Вес в кг	Материал и его твердость
			ЛС-59-1

№ операции и наименование с указанием основных размеров обработки (диаметр d с допуском, модуль m , число зубьев детали z_d и др.)	Автоматная (см.)
--	------------------

Количество одновременно обрабатываемых деталей q , диаметр расположения деталей на круглом столе $d_{расп}$, скорость круга $v_{кр}$ и др.	
---	--

Расчет режима

№ позиции, перехода	№ суппорта, головки	№ по эскизу	Инструмент	Размеры обработки в мм					на зуб s_z		
			Наименование с указанием основных размеров (диаметр D , число зубьев z_d , ширина B , угол в плане ϕ и др.) и марка материала (или характеристика шлифовального круга)	Диаметр d	Точность δ	Глубина t , припуск a	Ширина b	Длина $L_{рез}$	Длина рабочего хода $L_{р.х}$	по нормативам	принятая
II			Сверло $D = 10$, $\phi 90^\circ$; P9	4				2	2,5		
III			Сверло $D = 3$; P9	3				4,2	5,2		
IV			Резец проходной; P9	9,2		1,0		4,4	5,4		
V			Резец фасонный; P9	9,2			13	1,0	1,5		
VI			Плашка; P18	6				5,5	7,5		
VII			Резец отрезной; P9	7,5			2	4,0	5,0		

Примечание. Подробный расчет см. в прилагаемом бланке расчета

Завод		Эскиз обработки Эскиз обработки см. на стр. 343 и паспортные данные станка — на стр. 340—341
Цех		
Участок		
Заготовка		
Продукт		
Эскиз обработки)		

Эскиз обработки

Подача в мм						Стойкость T_r в мин по нормативам	Скорость v в м/мин		Число оборотов (двойных ходов) в минуту n		Основное технологическое (машинное) время t_M в мин	Мощность резания (обработки) $N_{рез}$ в кВт
на оборот или двойной ход		в минуту s_M		по нормативам	рассчитанная по принятому ρ		рассчитанное по нормативной ρ	принятое	по нормативам	принятая		
s_0	s_f (на глубину)	по нормативам	принятая									
				по нормативам	принятая		по нормативам	рассчитанная	принятая			
0,05	0,05			16	75	24	6000	1900				
0,08	0,08			22	48	18	5000	1900				
0,14	0,14			12	115	55	4000	1900				
0,06	0,06			7	90	55	3100	1900				
0,75	0,75				8	7	425	380				
0,07	0,065			23	90	45	3800	1900				

Режима обработки на одишпиндельном автомате (стр. 332—333).

Бланк расчета режимов обработки на одношпиндельные автоматы (приложение к технико-нормировочной карте)

Переход		Инструмент		Размер обработки в мм				Подача s_0 в мм/об (по нормативам)	Отношение чисел оборотов на замедленном и нормальном вращении ψ
№ по эскизу	Наименование	№ по эскизу	Наименование и материал	Диаметр d	Глубина t , ширина b	Длина $L_{рез}$	Длина рабочего хода L_p , x		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	Подача материала Переключение револьверной головки								
II	Центрование Переключение револьверной головки	1	Сверло $\varnothing 10$; P9	4		2	2,5	0,05	
III	Сверление Переключение револьверной головки	2	Сверло $\varnothing 3$; P9	3		4,2	5,2	0,08	
IV	Обточка Отход револьверной головки	3	Резец проходной; P9	9,2	1,0	4,4	5,4	0,14	
V	Фасонное точение Калибрование профиля Отход фасонного резца	4	Резец фасонный; P9	9,2	13	1,0	1,5	0,06	
VI	Нарезание резьбы Свертывание плашки Отход револьверной головки	5	Плашка; P18	6		5,5	7,5	0,75	1 : 5
VII	Отрезка Отвод отрезного резца	6	Резец отрезной; P9	7,5	2	4	5	0,07	

$n_0 = 0$;

Примечание. Результаты расчета записывают в технико-нормиро

Технико-нормировочная карта для металлообрабатывающих станков автомобильного производства

Станок	Тип и фирма	Модель	Мощность	Инв. №	Охлаждение					
	Токарный 4-шпиндельный автомат	123	11,8 квт		Сульфозрезол					
№ детали и наименование		Гайка соединительная	Вес в кг		Материал и его твердость					
					Сталь 30. НВ 170—230					
№ операции и наименование с указанием основных размеров обработки (диаметр d с допуском, модуль m , число зубьев детали z и др.)					Автоматная					
Количество одновременно обрабатываемых деталей q , диаметр расположения деталей на круглом столе $d_{расп}$, скорость круга $v_{кр}$ и др.										
Расчет режима										
№ позиции, перехода	№ суппорта, головки	Инструмент		Размеры обработки в мм					на зуб	
				Диаметр d	Точность δ	Глубина t , притупок a	Ширина b	Длина $L_{рез}$	Длина рабочего хода L_p	x
№ по эскизу	Наименование с указанием основных размеров (диаметр D , число зубьев z , ширина B , угол в плане ϕ и др.) и марка материала (или характеристика шлифовального круга)	1	2							
I	1	Резец фасонный; P9	19,6			24	3,6	5		
	2	Сверло $D = 12$; P9	9,6				4,8	26		
II	3	Резец фасонный; P9	19,6			24	2,8	4		
	4	Сверло $D = 7,9$; P9	7,9				24,5	26		
III	5	Резец фасонный; P9	14,2			14	2,1	4		
	6	Развертка $D = 8,3$; P9	8,3	0,2			21,4	27,7		
IV	7	Гребейка; P18	14				9,5			
	8	Резец отрезной; P9	15			3	4,4	6		

Завод		Эскиз обработки
Цех		
Участок		
Заготовка		
Пруток		
(см. эскиз обработки)		

Эскиз обработки см. на стр. 344

обработки

Подача в мм				Стойкость T_p в мин по нормативам	Скорость v в м/мин			Число оборотов (двойных ходов) в минуту n					Основное технологическое (машинное) время t_M в мин	Мощность резания (обработки) $N_{рез}$ в кВт
на оборот или двойной ход		в минуту s_M												
s_0		s_f (в глупину)												
по нормативам	принятая	по нормативам	принятая											
0,08	0,04			85	46	30	750							
0,2	0,2			25	19	15	635							
0,08	0,03			75	46	30	750							
0,2	0,2			120	12	12	485							
0,05	0,03			60	55	22	1240	491				$t_M = 0,35$		
0,35	0,21				17	13	650							
1,5	1,5				12	7	840							
0,13	0,09			45	44	23	930							

**Бланк расчета режима обработки на многошпиндельные
токарные автоматы**
(приложение к технико-нормировочной карте)

Станок	Инв. №	Тип и фирма	Мощность	Охлаждение
		Токарный 4-шпиндельный автомат 123	11,8 <i>кат</i>	Сульфофрезол

Исходные данные для расчета

№ позиции по эскизу	Суппорт или инструментальный шпindelь		Инструмент				Размеры обработки в мм		Передаточное отношение число оборотов инструмента $i =$ число оборотов детали
	№ суппорта по эскизу	Наименование	№ по эскизу	Наименование	Материал	Наибольший диаметр обработки d	Глубина (ширина) обработки (b)	Длина $L_{рез}$	
I		Поперечный	1	Резец фасонный	P9	19,6	24	3,6	0
		Продольный	2	Сверло	P9	9,6	—	4,8	0
II		Поперечный	3	Резец фасонный	P9	19,6	24	2,8	0
		Продольный	4	Сверло	P9	7,9	—	24,5	0
III		Поперечный	5	Резец фасонный	P9	14,2	14	2,1	0
		Инструментальный шпindelь	6	Развертка	P9	8,3	0,2	21,4	0
IV		Инструментальный шпindelь	7	Гребенка	P18	14	—	9,5	0,674
		Поперечный	8	Резец отрезной	P9	14	3	4,4	0

* Угол поворота распределительного вала (55°) при нарезании резьбы = 0° ; $\theta_{отв} = 9^\circ$). Уточненное по паспорту станка число оборотов шпинделя $n = 491$ об/мин. Число оборотов распределитель Время цикла $t_{ц} = 0,35$ мин.

Завод	Цех	Участок
№ и наименование детали		
№ операции		
Материал и его твердость		
Гайка соединительная		
Сталь 30, НВ 170—230		

Расчет длин рабочих ходов и подач								Расчет скоростей и чисел оборотов					
Расчетная длина рабочего хода L_p, x в мм	Соотношение плеч рычагов f	Подъем кулачков, уточненный по чертежу $H, в мм$	Угол рабочей части кулачка θ	Длина рабочего хода, уточненная по кулачкам L_p, x в мм	Подача S_0 в мм/об по нормативам	Расчетное число оборотов шпинделя за один оборот распределительного вала n_p	Уточненная подача S_0 в мм/об по принятому n_p	Угол поворота распределительного вала на рабочем ходу $\theta_{p, x}$	Стойкость T_p в минутах резания	Скорость v в м/мин по нормативам	Расчетное число оборотов шпинделя n в минуту	Скорость, уточненная по принятому числу оборотов шпинделя	Мощность резания (обработки) $N_{рез}$ в квт
4,6	1	5	103,5	5	0,08	216	0,04		85	46	750	30	
26	1	26	112	26	0,2	418	0,2		25	19	635	15	
4	1	4	103	4	0,08	175	0,03		75	46	750	30	
26	1	26	112	26	0,2	420	0,2		120	12	485	12	
3,5	1	4	103	4	0,05	280	0,03	130	60	55	1240	22	
27	1,54	18	112	27,7	0,35	254	0,21		—	17	650	13	
15	1	—	55°	—	1,5	—	—		—	12	840	7	
6	1	6	55	6	0,13	305	0,09		45	44	930	23	

определен при построении циклограммы ($\theta_{подв} = 15^\circ$; $\theta_{нар} = 31^\circ$; $\theta_{рев} =$
 доля за оборот распределительного вала $n_p = 426$. Принятое по паспорту
 ного вала на ускоренном ходу (по паспорту станка) $n_{x, x} = 18,2$ об/мин.

**Паспортные данные токарного полуавтомата 1А730
(к примерам расчета режимов обработки на токарных
многорезцовых полуавтоматах)**

Число оборотов шпинделя n в минуту:

56, 71, 91, 112, 140, 180, 224, 280, 355, 450, 560, 710.

Наибольший допустимый крутящий момент $M_{кр}$ в кгм:

200, 155, 123, 110, 100, 79, 62,5, 45, 32, 26, 20,5, 15,8.

Поддачи суппортов s_0

Длина хода суппорта L_p в мм		s_0 в мм/об при продольной подаче							
продольного	поперечного	0,12	0,17	0,23	0,34	0,49	0,71	0,97	1,38
250	25	0,016	0,02	0,03	0,05	0,07	0,1	0,13	0,19
250	32,5	0,021	0,03	0,04	0,06	0,09	0,13	0,17	0,24
250	40	0,027	0,04	0,05	0,08	0,11	0,16	0,22	0,31
250	50	0,03	0,05	0,07	0,1	0,14	0,2	0,28	0,4
250	65	0,04	0,06	0,09	0,12	0,18	0,26	0,36	0,51
250	80	0,05	0,07	0,1	0,15	0,22	0,31	0,43	0,61
250	97	0,06	0,09	0,13	0,19	0,26	0,38	0,52	0,74
250	122	0,08	0,11	0,15	0,22	0,31	0,46	0,62	0,89
214	135	0,1	0,14	0,19	0,28	0,4	0,58	0,79	1,13
175	135	0,13	0,18	0,25	0,36	0,52	0,76	1,03	1,47
139	135	0,16	0,23	0,31	0,45	0,65	0,95	1,29	1,84
108	135	0,20	0,29	0,4	0,58	0,83	1,22	1,66	2,37

Эффективная мощность на шпинделе в квт	11,2
Допустимая мощность по слабому звену	11,6
Расчетный коэффициент полезного действия станка . . .	0,8

**Паспортные данные токарно-карусельного станка 1284
(к примеру расчета режима обработки на многшпиндельном
токарном полуавтомате)**

Подачи s_0 в мм/об

0,17—0,22—0,24—0,34—0,41—0,51—0,61—0,76—1,17—1,62—1,98—
2,45—3,0—3,65—5,1—5,7—7,3

Примечание. Для «сдвоенных» суппортов с соотношением ходов 1 : 1; 1 : 2; 1 : 3 подача горизонтального суппорта соответственно равна подаче вертикального суппорта или меньше ее в 2 или 3 раза.

Числа оборотов шпинделей n в минуту:

21—23—26—29,5—33—37—41—45,5—50—56—62—68—75—83—92—
103—108—114—127—143—162—184

Примечания: 1. Максимальный крутящий момент $M_{кр}$, допускаемый на одном шпинделе, 155 кгм.

2. Максимально допустимая мощность на одном шпинделе 12 л. с.

3. Суммарная мощность N на всех резцах до 21 л. с. Нормально шпиндели должны получить число оборотов до 75, на числа оборотов до 114 можно настраивать для одновременной работы до трех шпинделей в зависимости от момента инерции массы патрона и детали (по условиям торможения).

Наладка на число оборотов от 114 до 184 может производиться только на основе экспериментальной проверки, в результате которой могут потребоваться индивидуальные тормоза на шпиндели.

Из паспорта одношпиндель
(к примеру расчета режима обработки на

Сменные шестерни коробки скоро

Сменные шестерни *		Обороты шпинделя				Сменные шестерни *	
		левые		правые			
26	58	480	190	240	95	44	40
30	54	600	240	300	120	49	35
35	49	750	300	375	150	54	30
40	44	960	380	480	190	58	26

* Каждой паре шестерен соответствуют два значения чисел оборотов в

Сменные шестерни подачи и

Рабочее время для обработки одной детали в сек	Число зубьев сменных шестерен подачи				Число сотых делений кулачков, потребных для				
	на приводном валу	на гитаре		на червячном валу	лодочн и зажима прутка	одного переключения револьверной головки		3,2	4
		спереди	сзади			Первое переключение	Каждое последующее переключение	Число	
					190			240	
8	75	40	60	30	13	9	9		
9	75	60	80	30	12	8	8		
10	70	35	60	40	11	7	7		
11	75	50	55	30	10	6	6		
12	70	35	75	60	9	6	6		
13	75	65	80	40	8	5,5	5,5		
14	60	75	80	30	8	5	5		
15	75	60	80	50	7	4,5	4,5		
16	75	25	50	80	7	4,5	4,5		
17	60	40	65	55	6	4	4		68
18	70	35	50	60	6	4	4		72
20	75	25	40	80	5	4	4		80
22	50	60	65	40	5	3	4	70	88
24	75	30	40	80	5	3	4	76	96
26	50	65	60	40	4	3	4	82	104

ного автомата 1124

токарном одношпиндельном прутковом автомате)

стей и числа оборотов шпинделя

Обороты шпинделя				
левые		правые		
1200	480	600	240	Продолжительность переключения револьверной головки 0,67 сек. Продолжительность подачи и зажима прутка 1 сек. Продолжительность переключения быстрого и медленного вращения 0,25 сек. Продолжительность переключения правого и левого вращения 0,25 сек.
1500	600	750	300	
1900	750	950	375	
2400	950	1200	480	

зависимости от положения муфты коробки скоростей.

время изготовления детали

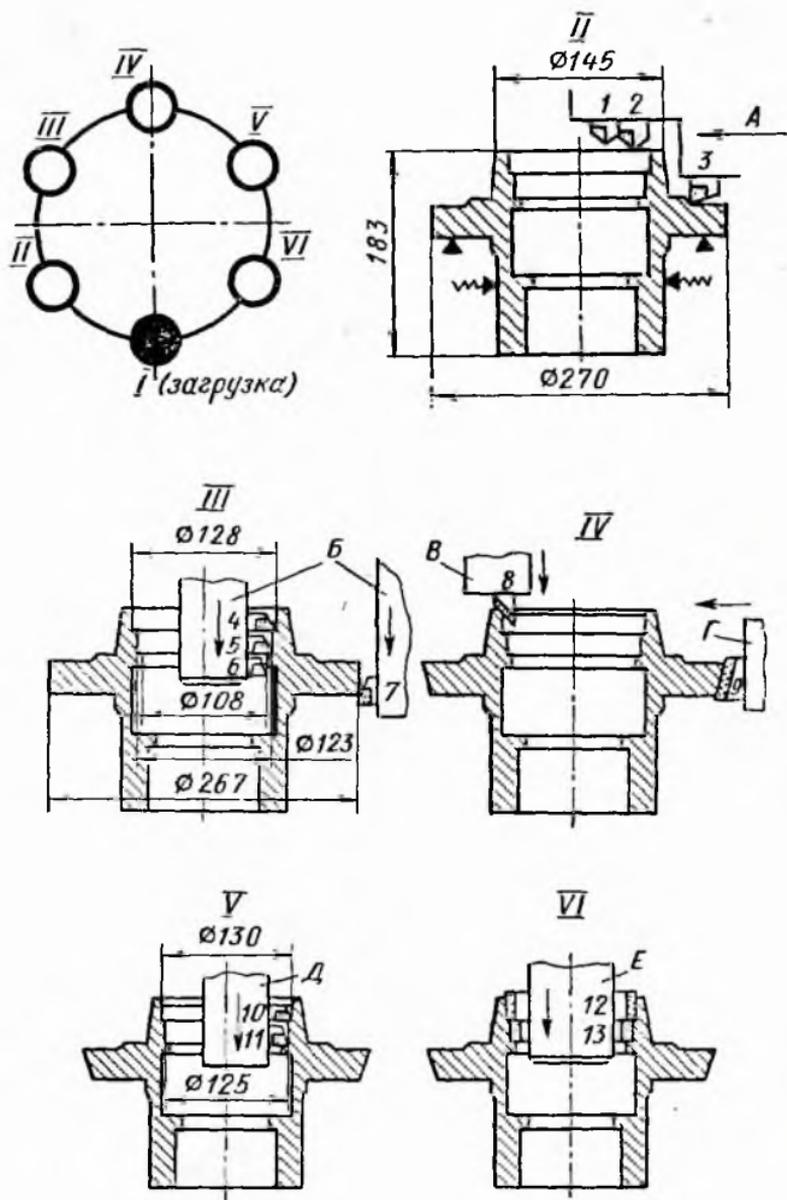
Число оборотов шпинделя в 1 сек

5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,7	40
---	-----	---	----	------	----	----	----	------	----

оборотов шпинделя за один оборот распределительного вала (за время обработки одной детали) при числе оборотов шпинделя в 1 мин

300	380	480	600	750	960	1200	1500	1900	2400
		64	80	100	128	160	200	253	320
		72	90	113	144	180	225	285	360
		80	100	125	160	200	250	317	400
	70	88	110	138	176	220	275	348	440
	76	96	120	150	192	240	300	380	480
	82	104	130	163	208	260	325	412	520
70	89	112	140	175	224	280	350	443	560
75	95	120	150	188	240	300	375	475	600
80	102	128	160	200	256	320	400	507	640
85	108	136	170	213	272	340	425	538	680
90	114	144	180	225	288	360	450	570	720
100	127	160	200	250	320	400	500	633	800
110	140	176	220	275	352	440	550	697	880
120	152	192	240	300	384	480	600	760	960
130	165	208	260	325	416	520	650	823	1040

Эскиз обработки ступицы заднего колеса
(к примеру расчета режима обработки на токарном полуавтомате)



Эскиз обработки сопла горелки

(к примеру расчета режима обработки на токарном одношпиндельном прутковом автомате)

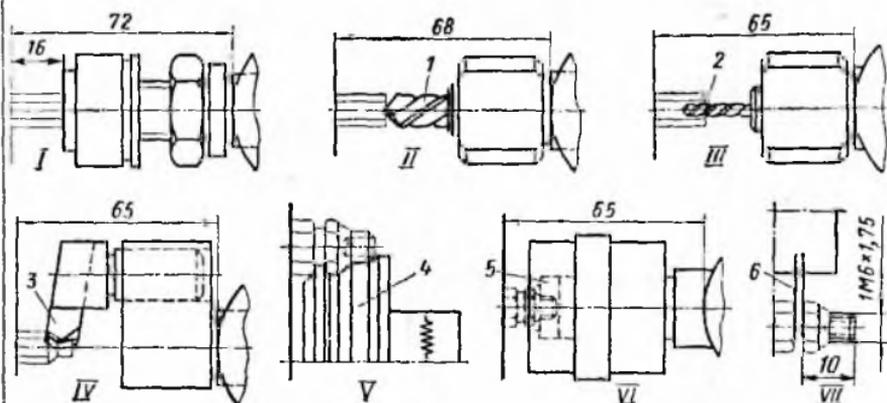


Схема кулачков

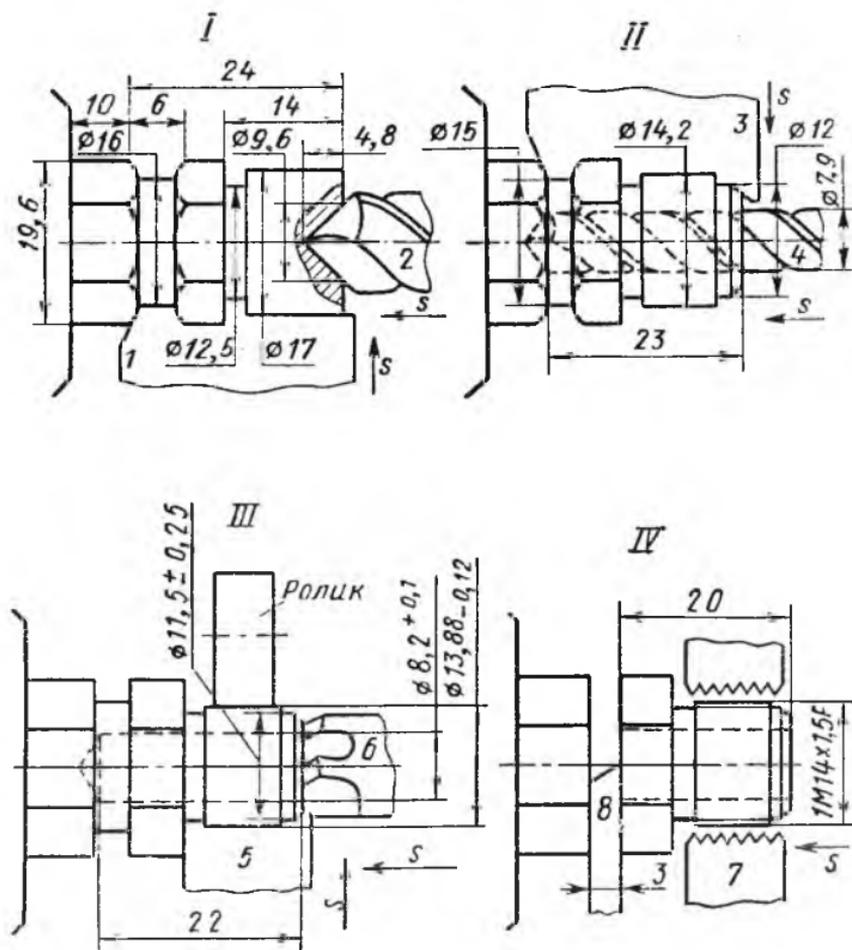
(к примеру расчета режима обработки на токарном одношпиндельном прутковом автомате)



Наименование перехода	Лучи			
	ХОЛОСТОГО ХОДА	РАБОЧЕГО ХОДА	ОТ	ДО
Револьверная головка				
Подача до упора и зажим прутка	7	0	7	
Переключение револьверной головки	5	7	12	
Центрование		10	12	22
Переключение револьверной головки	4,5	22	26,5	
Сверление		13,5	26,5	40
Переключение револьверной головки	4,5	40	44,5	
Обточка		7,5	44,5	52
Отход револьверной головки	2	52	51	
Нарезание резьбы		10,5	63,5	74
Свертывание плашки	2,5	74	76,5	
Отход револьверной головки	1	76,5	77,5	
Передний суппорт				
Фасовое точение		5,5	54	59,5
Зачистка	0,5	59,5	60	
Отход фасового резца	3,5	60	63,5	
Задний суппорт				
Отрезка		16	77,5	93,5
Отход отрезного резца	6,5	93,5	100	
Итого . . .	37	63		

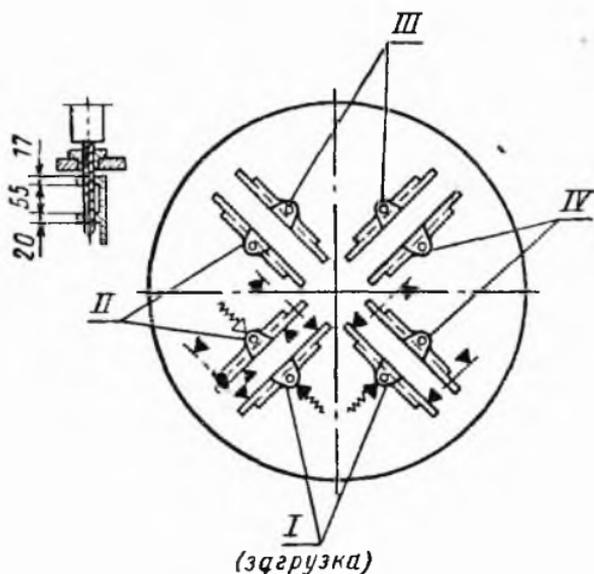
Примечание. В перечне переходов холостые ходы, совмещенные по времени, не приведены.

Эскиз обработки соединительной гайки
(к примеру расчета режима обработки на токарном
многшпиндельном прутковом автомате)



**Эскиз обработки колодки ручного тормоза
и паспортные данные станка 2A135**

(к примеру расчета режима обработки на сверлильном станке с многошпиндельной головкой)



На станке установлены 6-шпиндельная головка и 4-позиционное приспособление.

На позиции одновременно обрабатываются две детали.

**Паспортные данные вертикально-сверлильного станка
2A135 завода им. Ленина**

Число оборотов шпинделя $n_{ш}$ в минуту	68	100	140	195	275	400	530	750	1100		
Подачи s_0 в мм/об	0,12	0,15	0,2	0,25	0,32	0,43	0,57	0,725	0,96	1,22	1,6
Максимальное усилие подачи $F_{\text{пмах}}$ в кг									1600		
Допустимый крутящий момент на шпинделе в кг·см									4000		
Мощность электродвигателя $N_{\text{дв}}$ в квт									4,5		
Коэффициент полезного действия станка									0,75		

Технико-нормировочная карта для металлообрабатывающих станков автомобильного производства

Станок	Тип и фирма	Модель	Мощность	Иив. №	Охлаждение
	Вертикально-сверлильный завода им. Ленниа	2А135	4,5 квт		Эмульсия
№ детали и наименование	Колодка ручного тормоза	Вес в кг		Материал и его твердость	
				Чугун ковкий, HB < 163	
№ операции и наименование с указанием основных размеров обработки (диаметр d с допуском, модуль m , число зубьев детали z_d и др.)				Обработать а) свер б) зенке в) развернуть до	
Количество одновременно обрабатываемых деталей q , диаметр расположения деталей на круглом столе $d_{расп}$, скорость круга $v_{кр}$ и др.					

Расчет режима

№ позиции, перехода	№ суппорта, головки	№ по эскизу	Инструмент Наименование с указанием основных размеров (диаметр D , число зубьев z_u , ширина B , угол в плане ϕ и др.) и марка материала (или характеристика шлифовального круга)	Размеры обработки в мм					на зуб s_z			
				Диаметр d	Точность δ	Глубина t , припуск a	Ширина b	Длина $L_{рез}$	Длина рабочего хода L_p, x	по нормативам	принятая	
II			Сверло $D = 18,5$; P9	18,5					17+20	118		
III			Зенкер $D = 19,7$; P9	19,7	0,15	0,6			17+20	118		
IV			Развертка $D = 20$; P9	20	0,033	0,15			17+20	118		

Примечание. Подробный расчет см на прилагаемом бланке расчета

Завод		Эскиз обработки
Цех		
Участок		
Заготовка		Эскиз обработки и паспортные данные станка см. на стр. 345
Отливка		
два отверстия в линию диаметр до $\varnothing 18,5$; диаметр до $\varnothing 19,7 \pm 0,15$ $\pm 0,20 \pm 0,033$ с шероховатостью поверхности $Ra 6$		
На каждой из четырех позиций станка с 6-шпильдельной головкой установлено по две детали		

обработки

Поддача в мм				Стойкость T_p в мин по нормативам	Скорость v в м/мин	Число оборотов (двойных ходов) в минуту n	Передаточное отношение i	Поддача на оборот шпинделя станка $s_{об}$ в мм/об	Число оборотов шпинделя станка $n_{ш}$ в минуту	Осевая сила резания P_0 в кг	Основное технологическое (машинное) время t_M в мин	Мощность резания (обработки) $N_{рез}$ в кВт			
на оборот или двойной ход		в минуту s_M													
s_0	s_f (на глупину)														
по нормативам	принятая	по нормативам	принятая	по нормативам или рассчитанная	принятая	по нормативам	рассчитанная	по принятому n	рассчитанное по нормативной v	принятое					
0,33	0,34			140	84	40	23,8	14	410	245	1,25			800	1,35
0,45	0,34			235	84	40	24,4	15	394	245	1,25	0,43	195	34,0	0,9
1,2	0,57			95	84		12	9	191	145	0,75			834	2,25
											1,4 (0,7 на одну деталь)				

режима обработки на сверлильные станки при многоинструментной обработке.

**Бланк расчета режима обработки на сверлильные станки
при многоинструментной обработке
(приложение к технико-нормировочной карте)**

Станок	Кив. №	Тип, фирма и модель	Мощность	Охлаждение													
	Вертикально-сверлильный 2А135, завода им. Дзержинского				4,5 квт	Эмульсия											
Инструмент					№ головки	№ по эскизу	Наименование	Диаметр D в мм	Материал	Количество	Глубина (ширина) обработки $t(b)$ в мм	Длина обработки $L_{рез}$ в мм	Длина рабочего хода $L_{р. х}$ в мм	Передаточное отношение $i = \frac{\text{число оборотов инструментов}}{\text{число оборотов шпинделя станка}}$	Поддача s_m в мм/мин		
															по нормативам для инструментов	расчетная	принятая по паспорту
					40	23	В410	140	245	14	1,4	0,7	84	1,35	0,9	84	2,25
					40	24	А394	134	245	16	1,4	0,7	84	1,35	0,9	84	2,25
					12	191	109	109	234	9	1,4	0,7	84	1,35	0,9	84	2,25
					18,5	19,7	Р9	2	0,6	0,15	17	20	101	1,25	0,33	0,41	0,34
					20	Р9	2	0,15	17	20	118	1,25	0,46	0,56	0,34	0,57	0,48
					18,5	19,7	Р9	2	0,6	0,15	17	20	101	1,25	0,33	0,41	0,34
					20	Р9	2	0,15	17	20	118	1,25	0,46	0,56	0,34	0,57	0,48

Примечание. Основные данные по расчету записывают в технико-

Завод	Цех	Участок
М. головки и тип	№ детали и наименование	№ операции
Б-шпиндельная головка	Колодка ручного тормоза	Материал и его твердость
		Чугун ковкий $HV < 163$

Стойкость T_p в мин по нормативам	Скорость v в м/мин по нормативам	Число оборотов n в минуту, рассчитанное по v нормативной	Минутная подача s_m в мм/мин	Число оборотов шпинделя $n_{ш}$ в минуту	Рекомендуемая режимная скорость работы инструмента	Основное технологическое (машинное) время t_M в мин	Уточненный режим по принятому машинному времени работы станка
40	23	В410	140	245	14	1,4	0,7
40	24	А394	134	245	16	1,4	0,7
12	191	109	109	234	9	1,4	0,7
		109	234	195			
		245	14	245	16	1,4	0,7
		145	9	84			
		84					
		84	2,25				

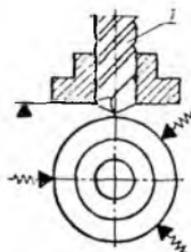
нормировочную карту.

Технико-нормировочная карта для металлообрабатывающих станков автомобильного производства

Станок	Тип и фирма	Модель	Мощность	Инв. №	Охлаждение						
		Вертикально-сверлильный завода им. Ленина	2A135	4,5 кВт		Эмульсия					
№ детали и наименование	Шестерня паразитная заднего хода коробки передач	Вес в кг		Материал и его твердость							
				Сталь 35Х НВ 170—217							
№ операции и наименование с указанием основных размеров обработки (диаметр d с допуском, модуль m , число зубьев детали z_d и др.)					Сверлить отверстие стороны						
Количество одновременно обрабатываемых деталей q , диаметр расположения деталей на круглом столе $d_{расп.}$, скорость круга $v_{кр}$ и др.											
Расчет режима											
№ позиции, перехода	№ суппорта, головки	Инструмент		Размеры обработки в мм				на зуб s_z			
		№ по эскизу	Наименование с указанием основных размеров (диаметр D , число зубьев z_u , ширина B , угол в плане Φ и др.) и марка материала (или характеристика шлифовального круга)	Диаметр d	Точность δ	Глубина t , припуск a	Ширина b	Длина $L_{рез}$	Длина рабочего хода L_p, x	по нормативам	принятая
		1	Сверло $D=18; P9$	18				29	38		

Завод	
Цех	
Участок	
Заготовка	
Поковка	
18 на длину 29 со мелкого торца	

Эскиз обработки



Паспортные данные станка 2A135
см. на стр. 345

обработки

Подача в мм				Стойкость T_r в мин по нормативам	Скорость v в м/мин	Число оборотов (двойных ходов) в минуту n	Осевая сила резания P_0 в кг			Основное технологическое (машинное) время t_m в мин	Мощность резания (обработки) $A_{рез}$ в кВт
на оборот или двойной ход		в минуту s_m									
s_0	s_f (на глубину)	по нормативам или рассчитанная	принятая								
по нормативам	принятая	по нормативам	принятая	30	20	15.5	352	275	950	0,32	1,6

Технико-нормировочная карта для металлообрабатывающих станков автомобильного производства

Станок	Тип и фирма	Модель	Мощность	Инв. №	Охлаждение
	Горизонтально-сверлильный трехсторонний		6 квт		Эмульсия
№ детали и наименование	Картер	Вес в кг		Материал и его твердость	
				Чугун серый НВ 163—229	
№ операции и наименование с указанием основных размеров обработки (диаметр d с допуском, модуль m , число зубьев детали z_d и др.)				а) 4 отв.	Сверлить 12 Ø 8,3 на дли
				б) 4 отв.	Ø 10 на дли
				в) 4 отв.	Ø 6 на дли
Количество одновременно обрабатываемых деталей q , диаметр расположения деталей на круглом столе $d_{расч}$, скорость круга $v_{кр}$ и др.					

Расчет режи

№ позиции, перехода	№ суппорта, головки	№ по эскизу	Инструмент	Размеры обработки в мм						на зуб	
			Наименование с указанием основных размеров (диаметр D , число зубьев z_d , ширина B , угол в плане Φ и др.) и марка материала (или характеристика шлифовального круга)	Диаметр d	Точность b	Глубина t , припуск a	Ширина b	Длина $L_{рез}$	Длина рабочего хода $L_{р. х}$	s_z	
										по нормативам	принятая
I	1	1	Сверло $D = 8,3$ (4 шт.); Р9	8,3	—	—	—	25	30	—	—
II	2	2	Сверло $D = 10$ (4 шт.); Р9	10	—	—	—	22	28	—	—
III	3	3	Сверло $D = 6$ (4 шт.); Р9	6	—	—	—	23	28	—	—

Примечание. Подробный расчет см. на прилагаемом бланке расчета

Завод

Цех

Участок

Заготовка

Отливка

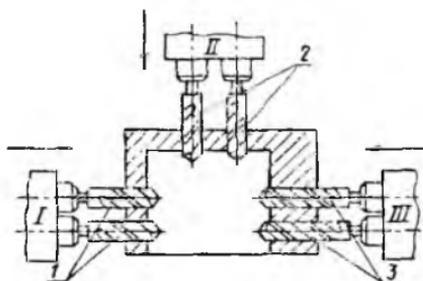
верстей:

25 под резьбу;

22 под развертывание;

23

Эскиз обработки



В каждой головке закреплено четыре сверла. Головки работают одновременно
Подача гидравлическая

обработки

Подача в мм

на оборот или двойной ход

в минуту S_M Скорость U в м/минЧисло оборотов (двойных ходов) в минуту n

Основное технологическое (машиное) время T_M в мин
Мощность резания (обработки) $N_{рез}$ в ккал

по нормативам	S_0		S_f (на глубину)		по нормативам или рассчитанная		Стойкость T_p в мин по нормативам	Скорость U в м/мин		Число оборотов (двойных ходов) в минуту n						Основное технологическое (машиное) время T_M в мин	Мощность резания (обработки) $N_{рез}$ в ккал
	принятая	по нормативам	принятая	принятая	принятая	принятая		по нормативам	рассчитанная	рассчитанное	принятые						
16	0,16	—	—	—	110	115	120	19,2	19	735	720					0,26	0,9
15	0,15	—	—	—	92	102	120	21,1	21,5	637	680					0,28	1,4
15	0,15	—	—	—	115	104	120	18,3	15	973	695					0,27	0,5 2,8

сжима обработки на сверлильные станки при многоинструментной обработке.

**Блаик расчета режима обработки на сверлильные станки
при многоинструментной обработке**
(приложение к технико-нормировочной карте)

Станок	Инв. №	Тип и фирма	Мощность	Охлаждение	№ головки и тип									
		Горизонтально-сверлильный трехсторонний	6 квт	Эмульсия										
№ головки	Инструмент					Подача s_0 в мм/об					Стойкость T_p в мин по нормативам			
	№ по эскизу	Наименование	Диаметр D в мм	Материал	Количество	Глубина (ширина) обработки t (h) в мм	Длина обработки $L_{рез}$ в мм	Длина рабочего хода L_p, x в мм	Передаточное отношение число оборотов инструментов i — число оборотов шпинделя станка по нормативам для инструментов	Шпиндель с учетом i				
									расчетная	принятая по паспорту	принятая для инструментов			
I	1	Сверло	8,3	P9	4	—	25	30	1,2	0,16	0,19	0,19	0,16	120
II	2	Сверло	10	P9	4	—	25	28	1	0,15	0,15	0,15	0,15	120
III	3	Сверло	—	P9	4	—	23	28	0,8	0,15	0,12	0,12	0,15	120

Примечание Основные данные по расчету записывают в технико-

Завод		Цех		Участок												
№ детали и наименование				№ операции		Материал и его твердость										
Картер				Чугун серый, HB 163—229												
Скорость v в м/мин по нормативам	Число оборотов n в минуту, рассчитанное по $v_{норм}$	Минутная подача S_M в мм/мин		Число оборотов шпинделя $n_{ш}$ в минуту		Рекомендуемый режим работы инструментов		Уточненный режим резания по принятому машинному времени работы станка								
		инструментов	головки	расчетное	принятое по паспорту	Число оборотов n в минуту	Скорость v в м/мин	Минутная подача S_M в мм/мин	Основное технологическое (машинное) время T_M в мин	Минутная подача S_M в мм/мин	Число оборотов шпинделя $n_{ш}$ в минуту	Число оборотов инструментов n в минуту	Скорость v в м/мин			
Осевая сила резания P_0 в кг		Мощность резания (обработки) $N_{рез}$ в квт														
19,2	735	118	118	610	600	720	19	115	0,26	115	600	720	19	0,26	440	0,9
11,1	673	100	100	673	680	680	21,5	102	0,28	102	680	680	21,5	0,28	490	1,4
18,3	973	146	146	1210	985	790	15	119	0,24	104	870	695	13	0,27	300	0,5
														1230	2,8	

Нормировочную карту.

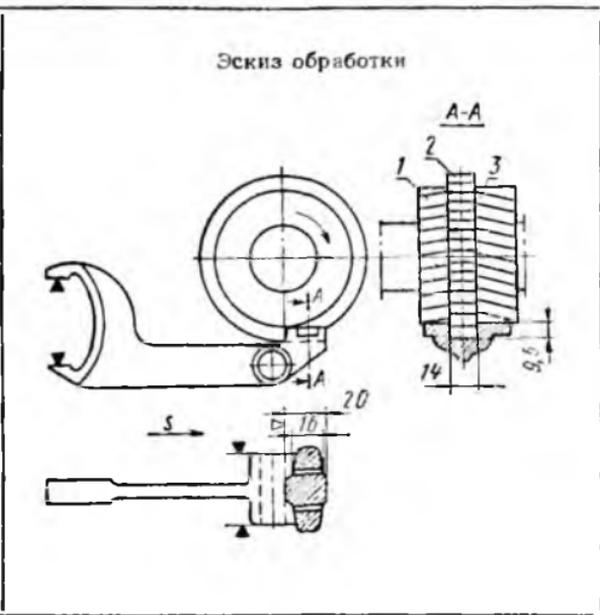
Технико-нормировочная карта для металлообрабатывающих станков автомобильного производства

Станок	Тип и фирма	Модель	Мощность	Инв. №	Охлаждение
	Горизонтально фрезерный	6М82	7,8 квт		Эмульсия
№ детали и наименование	Вилка переключения	Вес в кг	Материал и его твердость		
			Сталь 35, НВ 143—196		
№ операции и наименование с указанием основных размеров обработки (диаметр d с допуском, модуль m , число зубьев детали z_d и др.)					Фрезеровать
Количество одновременно обрабатываемых деталей q , диаметр расположения деталей на круглом столе $d_{расп}$, скорость круга $v_{кр}$ др.					

Расчет режима

№ позиции, перехода	№ суппорта, головки	№ по эскизу	Инструмент Наименование с указанием основных размеров (диаметр D , число зубьев z_u , ширина b , угол в плане Φ и др.) и марка материала (или характеристика шлифовального круга)	Размеры обработки в мм					на зуб		
				Диаметр d	Точность δ	Глубина t , припуск a	Ширина b	Длина $L_{рез}$	Длина рабочего хода $L_{р. х}$	s_z	
										по нормативам	принятая
		1	Дисковая двусторонняя фреза $D = 90$; $z_u = 20$; Р9			2	13	16	60	0,2	0,1
		2	Дисковая трехсторонняя фреза $D = 110$; $z_u = 20$; Р9	0,1		11,5	14	20	60	0,1	0,1
		3	Дисковая двусторонняя фреза $D = 90$; $z_u = 20$; Р9			2	16	16	60	0,2	0,1

Завод	
Цех	
Участок	
Заготовка	
Поковка	
паз и плоскость гребня	



обработкн

Подача в мм				Стойкость T_D в минутах резания по нормативам	Скорость v в м/мин		Число оборотов (двойных ходов) в минуту n		Подача на зуб s_z , уточненная по принятому режиму	Максимальная ширина фрезерования b_{max}	Основное технологическое (машинное) время t_M в мин	Мощность резания (обработки) $N_{рез}$ в кет	
на оборот или двойной ход		в минуту s_M			по нормативам	рассчитанная по принятому n	рассчитанное по нормативной v	принятое					
по нормативам	принятая	s_f (на глубину)	по нормативам или рассчитанная										принятая
4	2		210	182	82	65	30	230	105	0,09	17	0,7	
10	5		210	182	100	44	36	127	105	0,09	14	0,33	2,7
4	2		210	182	82	65	30	230	105	0,09	22	0,9	4,8

Технико-нормировочная карта для металлообрабатывающих станков автомобильного производства

Станок	Тип и фирма	Модель	Мощность	Инв. №	Охлаждение						
	Горизонтально-протяжной завода им. Кирова	7Б520	20 квт		Сульфозфрезол						
№ детали и наименование	Конеч карданного вала		Вес в кг	Материал и его твердость							
				Сталь 40Х, НВ 170—207							
№ и наименование операции с указанием основных размеров обработки (диаметр d с допуском, модуль m, число зубьев детали z_d и др.)			Протянуть круглое отверстие хovatостью								
Количество одновременно обрабатываемых деталей q диаметр расположения деталей на круглом столе $d_{рас}$; скорость круга $v_{кр}$ и др.											
Расчет режи											
№ позиции, перехода	№ суппорта, головки	№ по эскизу	Инструмент		Размеры обработки в мм				на зуб		
			Наименование с указанием основных размеров (диаметр D, число зубьев z_d, ширина B угол в плане ϕ и др.) и марка материала (или характеристика шлифовального круга)		Диаметр d	Точность δ	Глубина t, припуск a	Ширина b	Длина $L_{рез}$	Длина рабочего хода L_p, x	по нормативам
			Протяжка круглая прогрессивная с числом зубьев в секции $z_d = 3$. Шаг зубьев $t = 18$. Длина рабочей части $l_n = 600$; быстрорежущая сталь		40.4	0.05			120	760	0.16

Технико-нормировочная карта для металлообрабатывающих станков автомобильного производства

Станок	Тип и фирма Вертикально-протяжной завода им. Кирова двухпозиционный	Модель 7С720	Мощность 20 лвт	Инв. №	Охлаждение Эмульсия
№ детали и наименование	Штунг и крышка штатуна	Вес в кг		Материал и его твердость Сталь 45Г, НВ 170—207	
№ операции и наименование с указанием основных размеров обработки (диаметр d с допуском, модуль m число зубьев детали z_d и др.)		Протянуть у штатуна и крышки штатуна ховатостью поверхности $\nabla 6$ и полуци ховатостью поверхности $\nabla 5$, выдерж			
Количество одновременно обрабатываемых деталей q , диаметр расположения деталей на круглом столе $d_{расп}$, скорость круга $v_{кр}$ и др.		Одновременно на каждой из позиций ст талей, состоящий из штатуна и крышки расположены на общей колодке. Последов плоскости 1—предварительные, для полу окончательные. То же для			

Расчет режн

№ позиции, перехода № суппорта, головки № по эскизу	Инструмент	Размеры обработки в мм						на зуб s_z	
	Наименование с указанием основных размеров (диаметр D , число зубьев z_u , ширина B , угол в плане ϕ и др.) и марка инструментального материала (или характеристика шлифовального круга)	Диаметр d	Точность δ	Глубина t , припуск a	Ширина b	Длина $L_{рез}$	Длина рабочего хода $L_{р.х}$	по нормативам	принятая
	Протяжки плоские предварительные для поверхностей 1 и 3 прогрессивные (с трапецидальной схемой резания); число зубьев в секции $z_c = 2$; шаг зубьев 10; Р18: для штатуна для крышки штатуна			30 35				0,18 0,18	
	Протяжки круглые для поверхностей 2 и 4 прогрессивные (с трапецидальной схемой резания); шаг зубьев $t = 10$; Р18: для штатуна (число зубьев в секции $z_c = 3$) для крышки штатуна (число зубьев в секции $z_c = 2$)	53,8	0,1		35			0,17 0,08	
	Протяжки плоские окончательные для поверхностей 1 и 3 непрогрессивные. Число зубьев в секции $z_c = 1$, шаг зубьев $t = 8$; быстросрежущая сталь для штатуна для крышки штатуна			30 35 30 35				0,02 0,02	
	Длина рабочей части комплекта $l_n = 1200$					1300			

Завод

Цех

Участок

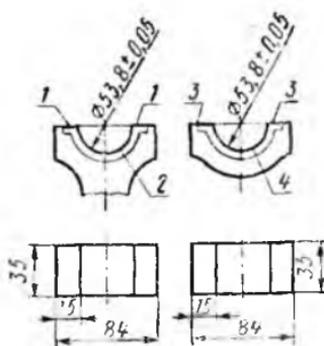
Заготовка

Поковка

поверхности прилегания (1 и 3) с шероховатостью (2 и 4) $\phi 53,8 \pm 0,05$ с шероховатостью радиусного бурта $5 \pm 0,3$

заготовка протягивается комплект деформатора, протяжки для которых тщательно размещены протяжки для цилиндра 2 и для плоскости 1 — поверхностей 3 и 4.

Эскиз обработки



на обработку

Подача в мм

на оборот или двойной ход

в минуту S_M S_u S_f (на глубину)

по нормативам или рассчитанная

стойкость T Скорость v в м/минЧисло оборотов (двойных ходов) в минуту n Число одновременно работающих зубьев z_f Скорость обратного хода v_o, x в м/минСила протягивания P в тОсновное технологическое (машинное) время T_M в минМощность резания (обработки) $L_{рез}$ в кет

10 7

10 7

10 7

10 7

7 7

7 7

4 4

4 4

4 4

5 5

5 5

Для двухпозиционного станка равна скорости протягивания

5,7 5,7

5,0 4,0

4,0 4,0

11,47

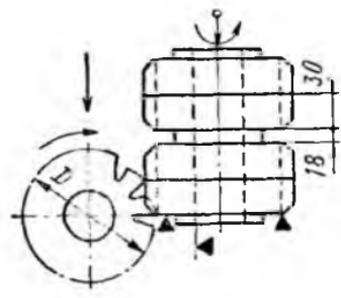
0,18 на один комплект деталей

Технико-нормировочная карта для металлообрабатывающих станков автомобильного производства

Станок	Тип и фирма	Модель	Мощность	Инв. №	Охлаждение						
		Зубофрезерный завода им. Коминтерна	5А312	7,5 кВт		Сульфозрезол					
№ детали и наименование		Шестерня цилиндрическая 3-й передачи	Вес в кг	Материал и его твердость							
				Сталь 60ХГТ, НВ 156—207							
№ операции и наименование с указанием основных размеров обработки (диаметр d с допуском, модуль m , число зубьев детали z_d и др.)			Нарезать прямые зубья под шевин z_d								
Количество одновременно обрабатываемых деталей q , диаметр расположения деталей на круглом столе $d_{расп}$, скорость круга $v_{кр}$ и др.			Одновременно обраба								
Расчет режи											
№ позиции, перехода	№ суппорта, головки	№ по эскизу	Инструмент		Размеры обработки в мм				на зуб s_z		
			Диаметр d	Точность δ по межцентровому расстоянию	Глубина t , припуск a	Ширина b	Длина $l_{рез}$	Длина рабочего хода L_p, x	по нормативам	принятая	
Наименование с указанием основных размеров (диаметр D , число зубьев z_u , ширина B , угол в плане ϕ и др.) и марка материала (или характеристика шлифовального круга)											
			Червячная двухзаходная фреза $D = 110$, быстрорежущая сталь		0,1 (на оборот детали)			120	170		

Завод	
Цех	
Участок	
Заготовка	
Поковка	
Товариство (однократно) $m = 3,75$; $n = 33$	
Обрабатывается четыре детали	

Эскиз обработки



ма обработки

Подача в мм		на оборот или двойной ход		в минуту		Стойкость T_M в мин по нормативам	Скорость v в м/мин		Число оборотов (двойных ходов) в минуту	Основное технологическое (машинное) время t_M в мин	Мощность резания (обработка) $P_{рез}$ в кВт
s_0	s_f (на глубину)	по нормативам	принятая	по нормативам	принятая		по нормативам	рассчитанная по принятому n			
1.8	2.0					240	31.5	33	91	95	3.7

Технико-нормировочная карта для металлообрабатывающих станков автомобильного производства

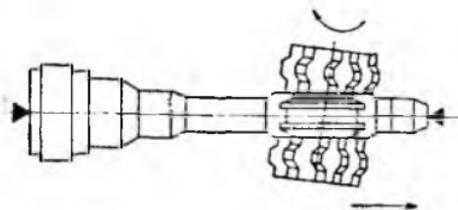
Станок	Тип и фирма	Модель	Мощность	Инв. №	Охлаждение
	Шлицифрезерный Средневожского завода	5350	6,5 квт		Сульфифрезол
№ детали и наименование	Ведущий вал коробки перемены передач	Вес в кг		Материал и его твердость	
				Сталь 40Х, НВ 170—217	
№ операции и наименование с указанием основных размеров обработки (диаметр d с допуском, модуль m , число зубьев детали z_d и др.)			Нарезать шлицы окончательно отщипине 5,38—5,33; $z_d = 6$; высота шлица		
Количество одновременно обрабатываемых деталей q , диаметр расположения деталей на круглом столе $d_{расп}$, скорость круга $v_{кр}$ и др.					

Расчет режии

№ позиции, перехода	№ суппорта, головки	№ по эскизу	Инструмент	Размеры обработки в мм					на зуб s_2		
			Наименование с указанием основных размеров (диаметр D , число зубьев z_u , ширина B , угол в плане ϕ и др.) и марка материала (или характеристика шлифовального круга)	Диаметр a	Точность b по толщине шлица	Глубина t , припуск a	Ширина b	Длина $L_{рез}$	Длина рабочего хода L_p, x	по нормативам	принятая
			Шлицевая однозакходная фреза с «усиками» $D = 75$; быстрорежущая сталь	0,05			45	62			

Завод	
Цех	
Участок	
Заготовка	
Поковка	
нократно в размер по тол- $h = 4,4$; длина 45	

Эскиз обработки



на обработки

Подача в мм				Стойкость T_M в мин по нормативам	Ско- рость v в м/мин		Число оборотов (двой- ных ходов) в ми- нуту n		Основное технологическое (ма- шинное) время T_M в мин	Мощность резания (обработки) $L_{рез}$ в кетп	
на оборот или двойной ход		в ми- нуту s_M	s_0		s_f (на глу- бину)	по нормативам рассчитанная v	принятая v	рассчитанное по нормативной n			принятое n
по нормативам	принятая										
1,44	1,5			240	30	29,8	127	125	2,0		

Технико-нормировочная карта для металлообрабатывающих станков автомобильного производства

Станок	Тип и фирма	Модель	Мощность	Инв. №	Охлаждение								
		Зубодолбежный завода им. Б. Хмельницкого	БВ12	2,2 квт		Сульфифрезол							
№ детали и наименование		Шестерня коленчатого вала	Вес в кг		Материал и его твердость								
					Сталь 35, НВ 156—207								
№ операции и наименование с указанием основных размеров обработки (диаметр d с допуском, модуль m , число зубьев детали z_d и др.)			Нарезать зубья под шевингова обработки в один проход $m =$ зубьев										
Количество одновременно обрабатываемых деталей q , диаметр расположения деталей на круглом столе $d_{расп.}$, скорость круга $v_{кр}$ и др.													
Расчет режии													
№ позиции, перехода	№ суппорта, головки	№ по эскизу	Инструмент		Размеры обработки в мм					на зуб			
			Наименование с указанием основных размеров (диаметр D , число зубьев z_u , ширина B , угол в плане ϕ и др.) и марка материала (или характеристика шлифовального круга)	Диаметр d	Точность δ по межцентровому расстоянию	Глубина t , припуск a_m	Ширина b	Длина $L_{рез}$	Длина рабочего хода $L_p \cdot x$	по нормативам	принятая		
			Долбяк чистовой $D = 75$; быстро-режущая сталь			0,08 (на оборот детали)	0.5			31	37		

Завод

Цех

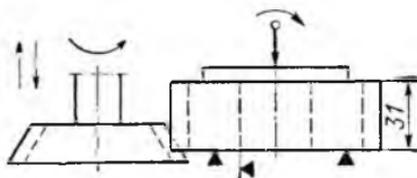
Участок

Заготовка

Поковка

вне после предварительной
2,54; $z_D = 27$; угол наклона
 $\beta = 39^\circ 31'$

Эскиз обработки



ма обработки

Подача в мм

на оборот или
двойной ходв мину-
ту s_M s_0 s_l (на
глуби-
нну)

по нормативам

принятая

по нормативам

принятая

по нормативам или рас-
считанная

принятая

Стойкость T_M в мин по нормативамСко-
рость
 v в
м/мин

по нормативам

рассчитанная по
принятому n Чис-
ло обо-
ротов
(двой-
ных
ходов)
в ми-
нуту n рассчитанное по
нормативной v

принятое

Среднее технологическое (ма-
шинное) время t_M в минМощность резания (обработки)
 $L_{рез}$ в кет

0,33

0,31

0,06

0,06

400

33

35

146

475

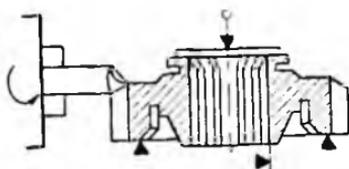
2,4

Технико-нормировочная карта для металлообрабатывающих станков автомобильного производства

Станок	Тип и фирма	Модель	Мощность	Инв. №	Охлаждение							
	Зубозакругляющий	5582	1,7 квт		Эмульсия							
№ детали и наименование	Шестерня скользящая	Вес в кг		Материал и его твердость								
				Сталь 40Х, НВ 179—217								
№ операции и наименование с указанием основных размеров обработки (диаметр d с допуском, модуль m , число зубьев детали z_d и др.)			Закруглить зубья по торцам в дв.									
Количество одновременно обрабатываемых деталей q , диаметр расположения деталей на круглом столе $d_{расп}$, скорость круга $v_{кр}$ и др.												
Расчет режн												
№ позиции, перехода	№ суппорта, головки	№ по эскизу	Инструмент		Размеры обработки в мм					на зуб s_z		
			Наименование с указанием основных размеров (диаметр D , число зубьев z_u , ширина B , угол в плане Φ и др.) и марка материала (или характеристика шлифовального круга)		Диаметр a	Точность δ	Глубина λ , припуск a	Ширина b	Длина $L_{рез}$	Длина рабочего хода $L_{р. х}$	по нормативам	принятая
			Пальцевая фреза $D = 12$; $z_u = 2$; быстрорежущая сталь				1,2				0,12	0,12

Завод	
Цех	
Участок	
Заготовка	
Поковка	
прохода $t = 3,63; z_0 = 24$	

Эскиз обработки



ма обработки

Подача в мм				Стойкость $T_{ж}$ в мин по нормативам	Скорость v в м/мин	Число оборотов (двойных ходов) в минуту n		Время обработки зуба в сек/зуб		Основное технологическое (машинное) время $T_{ж}$ в мин	Мощность резания (обработки) $P_{рез}$ в квт
на оборот или двойной ход		в минуту $s_{ж}$									
s_0	s_f (на глубину)	по нормативам или рассчитанная	принятая								
по нормативам	принятая			по нормативам	принятая						
				500	56	1500	1500	2,1	2,4	0,96	

Технико-нормировочная карта для металлообрабатывающих станков автомобильного производства

Станок	Тип и фирма	Модель	Мощность	Инв. №	Охлаждение
	Шевинговальный завод им. Коминтерна	5762	3,0 <i>квт</i>		Сульфозрезол
№ детали и наименование	Шестерня коленчатого вала	Вес в кг		Материал и его твердость	
				Сталь 45, НВ 170—225	
№ операции и наименование с указанием основных размеров обработки (диаметр d с допуском, модуль m , число зубьев детали z_d и др.)			Шевинговать зубья колеса $d =$ зацепления $15^\circ 30'$; угол наклона		
Количество одновременно обрабатываемых деталей q , диаметр расположения деталей на круглом столе $d_{расп}$, скорость круга $v_{кр}$ и др.				Угол скрещивания осей	

Расчет режн

№ позиции, перехода	№ суппорта, головка	№ по эскизу	Инструмент	Размеры обработки в мм					на зуб		
			Наименование с указанием основных размеров (диаметр D , число зубьев z_u , ширина B , угол в плане ϕ и др.) и марка материала (или характеристика шлифовального круга)	Диаметр d	Точность δ по межцентровому расстоянию	Припуск a_m	Ширина b	Длина $L_{рез}$	Длина рабочего хода $L_{р. х}$	по нормативам	принятая
				Шевер дисковый $D = 173$; $z_u = 63$; быстрорежущая сталь	—	0,05 (на оборот детали)	0,22	—	29	33	—

Завод

Участок

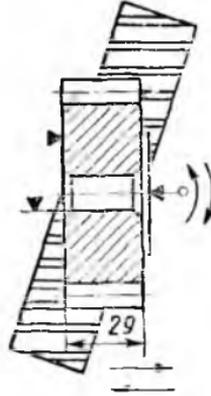
Цех

Заготовка

Поковки

100; $m = 2.54$; $r_d = 28$; угол $\beta = 25^\circ$; ширина венца $l_e = 29$

шевера и детали $\omega = 15$



ча обработки

Подача в мм

на оборот или двойной ход				в минуту s_m		Стойкость T_m в мин по нормативам	Скорость v в м/мин		Число оборотов (двойных ходов) в минуту n		Число калибрующих ходов u_k	Основное технологическое (машинное) время t_m в мин	Мощность резания (обработки) $L_{рез}$ в квт
s_0		s_f (на глубину)		по нормативам или рассчитанная	принятая		по нормативам	рассчитанная по принятому n	рассчитанное по нормативной v	принятое			
по нормативам	принятая	по нормативам	принятая			по нормативам					принятая	по нормативам	рассчитанная по принятому n
0,35		0,04	0,04	120	141			36	220	230	2		1,76

Технико-нормировочная карта для металлообрабатывающих станков автомобильного производства

Станок	Тип и фирма	Модель	Мощность	Инв. №	Охлаждение
	Зубопрорезной завода «Комсомолец»	ЕЗ-40	5,5 квт		Сульфозфрезол
№ детали и наименование	Шестерня полуоси	Вес в кг		Материал и его твердость	
				Сталь 18ХГТ, НВ 149—207	
№ операции и наименование с указанием основных размеров обработки (диаметр d с допуском, модуль m , число зубьев детали z_d и др.)			Нарезать зубья колеса предва		
Количество одновременно обрабатываемых деталей q , диаметр расположения деталей на круглом столе $d_{расп}$, скорость круга $v_{кр}$ и др.				Одновременно (параллель	
Расчет режии					

№ позиции, перехода	№ суппорта, головки	№ по эскизу	Инструмент	Размеры обработки в мм						на зуб s_z		
			Наименование с указанием основных размеров (диаметр D , число зубьев z_u , ширина B , угол в плане ϕ и др.) и марка материала (или характеристика шлифовального круга)	Диаметр d	Точность δ	Глубина t , припуск a	Ширина b	Длина $L_{рзш}$	Длина рабочего хода $L_{р.х}$	по нормативам		
										по нормативам	принятая	
			Модульная дисковая фреза $D=110$; $z_u=12$; быстрорежущая сталь						38	65	0,09	0,1

Завод

Цех

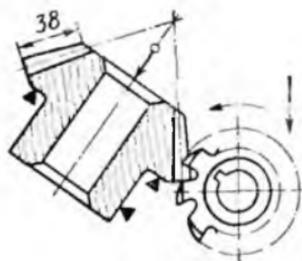
Участок

Заготовка

Поковка

рительно $m = 6,35$; $z_d = 22$

но) обрабатываются три детали



ма обработки

Подача в мм		на оборот или двойной ход		в минуту		Стойкость T_M в мин по нормативам	Скорость v в м/мин		Число оборотов (двойных ходов) в минуту n	Минутная подача обратного хода $s_{\text{об}}$ в мм/мин	Время деления $t_{\text{дел}}$ в мин/зуб	Основное технологическое (машинное) время t_M в мин	Мощность резания (обработки) $N_{\text{рез}}$ в кВт	
по нормативам	принятая	$s_{\text{об}}$	s_d (на глубину)	по нормативам	принятая		по нормативам	рассчитанная по принятому n						
				118	120	500	34	34,6	98	100	2840	0,07	13,9 (4,63 на одну деталь)	

Технико-нормировочная карта для металлообрабатывающих станков автомобильного производства

Станок	Тип и фирма	Модель	Мощность	Ивв №	Охлаждение
	Зуборезный СЗТЭС	5230	4,5 <i>квт</i>		Веретенное масло
№ детали и наименование	Шестерня полуоси	Вес в кг		Материал и его твердость	
		1,0		Сталь 20ХНМ НВ 156—207	
№ операции и наименование с указанием основных размеров обработки (диаметр d с допуском, модуль m , число зубьев детали z_d и др.)			Нарезать зубья колеса оконча		
Количество одновременно обрабатываемых деталей q , диаметр расположения деталей на круглом столе $d_{расп}$, скорость круга $v_{кр}$ и др					

Расчет режии

№ позици., перехода	№ суппорта, головки	№ по эскизу	Инструмент	Размеры обработки в мм						на зуб	
			Наименование с указанием основных размеров (диаметр D , число зубьев z_u , ширина B , угол в плане Φ и др.) и марка материала (или характеристика шлифовального круга)	Диаметр d	Точность δ	Глубина t , притупск a	Ширина b	Длина $L_{рез}$	Длина рабочего хода $L_{р. х}$	s_z	
										по нормативам	принятая
			Фрезы левая и правая $D=275$; $z_u=16$; быстрорежущая сталь								

Завод

Цех

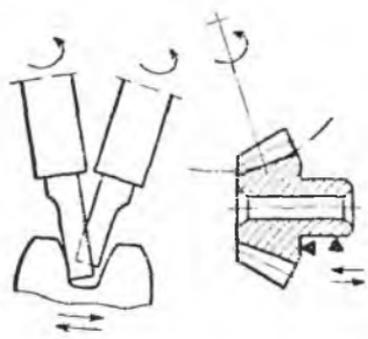
Участок

Заготовка

Поковка

ельно $m = 5$; $z_{\theta} = 22$; $l_{\theta} = 20$

Эскиз обработки



на обработки

Подача в мм

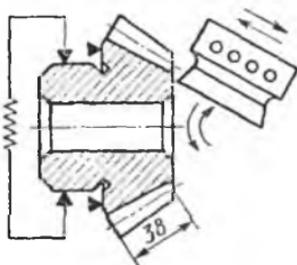
на оборот или двойной ход		в минуту s_m		Стойкость T_r в мин по нормативам	Скорость v в м/мин		Число оборотов (двойных ходов) в минуту n		Время обработки t_z в сек		Основное технологическое (машинное) время t_m в мин	Мощность резания (обработки) $N_{рез}$ в квт
s_0	s_d (на глубину)	по нормативам или рассчитанная	принятая		по нормативам	рассчитанное по принятому n	рассчитанное по нормативной v	принятое	по нормативам	принятое		
по нормативам	принятая	по нормативам	принятая		45	48	52	55	12	12,6	5,5	

Технико-нормировочная карта для металлообрабатывающих станков автомобильного производства

Станок	Тип и фирма	Модель	Мощность	Инв. №	Охлаждение						
	Зубострогальный СЗТЗС	526	2,2 квт		Сульфозеол						
№ детали и наименование	Шестерня полуоси	Вес в кг	Материал и его твердость								
			Сталь 18ХГТ, НВ 143—207								
№ операции и наименование с указанием основных размеров обработки (диаметр d с допуском, модуль m , число зубьев детали z_d и др.)		Строгать прямые зубья оконца головками «Ревекс»									
Количество одновременно обрабатываемых деталей q , диаметр расположения деталей на круглом столе $d_{расп}$ скорость круга $v_{кр}$ и др											
Расчет режи											
№ позиции, перехода	№ суппорта, головки	№ по эскизу	Инструмент		Размеры обработки в мм			на зуб s_2			
			Наименование с указанием основных размеров (диаметр D , число зубьев $z_{ш}$ ширина B , угол в плане Φ и др.) и марка материала (или характеристика шлифовального круга)		Диаметр d	Точность δ по шагу	Глубина t , припуск a	Ширина b	Длина $L_{рез}$	Длина рабочего хода $L_{р. х}$	по нормативам
			Резцы зубострогальные; быстрорежущая сталь		0,12	0,5		38	45		

Завод	
Цех	
Участок	
Заготовка	
Поковка	
тельно после фрезерования $m = 6,35; z_{\partial} = 22$	

Эскиз обработки



ма обработки

Подача в мм		в ми- нуту s_m	Стойкость T_m в мин по норма- тивам	Скорость v в м/мин		Число оборотов (двойных ходов) в минуту n		Время обра- ботки зуба t_z в сек./зуб		Основное технологическое (ма- шинное) время t_m в мин	Мощность резания (обработки) $N_{рез}$ в кВт
на оборот или двойной ход				по нормативам принятая	по нормативам рассчитанная по принятому n	рассчитанное по нормативной v	принятое	по нормативам	принятое		
s_0	s_f (на глубину)										
			150	24,3	24,8	270	276	19	19,7	7,2	

*

Технико-нормировочная карта для металлообрабатывающих станков автомобильного производства

Станок	Тип и фирма	Модель	Мощность	Инв. №	Охлаждение
	Зуборезный станок, СЗТЭС	525Б	5.5 квт		Сульфоре-зол
№ детали и наименование	Шестерня ведущая	Вес в кг		Материал и его твердость	
				Сталь 30ХГТ, НВ 156—207	
№ операции и наименование с указанием основных размеров обработки (диаметр d с допуском, модуль m , число зубьев детали z_d и др.)			Нарезать зубья спирально-конического $m = 9; z_d = 11$		
Количество одновременно обрабатываемых деталей q , диаметр расположения деталей на круглом столе $d_{расп}$, скорость круга $v_{кр}$ и др.					

Расчет режи

№ позиции, перехода	№ суппорта, головки	№ по эскизу	Инструмент	Размеры обработки в мм						на зуб s_z		
			Наименование с указанием основных размеров (диаметр D , число зубьев z_u , ширина B , угол в плане ϕ и др.) и марка материала (или характеристика шлифовального круга)	Диаметр d	Точность b	Глубина l , припуск a	Ширина b	Длина $L_{рез}$	Длина рабочего хода $L_{р.х}$	по нормативам	принятая	
			Резцовая головка двусторонняя $D = 228,6; z_u = 12;$ быстрорежущая сталь									

Завод

Цех

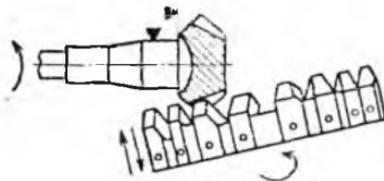
Участок

Заготовка

Поковка

колеса предварительно

Эскиз обработки



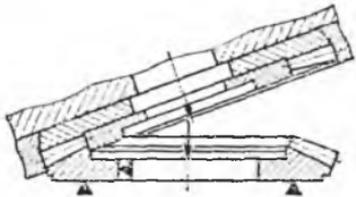
ма обработки

Подача в мм

на оборот или двойной ход		в минуту s_M		Стойкость T_M в мин по нормативам	Скорость v в м/мин		Число оборотов (двойных ходов) в минуту n		Время обработки зуба t_Z в сек		Основное технологическое (машинное) время t_M в мин	Мощность резания (обработки) $L_{рез}$ в кВт
s_0		s_f (на глупину)			по нормативам	рассчитанная по принятому n	рассчитанное по нормативной v	принятое	по нормативам	принятое		
по нормативам	принятая	по нормативам	принятая									
				500	45	37,4	62,6	52,2	35	35	6,42	

Технико-нормировочная карта для металлообрабатывающих станков автомобильного производства

Станок	Тип и фирма	Модель	Мощность	Иив. №	Охлаждение			
	Зубонакатный полуавтомат	569	154 <i>квт</i> (средняя за цикл)		Вода			
№ детали и наименование		Шестерня ведомая коническая	Вес в кг	Материал и его твердость				
			11,0	Сталь У6А, НВ 156—207				
№ операции и наименование с указанием основных размеров обработки (диаметр d с допуском, модуль m , число зубьев детали z_d и др.)			Накатать зубья спирально-конического колеса $m = 8$; $z = 40$; $d = 320-0,5$					
Количество одновременно обрабатываемых деталей q , диаметр расположения деталей на круглом столе $d_{расп}$ скорость круга $v_{кр}$ и др.								
Расчет режн								
№ позиции, перехода	№ суппорта, головки	Инструмент	Размеры обработки в мм				на зуб s_z	
		№ по эскизу Наименование с указанием основных размеров (диаметр D , число зубьев z_u , ширина B , угол в плане ϕ и др.) и марка материала (или характеристика шлифовального круга)	Диаметр d	Точность δ	Глубина t , припуск a	Ширина b	Длина $L_{рез}$	Длина рабочего хода $L_{р. х}$
				40	14	15	Переменная	
		Комплект зубонакатного инструмента $D = 331,85$; $z_u = 41$; сталь ЭИ958						

Завод		Эскиз обработки 
Цех		
Участок		
Заготовка		
Поковка		

ма обработки

Подача в мм				Стойкость T	Скорость v в м/мин	Число оборотов (двойных ходов) в минуту n	Время обработки зуба t_2 сек/зуб	Основное технологическое (машинное) время $T_{\text{м}}$ в мин	Мощность резания (обработки) $N_{\text{рез}}$ в кВт			
на оборот или двойной ход		в минуту s_M										
s_0	s_1 (на глу-бини)	по нормативам или рас- считанная	приятая	по нормативам	рассчитанное по нормативной v	приятое	по нормативам	приятое				
				расчитанная по приятому n			по нормативам					
				62	62	60	60	1,8	1,8		1,2	3,05

Технико-нормировочная карта для металлообрабатывающих станков автомобильного производства

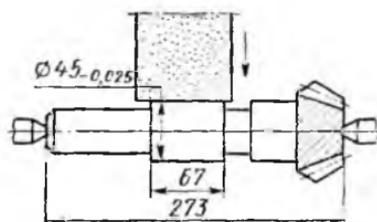
Станок	Тип и фирма	Модель	Мощность	Инв. №	Охлаждение
	Круглошлифовальный ХСЗ	3А151	7 квт		Эмульсия 3-4% НГЛ205
№ детали и наименование		Шестерня ведущая коническая	Вес в кг		Материал и его твердость
					Сталь 12Х2Н4А, HRC 56-62
№ операции и наименование с указанием основных размеров обработки (диаметр d с допуском, модуль m , число зубьев детали z_d и др.)			Шлифовать окончательно шейку до $\varnothing 45^{+0,025}$		
Количество одновременно обрабатываемых деталей q , диаметр расположенный деталей на круглом столе $d_{расп}$ скорость круга $v_{кр}$ и др.			$n_{кр} = 1115 \text{ об/мин}; v_{кр} = 36 \text{ м/сек};$ $l_d = 273 \text{ мм, шероховатость}$ поверхности $\nabla 7$		

Расчет режи

№ позиции, перехода	№ суппорта, головки	№ по эскизу	Инструмент	Размеры обработки в мм						на зуб s_z	
			Наименование с указанием основных размеров (диаметр D , число зубьев z_w , ширина B , угол в плане ϕ и др.) и марка материала (или характеристика шлифовального круга)	Диаметр d	Точность δ	Глубина t , припуск a	Ширина b	Длина $L_{рас}$	Длина рабочего хода L_p, x	по нормативам	принятая
			Шлифовальный круг ПП 600×75×305 Э9 25 С2 5 К	45	0,025	0,25	67				

Завод	
Цех	
Участок	
Заготовка	
Поковка	

Эскиз обработки



ма обработки

Подача в мм				Стойкость T	Скорость v в м/мин	Число оборотов (двойных ходов) в минуту n		Время выхода в мм	Основное технологическое (машинное) время t _м в мин	Мощность резания (обработки) N _{рез} в кВт		
на оборот или двойной ход		в минуту s _м				по нормативам	рассчитанная по принятому n				рассчитанное по нормативной v	принятое
s _в	s _г (на глубину)	по нормативам или рассчитанная	принятая									
		1,7 0,45	1,7 0,45	45	45	318	318	0,09	0,40			

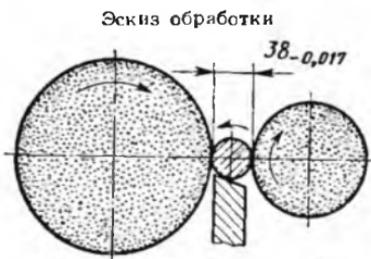
Технико-нормировочная карта для металлообрабатывающих станков автомобильного производства

Станок	Тип и фирма	Модель	Мощность	Инв. №	Охлаждение
	Бесцентрово-шлифовальный	3184	14 квт		Эмульсия
№ детали и наименование	Шкворень поворотного кулака	Вес в кг	Материал и его твердость		
			Сталь 18ХГТ НRC 50—55		
№ операции и наименование с указанием основных размеров обработки (диаметр d с допуском, модуль m , число зубьев детали z_d и др.)			Шлифовать наружную поверхность до $\varnothing 38_{-0,017}$ на		
Количество одновременно обрабатываемых деталей q , диаметр расположения деталей на круглом столе $d_{расп}$, скорость круга $v_{кр}$ и др.			Исходная точность заготовки = 1337		

Расчет режи

№ позиции, перехода	№ суппорта, головки	№ по эскизу	Инструмент Наименование с указанием основных размеров (диаметр D , число зубьев z_d , ширина B , угол в плане ϕ и др.) и марка материала (или характеристика шлифовального круга)	Размеры обработки в мм					на зуб	
				Диаметр d	Точность δ	Удвоенная глубина $2l$	Ширина b	Длина $L_{рез}$	Длина рабочего хода $L_{р. х}$	по нормативам
а			Шлифовальные круги (по проходкам): ПП 500×150×305 Э5 50 СТ1 5 К	38	0,1	0,25				
б			ПП 500×150×305 Э5 40 СТ1 5 К	38	0,05	0,20				
в			ПП 500×150×305 Э5 40 С2 5 К	38	0,03	0,15				
г			ПП 500×150×305 Э5 25 С1 5 К Ведущий круг для всех проходок ПВД 300×150×203 Э2 16ТВ	38	0,017	0,08				

Завод	
Цех	
Участок	
Заготовка	
Труток калиброванный	
ность шкворня в четыре прохода длине 221 мм	
$\delta_u = 0,1; v_{кр} = 35 \text{ м/сек}; n_{кр} =$ об/мин	



Примечание. Шлифование осуществляется на линии на четырех станках одинаковой модели.

ма обработки

Подача в мм

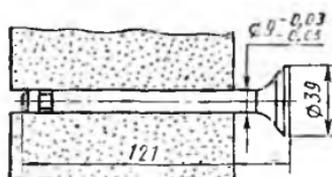
на оборот или двой- ной ход		в минуту s_M		Скорость v в м/мин		Число оборотов (двой- ных ходов) в мину- ту n		Угол наклона ведущего круга α в град		Класс чистоты поверхности	Осложное технологическое (машин- ное) время t_M в мин	Мощность резания (обработки) $N_{рез}$ в кел
s_0	s_t (на глу- би- ну)	по нормативам или рас- считанная	принятая	по нормативам	рассчитанная по принятому n	рассчитанное по нормативной v	принятое	по нормативам	принятый			
по нормативам принятая	по нормативам принятая	1500	1500	18—20	18,8	20,2	20	4—5	4,5	5—6	0,155	
		1500	1500	18—20	18,8	20,2	20	4—5	4,5	6—7	0,155	
		1500	1500	20—24	23,5	25,5	25	3,5— 4,5	3,7	7	0,155	
		1500	1500	24—29	26,4	27,6	28	3,0— 3,5	3,0	7—8	0,155	

Технико-нормировочная карта для металлообрабатывающих станков автомобильного производства

Станок	Тип и фирма	Модель	Мощность	Инв. №	Охлаждение							
	Бесцентрово-шлифовальный		3184	14 квт		Эмульсия						
№ детали и наименование	Клапан	Вес в кг	Материал и его твердость									
			Сталь 40X, HRC 30—37									
№ операции и наименование с указанием основных размеров обработки (диаметр d с допуском, модуль m , число зубьев детали z_d и др.)				Шлифовать стемель клапана в че не $l_{ш} =$								
Количество одновременно обрабатываемых деталей q , диаметр расположения деталей на круглом столе $d_{расп}$, скорость круга $v_{кр}$ и др.				Исходная точность заготовки $n_{кр} = 1337$ об/мин. Шеро								
Расчет режи												
№ позиции, перехода	№ суппорта, головки	№ по эскизу	Инструмент		Размеры обработки в мм							
			Диаметр d	Точность δ	Глубина t , припуск a	Ширина b	Длина $L_{рез}$	Длина рабочего хода $L_{р. х}$	на зуб			
по нормативам		принятая										
а			Шлифовальные круги по операциям: ПП 500×150×305 Э5 50 СТ2 5К			9	0,1	0,15				
б			ПП 500×150×305 Э5 40 СТ2 5К			9	0,05	0,1				
в			ПП 500×150×305 Э5 25 СТ1 5К			9	0,03	0,05				
г			ПП 500×150×305 Э 16 С2 5К			9	0,02	0,025				
			Ведущий круг для всех операций ПВД 300×150×203 Э2 16 ТВ									

Завод	
Цех	
Участок	
Заготовка	
Псковка	
Четыре операции до $\varnothing 9^{+0,03}_{-0,05}$ на длине 104 мм	
$\delta_u = 0,25$; $v_{кр} = 35$ м/сек; ховатость поверхности $\nabla 8$	

Эскиз обработки



Примечание. Шлифование осуществляется на четырех станках одинаковой модели.

ма обработки

Подача в мм		на оборот или двойной ход		в минуту s_M		Скорость v в м/мин		Число оборотов (двойных ходов) в минуту n		Класс чистоты поверхности	Слой, снимаемый при выхаживании, $\Delta_{вых}$ в мм	Время врезания $t_{вр}$ в мин	Время выхаживания $t_{вых}$ в мин	Основное технологическое (машинное) время t_M в мин	Мощность резания (обработки) $N_{рез}$ в кВт
по нормативам принята	s_0	s_f (на глубину)	по нормативам принята	по нормативам считанная	принятая	по нормативам	рассчитанная по принятому n	рассчитанное по нормативной v	принятое						
			4,5	4,5	25	25	26,6	26,6	6—7		0,01			0,077	
			3,66	3,0	25	25	26,6	26,6	7		0,01			0,077	
			2,16	2,1	30	30	32	32	7—8	0,01	0,01	0,02		0,078	
			1,8	1,8	30	30	32	32	8	0,01	0,01	0,02		0,057	

Технико-нормировочная карта для металлообрабатывающих станков автомобильного производства

Станок	Тип и фирма	Модель	Мощность	Инв. №	Охлаждение
	Внутришлифовальный	ЗА227	7,5 квт		Эмульсия 3-4% НГЛ205
№ детали и наименование	Шестерня 5-й передачи промежуточного вала	Вес в кг		Материал и его твердость	
				Сталь 25ХГМ, HRC 58—62	
№ операции и наименование с указанием основных размеров обработки (диаметр d с допуском, модуль m , число зубьев детали z_d и др.)			1. Шлифовать отверстие 2. Шлифовать торец ше		
Количество одновременно обрабатываемых деталей q , диаметр расположения деталей на круглом столе $d_{расп.}$, скорость круга $v_{кр}$ и др.			$v_{кр} = 36 \text{ м/сек}$, $n_{кр} = 12\,600$ шлифования $d_1 = 90 \text{ мм}$; $d_2 = 65 \text{ мм}$; шерохова		

Расчет режн

№ позиции, перехода	№ суппорта, головки	№ по эскизу	Инструмент	Размеры обработки в мм						на зуб s_z		
			Наименование с указанием основных размеров (диаметр D , число зубьев z_u , ширина B , угол в плане ϕ и др.) и марка материала (или характеристика шлифовального круга)	Диаметр d	Точность b	Глубина t , припуск a	Ширина b	Длина $L_{рез}$	Длина рабочего хода $L_{р. х}$	по нормативам	принятая	
1			Шлифовальный круг ПП 55×40×20 Э9 25 СМ1 7К	65	0,025	0,25				33		
2			Шлифовальный круг ПП 55×40×20 Э9 25 СМ1 7К		0,05	0,25	1,25					

Завод

Цех

Участок

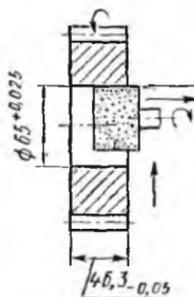
Заготовка

Поковка

$\varnothing 65^{+0,025}$ на $l_{ш} = 46,3$ мм.
стерни в размер $46,3^{-0,05}$.

об/мин; наибольший диаметр
меньший диаметр шлифования
гость поверхности $\nabla 7$

Эскиз обработки



ма обработки

Подача в мм

на оборот или двойной ход		в минуту s_M		Скорость v в м/мин		Число оборотов (двойных ходов) в минуту n		Слой, снимаемый при выхаживании $\Delta_{вых}$ в мм	Время врезания $t_{вр}$ в мин	Время выхаживания $t_{вых}$ в мин	Оконное технологическое (машинное) время $t_{м}$ в мин	Мощность резания (обработки) $N_{рез}$ в кВт
s_0	s_f (на глубину)	по нормативам или расчитанная	принятая	по нормативам	расчитанная по прыткому n	расчитанное по нормативной v	принятое					
по нормативам	принятая	0,79	0,79	52	52	255	255	0,02	0,02	0,1	0,97	
принятая	по нормативам	0,27	0,27			69	69					
по нормативам	принятая	0,09	0,09	57	62	228	255			0,04	0,99	
		1,04	1,0								1,26	

Технико-нормировочная карта для металлообрабатывающих станков автомобильного производства

Станок	Тип и фирма	Модель	Мощность	Инв. №	Охлаждение
	Плоскошлифовальный МСЗ	ЗБ756	28 квт		Эмульсия

№ детали и наименование	Шестерня 2-й передачи вторичного вала	Вес в кг	Материал и его твердость
			Сталь 15ХГНТА, HRC 58—62

№ операции и наименование с указанием основных размеров обработки (диаметр d с допуском, модуль m , число зубьев детали z_d и др.)	Шлифовать торец шестер
--	------------------------

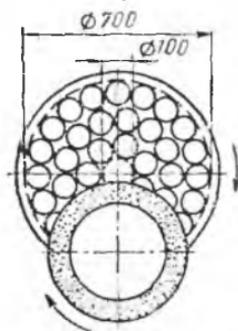
Количество одновременно обрабатываемых деталей q , диаметр расположения деталей на круглом столе $d_{расп.}$ скорость круга $v_{кр}$ и др.	$v_{кр} = 25 \text{ м/сек}; d_{расп} = 400 \text{ мм};$ $F = 47\,000 \text{ мм}^2;$
--	--

Расчет режи

№ позиции, перехода	№ суппорта, головки	№ по эскизу	Инструмент	Размеры обработки в мм					на зуб s_z			
			Наименование с указанием основных размеров (диаметр D , число зубьев z_u , ширина B , угол в плане Φ и др.) и марка материала (или характеристика шлифовального круга)	Диаметр d	Точность δ	Глубина t , припуск a	Ширина b (приведенная)	Длина $L_{рез}$	Длина рабочего хода $L_{р.х}$	по нормативам	принятая	
			Шлифовальный круг ПП 450×125×127 35 25 МЗ 7Б	0,05	0,25	37,4						

Завод	
Цех	
Участок	
Заготовка	
Поковка	

Эскиз обработки



ни в размер $42 \begin{matrix} -0,2 \\ -0,25 \end{matrix}$

$q = 117$; площадь шлифуемых шероховатость поверхности $\nabla 7$

ма обработки

Подача в мм				Скорость v в м/мин	Число оборотов (двойных ходов) в минуту n		Слоб. снимаемый при выхаживании, $a_{вых}$ в мм	Время пресания $t_{пр}$ в мин	Время выхаживания $t_{вых}$ в мин	Основное технологическое (машинное) время $t_{м}$ в мин	Мощность резания (обработки) $N_{рез}$ в кВт
по нормативам принятым по нормативам	s_0	s_t (на глубину)	в минуту s_m		рассчитанное по нормативной v	принятое					
			0,126	30	26,8	23,9	21,4	0,02	0,05	0,22	2,1 (0,017 на одну деталь)

Технико-нормировочная карта для металлообрабатывающих станков автомобильного производства

Станок	Тип и фирма	Модель	Мощность	Инв. №	Охлаждение
	Плоскошлифовальный двухшпиндельный	3772Б	28 квт		Эмульсия

№ детали и наименование	Крышка картера коробки передач	Вес в кг	Материал и его твердость
			Серый чугун

№ операции и наименование с указанием основных размеров обработки (диаметр d с допуском, модуль m , число зубьев детали z_d и др.)	Шлифовать плоскость фланца
--	----------------------------

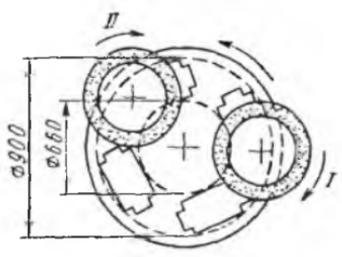
Количество одновременно обрабатываемых деталей q , диаметр расположения деталей на круглом столе $d_{расп}$ скоростью круга $v_{кр}$ и др.	$q = 4; v_{кр} = 25 \text{ м/сек}; d_{расп} =$ поверхностей $F = 40\,000 \text{ мм}^2;$
--	--

Расчет режии

№ позици. перехода	№ суппорта, головки	№ по эскизу	Инструмент	Размеры обработки в мм						на зуб s_z		
			Наименование с указанием основных размеров (диаметр D , число зубьев z_u , ширина B , угол в плане Φ и др.) и марка материала (или характеристика шлифовального круга)	Диаметр d	Точность b	Глубина t , припуск a	Ширина b (приведенная)	Длина $L_{рез}$	Длина рабочего хода L_p, x	по нормативам	принятая	
I			Шлифовальный круг ПВ 450×125×203 КЧ7 80 СМ2 7Б			0,7	16,3					
II			Шлифовальный круг ПВ 450×125×203 КЧ7 40 СМ1 7Б	0,28		0,3	16,3					

Завод	
Цех	
Участок	
Заготовка	
Отливка	
в размер $60 \pm 0,28$	
780 мм; площадь шлифуемых шероховатость поверхности $\nabla 7$	

Эскиз обработки



ма обработки

Подача в мм				Скорость v в м/мин	Число оборотов (двойных ходов) в минуту n		Основное технологическое (машинное) время t_M в мин	Мощность резания (обработки) $N_{рез}$ в кВт
на оборот или двойной ход		s_M в минуту	s_l (на глубину)					
s_b								
по нормативам	принятая	по нормативам или рассчитанная	Стойкость T	по нормативам	рассчитанная по принятому n	рассчитанное по нормативной v	принятое	
						0,935	0,935	
						0,935	0,935	
								1,07 (0,267 на одну деталь)

Технико-нормировочная карта для металлообрабатывающих станков автомобильного производства

Станок	Тип и фирма	Модель	Мощность	Инв. №	Охлаждение
	Плоскошлифовальный	3Б740	9,47 квт		Эмульсия

№ детали и наименование	Шестерня 2-й передачи вторичного вала	Вес в кг	Материал и его твердость
			Сталь 35Х, HRC 58—63

№ операции и наименование с указанием основных размеров обработки (диаметр d с допуском, модуль m , число зубьев детали z_d и др.)	Шлифовать торец шестерни
--	--------------------------

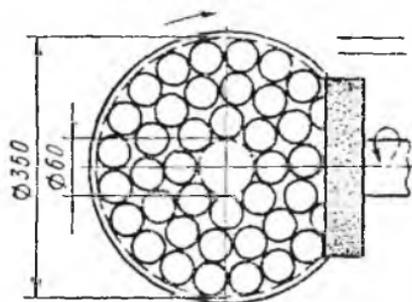
Количество одновременно обрабатываемых деталей q , диаметр расположения деталей на круглом столе $d_{расп}$, скорость круга $v_{кр}$ и др.	$n_{кр} = 1900$ об/мин; $q = 39$; шероховатость
---	--

Расчет режии

№ позиции, перехода	№ суппорта, головки	№ по эскизу	Инструмент	Размеры обработки в мм					на зуб s_z			
			Наименование с указанием основных размеров (диаметр D , число зубьев z_u , ширина B , угол в плане ϕ и др.) и марка материала (или характеристика шлифовального круга)	Диаметр d	Точность δ	Глубина t , припуск a	Ширина b	Длина $L_{рл}$	Длина рабочего хода L_p, x	по нормативам	принятая	
			Шлифовальный круг ПП 350×40×127 35 25 СМ2 5К		0,025	0,2				145		

Завод	
Цех	
Участок	
Заготовка	
Поковка	
в размер 28,2-0,03	
$v_{кр} = 35 \text{ м/сек}; d_{расп} = 205 \text{ мм};$ поверхности $\nabla 8$	

Эскиз обработки



ма обработки

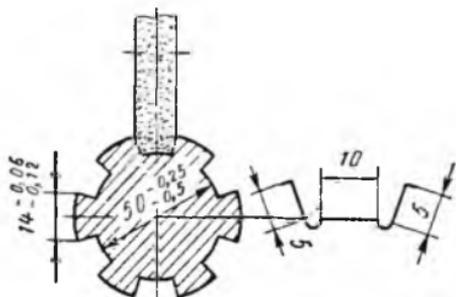
Подача в мм				в ми- ну- ту s_m	Стойкость T	Скорость v в м/мин		Число оборотов (двойных ходов) в минуту n		Слой, снимаемый при выхаживании, $a_{вых}$ в мм	Время врезания $t_{ер}$ в мин	Время выхаживания $t_{вых}$ в мин	Основное технологическое (машин- ное) время t_m в мин	Мощность резания (обработки) $A_{рез}$ в квт
s_0		s_f (на глубину)				по нормативам рассчитанная по принятому n	рассчитанное по нормативной v	принятое						
по нормативам	принятая	по нормативам	принятая			40	40	$\frac{62}{2,65}$	$\frac{62}{2,65}$	0,05	0,06	1,8	8,2 (0,21 на од- ну де- таль)	

Технико-нормировочная карта для металлообрабатывающих станков автомобильного производства

Станок	Тип и фирма	Модель	Мощность	Инв. №	Охлаждение							
		Шлицешлифовальный	3451Г	2,8 квт								
№ детали и наименование		Вторичный вал коробки перемены передач		Вес в кг	Материал и его твердость							
					Сталь 12ХНЗА, HRC 58—62							
№ операции и наименование с указанием основных размеров обработки (диаметр d с допуском, модуль m , число зубьев детали z_d и др.)			Шлифовать шесть шлицев в									
Количество одновременно обрабатываемых деталей q , диаметр расположения деталей на круглом столе $d_{расп}$, скорость круга $v_{кр}$ и др.				$n_{кр} = 3200 \text{ об/мин}$; время одного оборота барабана $t_{ш} = 100 \text{ мм}$; периметр шлифуватость по								
Расчет режи												
№ позиции, перехода	№ суппорта, головки	№ по эскизу	Инструмент		Размеры обработки в мм							
			Наименование с указанием основных размеров (диаметр D , число зубьев z_u , ширина B , угол в плане ϕ и др.) и марка материала (или характеристика шлифовального круга)		Диаметр d	Точность δ	Глубина t , припуск a	Ширина b	Длина $L_{рст}$	Длина рабочего хода $L_{р. х}$	на зуб s_z	
											по нормативам	принятая
			Шлифовальный круг ПП 200×20×32 39А 40 С2 9К5		0,25 0,06	0,3	14		160			

Завод	
Цех	
Участок	
Заготовка	
Поковка	
размер $50 \begin{smallmatrix} -0,25 \\ -0,5 \end{smallmatrix} \times 14 \begin{smallmatrix} -0,06 \\ -0,12 \end{smallmatrix}$	
$v_{кр} = 45 \text{ м/сек};$ $t_{об} = 0,1 \text{ мин};$ длина шлицев мой поверхности 20 мм; шерохо- верхности $\nabla 7$	

Эскиз обработки



Примечание. Метод шлифования — одновременная обработка боковых сторон и дна шлицев.

ма обработки

Подача в мм		на оборот или двойной ход		в минуту s_M		Слойность T	Скорость v в м/мин	Число оборотов (двойных ходов) в минуту n	Длина перебега l_n в мм	Число проходов l_0	Число проходов на выхаживании $l_{вых}$ в мм	Слой, снимаемый при выхаживании, $a_{вых}$ в мм	Основное технологическое (машинное) время t_M в мин	Мощность резания (обработки) $N_{рез}$ в квт
по нормативам принятая	s_0	по нормативам принятая	s_l (на глубину)	по нормативам или рассчитанная	по нормативам принятая									
	0,028	0,028	6000	6000					60	10	2	0,03	3,84	

Технико-нормировочная карта для металлообрабатывающих станков автомобильного производства

Станок	Тип и фирма	Модель	Мощность	Инв. №	Охлаждение
	Вертикально-сверлильный, завод им. Ленина, модернизированный	2А150	7 квт		Эмульсия

№ детали и наименование	Картер	Вес в кг	Материал и его твердость
		25	Ковкий чугун КЧ 35-10 НВ 163 (max)

№ операции и наименование с указанием основных размеров обработки (диаметр d с допуском, модуль m , число зубьев детали z_d и др.)	Одновременно раскатать четыре ники:
	два отверстия до $\varnothing 100^{+0,035}$ мм; одно отверстие до $\varnothing 115^{+0,035}$ мм; одно отверстие до $\varnothing 62^{+0,021}$ мм; шероховатость поверхности до

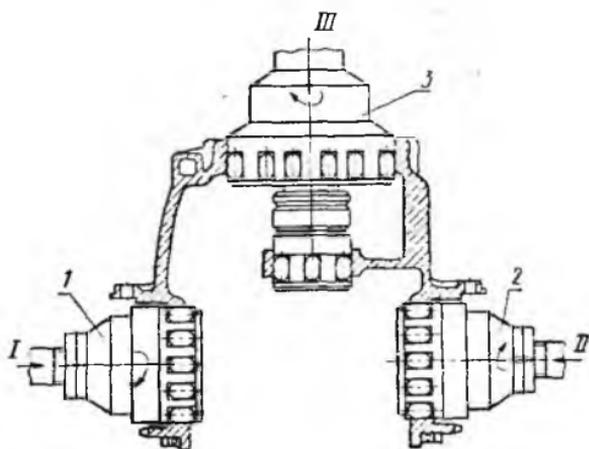
Количество одновременно обрабатываемых деталей q , диаметр расположения деталей на круглом столе $d_{расп}$, скорость круга $v_{кр}$ и др.	
---	--

Расчет режии

№ позиции, перехода	№ суппорта, головки	№ по эскизу	Инструмент Наименование с указанием основных размеров (диаметр D , число зубьев z_u , ширина B , угол в плане ϕ и др.) и марка материала (или характеристика шлифовального круга)	Размеры обработки в мм					на ролик s_p		
				Диаметр d	Точность δ	Глубина t , припуск a	Ширина b	Длина $L_{обр}$	Длина рабочего хода L_p , κ	по нормативам	принятая
I	I	1	Раскатка многороликовая, жесткая, регулируемая; $D_p = 12$; $z_u = 12$	100	0,035			20	13	0,15	0,07
II	II	2	Раскатка многороликовая, жесткая, регулируемая; $D_p = 12$; $z_u = 12$	100	0,035			20	13	0,15	0,07
III	III	3	Раскатка многороликовая, жесткая, регулируемая; $D_p = 12$; $z_u = 12$; $D_p = 8$; $z_u = 8$	115 62	0,035 0,03			30 22	35	0,15 0,15	0,07 0,12

Завод
Цех
Участок
Заготовка
Отливка
отверстия под подшип-
раскатывания $\nabla 5$

Эскиз обработки



ма обработки

Подача в мм				в минуту s_M		Стойкость T	Скорость v в м/мин		Число оборотов (двойных ходов) в минуту n		Класс чистоты поверхности после раскатывания	Основное технологическое (машинное) время t_M в мин	Мощность обработки $N_{обр}$ в кВт
на оборот или двойной ход		s_f (на глубину)	по нормативам или рассчитанная	приятая	по нормативам		рассчитанная по принятому n	рассчитанное по нормативной v	приятое				
s_b										по нормативам			
0,77	0,4					30	25	218	220	7			
0,77	0,4					30	25	218	220	7			
0,79	0,4					50	48	313	300	7			
0,5	0,4					30	24	366	7	7	0,29		

Технико-нормировочная карта для металлообрабатывающих станков автомобильного производства

Станок	Тип и фирма	Модель	Мощность	Инв. №	Охлаждение
	Токарно-винторезный, завода «Красный пролетарий»	1К62	7,5 квт		Индустриальное масло
№ детали и наименование		Кольцо сальника ступицы переднего колеса	Вес в кг	Материал и его твердость	
				Сталь 45, HRC 56—62	
№ операции и наименование с указанием основных размеров обработки (диаметр d с допуском, модуль m , число зубьев детали z_d и др.)			Выгладить алмазом наружную цилиндрическую поверхность кольца сальника $\varnothing 112_{-0,07}$ мм, длиной $l = 26$ мм		
Количество одновременно обрабатываемых деталей q , диаметр расположения деталей на круглом столе $d_{расп}$ скорость круга $v_{кр}$ и др.				$q = 4$; исходная точность $\delta_u = 0,07$ мм; исходный класс чистоты поверхности 7—8	

Расчет реж

№ позицн. перехода	№ суппорта, головки	№ по эскизу	Инструмент	Размеры обработки в мм					на зуб s_z		
			Наименование с указанием основных размеров (диаметр D , число зубьев z_u , ширина B , угол в плане ϕ и др.) и марка материала (или характеристика шлифовального круга)	Диаметр d	Точность b	Глубина t , припуск a	Ширина b	Длина $L_{обр}$	Длина рабочего хода L_p, x	по нормативам	принятая
			Специальный алмазный наконечник с цилиндрической формой рабочей поверхности ($R=1,5$ мм)	112	0,07			$26 \times 4 = 104$	110		

Завод		Эскиз обработки
Цех		
Участок		
Заготовка		
Поковка		

на обработки

Подача в мм				Скорость v в м/мин	Число оборотов (двойных ходов) в минуту n		Усилие выглаживания P в кг	Класс чистоты поверхности после выглаживания	Число проходов i	Основное технологическое (машинное) время t_M в мин	Мощность обработки $N_{обр}$ в кет		
на оборот или двойной ход		в минуту s_M											
s_0	s_f (на глубину)	по нормативам или расчетная	принятая										
по нормативам	принятая	по нормативам	принятая	Стойкость T	по нормативам	расчитанная по принятому n	расчитанное по нормативной v	принятое	25	9-10	1	2,97 (0,74 на одну деталь)	
0,08	0,074				200	176	569	500					

Технико-нормировочная карта для металлообрабатывающих станков автомобильного производства

Станок	Тип и фирма	Модель	Мощность	Инв. №	Охлаждение
	Алмазно-расточной полуавтомат Одесского завода	2705	1,5 квт		Масляный туман

№ детали и наименование	Втулка	Вес в кг	Материал и его твердость
			Сталь 40X, HRC 30—35

№ операции и наименование с указанием основных размеров обработки (диаметр d с допуском, модуль m , число зубьев детали z_d и др.)	Обработать отверстие втулки: предварительно расточить до $\varnothing 48,9$ мм, окончательно расточить и выгладить алмазом до $\varnothing 49^{+0,027}_{+0,006}$ мм
--	---

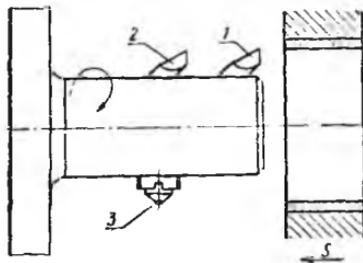
Количество одновременно обрабатываемых деталей q , диаметр расположения деталей на круглом столе $d_{расп.}$, скорость круга $v_{кр}$ и др.	1
--	---

Расчет реж

№ позиции, перехода	№ суппорта, головки	№ по узлу	Инструмент	Размеры обработки в мм					на зуб s_z		
			Наименование с указанием основных размеров (диаметр D , число зубьев z_u , ширина B , угол в плане φ и др.) и марка материала (или характеристика шлифовального круга)	Диаметр d	Точность b	Глубина t , припуск a	Ширина b	Длина $L_{обр}$	Длина рабочего хода $L_{р. х}$	по нормативам	принятия
		1	Расточной резец Т30К4, $\varphi = 50^\circ$	48,9	0,05	0,2		28			
		2	Расточной резец Т30К4, $\varphi = 50^\circ$	49	0,021	0,06		28	80		
		3	Алмазный наконечник со сферической формой рабочей поверхности, радиус сферы $R=2$ мм	49	0,021			28			

Завод	
Цех	
Участок	
Заготовка	
Труба горячекатаная	

Эскиз обработки



ма обработки

Подача в мм

на оборот или двойной ход		в минуту s_M	Стойкость T	Скорость v в м/мин		Число оборотов (двойных ходов) в минуту n	Усилие выглаживания P в кг	Класс чистоты поверхности после выглаживания	Основное технологическое (машинное) время t_M в мин	Мощность обработки $N_{обр}$ в кВт
s_0	s_t (на глубину)			по нормативам	рассчитанная по принятому n					
по нормативам	принятая	по нормативам или рассчитанная	принятая	по нормативам	рассчитанная по принятому n	рассчитанное по нормативной v	принятое			
принятая				принятая	по нормативам					
0,08	0,08			170	146	1110	950	5—6		
0,08				170	146	1110				
0,08				170	146	1110				

ЛИТЕРАТУРА

1. Азаревич Г. М., Берштейн Г. Ш. Чистовая обработка наружных цилиндрических поверхностей пластическим деформированием. Изд. НИИТракторосельхозмаша, М., 1963.
2. Барановский Ю. В., Комиссаржевская В. Н. Чистота поверхностей деталей в автотракторостроении. М., Машгиз, 1953.
3. Берлинер М. С. и Брахман Л. А. Сверление и развертывание пушечными сверлами. «Автомобильная промышленность», 1967, № 7.
4. Берштейн Г. Ш. Выбор конструктивных параметров много-роlikовых инструментов в режиме чистовой обработки давлением. М., Изд. НИИТракторосельхозмаша, 1962.
5. Брахман Л. А. и др. Расчет режимов резания с применением ЭВМ. «Автомобильная промышленность», 1966, № 10.
6. Бродский Ц. З. Автоматизированное хонингование чугунных и стальных деталей алмазными брусками. «Автомобильная, промышленность», 1966, № 7.
7. Бродский Ц. З. и Кузнецова Л. А. Рекомендации по технологии хонингования чугунных и стальных деталей алмазным инструментом. Изд. НИИТАвтопрома, 1969.
8. Бромберг Б. М. и др. Алмазно-расточные стажки. М., «Машиностроение», 1965.
9. Горюцкий Н. И. и Бродский Ц. З. Автоматизированное хонингование чугунных цилиндров брусками из синтетических алмазов. Алмазная обработка деталей машин. Изд. НИИТракторосельхозмаша, 1965.
10. Горюцкая З. Д. Протягивание с большими подачами. М., Машгиз, 1960.
11. Горюцкая З. Д. и др. Протягивание чугунных деталей двигателя твердосплавным инструментом. «Автомобильная промышленность», 1967, № 4.
12. Горячев накапывание зубьев конических колес задних мостов автомобилей и тракторов. Руководящие материалы. Изд. НИИТАвтопрома, 1967.
13. Дечко Э. М. Сверление железграфитовых металлокерамических материалов. Технология автомобилестроения. Вып. 14. Изд. НИИТАвтопрома, 1964.
14. Житницкий С. И., Андрейчиков О. С. Износ и стойкость инструмента для накапывания внутренних резьб. «Станки и инструмент», 1967, № 3.
15. Зорев Н. Н. Расчет проекций сил резания. М., Машгиз, 1958.
16. Исасв А. И. и Берлинер Э. М. Крутящие моменты при нарезании конической резьбы метчиками. «Станки и инструмент», 1968, № 11.
17. Калашников С. Н. «Автомобильная и тракторная промышленность», 1956, № 4.
18. Калашников С. Н. Опыт применения рациональных конструкций резцовых головок. М., Машгиз, 1960.
19. Кедринский В. Н. и Писманик К. М. Станки для нарезания конических зубчатых колес. М., «Машиностроение», 1967.
20. Комиссаржевская В. Н. Измерение макрогеометрии и установление зависимости некруглости от режимов шлифования. Сб. «Вопросы точности при шлифовании». М., Изд. ДНТП, 1957.
21. Комиссаржевская В. Н. Автоматизация круглошлифовальных станков. «Технология машиностроения», 1960, № 4.
22. Конструкция твердосплавных протяжек для обработки наружных поверхностей чугунных деталей (Типовые наладки). Изд. НИИТАвтопрома, 1966.
23. Коняшов В. В., Ксюнина В. П. Стойкость и зависимость для расчета режимов резания. «Автомобильная промышленность», 1967, № 4.
24. Корзинкин В. И., Свиридов А. Н., Тарамыкин Ю. П. Устройство для хонингования зубьев зубчатых колес. «Станки и инструмент», 1965, № 8.
25. Методика расчета режимов резания при многоинструментной обработке на металлорежущих станках. М., Изд. НИИТруда М., 1962.

26. Многошпиндельные головки. Изд. НИИТАвтопрома, 1959.
27. На е р м а н М. С. Алмазное хонингование. Сб. «Рациональная эксплуатация алмазного инструмента». М., «Машиностроение», 1965.
28. Наружное протягивание. Руководящие материалы. Изд. НИИТАвтопрома, 1962.
29. Обозначения шлифовальных кругов выпускаемых зарубежными фирмами. Л., Изд. ВНИИАШ, 1966.
30. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания на токарно-автоматные работы. М., Машгиз, 1959.
31. Общемашиностроительные нормативы режимов резания и времени для технического нормирования работ на фрезерных станках. Крупносерийное и массовое производство. М., Машгиз, 1959.
32. Общемашиностроительные нормативы режимов резания и времени на протяжные работы. М., Машгиз, 1959.
33. Общемашиностроительные нормативы режимов резания и времени для технического нормирования работ на шлифовальных станках. Крупносерийное и массовое производство. М., Машгиз, 1959.
34. Общемашиностроительные нормативы режимов резания и времени для технического нормирования на токарных станках. Серийное производство. М., Машгиз, 1960.
35. Общемашиностроительные нормативы режимов резания и времени для технического нормирования работ на сверлильных станках. Серийное производство. М., Машгиз, 1962.
36. Общемашиностроительные нормативы режимов резания и времени для технического нормирования доводочных работ. Серийное, крупносерийное и массовое производство. М., Машгиз, 1961.
37. Общемашиностроительные нормативы режимов резания и времени для технического нормирования резьбонарезных и резьбонакатных работ. М., Машгиз, 1965.
38. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на шлифовальных и доводочных станках. Изд. НИИПТИАММАШ, 1966.
39. П а р ф и я н о в и ч В. С. Чистовая обработка поверхностей роликовым инструментом. Минск, ИНТИП, 1966.
40. Поправочные коэффициенты на скорость резания при одноинструментной обработке конструктивных углеродистых и легированных сталей. ВНИИ, М., 1966.
41. Р о м а н о в В. Ф., К р и н з б е р г Ц. З., Х а с е н и Я. Ш. Новый технологический процесс отделки зубьев цилиндрических колес. «Вестник машиностроения», 1964, № 1.
42. Рекомендации по назначению твердых сплавов. Изд. 3-е. НИИТАвтопрома, ВНИИТС, 1964.
43. Р о м а н о в В. Ф. и др. Технология изготовления абразивных шеверов. «Автомобильная промышленность», 1967, № 7.
44. Руководство к зуборезному полуавтомату мод. 523а. Изд. ЭНИМС, 1962.
45. С а з а р М. А. Новые марки быстрорежущих сталей. «Технология автомобилестроения», 1959, № 5.
46. С а з а р М. А. Исследование новых инструментальных сталей для зубофрезерования. Сб. «Прогрессивные методы производства зубчатых колес и их технологичность». М., Машгиз, 1962.
47. С а з а р М. А. Внедрение новых марок быстрорежущих сталей в автомобильной промышленности. «Автомобильная промышленность», 1963, № 1.
48. С а з а р М. А. Применение новых марок быстрорежущих сталей в автомобильной промышленности. Сб. «Пути повышения производительности режущего инструмента». Московский Дом научно-технической пропаганды им. Ф. Э. Дзержинского, 1963.
49. Справочник нормировщика-машиностроителя. Том 2. М., Машгиз, 1961.
50. Т е м ч и н Г. И. Теория и расчет многоинструментных наладок. М., Машгиз, 1957.
51. Ф е л ь д ш т е й н Э. И. и др. Рекомендации по механической обработке металлокерамических материалов. Технология автомобилестроения. Вып. 9. Изд. НИИТАвтопрома, 1962.
52. Ф р а г и н И. Е., С а ф р о н о в В. Г. Исследование процессов хонингования. М., Изд. НИИМАШ, 1965.
53. Ч е к а н Г. И. Алмазное выглаживание закаленных сталей. «Вестник машиностроения», 1965, № 6.
54. Ч е р н и к о в П. В. и др. Алмазное выглаживание автомобильных деталей. «Автомобильная промышленность», 1967, № 6.
55. Чистовая обработка поверхностей автомобильных деталей пластическим деформированием. Изд. НИИТАвтопрома, 1970.
56. Ш н е й д е р Ю. Г. Чистовая обработка металлов давлением. М., Машгиз, 1963.

Коллектив авторов под редакцией
Ю. В. Барановского
РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ МЕТАЛЛОВ

Редактор издательства *З. З. Акчурова*
Технический редактор *В. Д. Элькин*
Корректор *Ж. Л. Суходолова*
Переплет художника *А. Я. Михайлова*

Сдано в набор 26/IV 1971 г.

Подписано к печати 25/II 1972 г. Т-01861

Формат 84 × 108/32. Вумага типографская № 2.

Усл. печ. л. 21,42. Уч.-изд. л. 29,3.

Тираж 100 000 (2-ой з-д 40 001—100 000) экз.

Заказ 1570 Цена 1 р 70 к.

Издательство «Машиностроение»,
Москва. Б-66, 1-й Басманный пер. 3

Типография № 6 Главполиграфпрома
Комитета по печати
при Совете Министров СССР
193144, Ленинград, ул. Моисеенко, 10

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Должно быть
53	11-я графа, 3-я снизу 16 и 17-я графы, 1-я снизу	0,02 0,08	0,08 0 08 0 08
285	17-я графа, 4-я сверху Головка таблицы, 4-я графа	0,065 150	<u>0,065</u> > 150
294	3-я графа, 6-я снизу	Z:	L;

Коллектив авторов под ред. Ю. В. Барановского. Санкт-Петербург 1976.