

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**

Кафедра деталей машин, путевых и строительных машин

В. А. ДОВГЯЛО, В. А. ТАШБАЕВ, Д. С. ПУПАЧЁВ

ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА МАШИН. НОРМИРОВАНИЕ РАБОТ

Учебно-методическое пособие



Гомель 2019

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра деталей машин, путевых и строительных машин

В. А. ДОВГЯЛО, В. А. ТАШБАЕВ, Д. С. ПУПАЧЁВ

ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА МАШИН. НОРМИРОВАНИЕ РАБОТ

Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию в области транспорта и транспортной деятельности для обучающихся по направлению специальности 1-37 02 03 «Техническая эксплуатация погрузочно-разгрузочных, путевых, дорожно-строительных машин и оборудования» в качестве учебно-методического пособия

Гомель 2019

УДК 625.144.5/.7(075.8)
ББК 39.211-08
Д58

Рецензенты: заведующий отделом «Композиционные материалы и рециклинг полимеров» д-р техн. наук, профессор *В. М. Шаповалов* (ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого НАН Беларуси»); заведующий кафедрой сельскохозяйственных машин канд. техн. наук, доцент *В. Б. Попов* (ГТТУ им. П. О. Сухого)

Довгяло, В. А.

Д58 Технология ремонта машин. Нормирование работ : учеб.-метод. пособие / В. А. Довгяло, В. А. Ташбаев, Д. С. Пупачёв ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2019. – 167 с.
ISBN 978-985-554-885-1

Содержатся методические и справочные материалы по изучению дисциплины «Технология ремонта машин и оборудования». Даны рекомендации по определению затрат времени на изготовление или ремонт деталей машин и механизмов.

Предназначено для студентов специальности 1-37 02 03 «Техническая эксплуатация погрузочно-разгрузочных, путевых, дорожно-строительных машин и оборудования».

УДК 625.144.5/.7(075.8)
ББК 39.211-08

ISBN 978-985-554-885-1

© Довгяло В. А., Ташбаев В. А., Пупачёв Д. С., 2019
© Оформление. БелГУТ, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ.....	7
1.1 Классификация затрат рабочего времени.....	7
1.2 Состав технической нормы времени.....	7
2 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССАМ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И РЕМОНТА ДЕТАЛЕЙ.....	8
2.1 Основные определения.....	8
2.2 Технологическая документация.....	9
2.3 Установочные базы и обоснование их выбора.....	9
2.4 Расчет размеров заготовки для изготовления и ремонта деталей.....	10
3 НОРМИРОВАНИЕ СТАНОЧНЫХ РАБОТ.....	14
3.1 Нормирование токарных работ.....	14
3.1.1 Наружная обточка.....	22
3.1.2 Расточка внутренних поверхностей.....	23
3.1.3 Торцевая обточка.....	24
3.1.4 Отрезка и протачивание канавок.....	26
3.1.5 Нарезание крепежной резьбы резцом.....	27
3.1.6 Нарезание трапецидальной резьбы резцом.....	29
3.1.7 Обточка фасок.....	30
3.1.8 Обточка галтелей.....	30
3.1.9 Зачистка поверхностей абразивным полотном.....	31
3.1.10 Нарезание резьбы метчиками и плашками.....	31
3.1.11 Зацентровка, сверление, рассверливание и развертывание на токарных станках.....	33
3.2 Нормирование расточных работ.....	37
3.3 Нормирование сверлильных работ.....	38
3.3.1 Сверление и рассверливание отверстий.....	42
3.3.2 Зенкерование отверстий.....	43
3.3.3 Развертывание отверстий.....	44
3.3.4 Нарезание резьбы метчиками.....	46
3.3.5 Растачивание.....	47
3.4 Нормирование строгальных работ.....	47
3.5 Нормирование долбежных работ.....	50
3.6 Нормирование фрезерных работ.....	51
3.6.1 Фрезерование открытых плоскостей цилиндрическими фрезами.....	55
3.6.2 Фрезерование плоскостей торцевыми фрезами.....	56
3.6.3 Фрезерование небольших плоскостей, уступов, пазов, криволинейных контуров и прочего концевыми фрезами.....	58
3.6.4 Фрезерование шпоночных пазов концевыми фрезами.....	60
3.6.5 Фрезерование уступов, лысок, пазов, многогранников дисковыми фрезами.....	61

3.6.6	Фрезерование пазов под сегментные шпонки	62
3.7	Нормирование зубообрабатывающих работ	62
3.7.1	Нарезание зубьев прямозубых и косозубых цилиндрических колес дисковыми модульными фрезами на горизонтальных универсально-фрезерных станках	63
3.7.2	Нарезание зубьев прямозубых и косозубых колес дисковыми модульными фрезами на зубофрезерных автоматах	67
3.7.3	Нарезание зубьев цилиндрических колес, прямозубых и косозубых червячными модульными фрезами на зубофрезерных станках	68
3.7.4	Нарезание зубьев цилиндрических колес дисковыми долбяками на зубодолбежных станках	72
3.7.5	Нарезание конических прямозубых колес двумя зубострогальными резцами на зубострогальных станках	74
3.7.6	Нарезание шлицевых валов	76
3.7.7	Шевингование зубчатых колес	77
3.8	Нормирование шлифовальных работ	78
3.8.1	Круглое внешнее шлифование	79
3.8.2	Круглое внутреннее шлифование	83
3.8.3	Бесцентровое шлифование на проход	86
3.8.4	Бесцентровое шлифование методом врезания	89
3.8.5	Нормирование плоского шлифования торцом круга	91
3.8.6	Нормирование плоского шлифования периферией круга	94
3.9	Нормирование хонинговальных работ	96
3.10	Нормирование протяжных работ	97
4	НОРМИРОВАНИЕ СВАРОЧНЫХ, МЕТАЛЛИЗАЦИОННЫХ И ПРОЧИХ РАБОТ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ ИЗДЕЛИЙ	103
4.1	Нормирование сварочных работ	103
4.1.1	Ручная электродуговая сварка и наплавка	104
4.1.2	Газовая, ацетилено-кислородная сварка	108
4.1.3	Газовая ацетилено-кислородная резка	110
4.1.4	Автоматическая и полуавтоматическая наплавка под слоем флюса	111
4.1.5	Электроимпульсная наплавка	113
4.1.6	Сварка и наплавка в среде углекислого газа	114
4.1.7	Рекомендации по механической обработке изделий, отремонтированных наплавкой	116
4.2	Нормирование металлизационных работ	117
4.2.1	Рекомендации по механической обработке изделий, отремонтированных металлизацией	120
4.3	Нормирование обработки изделий давлением	120
4.3.1	Осадка, вдавливание, раздача, обжатие	121
4.3.2	Правка	123
4.3.3	Накатка	124
4.4	Нормирование гальванических работ	125
4.4.1	Рекомендации по механической обработке изделий восстанавливаемых гальваническими покрытиями	130
4.5	Нормирование работ по восстановлению изделий полимерными материалами	130
4.6	Нормирование поверхностной закалки изделий токами высокой частоты	133

4.7	Нормирование электроискрового наращивания и упрочнения изделий при ремонте	136
4.8	Нормирование работ по восстановлению изделий поверхностно-пластическими деформациями	138
4.8.1	Упрочняющее накатывание и раскатывание	139
4.8.2	Обработка дробью	140
4.8.3	Центробежная обработка	141
4.8.4	Рекомендации по механической обработке изделий, восстановленных поверхностно-пластическими деформациями	142
5	НОРМИРОВАНИЕ КУЗНЕЧНЫХ РАБОТ	142
6	НОРМИРОВАНИЕ СЛЕСАРНЫХ РАБОТ	143
6.1	Зачистка заусенцев	144
6.2	Сверление отверстий	145
6.3	Развертывание отверстий вручную	146
6.4	Нарезание резьбы метчиками вручную	147
6.5	Нарезание резьбы плашками вручную	148
6.6	Запрессовка изделия на реечном прессе	148
6.7	Запрессовка изделий на гидравлическом прессе	149
6.8	Зачистка абразивным кругом на гибком вале острых кромок по длине впадины и углу зуба шестерни	149
6.9	Зачистка поверхности абразивным полотном вручную	150
7	НОРМИРОВАНИЕ МАЛЯРНЫХ РАБОТ	151
7.1	Удаление старой краски	152
7.2	Механическая подготовка поверхности	153
7.3	Изоляция и защита поверхностей изделий, не подлежащих окраске	153
7.4	Окраска поверхностей изделия	154
7.5	Сушка загрунтованных и окрашенных поверхностей	155
8	НОРМИРОВАНИЕ ДЕРЕВООБДЕЛОЧНЫХ РАБОТ	155
8.1	Машинная обработка	155
8.2	Ручная обработка	158
9	НОРМИРОВАНИЕ РАБОТ ПО РЕМОНТУ КАБИН И ДЕТАЛЕЙ ОПЕРЕНИЯ	160
10	ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАЗРАБОТАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РЕМОНТА И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ	162
10.1	Расчет себестоимости ремонта или изготовления изделий	162
10.2	Расчет экономической эффективности выбранного способа ремонта или изготовления изделия	164
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	166

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время такие задачи, как повышение эффективности использования, технической готовности и сохранности, сокращение затрат труда и ресурсов для поддержания работоспособности, являются основными при эксплуатации парка автомобильной, дорожно-строительной и путевой техники. Они могут решаться только путем повышения качества работ по техническому контролю, обслуживанию и, в случае необходимости, ремонту указанных выше машин.

Как следствие, разработка новых и улучшение существующих технологий ремонта машин, восстановление и упрочнение их составных частей являются приоритетными задачами ремонтно-обслуживающего производства. При этом повышение его технического уровня требует непрерывного и планомерного развития не только существующей материальной базы, но и специалистов, способных осуществлять ремонтные воздействия и самостоятельно разрабатывать новые технологические процессы ремонта машин и сборочных единиц.

С этой целью студенты специальности 1-37 02 03 «Техническая эксплуатация погрузочно-разгрузочных, путевых, дорожно-строительных машин и оборудования» изучают дисциплину «Технология ремонта машин и оборудования», в рамках которой выполняют курсовой проект, являющийся важнейшей составной частью процесса подготовки инженера-механика.

Данное учебно-методическое пособие предназначено для оказания помощи студентам при выполнении заданий курсового проектирования и содержит в себе справочные сведения, технологические процессы и методики нормирования работ при ремонте типовых деталей и сборочных единиц, а также прогрессивные способы их восстановления. Кроме того, в пособии уделено внимание методам определения оптимальных режимов выполнения производственных процессов, основам управления качеством ремонта машин и оборудования.

1 ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ

1.1 Классификация затрат рабочего времени

Одной из задач технического нормирования является изучение рационального использования рабочего времени на производстве. *Нормируемое рабочее время* включает в себя:

- а) подготовительно-заключительное время;
- б) основное (технологическое) время;
- в) вспомогательное время;
- г) время обслуживания рабочего места (организационно-техническое обслуживание);
- д) время перерывов на отдых и естественные надобности.

Подготовительно-заключительное время $t_{п.з}$ определяет затраты времени на получение задания, ознакомление с чертежами, подготовку рабочего места, наладку оборудования, инструмента и приспособлений для обработки данной партии деталей, а также на снятие инструмента, приспособлений и сдачу их после окончания работы.

Следует учесть, что подготовительно-заключительное время не повторяется с каждой деталью или изделием, а затрачивается один раз на всю партию или один раз в рабочую смену.

Основным (технологическим) временем t_o называется время, в течение которого происходят изменения обрабатываемого изделия (размеров, поверхностей и формы, механических свойств материалов, внешнего вида изделия и т. д.), являющиеся непосредственной целью данного технологического процесса.

Вспомогательное время t_v определяет затраты времени на повторяющиеся действия, обеспечивающие выполнение основной работы (установка, закрепление и снятие изделия, управление оборудованием, перестановка инструмента, промеры и т. д.).

Сумма основного и вспомогательного времени составляет время оперативной работы, или *оперативное время* $t_{оп}$.

Дополнительное время t_d состоит из времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места и времени на отдых и личные надобности.

1.2 Состав технической нормы времени

Дополнительное время t_d , мин, обычно задается в процентах к оперативному времени и определяется по формуле

$$t_d = \frac{t_{оп} K}{100}, \quad (1.1)$$

где K – отношение дополнительного времени к оперативному, %.

Оперативное время, мин,

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{о}} + t_{\text{в}}. \quad (1.2)$$

Сумма основного, вспомогательного и дополнительного времени определяет *штучное время*

$$T_{\text{шт}} = t_{\text{о}} + t_{\text{в}} + t_{\text{д}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{д}}. \quad (1.3)$$

Штучное время полностью входит в норму времени на изготовление или ремонт каждого изделия.

Общее время на изготовление партии изделий

$$T_{\text{пар}} = t_{\text{п.з}} + T_{\text{шт}}q. \quad (1.4)$$

Техническая норма калькуляционного времени складывается из затрат времени на изготовление или ремонт изделия и в общем случае определяется по формуле

$$T_{\text{к}} = \frac{t_{\text{п.з}}}{q} + t_{\text{о}} + t_{\text{в}} + t_{\text{д}} = \frac{t_{\text{п.з}}}{q} + T_{\text{шт}}. \quad (1.5)$$

где q – количество изделий в партии.

2 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССАМ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И РЕМОНТА ДЕТАЛЕЙ

2.1 Основные определения

Производственный процесс – это совокупность отдельных процессов, связанных с превращением сырья или полуфабрикатов в готовые изделия.

Часть производственного процесса, непосредственно связанного с изменением формы или свойств материала обрабатываемого изделия, называется технологическим процессом. Так, технологический процесс механической обработки представляет часть производственного процесса, связанную с изменением формы, размеров и качеств поверхностей изделия. Технологический процесс термической обработки связан с приданием металлу требуемых качеств по твердости, структуре и пр.

Технологический процесс изготовления и ремонта состоит из операций и переходов.

Операция – это часть технологического процесса, выполняемая при обработке определенного изделия на одном рабочем месте одним рабочим до перехода к обработке следующего изделия.

Операция может быть выполнена за одну или несколько установок изделия на станке.

Установкой называется придание изделию определенного положения с закреплением на станке; всякое перемещение изделия на данном станке составляет новую установку. Новая установка изделия может составить новую, самостоятельную операцию.

Переходом называется часть операции, которая характеризуется неизменностью обрабатываемой поверхности, инструмента и режима работы оборудования. Переход может состоять из нескольких проходов.

Проходом называется часть перехода, при котором с обрабатываемой поверхности снимают только один слой материала.

Позицией называется каждое новое положение изделия совместно с приспособлением или без него относительно станка и инструмента без изменения его закрепления.

2.2 Технологическая документация

К *технологической документации* относятся: рабочий чертеж детали, технические условия, маршрутные и операционные карты и карты эскизов.

Все графы маршрутной и операционной карт соответственно для каждого перехода и каждой операции заполняются необходимыми цифровыми данными, расчет которых помещается в расчетно-пояснительной записке, при этом: по переходам определяется основное и вспомогательное время, а по операциям – подготовительно-заключительное, основное, вспомогательное, дополнительное время (куда входит время на оргтехобслуживание и на естественные надобности), штучное, калькуляционное время, разряд работы и расценки.

2.3 Установочные базы и обоснование их выбора

Правильное взаимодействие деталей и агрегатов определяется соблюдением при их изготовлении не только требуемой точности размеров, качества обработки поверхностей, но и правильности взаимного расположения осей и отдельных поверхностей, влияющих на нормальную работу сопряжений и агрегата в целом.

В связи с этим обработку каждой детали необходимо вести от какой-либо одной установочной поверхности – *базы*.

Базы делятся на *черновые, вспомогательные* и *основные*.

При начальной обработке деталей за установочную базу принимают необработанную поверхность, которую называют *черновой*.

В качестве черновой базы принимается наиболее чистая и ровная поверхность заготовки после литья,ковки или штамповки.

Вспомогательной базой у деталей являются поверхности специально для этого обработанные, например, центровые гнезда в валах, в цапфах крестовин, в поворотных кулаках или фаска в юбке поршня, пустотелом пальце и другие.

Основными называются поверхности детали, являющиеся рабочими и оказывающие влияние на работу сопряженных деталей.

Необходимо иметь в виду, что черновой базой следует, как правило, пользоваться только один раз – при обработке основной или вспомогательной базы, т. к. невозможно по черновой базе воспроизвести дважды одинаковую установку детали на станке.

Из вышеизложенного можно наметить следующую последовательность обработки поверхностей: вначале по черновой базе производится обработка той поверхности, которая будет служить установочной базой (основной или вспомогательной) для выполнения дальнейших операций; далее по обработанной базе ведется вся дальнейшая обработка детали.

Все сказанное о важности установочных баз при изготовлении деталей относится и к их ремонту. Необходимо стремиться к тому, чтобы при механической обработке ремонтируемой детали установка ее на станке или в приспособлении производилась по тем же базам, которые были приняты при изготовлении.

Наибольшей точности при механической обработке можно достигнуть лишь в том случае, если вся обработка детали ведется с одной установки. При обработке детали на ряде станков нужно использовать, по возможности, одни и те же установочные поверхности.

Если происходит нарушение состояния базовых поверхностей (износ основной базы, забитость центровых отверстий и др.), то механическую обработку детали следует начинать с восстановления первоначальных баз.

2.4 Расчет размеров заготовки для изготовления и ремонта деталей

В ремонтном производстве применяются следующие *виды заготовок*:

- а) отливки (чугунные и из цветных металлов);
- б) поковки из стали;
- в) сортовой материал (прокат из стали и цветных металлов).

Заготовку выбирают в зависимости от материала и формы готовой детали: условий ее работы, точности выполнения заготовки и вида производства (величины программного задания).

Размеры всех видов заготовок по сравнению с размерами детали должны иметь припуск, т. е. слой металла, удаляемый с поверхности при механической обработке заготовки. Припуск, размер которого обеспечивает необходимую обработку данной заготовки, называется нормальным.

Расчет нормального припуска, мм, на изготовление детали:

$$z = z_1 + z_2 + z_3 + z_4 + \delta, \quad (2.1)$$

где z_1, z_2, z_3, z_4 – размер припуска на черновую, полустовую, чистовую обработки и доводку на диаметр соответственно, мм;

δ – допуск на заготовку, мм.

Величина допуска на заготовку определяется из операционных припусков

$$\delta = (0,3 \dots 0,4)(z_1 + z_2 + z_3 + z_4). \quad (2.2)$$

Значения операционных припусков указаны в таблицах 2.1–2.12.

Таблица 2.1 – Припуск на черновую обработку чугунных отливок на диаметр

В миллиметрах

Вид отливок	Наибольший размер отливок			
	100	200	300	500
Простые	6	8	10	12
Сложные	8	10	12	16

Таблица 2.2 – Припуск на черновую обработку поковок длиной не более 250 мм

В миллиметрах

Диаметр поковок, не более	Припуск на диаметр	Диаметр поковок, не более	Припуск на диаметр
50	12	150	18
100	14	200	22

Таблица 2.3 – Припуск на черновое обтачивание валов из проката (материал – сталь горячекатаная)

В миллиметрах

Отношение длины заготовки к ее диаметру	Диаметр обрабатываемой поверхности								
	10	15	20	30	40	50	60	80	150
4	2	2	2	3	3	4	5	5	5
8	2	2	3	3	4	4	5	5	10
12	2	3	3	4	5	5	5	10	10
20	3	3	4	4	5	5	8	10	10

Таблица 2.4 – Припуск на чистовое обтачивание заготовок валов после чернового обтачивания

В миллиметрах

Диаметр обрабатываемой поверхности	18	50	120	260	500
Припуск на диаметр	1	1,5	1,5	2	3

Таблица 2.5 – Припуск на шлифование валов на диаметр

В миллиметрах

Длина шлифуемого вала	Вид материала вала	Диаметр шлифуемой поверхности					
		10	18	30	80	180	250
100	Закаленный	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6
	Незакаленный	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5
250	Закаленный	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7
	Незакаленный	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6

Окончание таблицы 2.5

В миллиметрах

Длина шлифуемого вала	Вид материала вала	Диаметр шлифуемой поверхности					
		10	18	30	80	180	250
500	Закаленный	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7
	Незакаленный	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6

Таблица 2.6 – Припуск на развертывание на диаметр

В миллиметрах

Вид развертывания	Диаметр шлифуемой поверхности							
	5	15	25	30	35	40	45	50
Черновое	0,16	0,16	0,2	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Чистовое	0,04	0,05	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07

Таблица 2.7 – Припуск на чистовое растачивание отверстия

В миллиметрах

Диаметр отверстия	18–30	30–50	50–80	80–100
Припуск на диаметр	0,7	1,0	1,2	1,5

Таблица 2.8 – Припуск на хонингование отверстий на диаметр

В миллиметрах

Обрабатываемый материал	Диаметр отверстий		
	80	180	Свыше 180
Чугун	0,05	0,06	0,07
Сталь	0,02	0,03	0,04

Таблица 2.9 – Припуск на шлифование отверстий на диаметр

В миллиметрах

Длина шлифуемой поверхности, не более	Вид материала отверстия	Диаметр шлифуемой поверхности, не более						
		10	18	30	80	120	180	250
50	Закаленный	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7
	Незакаленный	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6
100	Закаленный	–	–	0,4	0,5	0,5	0,6	0,8
	Незакаленный	–	–	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7
200	Закаленный	–	–	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
	Незакаленный	–	–	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7

Таблица 2.10 – Припуск на черновую обработку торцов поковок

В миллиметрах

Диаметр поковки	50	100	150	200
Припуск на сторону	6,0	7,0	9,0	11,0

Таблица 2.11 – Припуск на чистовую обработку торцов на сторону

В миллиметрах

Диаметр обрабатываемой детали, не более	Общая длина обрабатываемой детали, не более					
	18	50	120	260	500	Св. 500
30	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2
50	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2
120	0,7	0,7	0,8	1,0	1,2	1,2
260	0,8	0,8	1,0	1,0	1,2	1,4
500	1,0	1,0	1,2	1,2	1,4	1,5
Свыше 500	1,2	1,2	1,4	1,4	1,5	1

Таблица 2.12 – Припуск на шлифование торцов на сторону

В миллиметрах

Диаметр обрабатываемой детали, не более	Общая длина обрабатываемой детали, не более					
	18	50	120	260	500	Св. 500
30	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6
50	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6
120	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6
260	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7
500	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7
Свыше 500	0,6	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8

Диаметр заготовки вала, мм,

$$D_{\text{заг}} = D + z, \quad (2.3)$$

где D – диаметр вала по чертежу, т. е. после окончательной обработки, мм.

Диаметр отверстия заготовки, мм,

$$D_{\text{заг}} = D - z, \quad (2.4)$$

где D – диаметр отверстия по чертежу, мм.

Аналогично определяются и размеры заготовок деталей по торцам, при этом охватываемые размеры определяются как размеры заготовок вала, а охватывающие – как размеры отверстий в заготовках.

При определении размеров заготовок их обычно округляют, поэтому может оказаться, что фактический припуск на обработку будет несколько больше расчетного. В этих случаях рекомендуется разность между значениями фактического и расчетного припуска снимать при первом черновом точении.

При работе на токарном станке припуск на зажим в патроне следует предусматривать в пределах 30–50 мм.

3 НОРМИРОВАНИЕ СТАНОЧНЫХ РАБОТ

3.1 Нормирование токарных работ

Основными видами токарных работ являются: наружная обточка, расточка внутренних отверстий, торцевая обточка, подрезка, отрезка, нарезка резьб, центровка отверстий, обточка фасок, обточка галтелей, накатывание насечек, зашлифовка поверхности сверления и рассверливание отверстий, развертывание отверстий.

Основное время, мин,

$$t_0 = \frac{Zi}{ns}, \quad (3.1)$$

где Z – расчетная длина обработки, мм;

i – число проходов;

n – частота вращения шпинделя, об/мин;

s – подача инструмента, мм/об.

Основное время определяют на основе режимов резания, которые устанавливают по обрабатываемому материалу, точности и характеру переходов, по данным станка и инструмента.

Порядок расчета следующий:

а) определяют величину припуска на обработку на сторону, для этого операционный припуск на диаметр делится на два:

$$h_1 = \frac{z_1}{2}; \quad h_2 = \frac{z_2}{2}; \quad h_3 = \frac{z_3}{2} \text{ и т. д.}$$

где h_1, h_2, h_3 и т. д. – величины припусков на обработку на сторону, мм;

z_1, z_2, z_3 и т. д. – величины операционных припусков на диаметр, мм;

б) определяют глубину резания. При этом желательно, чтобы весь припуск, подлежащий снятию при черновой обработке, был снят за один проход. Чистовая обработка обычно производится за два прохода.

Глубина резания при обточке, мм,

$$t = \frac{d - d_1}{2}, \quad (3.2)$$

где d – диаметр детали до обработки, мм;

d_1 – диаметр детали после обработки за один проход инструмента, мм.

Во время отрезки детали глубина резания равняется ширине резца, а при сверлении отверстия, мм, –

$$t = \frac{D}{2}, \quad (3.3)$$

где D – диаметр отверстия при сверлении, мм.

Глубина резания зависит от припуска на обработку, числа проходов, качества материала детали и режущего инструмента, чистоты и точности обрабатываемой поверхности, мощности и жесткости станка. Если детали обрабатываются с невысокой точностью, то глубина резания будет равняться припуску на обработку. При более высоких требованиях обработка может производиться за несколько проходов.

Число проходов

$$i = \frac{h}{t}, \quad (3.4)$$

где h – величина припуска на сторону, мм;

в) по выбранной глубине резания и диаметру обрабатываемой поверхности определяют, исходя из табличных значений указанных в пп. 3.1.1–3.1.11, подачу, которую затем уточняют по паспорту станка;

г) по найденным значениям глубины резания и подачи с помощью таблиц в пп. 3.1.1–3.1.11 определяют скорость резания (теоретическую). В тех случаях, когда производственные условия не совпадают с теми, для которых составлены справочные таблицы, найденную скорость резания корректируют с помощью поправочных коэффициентов, значения которых приведены ниже в таблицах 3.1–3.5.

Скорректированную скорость резания, м/мин, определяют по формуле

$$v_k = v_T K_i = v_T K_M K_X K_{MP} K_{OX}, \quad (3.5)$$

где v_T – теоретическая скорость резания для выбранной операции, м/мин;

K_i – поправочные коэффициенты на скорость резания.

Таблица 3.1 – Поправочные коэффициенты K_m на скорость резания стальных заготовок (резец из стали Р9 или Р18)

Сталь	Предел прочности σ_b , МПа						
	До 490	500–588	598–686	696–785	794–883	892–981	Св. 990
Углеродистая	1,7	1,31	1,00	0,77	0,63	–	–
Хромоникелевая	1,55	1,16	0,88	0,74	0,54	0,51	0,44
Марганцовистая	1,30	0,97	0,74	0,62	0,50	0,44	0,37

Таблица 3.2 – Поправочные коэффициенты K_m на скорость резания бронзы и чугуна, принятые в отношении углеродистой стали $\sigma_b = 650$ МПа (резец из стали Р9 или Р18)

Чугун		Бронза	
Твердость НВ	Коэффициент K_m	Твердость НВ	Коэффициент K_m
140–160	0,7	60–70	6,2
161–180	0,6	71–90	2,6
181–200	0,5	100–150	1,6
201–220	0,4	151–200	1,1
221–240	0,3	–	–

Таблица 3.3 – Поправочные коэффициенты на скорость резания в зависимости от характера заготовки и состояния ее поверхности K_x

Характер поверхности	Обрабатываемый материал			
	Чугун с твердостью НВ			Стальное литье и поковки
	до 160	160–200	200–240	
Чистая	0,7	0,85	0,9	0,85
Загрязненная	0,5	0,5	0,5	0,75

Таблица 3.4 – Поправочные коэффициенты на скорость резания в зависимости от материала режущей части резца K_{mp}

Материал резца	P9, P18	У10А, У12А	T15K6, T15K6Г	T14K8	ВК2	ВК3	ВК6	ВК8
K_{mp}	1,0	0,45	3,45	2,4	3,0	2,85	2,7	2,4

Таблица 3.5 – Поправочные коэффициенты на скорость резания стали в зависимости от применения охлаждения K_{ox}

Обработка	Коэффициент K_{ox}
Без охлаждения	1,00
С охлаждением	1,25

д) определяют теоретическую частоту вращения шпинделя станка n_T , об/мин, и подбирают ближайшую частоту вращения по паспорту станка:

$$n_T = \frac{1000v_k}{\pi D}, \quad (3.6)$$

где D – диаметр обработки, мм;

е) определяют фактическую скорость резания v , м/мин, соответствующую выбранной частоте вращения шпинделя из паспорта станка:

$$v = \frac{\pi D n}{1000}, \quad (3.7)$$

где n – принятая частота вращения по паспорту станка, об/мин;

ж) определяют усилие резания и мощность, потребные для снятия стружки.

Усилие резания, кг,

$$P_z = kts, \quad (3.8)$$

где k – коэффициент, зависящий от материала, принимается из таблиц 3.6, 3.7;

s – подача, мм/об.

Таблица 3.6 – Значения коэффициента k при обработке стали

σ_B , МПа	k	σ_B , МПа	k	σ_B , МПа	k
300–400	132	588–686	170	883–981	226
400–500	145	686–785	191	981–1079	246
500–600	157	785–883	200	1079–1177	260

Таблица 3.7 – Значения коэффициента k при обработке чугуна

HB	k	HB	k
140–160	81	200–220	98
160–180	86	220–240	104
180–200	92	240–260	108

Мощность резания

$$N_p = \frac{P_z v}{60 \cdot 75 \cdot 1,36} = \frac{P_z v}{6120}. \quad (3.9)$$

Мощность привода станка на шпинделе, кВт,

$$N_{\text{шп}} = N_M \eta, \quad (3.10)$$

где N_M – мощность электродвигателя станка по паспорту, кВт;

η – коэффициент полезного действия, $\eta = 0,7 \dots 0,9$.

Очевидно, обработка возможна, если $N_p \leq N_{\text{шп}}$.

Расчет усилия и мощности резания нужно произвести в операции с наибольшими величинами глубины резания и подачи. Далее следует рассчитать длину обработки.

Расчетная длина обработки при обточке и расточке

$$z = l \pm l_1 \pm l_2 \pm l_3, \quad (3.11)$$

где l – длина обработки, мм;

l_1 – величина врезания резца, мм;

l_2 – величина перебега резца, мм;

l_3 – дополнительная длина на взятие пробных стружек, мм.

Расчетная длина при подрезке торца

$$z = \frac{d}{2} \pm l_1 \pm l_2 \pm l_3. \quad (3.12)$$

Если подрезают несплошное сечение, то

$$z = \frac{d - d_1}{2} \pm l_1 \pm l_2 \pm l_3. \quad (3.13)$$

где d – диаметр детали, мм;

d_1 – диаметр отверстия, мм.

Если производится многорезцовая токарная обработка нескольких ступеней, например, за один проход обрабатывается юбка и головка поршня, расчетная длина определяется по наибольшей длине ступени, т. е.

$$z = l_{\text{наиб.}} \pm l_1 \pm l_2. \quad (3.14)$$

Величины врезания и перебега определяют по таблицам (в значение которых включено как врезание, так и перебег инструмента) 3.8 и 3.9.

Таблица 3.8 – Величина врезания и перебега резцов

В миллиметрах

Наименование инструмента и характер работы		Глубина резания									
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	
Резцы проходные и расточные с углом в плане ϕ	10°	7,0	13,0	19,0	25,0	–	–	–	–	–	
	30°	2,8	5,0	7,2	9,0	11,0	13,0	16,0	21,0	24,0	
	45°	2,0	3,5	5,0	6,0	7,0	8,0	11,0	13,0	15,0	
	60°	1,6	2,7	3,8	4,3	5,0	5,5	7,6	8,7	10,0	
	75°	1,3	2,1	2,8	3,1	3,3	3,6	5,1	5,8	6,2	
Резцы подрезные $\phi = 90^\circ$		3–5									
Резцы отрезные и прорезные		2–5									
Резцы резьбовые	Нарезание сквозной резьбы	2–3 шага резьбы									
	Нарезание резьбы в упор	1–2									

Таблица 3.9 – Величина врезания и перебега сверла

В миллиметрах

Наименование инструмента и характер работы		Наибольший диаметр инструмента										
		5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80
Сверла спиральные	Сверление в сплошном материале	2,5	4,5	6	8	10	12	14	18	22	–	–
	Рассверливание	0,4–0,6 от величины сверления в сплошном материале										
Развертки цилиндрические	Развертывание сквозных отверстий	15	18	22	26	30	34	38	45	50	50	50
	Развертывание глухих отверстий	3	3	3	3	3	4	4	4	5	–	–
Метчики машинные	Нарезание сквозных отверстий	Длина заборной части метчика плюс 1–2 калибрующих нитки										
	Нарезание глухих отверстий	2–3 шага резьбы										
Плашки круглые		2–3 шага резьбы										

Дополнительную длину на взятие стружек определяют по таблице 3.10.

Вспомогательное время, мин, отводится для осуществления различных приемов работы, обеспечивающих выполнение основного времени,

$$t_{\text{в}} = t_{\text{в1}} + t_{\text{в2}} + t_{\text{в3}}. \quad (3.15)$$

Вспомогательное время определяют по таблицам 3.11–3.13.

Таблица 3.10 – Дополнительные длины на взятие пробных стружек

Характер обработки	Измерительные инструменты	Измеряемый размер, мм	Дополнительная длина пробных стружек, мм
Получистовая по четвертому классу точности со взятием одной пробной стружки	Линейка, нутромер, штангенциркуль, глубиномер, пробка, штихмас или шаблон	–	5
	Кронциркуль	До 250	3
		Св. 250	5
	Микрометр, скоба или раздвижная штанга	До 250	5
Св. 250		–	
Получистовая по третьему классу точности со взятием двух пробных стружек	Штангенциркуль, пробка или штихмас	–	10
		До 250	10
	Микрометр или скоба	Св. 250	20

Таблица 3.11 – Вспомогательное время на установку и снятие изделия

Способ установки	Длина детали, мм	Масса детали, кг, при работе							
		вручную			с подъемником				
		до 5	5–15	15–30	до 50	50–80	80–120	120–200	200–300
В центрах	До 1000	0,9	1,5	1,8	2,8	3	3,2	3,5	3,8
В центрах с люнетом		1,2	1,9	2,4	–	–	–	–	–
		1,3	2,2	2,8	4,3	4,9	5,4	6,0	6,6
В центрах на гладкой оправе	Любая	1,3	1,9	2,3	–	–	–	–	–
В центрах на оправке с гайкой		1,6	2,4	2,8	–	–	–	–	–
В трехкулачковом патроне	Без выверки	0,8	0,9	1,0	–	–	–	–	–
	С выверкой	1,3	1,8	2,2	–	–	–	–	–
В трехкулачковом патроне с поджатием центром задней бабки	Более 5 диаметров	0,9	1,3	1,5	–	–	–	–	–

Окончание таблицы 3.11

Способ установки	Длина детали, мм	Масса детали, кг, при работе								
		вручную			с подъемником					
		до 5	5–15	15–30	до 50	50–80	80–120	120–200	200–300	
В трехкулачковом патроне с люнетом	До 1000	0,9	1,4	1,7	–	–	–	–	–	
	Св. 1000	–	1,8	2,2	–	–	–	–	–	
В четырехкулачковом патроне с люнетом	До 1000	–	5,3	6,3	9,2	11,8	12,1	15	17,5	
	До 2500	–	–	–	–	–	14	16,7	20,0	
В четырехкулачковом патроне	Простая	2,2	3,3	3,9	6,0	7,2	8,3	10,0	11,8	
	Средней сложности	3,2	4,9	5,8	8,0	10,6	11,9	13,4	15,5	
	Сложная	5,4	7,3	8,4	10,8	13,0	15,5	18,5	22	
На планшайбе с креплением болтами и планками	Средней сложности	–	6,3	7,7	10,8	13,0	15	17,5	21	
На планшайбе с уголком	Простая	3,8	5,3	6,3	8,3	10,0	11,7	13,8	–	
	Средней сложности	5,9	8,3	10	12	14,5	17,0	20,2	–	
	Сложная	9,2	13	15	18,5	21,0	23,0	27,0	–	
В четырехкулачковом патроне с поджатием центром задней бабки	До 2500	–	–	–	–	9,6	10,7	12,0	13,2	

Таблица 3.12 – Вспомогательное время на изменение режима работы станка и смену инструмента (ко времени на один проход)

Характер изменения режима и смена инструмента		Группа станков по высоте центров, мм				
		150	200	300	500	
Изменить частоту вращения шпинделя	Одной рукояткой	0,04	0,05	0,06	0,07	
	Двумя рукоятками	0,07	0,1	0,12	0,13	
	Откидным перебором	0,12	0,16	0,2	0,25	
	Перекидкой ремня	0,25	0,3	0,35	0,4	
Изменить величину подачи	Одной рукояткой	0,03	0,04	0,04	0,05	
	Двумя рукоятками	0,06	0,07	0,07	0,06	
	Тремя рукоятками	0,08	0,10	0,12	0,13	
Повернуть четырехрезцовую головку на угол, град	900	0,04	0,06	0,07	0,08	
	1800	0,06	0,07	0,08	0,09	
Установить проходной, подрезной или расточной резцы и снять	При креплении	1 болтом	0,7	0,85	0,92	1,0
		2 болтами	0,9	1,1	1,2	1,3

Окончание таблицы 3.12

Характер изменения режима и смена инструмента			Группа станков по высоте центров, мм			
			150	200	300	500
Установить фасонный, резьбовой или отрезной резцы и снять	При креплении	1 болтом	1,0	1,1	1,1	1,2
		2 болтами	1,2	1,4	1,5	1,6
Установить сверло, метчик или развертку в шпиндель задней бабки и снять			0,7	0,8	0,9	1,0

Таблица 3.13 – Вспомогательное время, затраченное на один проход

Наименование операции (перехода)	Высота центров, мм		
	150	200	300
Обточка или расточка по 3-му классу точности	0,5	0,6	0,8
Обточка или расточка по 4–5-му классу точности	0,3	0,4	0,6
Обточка или расточка на последующие проходы	0,08	0,15	0,20
Подрезка или отрезка	0,10	0,15	0,18
Обтачивание или отрезка	0,10	0,15	0,18
Обтачивание фасок и радиусов	0,05	0,06	0,06
Нарезание резьбы резцом	0,02	0,03	0,05
Нарезание резьбы метчиком или плашкой	0,17	0,19	0,22
Сверление, рассверливание и центровка	0,46	0,62	0,80

Дополнительное время определяют по формуле (1.1).

Значение К берут из таблицы 3.14.

Таблица 3.14 – Дополнительное время в процентах от оперативного

Высота центров, мм	Время на обслуживание рабочего места в процентах от оперативного времени К
200	6,5
400	7,2

Подготовительно-заготовительное время, мин, определяют по таблице 3.15.

Таблица 3.15 – Подготовительно-заготовительное время при токарной обработке

Условия работы	Высота центров, мм		
	150	200	300
В центрах на оправке с хомутиком	8	9	12
В трехкулачковом патроне	11	12	13
В трехкулачковом патроне с поджатием задним центром	12	13	14
В четырехкулачковом патроне	13	14	16
В четырехкулачковом патроне с поджатием задним центром	14	15	17
На приспособлении, закрепленном на планшайбе	17	18	21
На планшайбе с креплением болтами	15	16	18

Окончание таблицы 3.15

Условия работы	Высота центров, мм		
	150	200	300
На концевой оправке	10	11	12
Прибавлять время в случае установки люнета	2	3	4
Установка приспособления на суппорте	20	20	22
Установка электрошлифовального прибора	15	15	15

Штучное время определяется по формуле (1.3).

Норму калькуляционного времени определяют по формуле (1.5).

3.1.1 Наружная обточка

Обточка – это процесс обработки наружных поверхностей путем снятия стружки с заготовки и уменьшения ее диаметра до заданного значения. Является основным способом получения деталей и частей механизмов типа вал, ось, палец, втулка. Обработка проходит в *три этапа*:

1) *черновой* – с заготовки отделяется лишний материал, а ее диаметр уменьшается;

2) *чистовой* – происходит доводка детали до заданного диаметра с получением необходимого класса точности;

3) *тонкий* – производится при необходимости получения высокого класса точности обработки с использованием «тонких» резцов и микрометра.

Варианты обработки, а также соответствующие им классы точности и шероховатости представлены в таблице 3.16.

Таблица 3.16 – Варианты обработки наружных поверхностей

Вариант	Класс точности						Класс шероховатости
	5	4	3а	3	2а	2	
1	Обтачивание однократное			–			$\sqrt{Rz80}$ $\sqrt{Rz40}$
2	Обтачивание черновое и чистовое						$\sqrt{Rz 20}$
3	Обтачивание черновое и шлифование						$\sqrt{Ra 2,5}$
4	Обтачивание черновое, чистовое и шлифование						$\sqrt{Ra 1,25}$
5	–			Обтачивание черновое, чистовое и тонкое			$\sqrt{Ra 0,63}$
6	–			Обтачивание черновое и шлифование черновое и чистовое			$\sqrt{Ra 0,63}$
7	–			Обтачивание черновое и чистовое, шлифование черновое и чистовое			$\sqrt{Ra 0,63}$ $\sqrt{Ra 0,32}$

Значения подачи, мм/об, и скоростей резания, м/мин, при наружной обточке представлены в таблицах 3.17 и 3.18.

Таблица 3.17 – Подача при наружной обточке

Характер обработки	Глубина резания, мм	Диаметр обрабатываемой детали, мм			
		До 30	30–60	60–100	100–150
Черновая	До 3	0,15–0,4	0,2–0,6	0,3–0,8	0,4–1,0
	3–6	0,1–0,3	0,15–0,4	0,2–0,6	0,3–0,8
Чистовая	До 2	0,15–0,2	0,15–0,25	0,25–0,35	0,3–0,4
	До 3	0,09–0,12	0,1–0,2	0,15–0,25	0,20–0,35

Таблица 3.18 – Скорость резания при обтачивании конструкционной углеродистой стали $\sigma_b = 637$ МПа резцом из стали Р9 без охлаждения

Подача, мм/об, не более	Глубина резания, мм						
	1	1,5	2	3	4	6	8
0,15	102	92	85	–	–	–	–
0,20	88	80	74	–	–	–	–
0,25	79	71	66	–	–	–	–
0,30	70	63	58	–	–	–	–
0,40	–	52	48	43	40	35	–
0,60	–	–	37	36	35	31	30
0,70	–	–	–	30	28	26	23
1,00	–	–	–	23	22	19	18
1,40	–	–	–	–	18	16	14
2,00	–	–	–	–	–	13	12

3.1.2 Расточка внутренних поверхностей

Обработка внутренних поверхностей по сравнению с обработкой наружных (*обточкой*) более трудоемка, часто требует применения нескольких режущих инструментов и различных измерительных средств. Это связано с невозможностью визуального контроля качества работ, а также труднодоступностью обрабатываемой поверхности.

Обработку отверстий в валах на токарных станках выполняют соответствующими инструментами, закрепляемыми в пиноли задней бабки. Так, растачивание внутренних цилиндрических поверхностей выполняют *расточными резцами*, закрепленными в резцедержателе станка, с продольной подачей. Гладкие сквозные отверстия растачивают *проходными резцами*; ступенчатые и глухие – *упорными расточными резцами*. При обработке широких торцевых канавок сначала осуществляется расточка *канавочным отогнутым резцом*, а далее – *резцом расточным упорным*.

Этапы обработки внутренних поверхностей аналогичны наружным. Характеристики основных видов растачивания представлены в таблице 3.19.

Таблица 3.19 – Характеристика основных видов растачивания

Показатель	Растачивание		
	черновое	чистовое	тонкое
Достижимый класс точности	5–7	3–4	2
Достижимый класс шероховатости	$\sqrt{Rz\ 320}$ $\sqrt{Rz\ 80}$	$\sqrt{Rz\ 40}$ $\sqrt{Ra\ 2,5}$	$\sqrt{Ra\ 1,25}$ $\sqrt{Rz\ 0,65}$
Припуск на обработку	В зависимости от заготовки	См. таблицы 2.6 и 2.7	См. таблицы 2.7 и 2.8

Значения подачи, мм/об, и скоростей резания, м/мин, при растачивании внутренних поверхностей представлены в таблицах 3.20, 3.21.

Таблица 3.20 – Подача при растачивании

Вылет реза, мм	Обрабатываемый материал					
	сталь			чугун и медные сплавы		
	Глубина резания, мм					
	2	3	5	2	3	5
50	0,08–0,1	–	–	0,08–0,1	0,08	0,08
60	0,1–0,12	0,08	–	0,08–0,1	0,08–0,12	0,08
80	0,12–0,2	0,12	0,08	0,08–0,1	0,15–0,25	0,08–0,12
100	0,18–0,25	0,1–0,25	0,1	0,1–0,15	0,3–0,5	0,15–0,25
150	0,3–0,4	0,2–0,5	0,12–0,3	0,15–0,3	0,9–1,2	0,5–0,7
200	–	0,25–0,6	0,13–0,4	–	–	0,6–1,0

Таблица 3.21 – Скорость резания при растачивании конструкционной углеродистой стали $\sigma_b = 637$ МПа резцом из стали Р9 без охлаждения

Подача, мм/об, не более	Глубина резания, мм					
	1	1,5	2	3	4	5
0,10	99	90	–	–	–	–
0,15	87	79	73	–	–	–
0,20	79	71	66	–	–	–
0,25	73	66	62	–	–	–
0,30	65	59	55	–	–	–
0,40	–	49	46	41	38	34
0,60	–	–	–	35	33	30
0,70	–	–	–	29	27	24

3.1.3 Торцевая обточка

Торцевые поверхности деталей обрабатывают на токарных станках подрезными, проходными прямыми, проходными отогнутыми и проходными упорными резцами. Различают два способа подрезания торца: к центру заготовки и от центра.

Торцевая обточка (или подрезание торца) заготовки небольшого диаметра осуществляется ручной поперечной подачей резца к центру заготовки, а при подрезании торца заготовки большего диаметра применяют механическую подачу резца.

При подрезании торцов необходимо выдерживать их плоскостность, перпендикулярность к оси детали, правильное расположение по длине, шероховатость в соответствии с требованиями рабочего чертежа. Эти условия обеспечиваются надлежащей установкой и выверкой заготовок на станке, применением соответствующих резцов и приемов работы.

Положение торцов и уступов по длине детали измеряют линейкой или штангенциркулем, которые во избежание ошибки следует располагать строго параллельно оси детали. Перпендикулярность торца к оси цилиндрической поверхности проверяют угольником, плоскостность – прикладыванием к торцу ребра линейки или угольника на просвет, шероховатость – сравнением с эталонами шероховатости.

Припуск при торцевой обточке определяется по формуле

$$h = Z - l_3, \quad (3.16)$$

где Z – длина заготовки до обработки, мм;

l_3 – длина заготовки после обработки, мм.

Значения подач, мм/об, и скоростей резания, м/мин, при торцевой обточке представлены в таблицах 3.22 и 3.23.

Таблица 3.22 – Подача при торцевой обточке

Характер обработки	Диаметр обрабатываемой детали, мм				
	30	60	100	150	300
Черновая	0,15–0,25	0,25–0,4	0,35–0,5	0,45–0,6	0,6–0,8
Чистовая	0,15–0,2	0,2–0,3	0,25–0,35	0,35–0,5	0,4–0,6

Таблица 3.23 – Скорость резания при торцевой обточке конструкционной углеродистой стали $\sigma_b = 637$ МПа резцом из стали Р9 без охлаждения

Подача, мм/об, не более	Глубина резания, мм						
	1	1,5	2	3	4	6	8
0,10	116	105	–	–	–	–	–
0,15	100	91	85	–	–	–	–
0,20	91	83	77	–	–	–	–
0,25	85	70	70	–	–	–	–
0,30	75	68	65	–	–	–	–
0,40	–	56	53	48	44	40	–
0,50	–	–	–	41	37	34	33
0,70	–	–	–	32	30	28	26
1,00	–	–	–	27	24	22	21
1,40	–	–	–	–	20	18	17

3.1.4 Отрезка и протачивание канавок

Одними из основных операций при обработке тел вращений, являются *отрезка и протачивание канавок*.

Цель операции отрезки – эффективно и надежно отделить одну деталь от другой. Операция отрезки производится путем врезания по радиусу детали на глубину половины диаметра.

Отрезка заготовок на токарных станках остается одной из наиболее сложных операций металлообработки. Неблагоприятные условия образования и отвода стружки, недостаточные прочность и жесткость режущих элементов и рабочей части инструмента препятствуют применению высоких режимов резания, вызывают частые поломки инструмента.

При протачивании канавок общий принцип тот же, что и у отрезки, но с отличием в глубине врезания инструмента – он никогда не доходит до центра заготовки. Канавки могут протачиваться на цилиндрических поверхностях, на торцах и уступах за один или несколько проходов резца в зависимости от их размеров. При выполнении канавок необходимо выдерживать размеры, форму, расположение и чистоту обработки согласно техническим требованиям рабочего чертежа.

Отрезка деталей и протачивание канавок на деталях на токарных станках производится *отрезными и прорезными резцами*.

Значения подач, мм/об, скоростей резания, м/мин, и необходимых поправочных коэффициентов при отрезке и протачивании канавок представлены в таблицах 3.24–3.26.

Таблица 3.24 – Подача при отрезке и протачивании канавок

Обрабатываемый материал	Диаметр обрабатываемой детали, мм			
	30	60	100	120
Сталь	0,07–0,09	0,09–0,11	0,11–0,19	0,13–0,15
Чугун	0,10–0,12	0,12–0,15	0,15–0,18	0,18–0,2

Таблица 3.25 – Скорость резания при отрезке и протачивании канавок в конструкционной углеродистой стали $\sigma_v = 637$ МПа резцом из стали Р9 без охлаждения

Подача, мм/об	0,06	0,08	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50
Скорость резания, м/мин	44	37	32	25	21	18	16	13	12

Таблица 3.26 – Поправочные коэффициенты на скорость резания в зависимости от отношения конечного диаметра обработки к начальному d_1/d при отрезке деталей с отверстиями

Материал режущей части резца	Отношение d_1/d			
	0,3–0,5	0,5–0,6	0,7–0,8	Св. 0,8
Сталь быстрорежущая	1,0	0,96	0,92	0,88
Твердый сплав	1,0	0,97	0,90	0,84

3.1.5 Нарезание крепежной резьбы резцом

Нарезание резьбы резцами производится на токарно-винторезных станках. Деталь, установленная в патроне или центрах, вращается, а резец, закрепленный в резцедержателе, перемещается вдоль образующей резьбы, причем эти движения строго согласованы: за один оборот детали резец перемещается на величину шага резьбы. Движение суппорта при нарезании резьбы передается от ходового винта, который через коробку передач соединен со шпинделем.

Как следствие, продольная подача представляет собой шаг резьбы, а поперечная, в зависимости от числа проходов, определяет глубину резания, равную высоте резьбового профиля. Величина врезания и перебега резца принимается равной 2–3 шагам нарезаемой резьбы.

Значения скоростей резания, м/мин, и необходимого числа проходов при нарезании крепежной резьбы представлены в таблицах 3.27 и 3.28.

Таблица 3.27 – Скорость резания при нарезании крепежной резьбы резцами из быстрорежущей стали

Вид прохода	Шаг резьбы S , мм, или число ниток на 1 дюйм												
	До 2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	7	8	9	10	11
Крепежная метрическая резьба													
Черновой	36	31	30	27	25	24	22	22	–	–	–	–	–
Чистой	64	56	50	48	44	42	41	38	–	–	–	–	–
Зачистной	4												
Крепежная дюймовая резьба													
Черновой	–	19	20	21	23	25	–	27	28	31	35	38	40
Чистой	–	31	34	37	39	42	–	47	49	55	57	58	65
Зачистной	4												

Нарезание резьбы производится *резьбовыми резцами* (рисунок 3.1), режущие кромки которых соответствуют профилю резьбы.

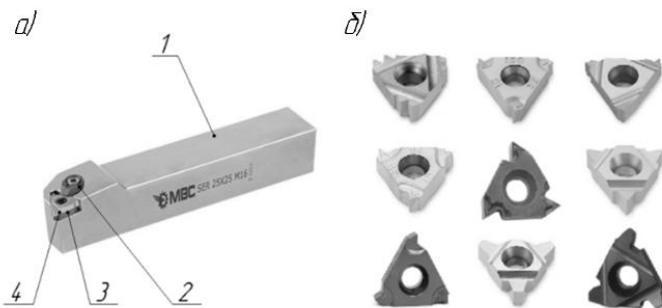


Рисунок 3.1 – Резьбовой резец:

a – общий вид сборного резца; *б* – конструкции твердосплавных режущих пластин;
 1 – державка; 2 – прижим-стружколом; 3 – подложка; 4 – режущая пластина

Таблица 3.28 – Число проходов при нарезании крепежной резьбы

Тип резьбы	Шаг резьбы S, мм, или число ниток на 1 дюйм	Нарезание наружной резьбы						Нарезание внутренней резьбы					
		Обрабатываемый материал											
		углеродистая сталь		легированные стали и стальное литье		чугун, бронза, латунь		углеродистая сталь		легированные стали и стальное литье		чугун, бронза, латунь	
		Число проходов											
		черно-вых	чисто-вых	черно-вых	чисто-вых	черно-вых	чисто-вых	черно-вых	чисто-вых	черно-вых	чисто-вых	черно-вых	чисто-вых
Метрическая	1,25–1,5	4	2	5	3	4	2	5	3	6	4	5	3
	1,75	5	3	6	4	5	3	6	3	7	4	6	3
	2,0–3,0	6	3	7	4	6	3	7	4	9	5	7	3
	3,5–4,5	7	4	9	5	6	3	9	4	11	6	7	3
	5,0–5,5	8	4	10	5	6	4	10	5	13	7	8	4
	6,0	9	4	12	5	6	4	12	5	15	7	8	5
Дюймовая	12–14	4	3	5	4	3	3	5	4	6	5	4	4
	10–11	5	3	6	4	4	3	6	4	7	5	5	4
	7,0	5	4	7	5	4	3	6	5	7	6	5	4
	6,0	6	4	7	5	4	3	8	5	10	6	5	4
	4,0–5,0	7	4	8	5	5	3	9	5	12	6	8	5
	3,5	8	4	10	5	6	4	10	5	12	6	8	5
	3,0	9	4	12	6	6	4	12	5	14	7	8	5

3.1.6 Нарезание трапецидальной резьбы резцом

Значения необходимого числа проходов и скоростей резания, м/мин, при нарезании трапецидальной резьбы представлены в таблицах 3.29, 3.30.

Таблица 3.29 – Число проходов при нарезании трапецидальной резьбы

Шаг резьбы, мм	Обрабатываемый материал					
	углеродистая сталь		легированные стали и стальное литье		чугун, бронза, латунь	
	Число проходов					
	черновых	чистовых	черновых	чистовых	черновых	чистовых
Резьба наружная						
2	7	4	8	5	6	4
4	7	5	8	5	6	4
5	8	5	10	6	7	4
6	8	5	10	6	7	4
8	10	6	10	7	9	5
10	12	7	14	8	10	5
12	13	8	16	10	11	6
16	15	8	18	10	13	7
20	17	10	20	12	15	8
Резьба внутренняя						
2	8	5	10	6	7	5
4	8	5	10	6	7	5
5	10	6	12	7	8	5
6	10	6	12	7	8	5
8	12	7	14	9	10	6
10	14	8	16	10	12	6
12	16	10	18	12	14	7
16	18	10	21	12	16	8
20	20	12	24	13	18	10

Примечание – Число проходов в карте рассчитано для нарезания однозаходной резьбы. При нарезании двух и многозаходных резьб указанные числа проходов увеличивают на 1–2 прохода для каждого захода.

Таблица 3.30 – Скорость резания при нарезании трапецидальной резьбы резцами из быстрорежущей стали с охлаждением

Вид прохода	Шаг резьбы, мм							
	До 5	6	8	10	12	16	20	24
Черновой	37	32	25	21	18	15	14	13
Чистовой	64				52			
Зачистной	4							

Резьбу с шагом до 5 мм нарезают одним резцом, профиль которого соответствует профилю резьбы. Резьбу с большим шагом нарезают двумя либо тремя резцами. Продольная подача соответствует шагу резьбы. Величину врезания и перебега резца принимают равной 2–3 шагам нарезаемой резьбы.

3.1.7 Обточка фасок

Фаски – конические или плоские узкие срезы (притупления) острых кромок деталей. Их применяют для облегчения процесса сборки, предохранения рук от порезов острыми кромками, придания изделиям эстетического вида и в других случаях. Для их получения используют *проходные резцы*.

При выполнении расчета значения v и n принимают по данным предыдущего перехода. Для упрощения расчета основное время, мин, на обточку фасок приводится в таблице 3.31.

Таблица 3.31 – Основное время на обточку фасок под углом 30 и 45°

Диаметр обрабатываемой детали, мм, не более	Ширина фаски, мм, не более				Диаметр обрабатываемой детали, мм, не более	Ширина фаски, мм, не более	
	1	2	3	5		3	5
20	0,05	0,10	0,13	–	180	0,84	1,20
40	0,10	0,23	0,27	–	200	–	1,28
60	0,14	0,27	0,36	0,50	210	–	1,36
80	0,16	0,36	0,48	0,70	220	–	1,42
100	–	0,48	0,60	0,80	240	–	1,51
120	–	0,58	0,68	0,87	260	–	1,65
140	–	0,62	0,75	1,0	280	–	1,84
160	–	–	0,82	1,13	300	–	2,00

3.1.8 Обточка галтелей

Галтели – скругления внешних и внутренних углов на деталях машин. Их широко применяют для облегчения изготовления деталей литьем, штамповкой, ковкой, для повышения прочностных свойств валов, осей и других деталей в местах перехода от одного диаметра к другому.

Обточку галтелей осуществляют подрезанием *галтельным резцом*.

При выполнении расчета значения v и n принимают по данным предыдущего перехода. Основное время на обточку галтелей, мин, приводится в таблице 3.32.

Таблица 3.32 – Основное время на обточку галтелей

Диаметр обработки, мм, не более	Радиус галтели, мм							
	1	2	2,5	3	4	5	6	8
25	0,30	0,33	0,34	0,36	–	–	–	–
30	0,33	0,34	0,36	0,39	0,43	–	–	–
35	0,34	0,35	0,38	0,49	0,45	–	–	–
40	0,35	0,36	0,40	0,45	0,48	–	–	–
50	–	0,38	0,43	0,78	0,53	0,77	–	–
60	–	0,40	0,45	0,50	0,58	0,87	1,00	–
70	–	0,45	0,50	0,57	0,62	1,00	1,25	–
80	–	–	0,53	0,58	0,70	1,12	1,50	2,00

Окончание таблицы 3.32

Диаметр обработки, мм, не более	Радиус галтели, мм							
	1	2	2,5	3	4	5	6	8
100	–	–	–	0,62	0,80	1,25	1,75	2,22
120	–	–	–	0,67	0,90	1,5	2,00	2,5
140	–	–	–	0,72	1,00	1,75	2,25	2,75
160	–	–	–	–	1,12	2,00	2,50	3,00
180	–	–	–	–	1,25	2,25	2,75	3,25
200	–	–	–	–	1,37	2,50	3,00	3,75
230	–	–	–	–	–	2,73	3,25	4,25
260	–	–	–	–	–	3,00	3,50	5,00
300	–	–	–	–	–	3,25	3,75	5,75

3.1.9 Зачистка поверхностей абразивным полотном

Зачистка абразивным полотном придает поверхности требуемую гладкость, но не обеспечивает точность размеров.

Значения ν и n принимают по данным предыдущего перехода.

Основное время на зачистку поверхностей абразивным полотном, мин, приводится в таблице 3.33.

Таблица 3.33 – Основное время на зачистку поверхности абразивным полотном

Длина обработки, мм	Диаметр обработки, мм									
	До 15	20	30	40	50	70	100	130	160	200
10	0,90	–	–	–	–	–	–	–	–	–
15	1,80	1,15	–	–	–	–	–	–	–	–
20	1,15	1,30	1,5	1,7	1,9	2,1	–	–	–	–
30	1,30	1,45	1,7	2,00	2,20	2,40	2,70	–	–	–
40	1,45	1,65	1,95	2,50	2,70	2,90	3,20	3,50	3,80	–
50	1,65	1,90	2,50	2,90	3,10	3,30	3,60	3,90	4,20	4,60
70	1,90	2,30	2,90	3,20	3,40	3,60	3,90	4,20	4,50	4,90
100	2,30	2,70	3,20	3,70	3,90	4,20	4,50	4,50	4,80	5,20
130	2,0	3,00	3,60	3,90	4,10	4,30	4,60	4,90	5,20	5,60
160	3,00	3,30	3,90	4,50	4,70	4,90	5,20	5,50	5,80	6,20
200	–	3,70	4,40	4,90	5,10	5,30	5,60	5,90	6,20	6,60
250	–	–	4,80	5,30	5,50	5,70	6,00	6,30	6,60	7,00
300	–	–	5,20	6,00	6,20	6,40	6,70	7,00	7,30	7,70

3.1.10 Нарезание резьбы метчиками и плашками

Крепежную треугольную внутреннюю резьбу нарезают метчиками (рисунок 3.2, а), наружную – плашками (рисунок 3.2, б).

Метчиком называется режущий инструмент, представляющий собой закаленный винт, на котором прорезано несколько продольных прямых или

винтовых канавок, образующих режущие кромки. Метчик имеет рабочую часть и хвостовик, заканчивающийся квадратом.

Плашка представляет собой стальную закаленную гайку со стружечными канавками, образующими режущие грани. Плашки бывают круглые (иногда их называют лерками), раздвижные (круповые) и специальные для нарезания труб.



Рисунок 3.2 – Общий вид метчика (а) и плашки (б)

Для закрепления метчиков и плашек в шпинделе задней бабки станка применяются специальные патроны и плашкодержатели. При нарезании внутренней резьбы машинным метчиком обычно применяют один метчик, реže – два; при нарезании наружной резьбы применяют одну плашку.

Скорость резания, м/мин, определяют по таблице 3.34.

Таблица 3.34 – Скорость резания при нарезании резьбы метчиками или плашками

Обрабатываемый материал	Режущий инструмент	Диаметр резьбы, мм, не более									
		6	8	10	12	16	20	24	30	36	
Сталь	Метчик	6,5	7,5	8,0	9,0	11,0	12,0	13,0	14,5	16,0	
	Плашка	2,5	2,6	2,8	3,0	3,4	3,5	3,6	3,8	4,0	
Чугун	Метчик	4,5	5,2	5,8	6,3	7,7	8,5	8,9	10,0	11,2	

Расчет основного времени

$$t_0 = \frac{1,8Z}{ns} = \frac{1,8(l + l_1 + l_2)}{ns}, \quad (3.17)$$

где 1,8 – коэффициент, учитывающий обратный ход режущего инструмента;

Z – расчетная длина обработки, мм;

n – паспортная частота вращения шпинделя, об/мин;

s – подача инструмента, мм/об, принятая по паспорту станка;

l – длина резьбовой части изделия, мм;

l₁ – величина врезания, мм;

l₂ – величина перебега, мм.

Величины врезания и перебега, мм, даны в таблице 3.35, при этом значения этих величин следует уменьшить вдвое при обработке хвостовиков с уступом или глухих отверстий

Таблица 3.35 – Величина врезания и перебега при нарезании резьбы метчиком и плашками

Наименование инструмента	Шаг резьбы, мм, не более						
	1,5	2	2,5	3	4	5	6
Комплект из одного метчика	14	18	23	27	36	45	54
Из двух метчиков	6	8	10	12	16	20	26
Плашка	4	6	8	10	14	18	22

3.1.11 Зацентровка, сверление, рассверливание и развертывание на токарных станках

При сверлении отверстий на токарных станках деталь, закрепленная в патроне, совершает вращательное движение, а сверло, установленное в пинноли задней бабки, получает движение подачи. Подачу сверла производят обычно вручную, вращая для этого соответствующий маховичок.

Для того чтобы сверло в процессе работы не смещалось, предварительно производят зацентровку заготовки короткими спиральными сверлами большого диаметра или специальными центровочными сверлами с углом при вершине 90°.

Значения основного времени на зацентровку детали, а также необходимое количество вводов-выводов сверла при сверлении указаны в таблицах 3.36 и 3.37.

Таблица 3.36 – Основное время на зацентровку деталей

Диаметр обрабатываемой детали, мм, не более	10	40	80	120	180
Основное время на зацентровку, мин	0,07	0,08	0,09	0,10	0,13

Таблица 3.37 – Количество вводов и выводов сверла при сверлении

Длина сверления, мм	Количество вводов-выводов
До 50	1–2
От 50 до 100	2–3
Свыше 100	3–4

В указанных далее таблицах 3.38–3.40 отмечены частоты вращения шпинделя станка, об/мин, и основное время, мин, при обработке заготовок из стали. Выбранные из таблиц значения n и t_0 необходимо скорректировать путем:

– умножения табличного значения n на поправочный коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал;

– деления табличного значения t_0 на тот же поправочный коэффициент таблиц 3.41–3.42.

Таблица 3.38 – Основное время при сверлении отверстий в сплошном материале углеродистой стали $\sigma_b = 637...686$ МПа сверлом из быстрорежущей стали

Глубина сверления, мм, не более	Диаметр сверла, мм, не более											
	5		8		10		12		15		20	
	Средняя ручная подача, мм/об											
	0,05		0,06		0,10		0,10		0,08		0,07	
	Частота вращения шпинделя n , об/мин, и основное время t_o , мин											
	n	t_o	n	t_o	n	t_o	n	t_o	n	t_o	n	t_o
5	1200	0,12	1200	0,15	950	0,09	740	0,12	570	0,22	410	0,42
10	1200	0,20	1200	0,18	950	0,14	740	0,19	570	0,33	410	0,59
15	1200	0,28	1200	0,25	950	0,19	740	0,26	570	0,44	410	0,77
20	1200	0,37	1200	0,32	950	0,24	740	0,31	570	0,55	410	0,94
25	1200	0,45	1200	0,39	800	0,35	650	0,45	570	0,66	410	1,12
30	1200	0,53	1200	0,46	800	0,41	650	0,52	570	0,77	410	1,29
40	–	–	1200	0,60	800	0,54	650	0,68	500	1,13	410	1,64
50	–	–	1000	0,88	700	0,76	600	0,90	500	1,38	350	2,33
60	–	–	1000	1,05	600	1,05	500	1,28	500	1,63	350	2,74
70	–	–	800	1,52	600	1,22	500	1,48	400	2,35	300	3,67
80	–	–	800	1,73	500	1,66	400	2,10	400	2,66	300	4,15
100	–	–	600	2,87	400	2,58	300	3,47	300	4,38	200	7,65
120	–	–	500	4,10	400	3,08	300	4,14	300	5,21	150	12,10
150	–	–	500	5,10	300	5,10	200	7,70	200	9,70	150	14,97
200	–	–	500	6,77	300	6,77	200	10,20	150	17,10	100	20,58

Таблица 3.39 – Основное время при рассверливании отверстий в углеродистой стали $\sigma_b = 637...686$ МПа сверлом из быстрорежущей стали

Глубина рассверливания, мм, не более	Диаметр предварительно просверленного отверстия, мм, не более											
	10		10		20		20		20		20	
	Диаметр рассверливания, мм, не более											
	20		25		30		30		40		50	
	Подача, мм/об											
	0,08		0,06		0,05		0,08		0,06		0,05	
	Частота вращения шпинделя n , об/мин, и основное время t_o , мин											
	n	t_o	n	t_o	n	t_o	n	t_o	n	t_o	n	t_o
15	450	0,61	420	0,91	350	1,43	420	0,75	–	–	–	–
20	450	0,75	420	1,11	350	1,72	420	0,89	–	–	–	–
25	450	0,89	420	1,31	350	2,00	420	1,04	330	1,92	–	–
30	450	1,03	420	1,51	350	2,29	420	1,19	330	2,17	–	–
40	450	1,31	420	1,91	350	2,86	420	1,49	330	2,68	280	4,07
50	450	1,58	420	2,31	350	3,43	420	1,79	330	3,19	280	4,79
60	380	2,33	420	2,70	350	4,00	420	2,08	330	3,69	280	5,50
70	360	2,68	340	3,83	350	4,58	420	2,38	330	4,19	280	6,22
80	360	3,03	340	4,31	280	6,43	340	3,31	330	4,70	280	6,93
100	320	4,18	340	5,30	280	7,86	340	4,05	330	5,71	280	8,36
120	300	5,29	300	7,12	280	9,29	340	4,78	290	7,65	280	9,79
150	260	7,55	280	9,41	250	12,80	300	6,67	290	9,37	250	13,36
200	260	9,96	250	13,87	210	20,00	280	9,38	260	13,66	250	17,36

Таблица 3.40– Основное время на развертывание отверстий в углеродистой стали $\sigma_b = 637...686$ МПа разверткой из быстрорежущей стали

Диаметр развертывания, мм, не более	Длина развертывания, мм, не более	Припуск на диаметр, мм, не более											
		0,15			0,25			0,30			0,40		
		Подача s , мм/об, частота вращения шпинделя n , об/мин, машинное время t_o , мин											
		s	n	t_o	s	n	t_o	s	n	t_o	s	n	t_o
10	50	0,30	150	1,11	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	75	0,25	150	2,00	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	100	0,20	150	3,33	–	–	–	–	–	–	–	–	–
15	50	0,40	120	1,57	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	75	0,35	120	2,38	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	100	0,30	120	4,17	–	–	–	–	–	–	–	–	–
20	50	–	–	–	0,40	100	1,88	–	–	–	–	–	–
	75	–	–	–	0,35	100	2,86	–	–	–	–	–	–
	100	–	–	–	0,30	100	5,00	–	–	–	–	–	–
30	50	–	–	–	0,50	60	2,50	–	–	–	–	–	–
	75	–	–	–	0,45	60	3,71	–	–	–	–	–	–
	100	–	–	–	0,40	60	6,25	–	–	–	–	–	–
40	100	–	–	–	–	–	–	0,60	40	5,00	–	–	–
	150	–	–	–	–	–	–	0,45	40	8,34	–	–	–
	200	–	–	–	–	–	–	0,40	40	12,50	–	–	–
50	100	–	–	–	–	–	–	0,60	30	5,56	–	–	–
	150	–	–	–	–	–	–	0,50	30	10,00	–	–	–
	200	–	–	–	–	–	–	0,40	30	14,82	0,70	20	14,29

Таблица 3.41 – Поправочные коэффициенты для стали

Предел прочности σ_B , МПа	До 580	До 680	До 780	До 880
Коэффициент	1,2	1,0	0,9	0,8

Таблица 3.42 – Поправочные коэффициенты для чугуна

Твердость НВ	90–100	120–160	160–200	200–240
Коэффициент	0,9	0,65	0,6	0,5

К вспомогательному времени, которое определяется по таблицам 3.11–3.13, следует прибавить время на перемещение инструмента, который установлен в задней бабке токарного станка. Это время указано в таблице 3.43.

Таблица 3.43 – Вспомогательное время для работ инструментом, установленным в задней бабке станка

Вид обработки	В минутах			
	Без перемещения задней бабки		С перемещением задней бабки	
	с промером	без промера	с промером	без промера
Сверление	0,27	0,20	0,69	0,62
Рассверливание	0,27	0,20	0,69	0,62
Развертывание	0,41	–	0,83	–

Примечание – В случае вывода инструмента для удаления стружки и последовательного ввода к табличным данным добавлять 0,14 мин. Количество вводов и выводов сверла см. в таблице 3.37.

3.2 Нормирование расточных работ

В ремонтной практике *расточные работы* на расточных станках применяются при расточке цилиндров, гильз и подшипников двигателей внутреннего сгорания, а также – гнезд под подшипники качения в картерах коробок и задних мостов.

Указанные поверхности требуют высокого качества обработки и значительной точности, что может быть обеспечено резанием при малых глубинах и подачах и высоких скоростях резания. Такое растачивание называется тонким (алмазным) и осуществляется режущими инструментами:

- ВК3 и ВК6, применяемыми при обработке чугуна и бронзы;
- Т15К6, применяемым при обработке легирующих, твердых сталей.

Величины глубин, подач и скоростей резания принимают по таблице 3.44.

Таблица 3.44 – Значения t , s и v при тонком растачивании

Обрабатываемый материал	t , мм	s , мм/об	v , м/мин
Чугун серый	0,10–0,35	0,03–0,18	100–200
Баббит	0,05–0,35	0,02–0,10	250–600
Бронза	0,05–0,25	0,02–0,10	250–500

Порядок расчета режимов резания на расточных станках точно такой же, как и при токарной обработке, рассмотренной в п. 1 главы 3, т. е. указанные в таблице 3.44 значения s , мм/об, и v , м/мин, корректируют по данным станка. Основное время определяют по формуле (3.1).

Расчетная длина обработки

$$Z = l + l_1 + l_2 + l_3.$$

где l – длина поверхности обработки под расточку, мм;

l_1 – величина врезания резца, мм;

l_2 – величина перебега резца, мм;

l_3 – дополнительная длина на взятие пробных стружек, мм.

Дополнительная длина на взятие пробной стружки при растачивании на расточных станках, как правило, отсутствует, так как резец на шпинделе или на борштанге предварительно устанавливают на заданный размер растачивания. Величины l_1 и l_2 определяют по таблице 3.8.

Вспомогательное время на установку и снятие детали определяют по таблице 3.45.

Таблица 3.45 – Вспомогательное время на снятие и установку детали

Приемы работы	В минутах
1 Установить деталь на станину станка	0,1
2 Отцентровать отверстие, укрепить деталь болтами	1,0
3 Включить и выключить станок	0,03
4 Поднять или опустить шпиндель станка вручную	0,08
5 Переместить деталь и вновь отцентровать	0,40
6 Открепить деталь	0,25
7 Снять деталь со станины станка	0,15
8 Установить на размер и снять расточной резец	3,0

Вспомогательное время на операцию растачивания

$$t_{\text{в}} = t_{\text{в}1} + t_{\text{в}2} + t_{\text{в}3}q + t_{\text{в}4}q + t_{\text{в}5}q + t_{\text{в}6} + t_{\text{в}7} + t_{\text{в}8}, \quad (3.18)$$

где $t_{\text{в}1} - t_{\text{в}8}$ – вспомогательное время по позициям таблицы 3.45;

q – количество отверстий, подлежащих растачиванию в изделии.

Дополнительное время составляет 9 % от оперативного и определяется по формуле (1.1), подготовительно-заключительное – по таблице 3.57. Штучное время определяют по формуле (1.3), норму калькуляционного времени – по формуле (1.5).

3.3 Нормирование сверлильных работ

Основные работы, выполняемые на сверлильных станках: сверление сквозных и глухих отверстий, рассверливание, зенкерование, развер-

тывание (таблица 3.46); *дополнительные работы*: зенкование и подрезка торца, нарезание резьбы метчиком, растачивание (таблица 3.47).

Отмеченные работы характеризуются большой трудоемкостью, так как установка и закрепление заготовок, а также их снятие, управление станком, а зачастую ручная подача шпинделя с инструментом требуют от рабочего непрерывного внимания и значительных физических усилий.

Таблица 3.46 – Основные работы, выполняемые на сверлильных станках

Вид обработки	Характер отверстия	Формулы основного времени, мин
Сверление, рассверливание, зенкерование, развертывание	Глухое	$t_o = \frac{Z}{ns} = \frac{l+l_1}{ns}$
	Сквозное	$t_o = \frac{Z}{ns} = \frac{l+l_1+l_2}{ns}$

Таблица 3.47 – Дополнительные работы, выполняемые на сверлильных станках

Вид обработки	Характер отверстия	Формулы основного времени, мин
Зенкование и подрезка торца	–	$t_o = \frac{Z}{ns} = \frac{l+l_1}{ns}$
Нарезание резьбы метчиками	Глухое	$t_o = \frac{1,8Z_i}{ns} = \frac{1,8(l+l_1)i}{ns}$
	Сквозное	$t_o = \frac{1,8Z_i}{ns} = \frac{1,8(l+l_1+l_2)i}{ns}$
Растачивание	Глухое	$t_o = \frac{Z_i}{ns} = \frac{(l+l_1+l_2+l_3)i}{ns}$
	Сквозное	$t_o = \frac{Z_i}{ns} = \frac{(l+l_1+l_2+l_3)i}{ns}$

К расчету основного времени при обработке изделий на сверлильных станках приступают после установления режима резания:

а) определяют глубину резания:

– при сверлении:

$$t = \frac{D_{об}}{2};$$

– при рассверливании:

$$t = \frac{D_{об} - d}{2},$$

где $D_{об}$ – диаметр сверла, мм;

d – диаметр рассверливаемого отверстия, мм;

б) по таблицам из пп. 3.3.1–3.3.5 выбирают подачу, которую затем заменяют ближайшей подачей, взятой из паспорта станка;

в) определяют скорость резания, которую затем корректируют поправочными коэффициентами (таблицы 3.48–3.52).

Таблица 3.48 – Поправочный коэффициент на скорость резания при сверлении и рассверливании стали K_m

Предел прочности σ_b , МПа, не более	490	580	780	880	980
Коэффициент K_m	0,9	1,2	0,9	0,8	0,6

Таблица 3.49 – Поправочный коэффициент на скорость резания при сверлении и рассверливании чугуна K_m

Твердость НВ	120–140	141–160	160–180	181–200	201–260
Коэффициент K_m	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5

Таблица 3.50 – Поправочный коэффициент на скорость резания при сверлении в зависимости от материала инструмента K_{mp}

Марка стали инструмента	Коэффициент K_{mp}
У10 и У12	0,5
9ХС	0,6

Таблица 3.51 – Поправочный коэффициент на скорость резания при сверлении в зависимости от применения охлаждения K_{ox}

Материал	Обработка	Коэффициент K_{ox}
Сталь	Без охлаждения	1,0
	С охлаждением	1,25
Чугун	Охлаждение не применяется	

Таблица 3.52 – Поправочный коэффициент на скорость резания при сверлении в зависимости от глубины отверстия $K_{от}$

Глубина отверстия в диаметрах сверла	3Д	4Д	5Д	6Д	7Д	10Д
Коэффициент $K_{от}$	1,00	0,85	0,75	0,70	0,60	0,50

Скорректированная скорость резания, м/мин,

$$v_k = v_t K_T K_{mp} K_{ox} K_{от},$$

где v_t – теоретическая скорость резания (см. таблицы в пп. 3.3.1–3.3.5), м/мин;

г) определяют теоретическую частоту вращения шпинделя станка, об/мин,

$$n_T = \frac{1000 v_k}{\pi D_{ов}}, \quad (3.19)$$

где $D_{ов}$ – диаметр сверла, мм.

Рассчитанную частоту вращения шпинделя станка согласовывают с паспортом станка, т. е. по паспорту выбирают ближайшую частоту вращения шпинделя станка – n ;

д) определяют фактическую скорость резания, соответствующую выбранной частоте вращения шпинделя из паспорта станка,

$$v = \frac{\pi D_{\text{ов}} n}{1000}. \quad (3.20)$$

Затем согласно данным таблиц 3.46 и 3.47 рассчитывают длину обработки, при этом величины врезания и перебега инструмента, мм, определяют из таблицы 3.53.

Таблица 3.53 – Величина врезания и выхода инструмента

Характер работы	Диаметр инструмента, мм, не более										
	До 5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80
Сверление: на проход	2,5	5	7	8	10	12	16	18	23	–	–
в упор	2	4	6	7	9	11	14	17	21	–	–
Рассверливание	–	–	–	4,8	6	7,2	9	11	14	17	20
Зенкерование	–	–	3	4	5	5	6	6	8	8	9
Развертывание: на проход	15	18	22	26	30	33	38	45	50	50	50
в упор	2	2	2	2	3	3	4	4	5	5	5

Вспомогательное время, мин, определяют по таблицам 3.54 и 3.55.

Таблица 3.54 – Вспомогательное время на установку и снятие детали

Способ установления детали	Масса детали, кг								
	1	3	5	10	18	30	50	60	
В трехлачковом патроне	0,3	0,4	0,4	0,5	–	–	–	–	
На столе без крепления	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	–	–	–	
Сбоку на угольнике	–	–	1,2	1,5	1,7	2,1	3,8	4,5	
Сбоку с креплением к столу	–	–	–	–	3,3	3,9	6,2	7,3	
Крепление к столу	–	–	1,5	1,8	2,1	2,1	4,6	5,5	
<i>Примечание</i> – Время на передвижение детали при сверлении последующих отверстий принимать при массе детали до 5 кг – 0,1 мин, при массе от 5 до 30 кг – 0,2 мин.									

Таблица 3.55 – Вспомогательное время, связанное с переходом

Условия работы	На первое отверстие			На каждое последующее отверстие того же диаметра при сверлении в одной или нескольких деталях		
	Для станков с наибольшим диаметром сверления, мм					
	12	25	50	12	25	50
	Время, мин (на один переход)					
Сверление по разметке	0,12	0,14	0,16	0,05	0,06	0,07
Сверление по кондуктору	0,10	0,12	0,13	0,04	0,05	0,06
Зенкерование	0,08	0,10	0,12	0,03	0,04	0,06
Развертывание	0,10	0,12	0,15	0,04	0,05	0,07

Окончательное вспомогательное время определяют по формуле (3.15). Дополнительное время в процентах к оперативному определяют по таблице 3.56.

Таблица 3.56 – Дополнительное время в процентах к оперативному

Вид работ	Наибольший диаметр сверления, мм	
	До 35	35–55
Радиально-сверлильные	4,3	4,4
Вертикально-сверлильные	3,9	4,1

Дополнительное время определяют по формуле (1.1); подготовительно-заключительное время – по таблице 3.57; штучное время – по формуле (1.3); норму калькуляционного времени – по формуле (1.5).

Таблица 3.57 – Подготовительно-заключительное время на операции обработки изделий на сверлильных станках

Операция	В минутах
	Время
Установка детали:	
в трехкулачковом патроне	8
в тисках с креплением тисков	6
в приспособлении с креплением к столу	8
На столе:	
без крепления	4
с креплением	5
Установка тисков	2
Сборка стола с креплением болтами и планками	13

3.3.1 Сверление и рассверливание отверстий

Наиболее распространенным методом получения отверстий в сплошном материале является *сверление*. Движение резания при сверлении – *вращательное*, движение подачи – *поступательное*.

При сверлении отверстий большого диаметра мощность станка может оказаться недостаточной. В таких случаях отверстия в детали сверлят в несколько приемов, т. е. производится *рассверливание* отверстия.

Значения подач, мм/об, и скоростей резания, м/мин, при сверлении и рассверливании представлены в таблицах 3.58, 3.59.

Таблица 3.58 – Подача при сверлении и рассверливании отверстий спиральными сверлами

Диаметр сверла, мм	Диаметр предварительного сверления, мм	Обрабатываемый материал			
		сталь σ_v , МПа		чугун, НВ	
		до 588	588–883	до 200	≥ 200
При сверлении					
6	–	0,15	0,51	0,27	0,22
8	–	0,18	0,14	0,35	0,22
10–12	–	0,22	0,16	0,4	0,3

Окончание таблицы 3.58

Диаметр сверла, мм	Диаметр предварительного сверления, мм	Обрабатываемый материал			
		сталь σ_b , МПа		чугун, НВ	
		до 588	588–883	до 200	≥ 200
14	–	0,22	0,16	0,4	0,24
16	–	0,19	0,14	0,35	0,21
20	–	0,14	0,1	0,25	0,15
24	–	0,11	0,08	0,21	0,12
28	–	0,09	0,07	0,17	0,1
При рассверливании					
25	15	0,4	0,3	0,7	0,6
30	15	0,45	0,4	0,9	0,7
	20	0,45	0,4	0,9	0,8
40	15	0,3	0,2	1,0	0,8
	20	0,4	0,3	1,0	0,8
50	20	0,2	0,15	0,65	0,4
	30	0,4	0,2	1,0	0,6

Таблица 3.59 – Скорость резания при сверлении и рассверливании углеродистой конструкционной стали $\sigma_b = 588...686$ МПа сверлами из стали Р9 без охлаждения

Диаметр сверла, мм	Подача s , мм/об								
	0,08	0,1	0,12	0,15	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8
При сверлении									
5	36	31	28	23	19	–	–	–	–
8	39	33	29	25	21	17	–	–	–
10	42	36	32	27	22	18	–	–	–
12	–	39	34	29	24	20	–	–	–
16–20	–	–	37	32	26	21	–	–	–
21–30	–	–	40	34	28	23	–	–	–
При рассверливании									
25	15	–	–	–	36	29	26	21	18
30	15	–	–	–	35	28	25	20	17
	20	–	–	–	38	31	27	22	19
40	15	–	–	–	30	25	22	18	15
	20	–	–	–	32	26	25	19	16
50	20	–	–	–	29	23	21	17	16
	30	–	–	–	32	26	23	18	16

3.3.2 Зенкерование отверстий

Зенкерованием называется операция по обработке готовых отверстий, полученных сверлением, штамповкой или отливкой, с целью придания им строго цилиндрической формы, большей точности и лучшей чистоты поверхности. Эту операцию выполняют *зенкером*.

Значения подачи, мм/об, и скоростей резания, м/мин, при зенкерованием представлены в таблицах 3.60 и 3.61.

Таблица 3.60 – Подача при зенкерованием

Диаметр зенкера, мм	Обрабатываемый материал			
	сталь, σ_b не более 981 МПа	сталь, $\sigma_b \geq 981$ МПа	чугун, НВ до 200, бронза	чугун, НВ ≥ 200
15	0,3	0,4	0,7	0,5
20	0,6	0,45	0,9	0,6
25	0,7	0,5	1,0	0,7
30	0,8	0,6	1,1	0,8
35	0,9	0,6	1,2	0,9
40	0,9	0,7	1,4	1,0
50	1,0	0,8	1,6	1,2

Таблица 3.61 – Скорость резания при зенкерованием стали $\sigma_b = 637$ МПа зенкерами из быстрорежущей стали с охлаждением

Диаметр зенкера, мм	Подача s , мм/об											
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6
15	41,6	34,0	29,4	26,3	24,0	22,2	–	–	–	–	–	–
20	–	38,0	32,1	28,7	26,2	24,2	22,7	21,4	20,3	–	–	–
25	–	29,7	25,7	23,0	21,0	19,4	18,2	17,1	16,2	14,8	–	–
30	–	–	27,1	24,3	22,1	20,5	19,2	18,1	17,2	15,6	14,5	–
35	–	–	25,2	22,5	20,5	19,0	17,8	16,8	15,9	14,5	13,4	12,0
40	–	–	24,7	22,1	20,2	19,7	17,5	16,5	15,6	14,3	13,2	12,0
50	–	–	–	19,7	18,0	16,7	15,6	14,0	12,7	11,8	11,0	10,0

3.3.3 Развертывание отверстий

Развертыванием называется операция по обработке готовых отверстий, полученных сверлением или зенкерованием, для придания им точности 7–9-го квалитета и/или шероховатости поверхности 7–8-го класса при помощи специального многолезвийного инструмента (рисунок 3.3).

Значения подачи, мм/об, и скоростей резания, м/мин, при развертывании отверстий представлены в таблицах 3.62 и 3.63.

Таблица 3.62 – Подачи при развертывании отверстий

Диаметр отверстия, мм, не более	Обрабатываемый материал			
	сталь, σ_b до 785 МПа	сталь, $\sigma_b \geq 785$ МПа	чугун, НВ до 200, бронза	чугун, НВ ≥ 200
5	0,4	0,3	0,9	0,6
10	0,65	0,5	1,7	1,4
15	0,9	0,8	1,9	1,5
20	1,1	0,9	2,0	1,7

Окончание таблицы 3.62

Диаметр отверстия, мм, не более	Обрабатываемый материал			
	сталь, σ_b до 785 МПа	сталь, $\sigma_b \geq 785$ МПа	чугун, НВ до 200, бронза	чугун, НВ ≥ 200
25	1,2	1,0	2,2	1,9
30	1,4	1,1	2,4	2,0

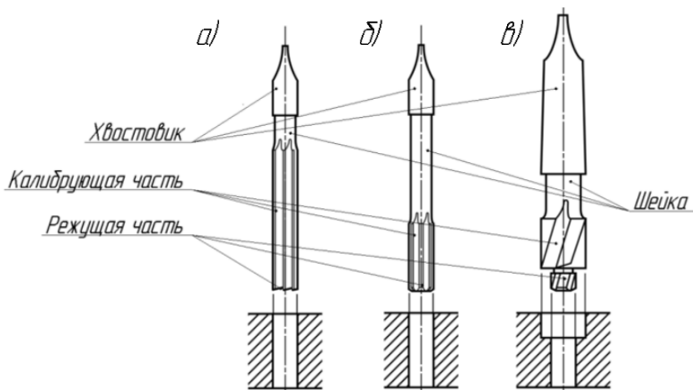


Рисунок 3.3 – Инструмент для развертывания отверстий:
а – зенкер; б – развертка; в – цековка

Отверстия обрабатывают развертыванием на тех же станках, на которых растачивают отверстия зенкером. Однако развертывание чаще всего производят без направления режущего инструмента через кондукторные втулки.

Таблица 3.63 – Скорость резания при развертывании углеродистой конструкционной стали $\sigma_b = 637$ МПа развертками из стали Р9 с охлаждением

Подача, мм/об, не более	Диаметр развертки, мм, не более					
	5	10	15	20	25	30
0,9	24,0	21,6	17,4	18,2	16,6	–
0,6	21,3	19,2	15,3	16,1	14,8	–
0,7	19,3	17,4	14,1	14,7	13,4	–
0,8	17,6	15,9	12,9	13,5	12,2	12,9
1,0	–	13,8	11,1	11,6	10,6	11,2
1,2	–	12,3	9,9	10,3	9,4	9,9
1,4	–	–	9,2	9,3	8,5	8,9

Зенкование – это процесс обработки отверстий специальным режущим инструментом – зенковкой (рисунок 3.4), с целью получения цилиндрических или конических углублений для «потайного» размещения крепежных изделий. Основной особенностью зенковок по сравнению с зенкерами

ми является наличие зубьев на торце и направляющих цапф, которыми зенковки вводятся в просверленное отверстие.

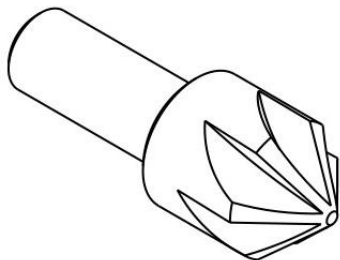


Рисунок 3.4 – Коническая зенковка по металлу

Цекование производится *цековками* для зачистки торцовых поверхностей. Цековки обычно выполняют в виде насадных головок, имеющих торцовые зубцы. Цековками производят обработку бобышек под шайбы, упорные кольца, гайки.

Зенкование и цекование, как и сверление отверстий на определенную глубину, выполняют на сверлильных станках. Крепление зенковок и цековок не отличается от крепления сверл.

Значения подач, мм/об, и скоростей резания, м/мин, при работе зенковками и цековками представлены в таблицах 3.64, 3.65.

Таблица 3.64 – Подача при зенковании и цековании

Диаметр обработки, мм	Обрабатываемый материал		
	сталь (σ_b до 588 МПа), медь и латунь	сталь ($\sigma_b \geq 588$ МПа)	чугун, бронза и алюминиевые сплавы
15	0,08–0,12	0,05–0,08	0,10–0,15
20	0,08–0,15	0,05–0,10	
30	0,10–0,15	0,06–0,10	0,12–0,20
40	0,12–0,20	0,08–0,12	0,15–0,25
50		0,08–0,15	
60	0,15–0,25	0,10–0,18	0,20–0,30

Таблица 3.65 – Скорости резания при работе зенковками и цековками из стали Р9

Обрабатываемый материал	Обрабатываемый материал			
	сталь (σ_b до 588 МПа), медь и латунь	сталь ($\sigma_b \geq 588$ МПа)	алюминиевые сплавы	чугун и бронза
	Работа с охлаждением		Работа без охлаждения	
Скорость резания, м/мин	10–18	7–12	40–60	12–25
<i>Примечание</i> – При работе инструментами из стали 9ХС скорости резания умножают на коэффициент 0,6–0,7, а при работе инструментами из углеродистой стали – на коэффициент 0,5.				

3.3.4 Нарезание резьбы метчиками

Скорость резания определяют по таблице 3.35, величины врезания и перебега при нарезании резьбы – по таблице 3.36.

3.3.5 Растачивание

Подачу при растачивании определяют по таблице 3.20, скорость резания – по таблице 3.21, величины врезания и перебега – по таблице 3.8.

3.4 Нормирование строгальных работ

На производстве такой метод обработки, как *строгание*, является одним из технологических процессов, применяемых для изготовления деталей. Для его практического осуществления используются *строгальные станки*, рабочим инструментом которых являются специальные резцы.

При строгальной обработке металлических поверхностей на них образуются самые разнообразные *пазы, уступы, рифления и фасонные линейные поверхности*, имеющие определенную шероховатость. Различают следующие *виды строгания*: горизонтальных поверхностей, скосов на заготовках, наклонных поверхностей, поверхностей с уступами, пазов и сопряженных поверхностей.

Расчет режимов резания при выполнении строгальных работ такой же, как и на других станочных работах:

а) определяют глубину резания, зная припуск на обработку,

$$t = h - h_1, \quad (3.21)$$

где h – высота поверхности детали до обработки, мм;

h_1 – высота поверхности детали после обработки за один проход, мм;

б) определяют подачу, мм/дв. ход, при этом черновая подача не должна быть больше глубины резания. Ее устанавливают по таблице 3.66, подачу при чистовом строгании – по таблице 3.67;

Таблица 3.66 – **Подача при черновом строгании**

Глубина резания, мм, не более	3	5	8
Подача, мм/дв. ход	3,5	2,3	1,5–2,5

Таблица 3.67 – **Подача при чистовом строгании плоскостей и долблении**

Обрабатываемый материал	Характер обработки		
	$\sqrt{Rz\ 40}$	$\sqrt{Rz\ 20}$	$\sqrt{Ra\ 2,5}$
Сталь	0,6–0,7	0,3–0,5	0,14–0,25
Чугун	0,6–0,7	0,4–0,65	0,20–0,35

в) скорость резания, м/мин, выбирают исходя из глубины резания по таблице 3.68.

Таблица 3.68 – **Скорость резания при строгании и долблении стали $\sigma_b = 637$ МПа**

Подача, мм/дв. ход	Глубина резания, мм					
	1	2	3	5	8	10
0,2	50	45	42	39	36	35
0,4	41	37	35	32	30	29

Окончание таблицы 3.68

Подача, мм/дв. ход	Глубина резания, мм					
	1	2	3	5	8	10
0,6	37	33	31	29	29	26
1,0	32	28	27	24	22	19
1,5	–	24	23	20	18	17
2,0	–	22	21	19	16	15

Найденную скорость резания корректируют поправочными коэффициентами для заданных условий обработки, которые указаны в таблицах 3.69–3.71.

Таблица 3.69 – Поправочные коэффициенты на скорость резания, учитывающие материал K_M

Сталь, σ_s , МПа,			Чугун, НВ		
392–490	490–637	637–735	120–160	160–200	Св. 200
1,24	1,0	0,84	0,82	0,65	0,48

Таблица 3.70 – Поправочные коэффициенты на скорость резания, учитывающие материал резца K_{MP}

Материал резца	P9, P18	Y10A, Y12A	T15K6	BK6
Коэффициент	1,0	0,5	1,7	2,8

Таблица 3.71 – Поправочные коэффициенты на скорость резания в зависимости от заготовки, учитывающие материал резца K_X

Материал	Сварочная корка, посторонние включения	Листы, поковки, отливки	Прокат
Сталь	0,7	0,8	0,9
Чугун	0,5	0,75	–

Скорректированная скорость резания

$$v_k = v_T K_M K_{MP} K_X, \quad (3.22)$$

где v_T – теоретическая скорость резания, принятая по таблице 3.68, м/мин;

г) определяют теоретическое число двойных ходов резца в минуту

$$n_T = \frac{1000v_k}{Z(1+m)} = \frac{1000v_k}{(l+l_1+l_2)(1+m)},$$

где Z – расчетная длина хода резца, мм;

m – отношение скорости рабочего хода к скорости холостого хода, $m = 0,75$;

l – длина охватываемой поверхности, мм;

l_1 – величина продольного врезания (таблица 3.72), мм;

l_2 – величина продольного перебега (см. таблицу 3.72), мм.

Следовательно,

$$n_T = \frac{570v_k}{Z} = \frac{570v_k}{l+l_1+l_2}. \quad (3.23)$$

Таблица 3.72 – Продольное врезание и перебег

В миллиметрах		
Глубина резания	Длина обрабатываемой поверхности	$l_1 + l_2$
До 2	До 100	35
2–4	101–200	50
4–6	201–300	60

Расчетное число двойных ходов в минуту сравнивают с паспортными данными станка и принимают ближайшее меньшее;

д) определяют фактическую скорость резания, м/мин,

$$v = \frac{Zn}{570}, \quad (3.24)$$

где n – число двойных ходов в минуту, принятое по паспорту станка.

Далее рассчитывают суммарную ширину обработки, мм,

$$B = (B_1 + B_2) + H,$$

где B_1 – длина бокового врезания резца (таблица 3.73), мм;

B_2 – длина бокового схода резца (см. таблицу 3.73), мм;

H – ширина строгаемой поверхности, мм.

Таблица 3.73 – Величина бокового врезания и схода резца (по ширине обработки)

Характер обработки	Глубина резания				
	3	5	8	12	20
Обработка проходными резцами	5	7	11	15	23

Далее переходят к расчету основного времени по формуле

$$t_0 = \frac{Bi}{nS}, \quad (3.25)$$

где B – суммарная ширина строгаемой поверхности, мм;

i – число проходов;

n – число двойных ходов ползуна (или стола) в минуту;

S – подача инструмента, мм/дв. ход.

Вспомогательное время определяют по таблицам 3.74 и 3.75. Окончательно-вспомогательное время – по формуле (3.15). Дополнительное время составляет 9 % от оперативного и рассчитывается по формуле (1.1). Подготовительно-заключительное время определяют по таблице 3.76.

Таблица 3.74 – Вспомогательное время на установку и снятие детали при обработке на поперечно-строгальных станках

Способ установки детали	Характер выверки	Масса детали, кг. не более				
		3	5	10	30	50
В тисках с винтовым зажимом	Без выверки	0,30	0,32	0,40	0,50	–
	С выверкой	0,87	0,97	1,30	1,50	–

Окончание таблицы 3.74

Способ установки детали	Характер выверки	Масса детали, кг, не более				
		3	5	10	30	50
В тисках с пневматическим зажимом	Без выверки	0,20	0,23	0,33	0,38	–
	С выверкой	0,82	0,90	1,25	1,40	–
На угольнике с креплением болтами и планками	Без выверки	–	2,15	2,80	4,60	5,20
	С выверкой	–	2,00	3,00	4,80	5,30
На столе с креплением болтами и планками	Без выверки	0,70	0,80	1,00	1,90	2,30
	С выверкой	1,85	2,05	2,60	3,50	4,60
Сбоку стола с креплением болтами и планками	Без выверки	0,80	1,05	1,30	2,40	2,90
	С выверкой	1,45	2,15	2,85	4,40	4,90

Таблица 3.75 – Вспомогательное время, связанное с проходом

В минутах

Наименование прохода	Время на один проход
Первый проход по 3-му классу чистоты	0,85
Первый проход по 4–5-му классу чистоты	0,65
Последующие проходы	0,25

Подготовительно-заключительное время определяют по таблице 3.76. Штучное время определяют по формуле (1.3), норму калькуляционного времени – по формуле (1.5).

Таблица 3.76 – Подготовительно-заключительное время при обработке на попеременно-строгальных станках

В минутах

Способ установки детали	Время
В тисках различной конструкции	10
На угольнике с креплением болтами и планками	16
На столе с креплением болтами и планками	14
Сбоку стола с креплением болтами и планками	19

3.5 Нормирование долбежных работ

Долбежные работы – это один из процессов механической обработки изделий из металла резанием. Для производства долбежных работ используется такое специализированное оборудование, как *долбежные станки*, а основным инструментом выступает *долбяк*.

Применяются долбежные работы для обработки наружных, внутренних цилиндрических, неравнобоких и многогранных поверхностей, а также для нарезания зубчатых колес наружного и внутреннего зацепления.

Долбежные работы позволяют обрабатывать многогранники, внутренние направляющие, шпоночные пазы, шлицевые отверстия, а также различные материалы сложной конфигурации.

Порядок установления режимов резания и основного времени при нормировании долбежных работ такой же, как при расчете строгальных. При

этом для расчетов используются таблицы 3.66–3.72. Различие в определении основного времени состоит в отсутствии бокового врезания и схода, хотя основное время и определяют по формуле (3.25).

В этой формуле B – ширина шпоночного паза, при этом $B_1 = 0$ и $B_2 = 0$.

Число проходов

$$i = \frac{h}{t},$$

где h – глубина шпоночного паза, мм;

t – глубина резания, $t = 0,15 \dots 1,00$ мм.

Вспомогательное время определяют по таблицам 3.74, 3.75 и формуле (3.15). Дополнительное время составляет 9 % от оперативного и определяется по формуле (1.1). Подготовительно-заключительное время определяется по таблице 3.76, штучное время – по формуле (1.3), норма калькуляционного времени – по формуле (1.5).

3.6 Нормирование фрезерных работ

Фрезерные работы – это холодная обработка металла на станках фрезерной группы с помощью специального инструмента – *фрезы*.

Главным движением во фрезерной обработке считается вращение фрезы. Движением подачи – продольное, поперечное, качающееся или вращательное движение заготовки.

Фрезерование является одним из наиболее распространенных методов обработки. По уровню производительности фрезерование превосходит строгание и в условиях крупносерийного производства уступает лишь наружному протягиванию. В ремонтном производстве на фрезерных станках выполняются следующие работы:

1 Фрезерование открытых плоскостей, параллельных оси фрезы – цилиндрическими фрезами (рисунок 3.5, а).

2 Фрезерование открытых (особенно длинных и широких) плоскостей перпендикулярных оси фрезы торцовыми фрезами (рисунок 3.5, б).

3 Фрезерование небольших плоскостей, уступов, пазов, криволинейных контуров по разметке и копиру концевыми фрезами (рисунок 3.5, в).

4 Фрезерование уступов, пазов, лысок, многогранников дисковыми фрезами (рисунок 3.5, г).

5 Разрезание тонких заготовок, отрезание, прорезание узких пазов – отрезными фрезами (рисунок 3.5, д).

Размерные диаметры фрез указаны в таблице 3.77.

Таблица 3.77 – Диаметр фрез

Тип фрез	Диаметр фрезы D , мм
Цилиндрические фрезы	
Цельные с мелкими зубьями	40, 50, 63, 80, 100

Окончание таблицы 3.77

Тип фрез	Диаметр фрезы Д, мм
Цельные с крупными зубьями	50, 63, 80, 100
Сборные со вставными зубьями	100, 125, 160, 200, 250
Торцевые фрезы	
Цельные с мелкими зубьями	40, 50, 63, 80, 100
Цельные с крупными зубьями	63, 80, 100
Сборные с ножами из твердого сплава	200, 250, 320, 400, 500, 630
Сборные с ножами из быстрорежущей стали	80, 100, 125, 160, 200, 250
Концевые фрезы	
Цельные	3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50
С коронками из твердого сплава	10, 12, 14, 16, 18, 20, 22
Дисковые фрезы	
Цельные трехсторонние	50, 63, 80, 100
Цельные двухсторонние	63, 80, 100, 125
Сборные трехсторонние	80, 100, 125, 160, 180, 280, 315



Рисунок 3.5 – Основные виды фрез:

а – цилиндрическая; б – торцевая; в – концевая; г – дисковая; д – отрезная

Фреза представляет собой исходное тело вращения, которое в процессе обработки касается поверхности детали и на поверхности которого образованы режущие зубья.

Число зубьев фрезы для каждого типа, в зависимости от ее диаметра, установлено государственными стандартами. Считается, что приближенное число зубьев может быть определено по формуле, исходя из диаметра фрезы, Д, мм:

- число мелких зубьев фрезы – $z > 1,5\sqrt{Д}$;
- число крупных зубьев фрезы – $z < 1,5\sqrt{Д}$;
- число зубьев сборных фрез со вставными ножами – $z = (0,04..0,06)Д$;

- то же, для обработки чугуна – $z = (0,08..0,10)D$;
- то же, для обработки цветных металлов – $z = (0,02..0,03)D$.

При фрезеровании различают:

- подачу на один зуб фрезы S_z , мм/зуб;
- подачу на один оборот фрезы S , мм/об;
- минутную подачу S_M , мм/мин, при этом

$$S = S_z z,$$

$$S_M = Sn = S_z zn.$$

Установление режимов резания производят последовательно, в первую очередь определяется тип фрезы, ее диаметр и число зубьев.

Далее устанавливают глубину резания, число проходов и подачу на один зуб, при этом подачу согласовывают с имеющейся на станке, а после определяют скорость резания. Скорость резания для конкретных заданных условий корректируется поправочными коэффициентами, которые указаны в таблицах 3.78–3.81, и определяется по формуле (3.22).

Таблица 3.78 – Поправочные коэффициенты на скорость резания при фрезеровании стали K_M

Предел прочности σ_b , МПа	402–490	500–588	598–686	696–785	794–981
Коэффициент K_M	1,24	1,0	0,84	0,71	0,57

Таблица 3.79 – Поправочные коэффициенты на скорость резания при фрезеровании чугуна K_M

Твердость НВ	120–140	141–180	181–220	221–260
Коэффициент K_M	0,82	0,65	0,48	0,34

Таблица 3.80 – Поправочные коэффициенты на скорость резания при фрезеровании в зависимости от характера заготовки K_x

Материал	Чистые отливки, поковка	Отливки загрязненные сварочной коркой	Прокат горячекатаный
Сталь	0,8	0,7	0,9
Чугун	0,75	0,5	–
Бронза	0,9	0,7	–
Наплавленная поверхность	–	0,5	–

Таблица 3.81 – Поправочные коэффициенты на скорость резания при фрезеровании в зависимости от марки стали фрезы K_{mp}

Марка стали фрезы	Коэффициенты K_{mp}
P9, P18	1,0
У10А, У12А	0,5
9ХС	0,6

Частота вращения фрезы, об/мин,

$$n_T = \frac{1000v_k}{\pi D},$$

где D – диаметр фрезы, мм

Найденную частоту вращения фрезы сопоставляют со скоростными возможностями станка, применяют ближайшие паспортные значения частоты вращения фрезы и определяют фактическую скорость фрезы, м/мин,

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

где n – частота вращения фрезы по паспорту станка, об/мин.

После установления режима резания определяют основное время. Формулы для определения основного времени указаны далее при рассмотрении различных видов фрезерных работ.

Вспомогательное время, мин, определяют по таблицам 3.82 и 3.83.

Таблица 3.82 – Вспомогательное время на установку и снятие детали

Способ установки детали	Характер выверки	Масса детали, кг, не более						
		1	3	5	8	12	20	50
На столе с креплением болтами и планками	Простая	1,0	1,2	1,4	1,6	1,9	2,2	3,9
	Сложная	1,6	1,9	2,0	2,2	2,5	2,9	6,0
На угольнике с креплением болтами и планками	Простая	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	2,1	5,5
	Без выверки	0,7	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	–
В тисках с винтовым зажимом	Простая	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	–	–
	Без выверки	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	–	–
В тисках с пневматическим зажимом	Простая	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,9
	Без выверки	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	–	–
В центрах	Простая	0,25	0,26	0,34	0,43	0,48	0,55	–
	Сложная	0,35	0,44	0,55	0,6	0,75	0,85	–
На оправке	Простая	0,46	0,49	0,60	0,65	0,75	0,85	–
	Сложная	0,65	0,75	0,85	0,95	1,10	1,20	–
В самоцентрирующем патроне	–	0,18	0,19	0,22	0,26	0,32	0,39	–
В цанговом патроне	–	–	0,4	0,45	0,5	0,6	–	–

Таблица 3.83 – Вспомогательное время, связанное с проходом

В минутах

Наименование проходов	Время на один проход
Обработка плоскостей на первый проход с двумя пробными стружками	1,0
Обработка плоскостей на первый проход с одной пробной стружкой	0,7

Окончание таблицы 3.83

В минутах	
Наименование проходов	Время на один проход
Обработка плоскостей на последующие проходы	0,1
Обработка пазов на первый проход с одной пробной стружкой	0,8
Обработка пазов на последующие проходы	0,2

Окончательное вспомогательное время определяют по формуле (3.15). Дополнительное время составляет 7 % от оперативного и определяется по формуле (1.1). Подготовительно-заключительное время определяют по таблице 3.84, штучное время – по формуле (1.3), норму калькуляционного времени – по формуле (1.5).

Таблица 3.84 – Подготовительно-заключительное время

В минутах			
Способ установки	Время	Способ установки	Время
На столе	24	В самоцентрирующем патроне	16
В тисках	22	В приспособлении	27
В центрах	28	Установка фрезы	2

3.6.1 Фрезерование открытых плоскостей цилиндрическими фрезами

Значения подач, скоростей резания, а также величин врезания и перебега при черновом и чистовом фрезеровании цилиндрическими и дисковыми фрезами представлены в таблицах 3.85–3.87.

Таблица 3.85 – Поддачи и скорости резания при черновом фрезеровании стали цилиндрическими фрезами из быстрорежущей стали

Ширина фрезерования, мм	Диаметр фрезы, мм	Число зубьев	Подача, мм/зуб	Скорости резания, м/мин, при глубине резания в мм			
				2	3–4	5–6	8–10
30–60	60	8	0,2–0,3	41–44	35–39	31–34	–
45–90	90	8	0,3–0,4	45–46	37–41	33–36	32–36
50–90	100	10	0,3–0,4	48–50	40–44	36–41	34–39
50–100	130	12	1,2–0,3	50–59	47–53	42–47	36–41

Основное время, мин,

$$t_0 = \frac{Zi}{nS} = \frac{(l + l_1 + l_2)i}{nS},$$

где Z – расчетная длина обработки, мм;

i – число проходов фрезы;

n – частота вращения фрезы по паспорту станка, об/мин;

S – подача на один оборот фрезы, мм/об;

l – длина поверхности подлежащей фрезерованию, мм;

l_1 – величина перебега фрезы, мм (таблица 3.87);

l_2 – величина врезания фрезы, мм (см. таблицу 3.87).

Таблица 3.86 – Подачи и скорости резания при чистовом фрезеровании стали с пределом прочности $\sigma_b = 637...735$ МПа цилиндрическими фрезами из быстрорежущей стали

Ширина фрезерования, мм	Диаметр фрезы, мм	Число зубьев	Скорости резания, м/мин, при глубине резания, мм							
			0,3		0,5		1,0		1,6	
			Подача, мм/зуб							
			0,03	0,09	0,03	0,08	0,025	0,075	0,025	0,075
30–60	60	16	107–114	92–97	93–99	81–86	79–84	68–72	71–79	61–65
45–90	90	20	123–131	106–112	108–114	94–100	91–98	78–83	82–87	70–75
50–90	100	22	125–143	116–122	118–124	103–108	100–108	86–97	90–95	71–81
50–100	130	24	144–154	124–132	126–134	110–117	107–114	92–98	96–102	82–83

Таблица 3.87 – Величина врезания и перебега при фрезеровании цилиндрическими и дисковыми фрезами

Глубина резания, мм, не более	Перебег фрезы l_2 , мм									
	2		2,5		3		3,5		4	
	Диаметр фрезы, мм									
	40	50	60	75	90	110	130	150	200	
1	6,6	7,0	7,7	8,6	9,4	10,5	11,4	12,2	14,1	
2	8,7	9,8	10,8	12,1	13,3	14,7	16,0	17,2	19,9	
3	10,5	11,9	13,1	14,7	16,2	17,9	19,5	21,0	24,3	
4	12,0	13,6	15,0	16,9	18,6	20,6	25,2	24,2	28,0	
5	13,2	15,0	16,6	18,7	20,6	22,9	25,0	26,9	31,2	
6	14,3	16,2	18,2	20,4	22,6	25,0	27,3	29,4	34,4	
7	15,2	17,3	19,3	21,8	24,1	26,9	29,4	31,6	36,8	
8	16,0	18,3	20,4	23,2	25,6	28,6	31,2	33,7	39,2	
9	16,7	19,2	21,4	24,2	27,0	30,2	33,0	35,6	41,5	
10	17,3	20,0	22,4	25,5	28,3	31,6	34,7	40,7	44,5	
12	–	21,4	24,0	27,5	30,6	34,3	37,7	40,7	44,5	
14	–	–	25,4	29,2	32,7	36,7	40,3	43,6	51,1	
16	–	–	–	30,7	34,4	38,7	42,7	46,6	54,4	
18	–	–	–	32,2	36,0	40,7	45,0	48,8	57,2	
20	–	–	–	–	37,4	42,2	47,0	51,0	60,0	
25	–	–	–	–	–	50,0	55,0	60,0	65,0	
30	–	–	–	–	–	–	60,0	65,0	70,0	

3.6.2 Фрезерование плоскостей торцевыми фрезами

Значения подач, скоростей резания, а также величин врезания и перебега при обработке плоскостей торцевыми и концевыми фрезами представлены в таблицах 3.88–3.90.

Таблица 3.88 – Подача при обработке плоскостей торцовыми фрезами

Диаметр фрезы, мм	Число зубьев фрезы	Глубина резания t , мм, не более				
		3	5	6	2	4
Сталь						
60	16	1,6–0,96	1,28–0,8	–	0,64–1,00	0,80–1,20
	10	1,5–0,80	1,2–0,6	–	0,48–0,80	0,54–0,96
75	18	1,8–1,08	1,44–0,9	–	0,80–1,20	0,96–1,44
	10	1,5–0,80	1,02–0,6	1,0–0,5	0,48–0,80	0,54–0,90
90	20	2,0–1,20	1,6–1,0	–	0,96–1,44	1,2–1,0
	12	1,8–0,96	1,44–0,72	1,2–0,6	0,64–0,60	0,64–1,0
110	12	1,8–0,96	1,44–0,72	1,2–0,6	0,64–0,60	0,64–1,0
Чугун						
60	16	3,2–1,6	2,4–1,6	–	0,80–1,00	0,96–1,44
	10	2,5–1,6	2,0–1,6	–	0,54–0,96	0,64–1,0
75	18	3,6–1,8	2,7–1,44	–	0,96–1,44	1,20–1,6
	10	2,5–1,5	2,0–1,20	1,8–1,0	0,54–0,96	0,64–1,0
90	20	4,0–2,0	3,0–1,60	–	1,2–1,60	1,44–1,80
	12	3,0–1,8	2,4–1,44	2,16–1,2	0,64–1,00	0,80–1,2
110	12	3,0–1,8	2,4–1,44	1,8–1,2	0,64–1,00	0,80–1,2

Таблица 3.89 – Скорость резания при фрезеровании плоскостей из углеродистой конструкционной стали с пределом прочности $\sigma_B = 637$ МПа

Диаметр фрезы, мм	Количество зубьев фрезы	Подача S , мм/об, не более	Глубина резания t , мм, не более		
			3	5	8
			Скорость резания v , м/мин		
60	60	1,28	45,5	43,0	–
		0,80	49,6	47,2	–
		0,48	55,3	52,4	–
		0,32	60,0	56,6	–
		1,44	46,5	43,6	–
75	10–18	0,90	50,6	48,2	–
		0,54	56,5	53,4	–
		0,36	61,0	59,0	–
		2,0	45,0	42,5	39,1
90	12–20	1,60	47,0	44,6	41,0
		1,00	51,5	48,3	45,0
		0,60	57,2	54,4	49,8
		2,20	45,0	42,5	39,2
110	12–20	1,76	47,0	44,6	41,0
		1,10	51,5	49,0	45,0
		0,66	57,2	54,5	49,8
		0,44	62,0	59,0	54,0

Таблица 3.90 – Величина врезания и перебега при фрезеровании торцовыми и концевыми фрезами

В миллиметрах

Ширина фрезерования	Диаметр фрезы									
	16	20	25	32	40	50	60	75	90	110
10	3	3	3	3	3	–	–	–	–	–
15	–	4	4	4	4	4	4	4	–	–
20	–	–	6	5	4	4	4	4	4	–
25	–	–	14	8	6	5	5	5	5	–
30	–	–	–	12	8	7	6	6	6	–
40	–	–	–	–	–	12	10	8	7	7
50	–	–	–	–	–	–	16	12	10	9
60	–	–	–	–	–	–	–	18	14	12
80	–	–	–	–	–	–	–	–	28	20
100	–	–	–	–	–	–	–	–	–	35
120	–	–	–	–	–	–	–	–	–	44
140	–	–	–	–	–	–	–	–	–	60

3.6.3 Фрезерование небольших плоскостей, уступов, пазов, криволинейных контуров и прочего концевыми фрезами

Значения подач, мм/об, и скоростей резания, м/мин, при обработке пазов и уступов концевыми фрезами представлены в таблицах 3.91 и 3.92.

Таблица 3.91 – Подачи при обработке пазов и уступов концевыми фрезами

Диаметр фрезы, мм	Количество зубьев	Глубина паза (уступа), мм, не более				
		5	10	15	20	30
Сталь						
8	5	0,05–0,10	0,04–0,8	0,05–0,08	–	–
10	5	0,08–0,13	0,06–0,10	0,05–0,08	–	–
16	3	0,11–0,15	0,09–0,12	0,06–0,09	–	–
	5	0,10–0,20	0,08–0,13	0,06–0,10	–	–
20	3	–	0,15–0,24	0,12–0,18	0,08–0,15	–
	5	–	0,20–0,30	0,15–0,25	0,10–0,20	–
25	3	–	0,18–0,36	0,18–0,30	0,12–0,18	0,08–0,15
	5	–	0,30–0,50	0,25–0,40	0,20–0,30	0,10–0,20
32	4	–	0,28–0,48	0,24–0,40	0,20–0,32	0,16–0,24
	6	–	0,42–0,60	0,36–0,54	0,24–0,36	0,18–0,30
Чугун						
8	5	0,08–0,13	0,06–0,10	–	–	–
10	5	0,15–0,25	0,08–0,15	0,06–0,10	–	–
16	3	0,21–0,30	0,15–0,24	0,12–0,21	–	–
	5	0,25–0,40	0,20–0,35	0,13–0,25	–	–

Окончание таблицы 3.91

Диаметр фрезы, мм	Количество зубьев	Глубина паза (уступа), мм, не более				
		5	10	15	20	30
20	3	0,24–0,36	0,21–0,36	0,18–0,30	0,12–0,21	–
	5	0,30–0,60	0,30–0,50	0,25–0,40	0,18–0,25	–
25	3	–	0,30–0,45	0,24–0,36	0,21–0,30	0,18–0,21
	5	–	0,40–0,70	0,35–0,50	0,20–0,35	0,15–0,30

Таблица 3.92 – Скорость резания при фрезеровании пазов и уступов в углеродистой конструкционной стали с пределом прочности $\sigma_b = 637$ МПа концевыми фрезами из быстрорежущей стали

Диаметр фрезы, мм	Количество зубьев	Подача S, мм/об, не более	Глубина паза (уступа), мм, не более				
			5	10	15	20	30
			Скорость резания v, м/мин				
8	5	0,03	–	126	–	–	–
		0,04	110	103	–	–	–
		0,05	90	92	–	–	–
		0,1	70	65	–	–	–
10	5	0,04	–	102	97	–	–
		0,05	98	91	82	–	–
		0,10	69	64	62	–	–
		0,15	56	–	–	–	–
16	3–5	0,03	87	81	78	–	–
		0,06	61	60	58	–	–
		0,12	53	57	55	–	–
		0,18	46	50	48	–	–
20	3–5	0,20	44	47	–	–	–
		0,06	–	46	44	43	–
		0,09	–	42	41	40	–
		0,12	–	40	39	37	–
		0,18	–	35	33	32	–
		0,24	–	33	31	–	–
25	3–5	0,30	–	30	–	–	–
		0,06	–	42	40	39	38
		0,09	–	40	38	37	36
		0,12	–	34	33	32	31
		0,18	–	32	31	30	29
		0,24	–	30	29	–	–
		0,36	–	28	27	–	–
32	4–6	0,40	–	24	–	–	–
		0,60	–	23	–	–	–
		0,12	–	20	28	27	26
		0,16	–	28	26	25	24

Окончание таблицы 3.92

Диаметр фрезы, мм	Количество зубьев	Подача S , мм/об, не более	Глубина паза (уступа), мм, не более				
			5	10	15	20	30
			Скорость резания v , м/мин				
32	4–6	0,24	–	25	24	23	–
		0,36	–	24	23	22	–
		0,48	–	20	19	–	–
		0,72	–	19	18	–	–

3.6.4 Фрезерование шпоночных пазов концевыми фрезами

Основное время при фрезеровании шпоночных канавок определяют:

– при фрезеровании канавки, открытой с двух сторон,

$$t_0 = \frac{l + 0,5D}{nS}, \quad (3.26)$$

где l – длина шпоночной канавки, мм;

D – диаметр фрезы, мм;

n – частота вращения фрезы, об/мин;

S – продольная подача, мм/об;

– при фрезеровании канавки, закрытой с одной стороны,

$$t_0 = \frac{l}{nS}; \quad (3.27)$$

– при фрезеровании канавки, закрытой с двух сторон

$$t_0 = \frac{h}{nS_B} + \frac{l - D}{nS}, \quad (3.28)$$

где h – глубина шпоночной канавки, мм;

S_B – вертикальная подача фрезы, мм/об.

Значение подачи при фрезеровании шпоночных пазов устанавливают по таблице 3.93.

Таблица 3.93 – Подача и частота вращения фрезы при фрезеровании шпоночных пазов

Диаметр фрезы, мм	Размеры шпоночного паза, мм		Частота вращения фрезы, об/мин	Вертикальная подача		Продольная подача	
	ширина	глубина		S_B , мм/об	S_B , мм/мин	S , мм/об	S , мм/мин
3	3	2	2650	0,0092	24	0,0339	90
4	4	2,5	2000	0,0097	19	0,036	72
5	5	3	1590	0,01	16	0,038	60
6	6	3,5	1330	0,012	16	0,041	54

Окончание таблицы 3.93

Диаметр фрезы, мм	Размеры шпоночного паза, мм		Частота вращения фрезы, об/мин	Вертикальная подача		Продольная подача	
	ширина	глубина		S_v , мм/об	S_v , мм/мин	S , мм/об	S , мм/мин
8	8	4	990	0,013	13	0,045	45
10	10	4,5	795	0,0163	13	0,049	39
12	12	4,5	665	0,018	12	0,053	35
16	16	5	500	0,02	10	0,058	29
18	18	5,5	440	0,0225	10	0,061	27
20	20	6	400	0,0225	9	0,065	26
24	24	7	332	0,024	8	0,072	24
28	28	8	285	0,028	8	0,073	21
32	32	9	248	0,028	7	0,073	18
36	36	10	220	0,0318	7	0,077	17
40	40	11	198	0,0306	6	0,077	15

3.6.5 Фрезерование уступов, лысок, пазов, многогранников дисковыми фрезами

Значения подач, мм/об, и скоростей резания, м/мин, при фрезеровании уступов, пазов, лысок и многогранников дисковыми фрезами представлены в таблицах 3.94 и 3.95.

Таблица 3.94 – Подача при обработке пазов дисковыми фрезами

Диаметр фрезы, мм	Число зубьев фрезы	Ширина паза, мм	Глубина резания, мм, не более		
			5	10	15
60	3	6–12	1,28–0,8	0,96–0,48	0,8–0,48
75	18	10–20	1,44–0,9	1,08–0,54	0,9–0,54
	12		1,44–0,96	1,2–0,72	0,96–0,6
90	20	10–20	1,6–1,0	1,2–0,6	1,0–0,6
	18		1,44–0,96	1,2–0,72	0,96–0,6
110	22	22–24	2,2–1,1	1,76–0,88	1,32–0,66
	20		1,68–1,12	1,4–0,7	1,12–0,65

Таблица 3.95 – Скорость резания при фрезеровании пазов в углеродистой конструкционной стали с пределом прочности $\sigma_b = 588$ МПа дисковыми фрезами из стали Р9 с охлаждением

Диаметр фрезы, мм	Подача S , мм/об, не более	Глубина паза (уступа), мм, не более			
		5	10	15	20
60	1,28	48	38	34	–
	0,8	51	41	36	–
	0,42	58	47	41	–
	0,32	62	50	55	–
75	1,44	49	39	35	32
	0,8	52	42	37	35

Окончание таблицы 3.95

Диаметр фрезы, мм	Подача S , мм/об, не более	Глубина паза (уступа), мм, не более			
		5	10	15	20
75	0,54	59	48	42	38
	0,35	64	52	46	41
90	1,6	50	39	36	33
	1,0	53	43	38	35
	0,6	60	49	42	39
	0,4	65	52	47	42
110	1,76	52	40	86	33
	1,1	54	43	38	36
	0,66	61	50	43	39
	0,44	66	53	48	43

Основное время определяют по формуле (3.1).

Величину врезания и перебега фрезы определяют по таблице 3.87.

3.6.6 Фрезерование пазов под сегментные шпонки

Подачи и скорости резания при обработке пазов под сегментные шпонки дисковыми фрезами выбирают по таблицам 3.94 и 3.95, после чего корректируют согласно заданным условиям.

Основное время определяют по формуле

$$t_o = \frac{h}{nS}, \quad (3.29)$$

где h – глубина паза под шпонку, мм;

n – частота вращения фрезы, об/мин;

S – продольная подача, мм/об.

3.7 Нормирование зубообрабатывающих работ

В ремонтном производстве на различных *зубообрабатывающих станках* выполняют следующие работы:

1 Нарезание зубьев цилиндрических колес дисковыми модульными фрезами на фрезерных станках (рисунок 3.6, *а*).

2 Нарезание зубьев цилиндрических колес дисковыми модульными фрезами на зубофрезерных станках.

3 Нарезание зубьев цилиндрических колес червячными модульными фрезами на зубофрезерных станках (рисунок 3.6, *б*).

4 Нарезание зубьев цилиндрических колес дисковыми долбяками на зубодолбежных стенках (рисунок 3.6, *в*).

5 Нарезание зубьев конических прямозубых колес двумя зубострогальными резцами на зубострогальных станках (рисунок 3.6, *г*).

6 Шевингование зубьев на зубошевинговальных станках (рисунок 3.6, д).

В зависимости от модуля нарезаемого зубчатого колеса применяют последовательность обработки, указанную в таблице 3.96.

Таблица 3.96 – Последовательность обработки

Модуль нарезаемого колеса, мм	Характер обработки
До 2–2,5	Только чистовая
От 3–8	Черновая и последующая чистовая
Свыше 9–10	Черновая в несколько проходов, чистовая

Порядок установления режимов резания для определения основного времени, а также значения вспомогательного, дополнительного и подготовительно-заключительного времени указаны далее при рассмотрении различных видов зубообрабатывающих работ, выполняемых на фрезерных и специальных зубофрезерных станках.

3.7.1 Нарезание зубьев прямозубых и косозубых цилиндрических колес дисковыми модульными фрезами на горизонтальных универсально-фрезерных станках

Режим резания устанавливают следующим образом:

а) по количеству зубьев нарезаемого колеса, используя таблицу 3.97, принимают номер фрезы;

Таблица 3.97 – Номера фрез

№ фрезы	1	2	3	4	5	6	7	8
Число зубьев колеса	14	14–16	17–20	21–25	26–34	35–54	55–134	135

б) в зависимости от модуля выбирают диаметр фрезы, число проходов и глубину резания, используя при этом таблицу 3.98;

Таблица 3.98 – Глубина резания и число проходов при нарезании цилиндрических зубчатых колес дисковыми модульными фрезами из быстрорежущей стали P18 или P9

В миллиметрах

Модуль	Диаметр фрезы	Фрезерные станки			Зубофрезерные станки		
		Проходы					
		1	2	3	1	2	3
2	60	4,33	–	–	4,33	–	–
2,5	65	5,42	–	–	5,42	–	–
3	70	6,5	–	–	6,5	–	–
3,5	75	7,58	–	–	7,58	–	–
4	80	8,67	–	–	8,67	–	–
5	90	10,83	–	–	10,83	–	–
6	100	13	–	–	13	–	–

Модуль	Диаметр фрезы	Фрезерные станки			Зубофрезерные станки		
		Проходы					
		1	2	3	1	2	3
7	105	13	2,2	–	15,2	–	–
8	110	13	4,32	–	17,32	–	–
9	115	13	6,5	–	19,5	–	–
10	120	13	8,67	–	21,67	–	–
12	145	13	13	–	13	13	–
14	160	13	13	4,33	17,33	13	–
15	165	13	13	6,5	20	12,5	–

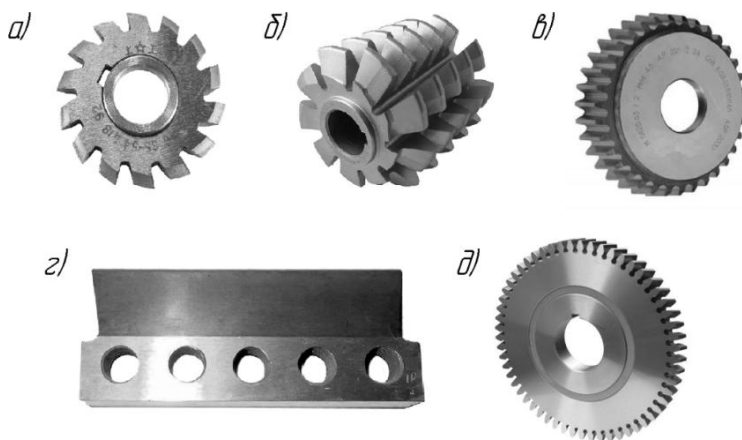


Рисунок 3.6 – Основной инструмент зубообрабатывающих станков:
 а – модульная дисковая фреза; б – модульная червячная фреза; в – дисковый долбяк;
 з – зубострогальный резец; д – дисковый шевёр

в) по модулю и материалу нарезаемого колеса назначают по таблицам 3.99, 3.100 значения минутной подачи, мм/мин, и скорость резания, м/мин;

Таблица 3.99 – Подача при нарезании цилиндрических зубчатых колес с прямыми зубьями дисковыми модульными фрезами из стали Р9

Модуль, мм	Материал нарезаемого зубчатого колеса				
	сталь 40, 45, 50	сталь 40Х, 18ХГТ	сталь 20Х, 12ХНА, 30ХГТ	чугун НВ 180, бронза твердая	бронза средней твердости и латунь
1,0	268	183	107	400	565
1,5	200	150	88	328	463
2,0	190	130	76	264	401
2,5	170	116	68	253	358

Окончание таблицы 3.99

Модуль, мм	Материал нарезаемого зубчатого колеса				
	сталь 40, 45, 50	сталь 40X, 18ХГТ	сталь 20X, 12ХНА, 30ХГТ	чугун НВ 180, бронза твердая	бронза средней твердости и латунь
3,0	155	106	62	231	327
3,5	143	98	57	214	302
4,0	134	92	54	200	383
4,5	126	86	51	189	267
5	120	82	48	179	252
6	109	75	44	163	231
7	101	69	41	151	213
8	95	65	38	141	200
9	89	61	36	133	188
10	85	58	34	127	179
12	78	53	31	116	163

Таблица 3.100 – Скорости резания при нарезании зубьев цилиндрических колес дисковой модульной фрезой

Характер обработки	Обрабатываемый материал			
	сталь 40, 50	сталь 40X, 18ХГТ	сталь 12ХНЗА, 30ХГТ	чугун НВ 180, бронза, латунь
Нарезание: черновое	32	30	23	25
чистовое	40	37	24	32

г) значение подачи и скорости резания корректируют поправочными коэффициентами для заданных условий обработки, отличающихся от указанных в таблицах. Эти коэффициенты помещены в таблицах 3.101, 3.102.

Таблица 3.101 – Поправочные коэффициенты на подачу и скорость резания в зависимости от материала фрезы K_{mp}

Материал фрезы	Коэффициент K_{mp}
P9 и P18	1,0
9XC и 9XBC	0,6
Y12A	0,5

Таблица 3.102 – Поправочные коэффициенты на подачу и скорость резания в зависимости от угла наклона зубьев $K_{nз}$

Угол наклона зубьев, град	Коэффициент $K_{nз}$
0	1,0
15	0,95
30	0,9
45	0,8
60	0,7

Скорректированная минутная подача, мм/мин,

$$S_{\text{МК}} = S_{\text{МТ}} K_{\text{МР}} K_{\text{НЗ}}, \quad (3.30)$$

где $S_{\text{МТ}}$ – минутная подача, принимается по таблице 3.99, мм/мин.

Скорректированная скорость резания, м/мин,

$$v_{\text{к}} = v_{\text{Т}} K_{\text{МР}} K_{\text{НЗ}}, \quad (3.31)$$

где $v_{\text{Т}}$ – скорость резания, принимается по таблице 3.100, мм/мин;

д) по скорректированной скорости резания определяют частоту вращения фрезы по формуле (3.6);

е) устанавливают по нормативам режим резания, т. е. $v_{\text{к}}$ и $n_{\text{Т}}$ сравнивают с паспортными данными станка и принимают ближайшую подачу и частоту вращения фрезы из имеющихся на станке.

В связи с изменением частоты вращения фрезы искомую скорость резания определяют по формуле (3.7).

Основное время при нарезании зубьев прямозубых и косозубых колес на универсальных, горизонтально-фрезерных станках определяют по формуле

$$t_o = \frac{Zz}{S_{\text{М}}q} = \frac{z(l + l_1 + l_2)}{S_{\text{М}}q}, \quad (3.32)$$

где Z – расчетная длина фрезерования, мм;

z – количество зубьев колеса.

$S_{\text{М}}$ – минутная подача, принятая по паспорту станка, мм/мин;

q – количество одновременно обрабатываемых колес, шт.;

l – длина зуба колеса, мм;

l_1 – величина врезания фрезы для прямозубых колес определяется по таблице 3.87, для косозубых – по формуле

$$l_1 = \sqrt{h(D - h) \cos \beta},$$

h – высота зуба колеса, мм;

D – диаметр фрезы, мм;

β – угол наклона зубьев, град;

l_2 – величина перебега фрезы (см. таблицу 3.87), мм.

Вспомогательное время, мин, определяется по таблицам 3.103, 3.104.

Таблица 3.103 – Вспомогательное время на установку, снятие деталей при нарезании зубчатых колес на горизонтально-фрезерных станках дисковыми модульными фрезами

Обработка	Количество одновременно обрабатываемых деталей	Масса детали, кг, не более			
		1	4	8	12
Нарезание за один проход	1	2,9	3,1	3,2	3,3
	2	1,3	1,7	1,9	2,0

Окончание таблицы 3.103

Обработка	Количество одновременно обрабатываемых деталей	Масса детали, кг, не более			
		1	4	8	12
Нарезание за один проход	3	0,7	1,2	1,5	1,7
	5	0,4	0,9	1,2	1,4
Нарезание за два прохода	1	4,8	5,0	5,1	5,2
	2	2,3	2,7	2,0	3,1
	3	1,5	1,9	2,2	2,4
	5	0,9	1,4	1,7	1,9

Таблица 3.104 – Вспомогательное время, связанное с делением на один зуб (на одну деталь)

Обработка	Количество одновременно обрабатываемых деталей				
	1	2	3	4	5
При одном проходе	0,2	0,1	0,07	0,05	0,04
При двух проходах	0,4	0,2	0,14	0,10	0,08

Общее вспомогательное время

$$t_B = t_{B1} + t_{B2}z, \quad (3.33)$$

где t_{B1} – вспомогательное время, принятое по таблице 3.103;

t_{B2} – вспомогательное время, принятое по таблице 3.104.

Дополнительное время составляет 8 % от оперативного и определяется по формуле (1.1). Подготовительно-заключительное время – по таблице 3.84.

Штучное время определяют по формуле (1.3), норму калькуляционного времени – по формуле (1.5).

3.7.2 Нарезание зубьев прямозубых и косозубых колес дисковыми модульными фрезами на зубофрезерных автоматах

Режим резания устанавливают таким же расчетом, как и при нарезании зубьев на горизонтальных, универсальных фрезерных станках.

Основное время, мин,

$$t_0 = \frac{Zz}{S_M q} + \frac{Zz}{S_{OX} q} + \tau z = \frac{z(l + l_1 + l_2)}{S_M q} + \frac{z(l + l_1 + l_2)}{S_{OX} q} + \tau z, \quad (3.34)$$

где Z – расчетная длина фрезерования, мм;

z – количество зубьев у нарезаемого колеса;

S_M – минутная подача, принятая по паспорту станка, мм/мин;

q – количество одновременно обрабатываемых колес, шт.;

S_{OX} – подача обратного хода, составляет примерно 400 мм/мин;

τ – время переключения делительного механизма станка ($\tau = 0,01$ мин);

l – длина зуба шестерни, мм;

l_1 – величина врезания фрезы для прямозубых колес определяется по таблице 3.87, для косозубых – по формуле

$$l_1 = \sqrt{h(D-h)} \cos \beta,$$

h – высота зуба колеса, мм;

D – диаметр фрезы, мм;

β – угол наклона зубьев, град;

l_2 – величина перебега фрезы (см. таблицу 3.87), мм.

Вспомогательное время на операцию при работе на зубофрезерных станках определяют по таблице 3.103. Вспомогательное время, связанное с делением на один зуб с помощью делительной головки и указанное в таблице 3.104, в расчетах не участвует. Дополнительное время принимают в размере 8 % от оперативного и определяют по формуле (1.1).

Подготовительно-заключительное время определяют по таблице 3.84, штучное время – по формуле (1.3), норму калькуляционного времени – по формуле (1.5).

3.7.3 Нарезание зубьев цилиндрических колес, прямозубых и косозубых червячными модульными фрезами на зубофрезерных станках

Режим резания при зубофрезерных работах червячными модульными фрезами на зубофрезерных станках устанавливается так же, как и при фрезеровании зубьев колес дисковыми модульными фрезами, при этом:

а) подачу, мм/об, выбирают в зависимости от величины модуля и чистоты обработки по таблице 3.105;

б) производят корректирование подачи поправочными коэффициентами применительно к заданным условиям обработки зубьев, используя таблицу 3.106.

Таблица 3.105 – Поддачи при нарезании зубьев червячными модульными однозачодными фрезами

Характер обработки	Обрабатываемый материал	Модуль, мм, не более	Группа станков		
			I	II	III
Черновая обработка	Сталь 45 и 40X	1,5	0,8–1,2	1,4–1,8	1,6–1,8
		2,5	1,2–1,6	2,4–2,8	2,4–2,8
		4,0	1,6–2,0	2,6–3,0	2,8–3,7
		6,0	1,2–1,4	2,2–2,6	2,4–2,8
		8,0	–	2,0–2,2	2,2–2,6
		12,0	–	–	2,0–2,4
	Чугун серый НВ 170–210	1,5	0,9–1,3	1,6–2,2	1,8–2,2
		2,5	1,3–1,8	2,6–3,0	2,6–3,0
		4,0	1,4–2,2	2,8–3,2	3,0–3,5

Окончание таблицы 3.105

Характер обработки	Обрабатываемый материал	Модуль, мм, не более	Группа станков		
			I	II	III
Черновая обработка	Чугун серый НВ 170–210	6,0	1,3–1,6	2,4–3,0	2,6–3,0
		8,0	–	2,2–2,4	2,5–2,8
		12,0	–	–	2,2–2,6
Чистовая обработка по сплошному металлу	Сталь 45 и 40Х	1,5–2	–	1,0–1,2	–
		3,0	–	1,2–1,4	–
	Чугун серый НВ 170–210	1,5–2	–	1,2–1,4	–
		3,0	–	1,4–1,8	–
То же, по предварительно прорезанному зубу	Сталь	До 12	–	2,0–2,5	–
	Чугун	Св. 12	–	3,0–4,0	–

Таблица 3.106 – Поправочные коэффициенты на подачу в зависимости от марки обрабатываемого материала K_M и угла наклона зуба $K_{НЗ}$

Марка стали	Коэффициент K_M	Углы наклона зуба, град	Коэффициент $K_{НЗ}$
45, 40Х	1,0	0	1,0
50	0,9	15	0,9
12ХН4, 20Х	0,9	30	0,8
	–	45	0,65
	–	60	0,45

Определяют скорректированную подачу на один оборот фрезы, мм/об,

$$S_K = S_T K_M K_{НЗ}, \quad (3.35)$$

где S_T – подача, принятая по таблице 3.105, мм/об;

K_M – поправочный коэффициент в зависимости от обрабатываемого материала;

$K_{НЗ}$ – поправочный коэффициент в зависимости от наклона зуба.

Это значение подачи сравнивают с паспортными данными станка и выбирают ближайшее по паспорту станка;

в) по таблице 3.107 в зависимости от величины подачи и модуля выбирают скорость резания, м/мин;

г) для заданных условий обработки корректируют значение скорости резания поправочными коэффициентами таблиц 3.107–3.110.

Таблица 3.107 – Скорость резания при нарезании зубьев червячными однозачодными модульными фрезами из стали Р9

Характер обработки	Подача S , мм/об	Нарезаемый модуль, мм, не более				
		1,5–3	4	5	8	12
Предварительное нарезание	0,6	–	–	58	48	40
	0,8	57	57	50	41	35

Окончание таблицы 3.107

Характер обработки	Подача S , мм/об	Нарезаемый модуль, мм, не более				
		1,5–3	4	5	8	12
Предварительное нарезание	1,1	48	48	42	35	30
	1,5	42	42	36	30	25
	2,0	36	36	32	26	22
	2,8	31	31	27	22	19
	3,7	27	27	23	19	16
	5,0	23	23	20	17	14
Чистовое нарезание по сплошному металлу	0,7	60	–	–	–	–
	0,8	48	–	–	–	–
	1,1	41	–	–	–	–
	1,3	35	–	–	–	–
	1,6	29	–	–	–	–
	2,0	25	–	–	–	–
2,5	20	–	–	–	–	
То же, по прорезанному зубу	2,0–2,5	–	22–24	–	–	–

Таблица 3.108 – Поправочные коэффициенты на скорость резания в зависимости от обрабатываемого материала K_M

Материал	Коэффициент K_M	Материал	Коэффициент K_M
Сталь 35	1,1	Сталь 50, 12ХН4, 20Х	0,9
Сталь 45, 40Х	1,0	Серый чугун	0,8

Таблица 3.109 – Поправочные коэффициенты на скорость резания в зависимости от количества заходов фрезы $K_{КЗ}$

Количество заходов фрезы, шт.	1	2	3
Коэффициент $K_{КЗ}$	1,0	0,85	0,75

Таблица 3.110 – Поправочные коэффициенты на скорость резания в зависимости от угла наклона зубьев $K_{НЗ}$

Угол наклона зубьев, град	0–15	30	45	60
Коэффициент $K_{НЗ}$	1,0	0,9	0,8	0,7

Скорректированную скорость резания определяют по формуле

$$v_K = v_T K_M K_{КЗ} K_{НЗ}; \quad (3.36)$$

д) определяют требуемую частоту вращения фрезы, об/мин, по формуле (3.6), учитывая, что в ней D – это диаметр фрезы, мм.

Расчетную частоту вращения фрезы сравнивают с паспортными данными станка, принимают ближайшее значение частоты вращения из

имеющихся на станке. Одновременно с этим уточняют подачу на оборот фрезы, мм/об,

$$S = \frac{S_m}{n}, \quad (3.37)$$

где S_m – минутная подача по паспорту станка, мм/мин;

n – частота вращения фрезы, принятая по паспорту станка, об/мин;

е) определяют фактическую скорость резания по формуле (3.7).

Основное время определяют по формуле (3.32), учитывая, что величина врезания фрезы в расчетной длине фрезерования будет вычисляться следующим образом:

$$l_1 = \frac{\sqrt{h(D-h)}}{\cos \alpha},$$

где h – высота зуба колеса, мм;

D – диаметр фрезы, мм;

α – угол наклона витка фрезы относительно лобовой плоскости колеса, $\alpha = 6^\circ$.

Для упрощения расчета величина врезания и перебега фрезы может быть принята по таблице 3.111.

Таблица 3.111 – Величина врезания и перебега модульных червячных фрез при нарезании цилиндрических колес

В миллиметрах

Модуль нарезаемого колеса	Диаметр фрезы	Величина врезания и перебега	
		по сплошному металлу	по предварительно прорезанному зубу
1	50	10	–
2	55	18	–
3	70	24	–
5	90	33	14
6	125	41	16
8	145	50	17
10	164	59	18
12	174	65	18

Вспомогательное время, мин, определяют по таблице 3.112.

Таблица 3.112 – Вспомогательное время при работе на зубофрезерных станках

Способ обработки	Количество одновременно устанавливаемых деталей	Масса детали, кг, не более							
		5	8	12	18	30	50	80	
За один проход	1	1,05	1,15	1,25	3,5	4	6	6,8	
	3	1,55	1,75	2	4,4	5	–	–	
	5	1,85	2,1	–	–	–	–	–	
За два прохода	1	1,95	2,05	2,15	4,5	5,1	7,2	8,1	
	2	2,45	2,55	2,55	2,85	5	7,5	8,3	
	3	2,75	3	–	–	–	–	–	

Дополнительное время составляет 8 % от оперативного и определяется по формуле (1.1), подготовительно-заключительное время, мин, принимается по таблице 3.113, штучное время рассчитывается по формуле (1.3), норма калькуляционного времени – по формуле (1.5).

Таблица 3.113 – Подготовительно-заключительное время при работе на зубо-фрезерных станках

Способ установки детали	I группа станков (модуль не более 6 мм)	II и III группа станков (модуль не более 12 мм)
На оправке или переходной втулке	15	19
В центрах	21	26
На оправке с подставками и на подставках	30	40

3.7.4 Нарезание зубьев цилиндрических колес дисковыми долбками на зубодолбежных станках

Режим резания устанавливают следующим образом:

а) в первую очередь по таблице 3.114 выбирают величину подачи на один двойной ход долбьяка;

Таблица 3.114 – Подача при нарезании зубьев дисковыми долбками

Модуль, мм	Мощность станка, кВт		
	1–1,5	1,6–5,0	Св. 5
	Подача круговая $S_{кр}$ мм/дв. ход		
4	0,35–0,4	0,40–0,45	–
6	0,15–0,25	0,30–0,40	–
8	–	–	0,40–0,50

Примечание – При чистовой обработке по сплошному материалу подачу следует принимать в пределах 0,25–0,3, а по предварительно обработанному зубу в пределах 0,22–0,25.

б) скорость резания устанавливают в зависимости от принятой подачи и величины модуля нарезаемого колеса по таблице 3.115;

Таблица 3.115 – Скорость резания при нарезании зубьев дисковыми долбками
В метрах в минуту

Характер обработки	Круговая подача $S_{кр}$, мм/дв. ход	Модуль m , мм			
		2	4	6	8
Черновая	0,20	28,5	23,0	19,3	17,8
	0,32	22,5	18,2	15,3	14,0
	0,42	19,8	16,0	13,4	12,5
	0,52	17,7	14,3	12,0	10,9
Чистовая	0,16	–	–	43,5	–
	0,20	–	–	39,0	–
	0,26	–	–	34,2	–

в) значения подачи и скорости резания корректируют поправочными коэффициентами для заданных условий, отличающихся от указанных в таблицах. Эти коэффициенты даны в таблицах 3.116, 3.117.

Таблица 3.116 – Поправочные коэффициенты на подачу и скорость резания в зависимости от обрабатываемого материала K_M

Материал	K_M	Материал	K_M
Сталь 45 и 40Х	1,0	Сталь 50, 50Г, 40 ХН18ХГТ	0,9
Сталь 20, 35, 40	1,1	Сталь 30ХГС, 30ХГТ	0,8

Таблица 3.117 – Поправочные коэффициенты на подачу и скорость резания в зависимости от угла наклона зубьев колеса $K_{НЗ}$

Угол наклона зубьев, град	$K_{НЗ}$	Угол наклона зубьев, град	$K_{НЗ}$
0	1,0	30	0,85
15	0,9	40	0,7

Скорректированную подачу, мм/дв. ход., определяют по формуле

$$S_K = S_T K_M K_{НЗ}; \quad (3.38)$$

г) далее определяют число двойных ходов долбяка, дв. ход./мин,

$$n_T = \frac{1000v_K}{2Z} = \frac{1000v_K}{2(l + l_1 + l_2)}, \quad (3.39)$$

где v_K – скорректированная скорость резания, м/мин;

Z – расчетная длина хода долбяка, мм;

l – длина зуба колеса, мм;

$l_1 + l_2$ – величина врезания и перебега (в среднем 10 мм);

д) установленное расчетом число двойных ходов долбяка сравнивают с паспортными данными станка и принимают ближайшее из имеющихся;

е) фактическая скорость резания

$$v = \frac{2Zn}{1000}, \quad (3.40)$$

где n – число двойных ходов долбяка, дв. ход./мин, по паспорту станка.

Основное время

$$t_0 = \frac{\pi z m}{nS} + \frac{h}{nS_{рад}}, \quad (3.41)$$

где z – число зубьев нарезаемого колеса;

m – модуль нарезаемого колеса, мм;

h – высота зуба колеса, мм;

$S_{рад}$ – радиальная подача (в среднем 0,2 мм).

Вспомогательное время определяют по таблице 3.118.

Таблица 3.118 – Вспомогательное время при работе на зубодолбежных станках в один проход

Количество одновременно устанавливаемых деталей	Масса детали, кг		
	5	8	12 и более
1	1,05	1,2	1,35
2	1,45	1,85	1,8
3	1,75	2,0	2,2

Дополнительное время принимают в размере 8 % от оперативного и определяют по формуле (1.1), подготовительно-заключительное время определяют по таблице 3.119. Штучное время определяют по формуле (1.3), норму калькуляционного времени – по формуле (1.5).

Таблица 3.119 – Подготовительно-заключительное время при работе на зубодолбежных станках

Наибольший модуль m нарезаемого колеса, мм	8	12	20
Время, мин	18	23	30

3.7.5 Нарезание конических прямозубых колес двумя зубострогальными резцами на зубострогальных станках

Скорость резания, м/мин, частота движения, дв. ход./мин, и основное время на нарезание одного зуба, мин, определяется по таблицам 3.120, 3.121.

Таблица 3.120 – Скорость резания и максимальная частота движения при нарезании зубьев двумя зубострогальными резцами

Характер обработки	Скорость резания v_r , м/мин	Ширина венца, мм							
		12	20	25	30	40	50	60	80
Черновая	14–16	442	309	247	198	158	125	97	85
Чистовая	18–20	442	442	347	276	247	177	141	110

Таблица 3.121 – Основное время на нарезание одного зуба

Характер обработки	Ширина венца, мм	Модуль m , мм									
		1,5	2,0	2,5	2,75	3,0	3,5	4	5	6	
Черновая	12	7,6	7,6	9,3	11,2	–	–	–	–	–	
	20	7,6	9,3	11,2	13,3	13,3	16,0	19,7	–	–	
	25	7,6	11,2	13,3	13,3	16,0	19,7	19,7	23,7	27,4	
	30	9,3	13,3	13,3	16,0	16,0	19,7	23,7	27,4	32,9	
	40	–	13,3	16,0	16,0	19,7	23,7	27,4	32,9	39,2	
	50	–	–	–	–	23,7	23,7	27,4	32,9	39,2	
	60	–	–	–	–	23,7	27,4	32,9	39,2	45,0	
	80	–	–	–	–	–	32,9	39,2	45,0	53,6	

Окончание таблицы 3.121

Характер обработки	Ширина венца, мм	Модуль m , мм								
		1,5	2,0	2,5	2,75	3,0	3,5	4	5	6
Чистовая	12	7,6	7,6	7,6	9,3	–	–	–	–	–
	20	7,6	8,6	9,3	11,2	13,3	16,0	19,7	–	–
	25	7,6	9,3	11,2	13,3	16,0	19,7	19,7	23,7	27,4
	30	7,6	11,2	13,3	16,0	19,7	23,7	23,7	27,4	32,9
	40	–	13,3	16,0	19,7	19,7	26,7	27,4	32,9	39,2
	50	–	–	–	–	23,7	27,4	27,4	32,9	39,2

Скорректированную скорость резания, м/мин, определяют по формуле

$$v_k = v_T K_M, \quad (3.42)$$

где K_M – поправочный коэффициент, принимаемый из таблицы 3.122.

Таблица 3.122 – Поправочные коэффициенты на скорость резания и основное время в зависимости от обрабатываемого материала K_M

Обрабатываемый материал	K_M	Обрабатываемый материал	K_M
Сталь 45 и 40Х	0,8	Сталь 18Г	1,1
Сталь 20Х, 12ХН	1,1	Серый чугун	1,0

По скорректированной скорости определяют необходимое число двойных ходов резцов в минуту по формуле (3.39). Значение n_T сравнивают с паспортными данными станка и выбирают ближайшее число двойных ходов резцов n имеющихся на станке.

Далее определяют фактическую скорость резания по формуле (3.40), учитывая, что в расчетной длине хода резцов l – это длина образующей конуса обрабатываемого колеса, мм, а $l_1 + l_2$ – величина врезания и перебега резцов (принимается равной 8 мм).

Основное время определяют исходя из данных таблицы 3.121 с учетом количества обрабатываемых зубьев

$$t_o = \frac{t_z K_M z}{60}, \quad (3.43)$$

где t_z – основное время, с, на нарезание одного зуба (см. таблицу 3.121);

K_M – поправочный коэффициент (см. таблицу 3.122);

z – число зубьев обрабатываемого колеса.

Вспомогательное время, мин, определяют по таблице 3.123.

Таблица 3.123 – Вспомогательное время на установку одной детали

Способ обработки	Масса детали, кг, не более		
	5	8	12
В один проход	1,05	1,45	1,75
В два прохода	1,15	1,25	1,35

Дополнительное время составляет 8 % от оперативного и определяется по формуле (1.1), подготовительно-заключительное время принимают из таблицы 3.124. Штучное время определяют по формуле (1.3), норму калькуляционного времени – по формуле (1.5).

Таблица 3.124 – Подготовительно заключительное время при работе на зубо-строгальных станках

Способ установки детали	Наибольший модуль m нарезаемого колеса, мм	
	8	12
На оправке с регулировкой колодок	40	50

3.7.6 Нарезание шлицевых валов

Шлицы на валах нарезают на горизонтально-фрезерных станках с делительной головкой дисковыми фрезами или на шлицефрезерных и зубофрезерных станках *специальными червячными шлицевыми фрезами*.

Шлицевые валы диаметром до 50 мм нарезают за один проход, а больших размеров – за два прохода.

Установление режима резания производится в зависимости от режущего инструмента так, как это рассматривалось в пунктах, касающихся нарезания зубьев колес дисковыми фрезами и червячными фрезами.

Значения подач, мм/об, и скоростей резания, м/мин, а также поправочных коэффициентов на подачи и скорости резания приводятся в таблицах 3.125–3.127.

Таблица 3.125 – Подача при обработке шлицевых валов червячными фрезами

Размеры обрабатываемого вала		Черновая обработка под шлифование	Чистовая обработка по сплошному материалу $\sqrt{Ra\ 25}$
диаметр	высота шлица		
14–28	1,5–2,5	1,7	0,6
30–52	2–3	1,8	
54–70	3–4	2,0	
72–82	5	2,1	0,8

Таблица 3.126 – Скорость резания при обработке прямосборочных шлицевых валов фрезами из быстрорежущей стали P18

Характер обработки	Подача фрезы S , мм/об	Высота шлицев h , мм					
		2	3	4	5	6	6,5
Чистовая	0,4	45	27	18,7	14	11	10
	0,6	41,5	24,5	17	12,8	10,1	9,2
	0,8	36	21,5	14,8	11,1	8,8	8
Черновая	1,0	48	29	20	15	12	10,5
	1,3	42	25	17,5	13,2	10,3	9,4
	1,6	38	22,5	15,7	12	9,3	8,4
	2,0	34	20,5	14,1	10,6	8,4	7,6

Таблица 3.127 – Поправочные коэффициенты на подачу и скорость резания при обработке шлицевых валов K_M

Марка стали	Твердость материала НВ	Коэффициент K_M	
		на подачу	на скорость резания
35	156–187	1	1,1
45, 35Х, 40Х	170–207	1	1
45 и 30 ХГТ	156–241	0,9	0,8
50, 12ХНЧА, 20 ХНМ, 10ХГТ, 20Х	156–229	0,9	0,9
18ХНВА, 30ХМА, 5ХНМ	158–229	0,8	0,8

Скорректированную величину подачи $S_K = S_T K_M$, мм/об, сравнивают с паспортными данными станка и выбирают ближайшую из имеющихся на станке. По величине подачи выбирают скорость резания, м/мин, и тоже корректируют ее поправочными коэффициентами, $v_K = v_T K_M$. Далее расчеты производят так же, как и при нарезании прямозубых цилиндрических колес.

3.7.7 Шевингование зубчатых колес

Зубчатые колеса, подлежащие шевингованию, предварительно нарезают червяной фрезой или долбяком. Режимы резания устанавливают по таблицам 3.128–3.130.

Таблица 3.128 – Припуски на шевингование и число ходов стола

Радиальный припуск, мм	Твердость материала, НВ	Вертикальная подача на один ход, мм	Число ходов стола		
			рабочих	зачистных	
				класс точности	
			1-й	2-й	
Цилиндрические прямозубые колеса					
0,14–0,16	156–229	0,04	3–4	5–6	2–4
	235–285	0,02	6–8	5–6	2–4
Цилиндрические косозубые колеса					
0,20–0,25	156–229	0,04	5–6	5–6	2–4
	235–285	0,02	10–12	5–6	2–4

Таблица 3.129 – Подачи при шевинговании

Класс точности зубчатого колеса	Твердость материала НВ	Угол наклона зубьев, град	Вертикальная подача S_v на один ход стола, мм	Горизонтальная подача s на один оборот зубчатого колеса, мм/об
1-й	< 230	0–20	0,04	0,15–0,20
		21–45		0,20–0,25
	≥ 230	0–20	0,02	0,10–0,12
		21–45		0,12–0,15
2-й	< 230	0–20	0,04	0,25–0,30
		21–45		0,30–0,40
	≥ 230	0–20	0,02	0,12–0,15
		21–45		0,15–0,20

Таблица 1.130 – Скорости резания при шевинговании

Модуль m , мм	2	3	4	5	6
Скорость резания v , м/мин	139,5	136,3	144,0	140,3	148,6

Основное время, мин,

$$t_0 = \frac{lhzK_3}{nsS_B z_n}, \quad (3.44)$$

где l – длина зуба колеса, мм;

h – припуск оставленный предварительной обработкой, $h = 0,15 \dots 0,2$ мм;

z – число зубьев нарезаемого колеса;

K_3 – дополнительные зачистные калибрующие проходы, обычно $K_3 = 2$;

n – частота вращения фрезы, об/мин;

s – подача на один оборот зубчатого колеса, мм/об;

S_B – вертикальная подача на один ход стола, мм;

z_n – число зубьев шевингфрезы.

Вспомогательное время определяют по таблицам 3.103, 3.104. Дополнительное время составляет 8 % от оперативного и определяется по формуле (1.1). Подготовительно-заготовительное время определяют по таблице 3.84, штучное время – по формуле (1.3), норму калькуляционного времени – по формуле (1.6).

3.8 Нормирование шлифовальных работ

Шлифовальная обработка – это вид механической обработки, осуществляемой путем резания и удаления тонкого слоя металла с помощью специальных абразивных инструментов.

Чаще всего шлифование является окончательной (отделочной) обработкой точных ответственных внешних цилиндрических, фасонных и плоских поверхностей, а также отверстий.

Технология шлифования обеспечивает высокую точность обработки (5–7 квалитет), формы (6–10 степень) и чистоты (7–9 класса) поверхностей готовых изделий. Кроме того, шлифованием можно обрабатывать детали, прошедшие термообработку (закалку).

При обработке на шлифовальных станках режущим инструментом являются шлифовальные *абразивные круги*, которые состоят из мелких зерен абразивных материалов, сцементированных связующим веществом – связкой.

В ремонтном производстве на различных шлифовальных станках выполняются следующие работы:

- круглое внешнее и внутреннее шлифование цилиндрических поверхностей (рисунок 3.7, а, в);
- бесцентровое шлифование (рисунок 3.7, б);
- плоское шлифование периферией и торцом круга (рисунок 3.7, г, д).

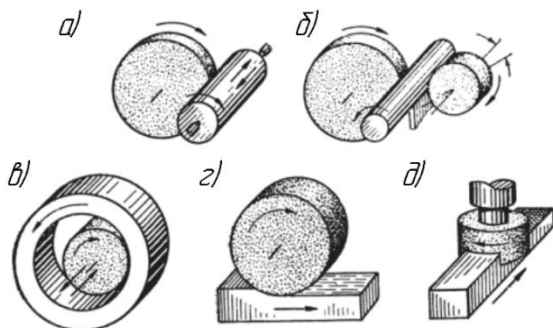


Рисунок 3.7 – Основные виды шлифования:

a – круглое наружное; *b* – бесцентровое; *в* – круглое внутреннее;
г – плоское периферией круга; *д* – плоское торцом круга

Порядок установления режимов резания, формулы для определения основного времени и все последующие расчеты, связанные с определением калькуляционного времени, указаны при рассмотрении различных видов шлифовальных работ. Во все формулы основного времени входит коэффициент зачистных ходов *k*. Значение этого коэффициента приводится в таблице 3.131.

Таблица 3.131 – Значение коэффициента *K*

Вид шлифования	Обработка		Вид шлифования	Обработка	
	черновая	чистовая		черновая	чистовая
Круглое наружное в центрах	1,2–1,4	1,25–1,7	Бесцентровое на проход	1,05–1,2	1,05–1,2
Внутреннее	1,2–1,5	1,3–1,8	Бесцентровое врезанием	1,05–1,1	1,1–1,2
Круглое наружное врезанием	1,2–1,3	1,2–1,3	Плоское	1,2–2,0	1,2–1,5

3.8.1 Круглое внешнее шлифование

Этот вид шлифования применяют для обработки наружных поверхностей деталей типа тел вращения с прямолинейными образующими. В качестве технологических баз используют центровые отверстия или наружные цилиндрические поверхности.

Режим резания устанавливают в следующем порядке:

а) определяют припуск на обработку на сторону по формуле

$$h = \frac{D - d}{2},$$

где *D* – диаметр заготовки до шлифования, мм;

d – диаметр заготовки после шлифования, мм.

- При чистовом шлифовании припуск на обработку распределяют по формуле:
- на черновое шлифование – $h_0 = 0,8$ мм;
 - на чистовое шлифование – $h_0 = 0,2$ мм;
- б) выбирают шлифовальный круг и определяют его скорость, м/с,

$$v_k = \frac{\pi D_k n_k}{1000 \cdot 60}, \quad (3.45)$$

где D_k – диаметр шлифовального круга, мм;

n_k – частота вращения шлифовального круга, об/мин.

Эта скорость не должна быть больше, указанной в таблице 3.132.

Таблица 3.132 – Окружные скорости кругов

Связка	Скорость, м/с	Связка	Скорость, м/с
ПП Керамическая и вулканитовая	35	ПВ Керамическая	35
ПП Бакелитовая	40	ПВК Бакелитовая	35
ПП Силикатная	20	ПВК Силикатная	25

в) поперечную подачу – глубину резания – устанавливают при черновом шлифовании по таблице 3.133, а при чистовом – по таблице 3.135.

Продольную подачу на один оборот изделия в долях ширины круга устанавливают при черновом шлифовании по таблице 3.134, а при чистовом – по таблице 3.135.

Количество проходов при черновом и чистовом шлифовании

$$i_1 = \frac{h_1}{t_1}; \quad i_2 = \frac{h_2}{t_2},$$

где h_1, h_2 – припуск на обработку, мм;

t_1, t_2 – поперечные подачи при черновом и чистовом шлифовании, мм.

Продольная подача, мм/об,

$$S_{пр} = \beta B_k, \quad (3.46)$$

где β – продольная подача в долях ширины круга;

B_k – ширина шлифовального круга, мм.

Таблица 3.133 – Поперечная подача при предварительном шлифовании

В миллиметрах

Обрабатываемый материал	Длина, выраженная в диаметрах	Диаметр шлифуемой детали					
		20	40	60	80	100	150
Незакаленная сталь	3Д	0,020	0,028	0,034	0,039	0,043	0,052
	7Д	0,017	0,033	0,028	0,032	0,035	0,042
	10Д	0,015	0,020	0,024	0,027	0,030	0,036
Закаленная сталь	3Д	0,015	0,023	0,030	0,035	0,040	0,045
	7Д	0,012	0,018	0,023	0,027	0,030	0,035
	10Д	0,010	0,015	0,019	0,022	0,025	0,030

Таблица 3.134 – Продольные подачи в долях ширины круга β при предварительном шлифовании

Обрабатываемый материал	Поперечная подача, мм, не более					
	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,09
Незакаленная сталь	0,60	0,50	0,40	0,30	0,25	0,20
Закаленная сталь	0,50	0,45	0,35	0,25	0,20	0,15

Таблица 3.135 – Поперечные и продольные подачи при чистовом шлифовании

Скорость изделия, м/мин	Поперечная подача, мм	Продольная подача в долях ширины круга β
15–75	0,005–0,019	0,2–0,4
<i>Примечания</i>		
1 Параметры режима шлифования следует умножить на коэффициент 0,5–0,8 при обработке жаропрочной стали.		
2 При шлифовании деталей, закрепленных в патроне, надо выбирать минимальные значения поперечной подачи.		

г) окружную скорость вращения изделия, м/мин, при черновом шлифовании определяют по таблице 3.136.

Таблица 3.136 – Окружные скорости вращения обрабатываемой детали при черновом шлифовании

Диаметр шлифуемой поверхности, мм	Продольная подача β в долях ширины круга									
	0,3		0,4		0,5		0,6		0,7	
	Поперечная подача, мм, на один ход стола									
	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02
20	20	13	21	9	17	8	15	7	13	6
40	35	18	26	12	21	10	18	8	15	7
60	40	18	30	13	24	11	20	9	17	8
80	44	20	33	15	27	12	22	10	19	8
100	47	21	35	16	28	13	24	11	20	9
200	57	26	43	19	35	16	29	13	25	8
300	65	29	49	21	39	18	33	15	28	9

Скорость резания изделия для заданных условий корректируют поправочными коэффициентами из таблиц 3.137, 3.138.

Таблица 3.137 – Поправочный коэффициент K_m , учитывающий обрабатываемый материал

Обрабатываемый материал	Коэффициент K_m
Сталь закаленная	1,0
Сталь незакаленная	1,1
Чугун	1,45

Скорректированную скорость резания, м/мин, определяют по формулам:

– для чернового шлифования – $v_{к1} = v_T K_M$;

– для чистового шлифования – $v_{к2} = v_T K_M K_O$;

Таблица 3.138 – Поправочный коэффициент K_0 , учитывающий характер шлифования

Характер шлифования	Коэффициент K_0
Черновое	1,0
Чистовое	0,75

д) частоту вращения изделия определяют по формуле (3.6). При этом в этой формуле n_T – частота вращения изделия, соответствующая скорректированной скорости вращения, об/мин; D – диаметр изделия, мм;

е) после выбора ближайшей к расчетной частоты вращения изделия по паспорту станка определяют фактическую скорость резания по формуле (3.7).

Основное время, мин, при круглом внешнем шлифовании цилиндрических поверхностей, методом продольной подачи, определяют по формулам:

– на каждый ход стола

$$t_0 = \frac{Zik}{n\beta B_k} = \frac{Zik}{nS_{пр}}; \quad (3.47)$$

– на двойной ход стола

$$t_0 = \frac{2Zik}{n\beta B_k} = \frac{2Zik}{nS_{пр}}, \quad (3.48)$$

где Z – расчетная длина шлифования, мм,

$$Z = l + l_1 + l_2,$$

l – длина поверхности детали, мм;

$l_1 + l_2$ – длина врезания и перебега круга (таблица 3.139);

i – число проходов;

k – коэффициент зачистных ходов, принимается из таблицы 3.131;

n – частота вращения изделия, об/мин;

β – продольная подача в долях ширины круга;

B_k – ширина шлифовального круга, мм;

$S_{пр}$ – продольная подача, мм/об.

Таблица 3.139 – Величина врезания и перебега

Условия работы	Величина врезания и перебега ($l_1 + l_2$), мм
Выход круга в обе стороны	$B_k + 5$
То же, в одну сторону	$0,5B_k$
Без выхода круга	B_k

Основное время, мин, при круглом внешнем шлифовании методом врезания

$$t_0 = \frac{ik}{n} = \frac{hk}{nt}, \quad (3.49)$$

где h – припуск на обработку на сторону, мм;

t – поперечная подача – глубина шлифования, мм.

Вспомогательное время определяют по таблицам 3.140 и 3.141.

Таблица 3.140 – Вспомогательное время на установку и снятие детали

Способ установки		Масса детали, кг, не более							
		3	5	10	18	30	50	80	120
В центрах		0,8	1,1	1,4	1,7	2,2	3,8	3,4	3,7
В центрах с люнетом		1,0	1,2	1,6	1,9	2,4	5,1	5,6	6,2
В центрах на оправке		1,5	2,0	2,5	3,1	3,5	–	–	–
В патроне	трехкулачковом	1,3	1,6	2	2,3	2,7	–	–	–
	четырекулачковом	5,5	6,6	7,9	9,3	11,1	–	–	–
В патроне с поджатием задней бабкой		–	–	–	–	–	8,5	9,5	10,6
На нескольких люнетах (добавлять на каждый последующий люнет)		–	–	–	–	–	1,5	1,7	1,9

Дополнительное время определяют по формуле (1.1), где К = 9 %. Подготовительно-заключительное время определяют по таблице 3.142.

Таблица 3.141 – Вспомогательное время, связанное с переходом

Наименование прохода	Высота центров, мм	
	до 200	≥ 300
Первой поверхности (на 1-й проход)	1,6	2,0
Последующих поверхностей (на 1-й проход)	0,8	1,0
На каждый последующий проход	0,06	0,08

Таблица 3.142 – Подготовительно-заключительное время

Способ установки детали	Высота центров, мм	
	до 200	≥ 300
В центрах	7	8
В самоцентрирующем патроне	10	11
В самоцентрирующем патроне и люнете	12	14
В четырехкулачковом патроне	13	15
В четырехкулачковом патроне и люнете	14	16

Штучное время определяют по формуле (1.3), норму калькуляционного времени – по формуле (1.5).

3.8.2 Круглое внутреннее шлифование

Внутреннее шлифование применяют для получения высокоточных отверстий на деталях, как правило, прошедших термическую обработку. Возможно шлифование сквозных, несквозных (глухих), конических и фасонных отверстий. Диаметр шлифовального круга при этом составляет 0,7–0,9 диаметра шлифуемого отверстия. Кругу сообщают высокую частоту вращения: она тем выше, чем меньше диаметр круга.

Стальные детали шлифуют, как правило, с охлаждением, а чугунные и бронзовые – всухую.

Режимы резания при выполнении внутришлифовальных работ устанавливают в такой же последовательности, как и при нормировании круглого внешнего шлифования.

Поперечные подачи при внутреннем круглом шлифовании определяют по таблице 3.143.

Таблица 3.143 – Поперечные подачи при внутреннем шлифовании

В миллиметрах

Материал детали	Диаметр шлифуемого отверстия					
	40	70	100	150	200	300
Незакаленная сталь	0,006–0,0075	0,001–0,012	0,012–0,015	0,014–0,017	0,016–0,020	0,018–0,023
Закаленная сталь	0,005–0,0075	0,0075–0,010	0,010–0,013	0,013–0,015	0,015–0,018	0,018–0,020
Чугун и бронза	0,0015–0,003	0,003–0,005	0,005–0,007	0,007–0,008	0,008–0,009	0,009–0,010

Продольную подачу в долях ширины круга определяют по таблице 3.144, окружную скорость обрабатываемого изделия, м/мин, – по таблице 3.145.

Таблица 3.144 – Продольная подача в долях ширины круга β

Материал детали	Характер шлифования	Длина шлифования, выраженная в диаметрах				
		4Д	2Д	1Д	0,5Д	0,3Д
Сталь	Черновое	0,75–0,6	0,7–0,6	0,6–0,5	0,5–0,45	0,45–0,4
	Чистовое	0,25–0,4	0,25–0,4	0,25–0,35	0,25–0,35	0,25–0,35
Чугун	Черновое	0,8–0,7	0,7–0,65	0,65–0,55	0,55–0,5	0,5–0,45
	Чистовое	0,3–0,45	0,3–0,45	0,3–0,4	0,3–0,4	0,3–0,4

Таблица 3.145 – Окружная скорость обрабатываемой детали

Диаметр шлифуемого отверстия, мм	Продольная подача в долях ширины круга β									
	0,3		0,4		0,5		0,6		0,7	
	Глубина шлифования, мм, не более									
	0,005	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02
20	43,5	23,2	18,0	–	14,7	–	12,5	–	10,9	–
30	53,2	28,6	22,0	–	18,0	–	15,3	–	13,3	–
40	61,5	32,8	25,4	–	28,0	–	17,6	–	15,3	–
50	68,5	36,6	28,4	–	23,2	–	19,7	–	17,1	–
60	75,5	40,2	31,0	16,7	25,4	13,7	21,0	11,6	18,8	10,1
70	81,5	43,5	33,6	18,0	27,6	14,8	23,4	12,6	20,3	10,9
80	87,0	46,5	36,0	19,3	29,4	15,8	25,0	13,4	21,8	11,7
90	92,5	49,2	38,2	20,4	31,2	16,7	26,6	14,2	23,2	12,5
100	97,5	52,0	40,2	21,5	32,8	17,6	28,0	15,0	24,2	13,0

Окончание таблицы 3.145

Диаметр шлифуемого отверстия, мм	Продольная подача в долях ширины круга β									
	0,3		0,4		0,5		0,6		0,7	
	Глубина шлифования, мм, не более									
	0,005	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02
140	115,0	51,5	47,5	25,4	38,8	20,8	33,0	17,7	28,8	15,4
200	137,0	73,5	56,6	30,4	46,5	25,0	39,4	21,0	34,2	18,4
250	154,0	82,5	59,5	34,0	52,0	28,0	44,2	23,6	38,4	20,6
300	168,0	90,5	69,5	37,4	57,0	30,5	48,5	26,0	42,0	22,6

Табличную скорость обрабатываемой детали корректируют поправочными коэффициентами таблицы 3.137. Основное время, мин, при круглом внутреннем шлифовании определяют по формуле (3.47).

Величину врезания и перебега круга определяют по таблице 3.146.

Таблица 3.146 – Величина врезания и перебега

Условия работы	Величина врезания и перебега ($l_1 + l_2$), мм
Выход круга в обе стороны	$0,25B_{кр}$
То же, в одну сторону	$0,5B_{кр}$
Без выхода круга	$B_{кр}$

Вспомогательное время на установку/снятие детали и выполнение прохода, мин, определяют по таблицам 3.147 и 3.148.

Таблица 3.147 – Вспомогательное время на установку и снятие детали

Способ установки	Масса детали, кг, не более					
	1	3	5	8	12	30
В двухкулачковом патроне	0,18	0,19	0,22	0,26	0,32	0,39
В трехкулачковом патроне	0,13	0,16	0,18	0,20	0,24	–
В цанговом патроне	0,20	0,22	0,23	0,24	0,26	–
В четырехкулачковом патроне	–	2,50	2,82	3,20	3,50	4,00

Таблица 3.148 – Вспомогательное время, связанное с проходом

Характер обработки	Диаметр шлифуемого отверстия, мм	
	до 260	≥ 260
Черновое шлифование на первый проход	0,80	0,90
То же, на каждый последующий проход	0,04	0,05
Чистовое шлифование на первый проход	1,20	1,40
То же, на каждый последующий проход	0,04	0,05

Дополнительное время определяют по формуле (1.1), где $K = 9\%$. Подготовительно-заключительное время определяют по таблице 3.149. Штучное время определяют по формуле (1.3), норму калькуляционного времени – по формуле (1.5).

Таблица 3.149 – Подготовительно-заключительное время

Способ установки детали	Диаметр шлифуемого отверстия, мм	
	130	260
В двухкулачковом патроне	10	12
В трехкулачковом патроне	7	9
В цанговом патроне	8	10
В четырехкулачковом патроне	15	17

3.8.3 Бесцентровое шлифование на проход

Бесцентровое шлифование отличается от центрового тем, что обрабатываемые детали получают вращение и шлифуются без крепления в центрах, причем базой является обрабатываемая поверхность. Опорой для шлифуемой детали при этом выступает нож со скошенным краем, находящийся между рабочим и ведущими кругами. Оно применяется для обработки деталей, к которым не предъявляются жесткие требования соосности наружных и внутренних поверхностей.

На проход шлифуют гладкие детали. При этом шлифовании продольная подача обеспечивается ведущим кругом, который относительно оси шлифуемого круга поворачивается на $1-6^\circ$.

Режимы резания при осуществлении бесцентрового шлифования на проход устанавливаются в следующем порядке:

а) по таблице 3.150 определяют величину припуска на диаметр.

Выбранную величину припуска, мм, распределяют на черновое и чистовое шлифование и определяют по формулам исходя из припуска на диаметр H :

– черновое шлифование – $H_1 = 0,8H$;

– чистовое шлифование – $H_2 = 0,2H$.

Таблица 3.150 – Припуски при бесцентровом шлифовании на диаметр

В миллиметрах

Диаметр шлифуемой поверхности	Длина шлифуемой поверхности			
	100	200	500	1000
10	0,13–0,18	0,15–0,20	0,17–0,22	0,20–0,25
	0,17–0,22	0,20–0,25	0,22–0,27	0,25–0,30
20	0,18–0,25	0,20–0,27	0,20–0,28	0,20–0,30
	0,20–0,27	0,25–0,32	0,28–0,35	0,30–0,37
30	0,20–0,30	0,22–0,32	0,23–0,33	0,30–0,40
	0,23–0,33	0,28–0,38	0,32–0,42	0,35–0,46
50	0,25–0,35	0,27–0,37	0,28–0,38	0,35–0,45
	0,30–0,40	0,35–0,45	0,40–0,50	0,50–0,60
120	0,30–0,40	0,32–0,40	0,33–0,44	0,50–0,52
	0,37–0,47	0,40–0,45	0,43–0,55	0,60–0,75

Примечание – Большие значения для незакаленных, меньшие – для закаленных.

б) определяют удвоенную глубину шлифования и угол поворота ведущего круга по таблице 3.151. Удвоенная глубина шлифования берется потому, что изделие находится между двумя шлифовальными кругами;

Таблица 3.151 – Удвоенная глубина шлифования и угол поворота ведущего круга при черновом и чистовом шлифовании на проход

Характер шлифования	Диаметр шлифуемого изделия, мм	Удвоенная глубина резания, мм	Угол поворота ведущего круга α , град
Черновое	10	0,05–0,06	3,0–4,0
	20	0,06–0,10	2,5–3,5
	45	0,10–0,20	2,5–0,5
	70	0,15–0,30	2,0–3,0
	120	0,20–0,35	1,5–2,5
	180	0,25–0,40	1,5–2,0
Чистовое	10–180	0,02–0,05	1,2–2,0

в) число проходов

$$i_1 = \frac{H_1}{2t_1}; \quad i_2 = \frac{H_2}{2t_2}, \quad (3.50)$$

где H_1, H_2 – припуски на диаметр, мм;

$2t_1, 2t_2$ – удвоенная глубина чернового и чистового шлифования, мм.

По удвоенной глубине шлифования и диаметру шлифуемой поверхности устанавливают окружные скорости, м/мин, ведущего круга по таблице 3.152. Скорость ведущего круга для заданных условий корректируют поправочными коэффициентами. Они указаны в таблице 3.137;

д) по скорректированной окружной скорости ведущего круга определяют частоту его вращения, об/мин,

$$n_{\text{вкт}} = \frac{1000v_{\text{вкт}}}{D_{\text{вк}}}, \quad (3.51)$$

где $v_{\text{вкт}}$ – скорректированная окружная скорость ведущего круга, м/мин;

$D_{\text{вк}}$ – диаметр ведущего круга, мм.

Таблица 3.152 – Окружные скорости ведущего круга при черновом и чистовом шлифовании на проход

Угол поворота ведущего круга α , град	Удвоенная глубина шлифования, мм	Диаметр шлифуемой поверхности, мм, не более								
		10	20	40	70	80	100	125	150	180
Черновое шлифование										
1,0	0,20	–	–	–	–	–	28	25	22	20
	0,30	–	–	–	–	–	19	17	15	13
	0,40	–	–	–	–	–	15	13	11	10

Окончание таблицы 3.152

Угол поворота ведущего круга α , град	Удвоенная глубина шлифования, мм	Диаметр шлифуемой поверхности, мм, не более								
		10	20	40	70	80	100	125	150	180
1,0	0,15	–	–	–	33	–	–	–	–	–
1,5	0,20	–	–	–	25	23	19	17	15	13
	0,30	–	–	–	17	15	13	11	10	9
2,0	0,10	–	90	55	–	–	–	–	–	–
	0,20	–	–	27	19	17	15	13	11	10
	0,30	–	–	–	12	11	10	8	7	–
2,5	0,10	117	72	–	–	–	–	–	–	–
	0,20	–	–	–	15	14	12	–	–	–
3,5	0,30	–	–	–	10	9	8	–	–	–
	0,10	84	51	–	–	–	–	–	–	–
4,0	0,20	–	–	–	11	–	–	–	–	–
	0,30	–	–	–	7	–	–	–	–	–
	0,10	84	51	31	–	–	–	–	–	–
Чистовое шлифование	0,20	–	–	16	11	–	–	–	–	–
	0,30	–	–	–	7	–	–	–	–	–
	0,02	120	90	70	50	40	30	25	20	15
0,05	100	70	60	40	30	25	20	15	12	

Найденную частоту вращения ведущего круга сверяют с паспортными данными станка, выбирают ближайшую из имеющихся на станке и пересчитывают фактическую окружную скорость, м/мин, ведущего круга

$$v_{\text{БК}} = \frac{\pi D_{\text{БК}} n_{\text{БК}}}{1000}, \quad (3.52)$$

где $n_{\text{БК}}$ – паспортная частота вращения ведущего круга, об/мин;

г) определяют минутную продольную подачу изделия, мм/мин,

$$S_{\text{прм}} = \pi D_{\text{БК}} n_{\text{БК}} \sin \alpha, \quad (3.53)$$

где $\sin \alpha$ – синус угла поворота ведущего круга (см. таблицу 3.153).

Основное время

$$t_o = \frac{(lq + B_k) i K}{S_{\text{прм}} q}, \quad (3.54)$$

где l – длина поверхности изделия, подвергающаяся шлифованию, мм;

q – количество изделий в партии шлифуемых непрерывным потоком;

B_k – ширина шлифовального круга, мм;

i – число проходов;

K – коэффициент, выбирается по таблице 3.131.

Таблица 3.153 – Значения $\sin \alpha$

α	1,2	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2
$\sin \alpha$	0,021	0,022	0,026	0,031	0,035	0,039
α	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,5
$\sin \alpha$	0,042	0,045	0,049	0,052	0,056	0,061

Вспомогательное время при бесцентровом шлифовании на проход перекрывается основным временем, поэтому в расчетах его не учитывают.

Дополнительное время составляет 12 % от оперативного и определяется по формуле (1.1). Подготовительно-заключительное время определяют по таблице 3.154.

Таблица 3.154 – Подготовительно-заключительное время при бесцентровом шлифовании

Характер работы	В минутах
Шлифование на проход:	
со сменой направляющей линейки	17
без смены направляющей линейки	11
Шлифование врезанием:	
со сменой направляющего ножа	20
без смены направляющего ножа	13

Штучное время определяют по формуле (1.3).

Норму калькуляционного времени определяют по формуле (1.5).

3.8.4 Бесцентровое шлифование методом врезания

Методом врезания шлифуют фасонные изделия и изделия, имеющие по длине разные диаметры. При бесцентровом шлифовании методом врезания изделие подвергается обработке по всей длине шлифуемой поверхности.

Шлифование заготовок этим методом ведется при различных подачах и глубинах резания. В начале процесса большая часть припуска удаляется с повышенной подачей на глубину, затем подача на глубину уменьшается. В конце обработки заготовка шлифуется без подачи на глубину. При врезном шлифовании количество переходов меньше, чем при шлифовании с продольной подачей, так как на предварительных переходах возможно удаление больших припусков.

Этот вид шлифования легко поддается автоматизации процесса за счет использования специальной формы ведущего круга и применения механизмов для автоматической загрузки и разгрузки рабочей зоны бесцентрово-шлифовальных станков.

Режим резания устанавливается так же, как при бесцентровом шлифовании на проход.

Так, поперечную подачу на один оборот изделия, мм, определяют по таблице 3.155, окружную скорость, м/мин, – по таблицам 3.156, 3.157.

Таблица 3.155 – Поперечные подачи на один оборот изделия

В миллиметрах

Диаметр шлифуемой поверхности	Черновое шлифование	Чистовое шлифование
10	0,004–0,008	0,003–0,005
20	0,005–0,009	0,003–0,007
30	0,006–0,010	0,004–0,008
40	0,007–0,013	0,005–0,008
Св. 40	–	0,006–0,010

Таблица 3.156 – Окружные скорости ведущего круга при черновом шлифовании

Поперечная подача на один оборот детали, мм	Диаметр шлифуемой поверхности, мм, не более					
	20	40	60	80	90	100
0,004	23	28	32	34	36	38
0,006	18	22	25	27	28	29
0,008	15	18	20	22	23	24
0,010	13	16	18	19	20	21
0,012	11	14	16	17	18	19
0,013	10	12	14	15	16	17

Таблица 3.157 – Окружные скорости ведущего круга при чистовом шлифовании

Поперечная подача на один оборот детали, мм	Диаметр шлифуемой поверхности, мм, не более						
	10	20	30	40	60	80	100
0,003	20	25	28	30	31	33	35
0,005	15	18	20	22	23	24	26
0,007 и более	12	14	16	17	18	19	21

Частота вращения изделия, об/мин,

$$n = \frac{n_{\text{вк}} D_{\text{вк}}}{d}, \quad (3.55)$$

где $n_{\text{вк}}$ – частота вращения ведущего круга, по паспорту станка, об/мин;

$D_{\text{вк}}$ – диаметр ведущего круга, принимают по паспорту станка, мм;

d – диаметр шлифуемого изделия, мм.

Основное время определяют по формуле (3.49).

Вспомогательное время определяют по таблице 3.158.

Таблица 3.158 – Вспомогательное время при бесцентровом шлифовании методом врезания

Диаметр обрабатываемой поверхности, мм	20	40	50	Св. 50
Время на установку, обмер и снятие детали, мин	0,05	0,06	0,07	0,08

Дополнительное время определяется по формуле (1.1), где $K = 12 \%$.

Подготовительно-заключительное время определяют по таблице 3.154.

Штучное время и норму калькуляционного времени определяют по формулам (1.3) и (1.5).

3.8.5 Нормирование плоского шлифования торцом круга

В ремонтном производстве встречаются два способа плоского шлифования:

- торцом круга;
- периферией круга.

Шлифование плоскостей периферией круга является более универсальным, но и менее производительным способом. *Шлифование торцом круга* более производительно по следующей причине: площадь контакта шлифовального круга с обрабатываемой поверхностью больше, чем при шлифовании периферией круга, и количество одновременно режущих абразивных зерен соответственно также больше.

При шлифовании периферией круга применяются цельные плоские круги (рисунок 3.8, а), а при шлифовании торцом – чашеобразные (рисунок 3.8, б) и очень часто круги, собранные из сегментов (рисунок 3.8, в).

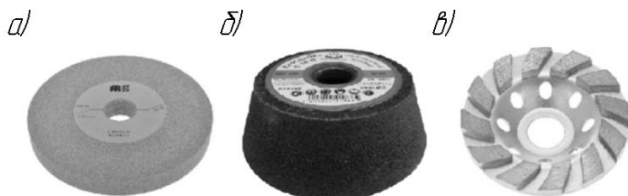


Рисунок 3.8 – Типы шлифовальных кругов:
а – плоский; б – чашеобразный; в – сегментный

Глубину шлифования, т. е. вертикальную подачу круга на проход, при проведении операции шлифования торцом круга устанавливают в зависимости от ширины шлифования.

С выбора вертикальной подачи устанавливают режим шлифования:

- а) вертикальную подачу выбирают по таблице 3.159;

Таблица 3.159 – Вертикальная подача круга (глубина шлифования) на проход
В миллиметрах

Ширина шлифования	Глубина шлифования	Ширина шлифования	Глубина шлифования
100	0,019–0,037	250	0,009–0,018
150	0,017–0,027	300	0,008–0,013
200	0,011–0,022	Св. 400	0,007–0,010

б) исходя из принятой подачи и ширины шлифования по таблице 3.160 выбирают скорость движения стола, м/мин, при этом корректировать скорость резания поправочными коэффициентами *не требуется*.

Таблица 3.160 – Скорость движения стола $v_{стт}$

Обрабатываемый материал	Глубина шлифования, мм, не более	Ширина шлифования, мм, не более					
		100	150	200	300	400	500
Черновое шлифование							
Незакаленная сталь	0,10	43,0	34,0	30,0	23,0	21,0	18,0
	0,15	39,0	23,5	21,0	17,0	15,5	14,2
	0,20	22,0	19,1	16,0	12,4	11,5	10,8
	0,30	15,0	12,3	10,1	8,0	7,4	7,0
	0,40	11,2	9,0	7,6	6,0	5,5	5,0
	0,50	9,0	7,2	6,0	4,8	4,4	4,0
	0,80	5,3	4,3	3,6	2,3	2,6	2,4
Закаленная сталь	0,10	42,0	33,0	28,0	22,0	20,0	17,0
	0,15	27,0	22,0	18,0	14,5	13,2	12,2
	0,20	20,0	16,2	13,6	10,5	9,8	9,2
	0,30	12,7	10,4	8,6	6,8	6,3	5,9
	0,40	9,6	7,6	6,5	5,1	4,7	4,2
	0,50	7,6	6,1	5,1	4,0	3,7	3,4
	0,80	4,5	3,7	3,1	2,4	3,3	2,0
Чугун	0,10	42,0	33,0	29,0	22,0	20,0	17,5
	0,15	28,0	23,5	29,0	15,3	14,0	12,8
	0,20	20,0	17,2	14,4	11,2	10,3	9,7
	0,30	13,5	11,1	9,1	7,2	6,7	6,3
	0,40	10,0	8,3	6,8	5,4	5,0	4,5
	0,50	8,1	6,5	5,4	4,3	4,0	3,6
	0,80	4,8	3,9	3,2	2,5	2,3	2,1
Чистовое шлифование							
Все материалы	0,005	От 2 до 3					
	0,010						

По скорости движения стола определяют его частоту вращения (для станков с круглым столом), об/мин, или число двойных ходов стола в минуту, дв. ход/мин, (для станков с прямоугольным столом) по формулам

$$n_{стт} = \frac{1000v_{стт}}{\pi d_{ср}}; \quad n_{стт} = \frac{1000v_{стт}}{Z},$$

где $v_{стт}$ – скорость движения стола, принятая по таблице 3.160, м/мин;
 $d_{ср}$ – средний диаметр расположения изделий на столе станка, мм;
 Z – расчетная длина хода стола, мм,

$$Z = l + D_k + (20..30),$$

l – длина шлифуемой поверхности, мм;

D_k – диаметр шлифовального круга, мм.

Расчетное значение $v_{стт}$ и $n_{стт}$ сравнивают с паспортными данными станка и принимают ближайшее значение из имеющихся.

Основное время, мин, определяют:

– для станка с круглым столом

$$t_o = \frac{hK}{n_{ст}tq} = \frac{iK}{n_{ст}q}, \quad (3.56)$$

где h – припуск на шлифование, мм;

K – коэффициент, принимается по таблице 3.131;

$n_{ст}$ – частота вращения, принятая по паспорту станка, об/мин;

i – количество проходов;

Z – расчетная длина хода стола, мм;

q – число одновременно шлифуемых изделий;

– для станков с прямоугольным столом

$$t_o = \frac{ZiK}{1000v_{ст}q}, \quad (3.57)$$

где $v_{ст}$ – паспортная скорость движения стола фактическая, м/мин.

Количество проходов

$$i = \frac{h}{t},$$

где t – глубина шлифования – вертикальная подача, мм.

Вспомогательное время, мин, определяют по таблицам 3.161, 3.162.

Таблица 3.161 – Вспомогательное время на установку и снятие детали

Способ установки детали	Масса изделия, кг, не более							
	1	2	5	8	12	20	30	50
На магнитном столе	0,20	0,21	0,22	0,25	0,27	0,32	–	–
В тисках без выверки	0,27	0,29	0,32	0,41	0,46	0,56	2,2	2,3
В тисках с выверкой	0,47	0,50	0,55	0,65	0,70	0,85	2,8	3,0

Таблица 3.162 – Вспомогательное время, связанное с проходом

Характер обработки	Длина стола, мм	
	до 1000	св. 1000
Грубое шлифование (обдирка)	0,25	0,31
Чистое шлифование	0,60	0,66

Дополнительное время составляет 9 % от оперативного и определяется по формуле (1.1), подготовительно-заключительное время – по таблице 3.163.

Таблица 3.163 – Подготовительно-заключительное время

Способ установки детали	Длина стола, мм	
	до 1000	св. 1000
На магнитном столе	3,0	4,0
В тисках	4,5	6,0

Штучное время и норму калькуляционного времени определяют по формулам (1.3) и (1.5) соответственно.

3.8.6 Нормирование плоского шлифования периферией круга

При шлифовании периферией круга поверхность контакта и число одновременно режущих зерен значительно меньше, чем при шлифовании торцом круга, поэтому уменьшаются количество выделяемой теплоты и тепловые деформации. Последнее особенно важно для получения высокой точности шлифования труднообрабатываемых материалов, маложестких и тонких деталей.

При шлифовании периферией круга магнитный стол имеет возвратно-поступательное движение или вращение. После каждого двойного хода стола или его оборота столу сообщается дополнительная подача, равная перемещению круга на ширину снимаемого слоя. После снятия металла со всей поверхности детали круг подают в сторону детали на глубину шлифования.

Установление режима резания при плоском шлифовании периферией круга осуществляется так же, как и при плоском шлифовании торцом круга.

Глубину резания (вертикальную подачу) и поперечную подачу в долях ширины круга определяют по таблице 3.164.

Таблица 3.164 – Глубина резания и поперечная подача при шлифовании периферией круга

Черновое шлифование		Чистовое шлифование	
Глубина шлифования	Поперечная подача в долях ширины круга, β	Глубина шлифования	Поперечная подача в долях ширины круга, β
0,015–0,05	0,4–0,7	0,005–0,010	0,25–0,35

Скорость стола, м/мин, назначают по таблице 3.165 в зависимости от выбранной глубины шлифования и поперечной подачи в долях ширины круга, и корректируют поправочными коэффициентами, указанными в таблице 3.166.

Таблица 3.165 – Скорость стола при шлифовании периферией круга для незакаленных сталей

Поперечная подача в долях ширины круга, β	Глубина шлифования, мм, не более							
	0,005	0,01	0,015	0,020	0,025	0,03	0,04	0,05
0,3	65,8	39,0	29,0	23,5	19,8	17,1	14,1	11,8
0,4	43,4	29,4	21,8	17,7	14,9	12,8	10,6	8,5
0,5	39,6	23,5	17,5	14,2	12,0	10,3	8,4	7,1
0,6	32,8	19,5	14,5	11,8	9,9	9,6	7,0	5,9
0,7	28,2	16,7	12,5	10,1	8,5	7,3	6,0	5,0

Скорректированную скорость стола определяют по формуле

$$v_{\text{стк}} = v_{\text{стт}} K_{\text{м}},$$

где $v_{\text{стт}}$ – скорость движения стола, принятая по таблице 3.165, м/мин;

$K_{\text{м}}$ – поправочный коэффициент (см. таблицу 3.166).

Таблица 3.166 – Поправочные коэффициенты на скорость изделия в зависимости от обрабатываемого материала K_M

Обрабатываемый материал	Коэффициент K_M
Незакаленная сталь	1,0
Закаленная сталь	0,9
Чугун	1,3

Частота вращения стола, об/мин,

$$n_{\text{стк}} = \frac{1000v_{\text{стк}}}{\pi d_{\text{ср}}}$$

Как и при плоском шлифовании торцом круга, расчетные значения скорости стола и частоты его вращения сравнивают с паспортными данными станка и принимают ближайшие значения из имеющихся.

Основное время определяют:

– для станков с прямоугольным столом

$$t_o = \frac{2Z_{\text{ст}}Z_{\text{к}}iK}{1000v_{\text{ст}}\beta B_{\text{к}}q} = \frac{2Z_{\text{ст}}Z_{\text{к}}iK}{1000v_{\text{ст}}S_{\text{п}}q}, \quad (3.58)$$

где $Z_{\text{ст}}$ – расчетная длина хода стола, мм,

$$Z_{\text{ст}} = l + (20..30),$$

l – длина шлифуемой поверхности, мм;

$Z_{\text{к}}$ – величина поперечного хода круга, мм,

$$Z_{\text{к}} = B_{\text{и}} + B_{\text{к}} + 5,$$

$B_{\text{и}}$ – ширина шлифуемой поверхности изделия, мм;

$B_{\text{к}}$ – ширина круга, мм;

i – число проходов;

K – коэффициент, принимается по таблице 3.131;

$v_{\text{ст}}$ – скорость движения стола, принятая по паспорту станка, м/мин;

β – поперечная подача в долях ширины круга;

q – число одновременно шлифуемых изделий;

$S_{\text{п}}$ – поперечная подача на каждый ход стола, мм;

– для станков с круглым столом

$$t_o = \frac{Z_{\text{к}}iK}{n_{\text{ст}}S_{\text{п}}q} = \frac{(B_{\text{и}} + B_{\text{к}} + 10)iK}{n_{\text{ст}}S_{\text{п}}q}, \quad (3.59)$$

где $n_{\text{ст}}$ – паспортная частота вращения стола, об/мин.

Вспомогательное время определяют по таблицам 3.161 и 3.162. Дополнительное время составляют 9 % от оперативного и определяется по формуле (1.1). Подготовительно-заключительное время определяют по таблице 3.163. Штучное время и норму калькуляционного времени определяют по формулам (1.3) и (1.5).

3.9 Нормирование хонинговальных работ

Хонинговальные работы в ремонтном производстве применяются в качестве отделочной операции после растачивания, развертывания и шлифования отверстий, например, цилиндров и гильз двигателей, главных и колесных тормозных цилиндров, гнезд под подшипники качения в картерах, ступицах колес и пр.

Хонингование проводится на хонинговальных станках с использованием специализированного оборудования – *хонинговальных головок* или *хонов* (рисунок 3.9).

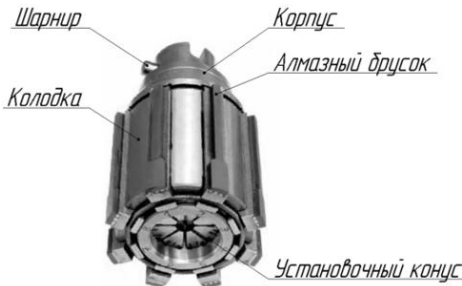


Рисунок 3.9 – Хонинговальная головка

Построение и разработка операций хонингования производится на основе предварительного изучения и анализа данных об обрабатываемой детали: материала, значений точности размеров и формы, шероховатости поверхности, жесткости и конструктивных особенностей, а также учета серийности производства, требований к производительности и экономичности обработки.

Средние значения скоростей и радиальной подачи брусков при хонинговании указаны в таблице 3.167.

Таблица 3.167 – Скорости и подачи при хонинговании изделий

Материал	Скорость, м/мин		Радиальная подача брусков за один двойной ход, мкм
	окружная	возвратно-поступательная	
Чугун	60–75	15–20	0,06–0,20
Сталь	20–35	5–10	

Основное время

$$t_0 = \tau \frac{h}{0,01}, \quad (3.60)$$

где τ – продолжительность хонингования на снятие 0,01 мм припуска на сторону, в среднем составляет 1,5–3,0 мин;

h – припуск на сторону определяют по таблице 2.8.

Вспомогательное время определяют по таблице 3.168.

Таблица 3.168 – Вспомогательное время на установку и снятие изделия

Наименование приема	Время
Установить и закрепить изделие, хон и пустить станок	0,50
Передвинуть и закрепить изделие для хонингования следующего отверстия	0,20
Остановить станок, открепить и снять хон, и изделие со станка	0,45

Общее вспомогательное время, мин, на операцию хонингования

$$t_B = t_{B1} + t_{B2} + t_{B3}q + t_{B4} + t_{B5},$$

где $t_{B1}-t_{B5}$ – вспомогательное время по позициям (см. таблицу 3.168), мин;
 q – количество отверстий, подлежащих хонингованию в изделии.

Дополнительное время составляет 9 % от оперативного и определяется по формуле (1.1), подготовительно-заключительное время принимается по таблице 3.57. Штучное время определяют по формуле (1.3), норму калькуляционного времени – по формуле (1.5).

3.10 Нормирование протяжных работ

Под *протягиванием* в металлообработке подразумевают процесс получения сложных наружных контуров и отверстий, которые могут иметь самую различную форму, таким режущим инструментом, как *протяжка* (рисунок 3.10). Она имеет множество режущих кромок, благодаря чему сам процесс протягивания отличается высокой производительностью.



Рисунок 3.10 – Шпоночная протяжка

В ремонтном производстве протягивание применяют для обработки цилиндрических, шлицевых и шпоночных отверстий.

Для расчета, в зависимости от поставленной задачи, по книге [11] выбирают протяжку нужного размера, которая, в частности, характеризуется подачей на один зуб, т. е. превышением соседних режущих зубьев.

В зависимости от подачи S и формы обрабатываемого отверстия по таблицам 3.169–3.171 находят скорость резания v_r , усилие резания P_r и мощность резания N_r . Применительно к условиям обработки поправочными коэффициентами таблиц 3.172 и 3.173 корректируют значения скорости резания, усилия резания и мощности резания.

Установленный режим проверяют по паспортным данным станка, при этом значения $P_k = P_r K_{mp}$, N , и $N_{pk} = N_r K_{mnp}$, кВт, должны быть меньше паспортных данных: допускаемого усилия резания на шпинделе станка и мощности электродвигателя станка на приводе, т. е.

$$P_k < P_{доп}; \quad N_{pk} < N_{ст} \eta,$$

где η – коэффициент полезного действия станка ($\eta = 0,9$).

Основное время, мин,

$$t_o = \frac{h}{1000v_k}. \quad (3.61)$$

Таблица 3.169 – Обработка цилиндрических отверстий

Обрабатываемый материал	Подача на один зуб S_z , мм	Скорость резания v , м/мин	Диаметр отверстия, мм									
			20		30		40		50		60	
			P_T	N_p	P_T	N_p	P_T	N_p	P_T	N_p	P_T	N_p
Сталь углеродистая $\sigma_B = 735$ МПа	0,02	7,2	1650	2,0	2470	2,9	3290	3,9	4120	4,9	4940	5,8
	0,04	4,6	2960	2,2	4440	3,4	5930	4,5	7400	5,5	8890	6,7
	0,06	3,5	4180	2,4	6280	3,6	8370	4,8	10460	6,0	12600	7,2
	0,08	2,9	5350	2,5	8020	3,8	10700	5,0	13400	6,4	16100	7,6
	0,10	2,6	6450	2,7	9670	4,1	12900	5,5	16100	6,9	19300	8,2
Чугун серый НВ 190	0,02	8,8	1040	1,5	1560	2,2	2070	3,0	2600	3,7	3100	4,5
	0,04	5,9	1720	1,7	2580	2,5	3430	3,3	4290	4,1	5150	5,0
	0,06	4,6	2300	1,7	3450	2,6	4610	3,5	5760	4,3	6910	5,3
	0,08	3,8	2840	1,8	4270	2,7	5680	3,5	7110	4,3	8530	5,3
	0,10	3,3	3350	1,8	5020	2,7	6700	3,6	8370	4,5	10040	5,4

Таблица 3.170 – Обработка шпоночных пазов в отверстиях

Обрабатываемый материал	Подача на один зуб S_z , мм	Скорость резания v , м/мин	Диаметр отверстия, мм									
			6		8		10		12		16	
			P_T	N_p	P_T	N_p	P_T	N_p	P_T	N_p	P_T	N_p
Сталь углеродистая $\sigma_b = 735$ МПа	0,05	8,8	290	0,42	380	0,55	480	0,69	570	0,82	760	1,1
	0,07	5,1	380	0,32	500	0,42	630	0,52	750	0,62	1000	0,83
	0,10	2,7	510	0,22	680	0,30	850	0,37	1020	0,45	1370	0,60
	0,12	2,1	600	0,21	800	0,27	1000	0,34	1200	0,41	1600	0,55
	0,15	1,6	730	0,19	970	0,25	1200	0,31	1450	0,38	1930	0,51
Чугун серый НВ 190	0,05	4,7	230	0,18	310	0,24	380	0,29	460	0,36	620	0,48
	0,07	3,4	300	0,17	400	0,23	500	0,28	600	0,34	800	0,45
	0,10	2,5	380	0,16	510	0,21	630	0,26	770	0,32	1020	0,42
	0,12	2,1	440	0,15	590	0,20	740	0,25	880	0,31	1170	0,41
	0,15	1,7	520	0,15	690	0,19	800	0,24	1040	0,29	1380	0,39

Примечание – Обработка осуществляется с охлаждением.

Таблица 3.171 – Обработка шестишлицевых отверстий

100

Обрабатываемый материал	Подача на один зуб S_z , мм	Скорость резания v , м/мин	Диаметр отверстия, мм									
			4		6		8		10		12	
			P_T	N_p	P_T	N_p	P_T	N_p	P_T	N_p	P_T	N_p
Сталь углеродистая $\sigma_b = 735$ МПа	0,02	6,9	600	0,7	80	1,0	1180	1,3	1480	1,7	1700	2,0
	0,04	4,1	1080	0,7	1600	1,1	2150	1,4	2680	1,8	3200	2,1
	0,06	3,1	1520	0,8	2280	1,2	3020	1,5	3800	1,9	4550	2,3
	0,08	2,5	1930	0,8	2900	1,2	3870	1,6	4850	2,0	5800	2,4
	0,10	2,1	2350	0,8	3500	1,2	4700	1,6	5850	2,0	7000	2,4
Чугун серый НВ 190	0,02	7,4	630	0,8	945	1,1	1260	1,5	1580	1,9	1890	2,3
	0,04	5,0	1050	0,9	1560	1,3	2090	1,7	2610	2,1	3140	2,6
	0,06	3,9	1400	0,9	2100	1,3	2810	1,8	3500	2,2	4200	2,7
	0,08	3,3	1730	0,9	2600	1,4	3450	1,9	4320	2,3	5200	2,8
	0,10	2,8	2040	0,9	3060	1,4	4080	1,9	5100	2,3	6120	2,8

Таблица 3.172 – Поправочные коэффициенты на режимы резания в зависимости от обрабатываемого металла и числа шлицев протяжки

Обрабатываемый материал	Механическое свойство		Значение коэффициента								
	твердость НВ	предел прочности σ_b , МПа	на скорость резания K_{mv}	на усилие резания K_{mp}				на эффективную мощность K_{mnp}			
				Число шлицев протяжки							
				4	6	8	10	4	6	8	10
Сталь углеродистая конструкционная	До 200	До 686	1,10	0,62	0,92	1,22	1,54	0,68	1,01	1,34	1,70
	200–300	686–785	1,0	0,67	1,00	1,38	1,67	0,67	1,00	1,33	1,67
	Св. 300	Св. 785	0,73	0,83	1,24	1,65	2,06	0,60	0,90	1,20	1,50
Сталь легированная конструкционная	До 200	До 686	1,0	0,67	1,00	1,33	1,67	0,67	1,00	1,33	1,67
	200–300	686–785	0,73	0,80	1,24	1,65	2,06	0,60	0,90	1,20	1,50
	Св. 300	Св. 785	0,54	0,93	1,38	1,84	2,30	0,53	0,78	1,05	1,30
Чугун серый	< 200	–	1,0	0,67	1,00	1,33	1,67	0,67	1,00	1,33	1,67
	\geq 200	–	0,83	0,94	1,40	1,87	2,34	0,78	1,16	1,56	1,95

Таблица 3.173 – Поправочные коэффициенты на режимы резания в зависимости от обрабатываемого металла при обработке цилиндрических отверстий и шпоночных пазов в отверстиях

Металлы	Механическое свойство		Значение коэффициента		
	твёрдость НВ	предел прочности σ_b , МПа	на скорость резания K_{Mv}	на усилие резания K_{Mp}	на эффективную мощность K_{MNP}
Сталь углеродистая конструкционная	До 200	До 686	1,10	0,88	0,97
	200–300	686–785	1,0	1,0	1,0
	Св. 300	Св. 785	0,73	1,24	0,90
Сталь легированная конструкционная	До 200	До 686	1,0	1,0	1,0
	200–300	686–785	0,73	1,24	0,90
	Св. 300	Св. 785	0,54	1,40	0,75
Чугун серый	До 200	–	1,0	1,0	1,0
	Св. 200	–	0,83	1,20	1,0

При работе без снятия основного время определяют по формуле

$$t_o = \frac{l + l_1 + l_2 + l_3}{1000v_k} + \frac{l + l_1 + l_2 + l_3}{1000v_k K_x}, \quad (3.62)$$

где l – длина обрабатываемого отверстия, мм;

l_1 – перебеги протяжки, принимается в среднем 25 мм;

l_2 – длина направляющей части протяжки, мм;

l_3 – длина режущей и калибрующей частей протяжки, мм;

v_k – скорость рабочего хода (после корректирования), мм;

K_x – коэффициент, учитывающий ускоренный обратный ход станка, принимается $K_x = 1,3 \dots 1,5$.

Вспомогательное время, мин, определяют по таблице 3.174.

Таблица 3.174 – Вспомогательное время при работе на протяжных станках

Способ крепления протяжки	Масса протяжки, кг	Масса изделия, кг, не более			
		5	8	12	20
Клином	5	0,55	0,6	0,7	1,0
	15	0,65	0,7	0,8	1,1
Замком	5	0,5	0,55	0,6	0,9
	15	0,55	0,6	0,70	1,0

Дополнительное время составляет 7 % от оперативного и определяется по формуле (1.1), подготовительно-заключительное время принимают по таблице 3.175.

Штучное время определяют по формуле (1.3), норму калькуляционного времени – по формуле (1.5).

Таблица 3.175 – Подготовительно-заключительное время при протяжных работах
В минутах

Способ закрепления изделия в приспособлении	Время
Без крепления	3,5
С креплением двумя болтами	4,0
То же четырьмя болтами	5,0

4 НОРМИРОВАНИЕ СВАРОЧНЫХ, МЕТАЛЛИЗАЦИОННЫХ И ПРОЧИХ РАБОТ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ ИЗДЕЛИЙ

4.1 Нормирование сварочных работ

Сваркой называется технологический процесс получения неразъемных соединений посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном или общем нагреве, или пластическом деформировании, или совместным действием того и другого.

В ремонтном производстве *восстановление деталей машин сваркой* имеет широкое распространение, поскольку многие дефекты и повреждения, в том числе трещины, отколы, пробоины, срыв или износ резьбы и т. д., отлично ей устраняются. Используются следующие *виды сварочных работ*:

– *ручная электродуговая сварка и наплавка* – применяется при ремонте крупногабаритных деталей сложной конфигурации, разместить которые на шпинделе токарных станков или других устройств не представляется возможным;

– *газовая ацетилено-кислородная сварка* – применяется при ремонте трещин в стальных тонкостенных деталях толщиной до 5 мм, реже – при ремонте деталей из серого чугуна и алюминиевого сплава;

– *газовая ацетилен-кислородная резка* – применяется при резке листового металла;

– *автоматическая и полуавтоматическая наплавка под слоем флюса* – применяется при ремонте крупногабаритных деталей с износом более 1,5–2,0 мм и сравнительно небольшой твердостью, которые при наплавке представляется возможным разместить на шпинделе токарных станков или других устройствах, а также при ремонте шлицевых валов, резьбовых хвостиков и т. д.;

– *электроимпульсная автоматическая наплавка* – применяется при ремонте деталей небольших размеров с большой поверхностной твердостью и небольшим относительным износом (цементированные детали и детали, закаленные токами высокой частоты);

– *сварка и наплавка в среде углекислого газа* – применяется при ремонте трещин в стальных тонкостенных деталях толщиной до 1 мм, при наружной наплавке стальных деталей диаметром менее 50 мм и при внутренней наплавке деталей с глубокими отверстиями.

4.1.1 Ручная электродуговая сварка и наплавка

Основное время при ручной дуговой сварке

$$t_0 = \frac{60QAm}{\alpha I}, \quad (4.1)$$

где Q – масса наплавочного материала, г;

A – поправочный коэффициент на длину шва (таблица 4.1);

m – поправочный коэффициент на положение шва в пространстве (таблица 4.2);

α – коэффициент наплавки, г/А·ч, принимается из таблицы 4.3;

I – величина сварочного тока, А.

Таблица 4.1 – Поправочные коэффициенты A в зависимости от длины шва

Длина шва, мм, не более	Коэффициент A
200	1,2
500	1,1
1000	1,0

Таблица 4.2 – Поправочные коэффициенты на положение шва в пространстве m

Положение в пространстве	Коэффициент m
Сварка в горизонтальной плоскости	1,0
Сварка в вертикальной плоскости вверх и вниз	1,25
Сварка в вертикальной плоскости по горизонтальной линии	1,30
Сварка над головой	1,60
Сварка кольцевого шва в вертикальной плоскости с поворотом	1,10

Таблица 4.3 – Коэффициент наплавки α

Тип и марка электрода	Назначение электрода	Коэффициент наплавки, г/А·ч	Диаметр электрода, мм	Величина сварочного тока, А
Э-34 с меловой обмазкой	Сварка малоответственных конструкций при статической нагрузке	6,5	3	100–130
			4	140–180
			5	200–240
			6	270–320
ВИАМ-25	Сварка конструкций толщиной свыше 1,2 мм, испытывающих статическую ударную и вибрационную нагрузку	7,5	2	25–50
			2,5	40–75
			3	70–110
			4	100–130
Э-42-ОММ-5	Сварка ответственных конструкций испытывающих статическую, динамическую и переменную нагрузку	7,25	3	100–130
			4	160–190
			5	210–220
Э-42-ЦМ-7	Сварка конструкций, работающих при знакопеременной и ударной нагрузках	10,0	4	160–190
				210–240
				260–300

Окончание таблицы 4.3

Тип и марка электрода	Назначение электрода	Коэффициент наплавки, г/А·ч	Диаметр электрода, мм	Величина сварочного тока, А
Э-42А УОНИ 13/45	Сварка особоответственных конструкций, испытывающих статическую, динамическую и переменную нагрузку	8,0	3	80–100
			4	130–150
			5	170–200
			6	210–240
ОМА-2	Для сварки тонколистовой стали	9,0	1,5	16–25
			2	25–45
			3	50–80
Э42-МТ-2	Для сварки тонколистовой стали	9,0	2	35–45
				90–100
Биметаллический с меловой обмазкой	Заварка дефектов в чугунных деталях	6,5	3	130–170
			4	180–240
			5	250–290
032-1 и МНЧ-1	Сварка и наплавка чугунных деталей без подогрева	13,7	3	90–100
			4	120–140
			5	160–190
УОНИ 13/45	Наплавка особо ответственных деталей, работающих при различных нагрузках	9,8	3	80–100
			4	130–150
			5	170–200
			6	210–240
У-340	Наплавка деталей твердостью НВ 280–360	8,0	4	100–220
			5	200–240
ОЗН-300	Наплавка деталей твердостью НВ 270–330	8,0	4	170–220
			5	210–240
ОЗН-350	Наплавка деталей твердостью НВ 320–380	8,0	4	170–220
			5	210–240

Масса наплавленного металла определяется по формуле

$$Q = FZ\gamma, \quad (4.2)$$

где F – площадь поперечного сечения шва, см² (таблица 4.4);

Z – длина шва, см;

γ – плотность наплавленного металла электрода, г/см³ (таблица 4.5).

Таблица 4.4 – Площадь поперечных сечений сварных швов (стальные электроды)

Толщина свариваемого металла, мм	Стыковой односторонний шов без скоса кромки	Стыковой двусторонний шов без скоса кромок	Стыковой V-образный шов без подварки	Стыковой X-образный шов
2	0,1	–	–	–
3	0,2	0,2	–	–
4	0,2	0,3	–	–
5	–	0,4	–	–

Окончание таблицы 4.4

Толщина свариваемого металла, мм	Стыковой односторонний шов без скоса кромки	Стыковой двусторонний шов без скоса кромок	Стыковой V-образный шов без подварки	Стыковой X-образный шов
6	–	0,5	0,3	–
8	–	0,6	0,5	–
10	–	–	0,7	–
12	–	–	0,9	0,7
14	–	–	1,2	0,9
16	–	–	1,5	1,1
18	–	–	1,9	1,3
20	–	–	2,3	1,6

Таблица 4.5 – Плотность наплавленного металла электродов

Электроды	Плотность, г/см ³	Электроды	Плотность, г/см ³
С тонким покрытием	7,5	Чугунные	7,1
С толстым покрытием	7,9	Биметаллические	8,3

Величина сварочного тока, А,

$$I = (20 - 6d_3)d_3, \quad (4.3)$$

где d_3 – диаметр электрода, мм, принимается из таблицы 4.6.

Основное время, мин, при ручной дуговой наплавке

$$t_o = \frac{60Q}{\alpha I}, \quad (4.4)$$

где Q – масса наплавленного металла, г,

$$Q = \frac{\pi(D^2 - d^2)Z\alpha}{4}, \quad (4.5)$$

D – диаметр изделия после наплавки, см;

d – диаметр изделия до наплавки, см;

Z – длина наплавляемой поверхности изделия, см;

α – коэффициент наплавки, г/А·ч, принимается из таблицы 4.3;

I – величина сварочного тока, А, определяется по формуле 4.3.

Таблица 4.6 – Зависимость диаметра электрода от толщины свариваемого металла

В миллиметрах					
Толщина свариваемого металла	0,5–1	1–2	2–5	5–10	Св. 10
Диаметр электрода	1–1,5	1,5–2,5	2,5–4	4–5	5–8

Вспомогательное время, мин, определяют по таблицам 4.7–4.9.

Таблица 4.7 – Вспомогательное время, связанное со свариваемым швом

Толщина металла, мм	Стыковой односторонний шов без скоса кромок			Стыковой двусторонний шов без скоса кромок			Стыковой V-образный шов без подварки			Стыковой X-образный шов		
	Длина шва, мм											
	100	300	500	100	300	500	100	300	500	100	300	500
2	0,8	1,1	1,8	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3	0,8	1,3	2,0	1,6	2,5	3,6	–	–	–	–	–	–
4	0,9	1,5	2,4	1,3	2,1	3,2	–	–	–	–	–	–
5	–	–	–	1,3	2,1	3,2	–	–	–	–	–	–
6	–	–	–	1,3	2,1	3,2	0,8	1,1	1,9	–	–	–
8	–	–	–	1,3	2,1	3,2	0,8	1,9	2,7	–	–	–
10	–	–	–	–	–	–	0,9	2,1	3,1	1	2,3	2,8
12	–	–	–	–	–	–	1,3	2,8	3,9	–	–	–
14	–	–	–	–	–	–	1,3	3,0	4,7	–	–	–
16	–	–	–	–	–	–	1,6	3,8	5,8	–	–	–
18	–	–	–	–	–	–	2,1	4,6	7,2	–	–	–
20	–	–	–	–	–	–	2,5	5,6	8,7	–	–	–

Таблица 4.8 – Вспомогательное время на установку, повороты и снятие деталей вручную

Наименование перехода	Масса детали, кг, не более			
	5	10	15	20
Подвести, уложить, снять и отнести детали	0,3	0,5	0,6	0,9
Повернуть деталь на 90°	0,1	0,1	0,1	0,2

Таблица 4.9 – Вспомогательное время на перемещение сварщика и протягивание провода к месту сварки на расстояние до 10 м

В минутах

Характер перемещения	Время
Свободное	0,3
Затрудненное	0,8

Общее вспомогательное время определяют по формуле (3.15). Дополнительное время составляет в среднем 10 % от оперативного и определяется по формуле (1.1). Подготовительно-заключительное время принимают по таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Подготовительно-заключительное время

В минутах

Элементы затрат	Сложность работы и время		
	простая	средняя	сложная
Получение производственного задания, указаний и инструктажа	5	7	10
Ознакомление с работой	3	5	7

Элементы затрат	Сложность работы и время		
	простая	средняя	сложная
Подготовка приспособлений	–	3	5
Сдача работы	2	2	2

Штучное время определяют по формуле (1.3), норму калькуляционного времени – по формуле (1.5).

4.1.2 Газовая, ацетилено-кислородная сварка

Основное время, мин, при ручной ацетилено-кислородной сварке

$$t_o = \frac{60QAm}{\beta}, \quad (4.6)$$

где Q – масса наплавленного металла, г, определяют по формулам (4.2) и (4.5), таблицам 4.4, 4.5;

A – поправочный коэффициент на длину шва (см. таблицу 4.1);

m – поправочный коэффициент, учитывающий способ сварки и положения шва в пространстве, принимается из таблицы 4.11;

β – расход ацетилена, л/ч, выбирается из таблиц 4.12, 4.13.

Таблица 4.11 – Поправочные коэффициенты, зависящие от способа сварки и положения шва в пространстве, m

Материал, свариваемый и расположение шва в пространстве	Коэффициент m
Углеродистая сталь: $C \leq 0,4 \%$ $C > 0,4 \%$	1,0 1,2
Чугун	0,8
Алюминий и его сплавы	0,6
Вертикальное положение шва	1,2
Горизонтальный шов на вертикальной плоскости	1,25
Потолочный шов	1,6
Кольцевой шов: с поворотом детали без поворота детали	1,15 1,3

Таблица 4.12 – Расход ацетилена

Тип горелки	Примерная толщина свариваемого металла, мм	Номер наконечника	Расход ацетилена, л/ч
СУ	0,3–1	0	75
	1–2	1	150
	2–4	2	300
	4–6	3	500
	6–9	4	750

Окончание таблицы 4.12

Тип горелки	Примерная толщина свариваемого металла, мм	Номер наконечника	Расход ацетилена, л/ч
СУ	9–14	5	1200
	14–20	6	1700
	20–30	7	2600
СГМ	0,2–0,5	0	50
	1–2	1	150
	4–6	3	500

Таблица 4.13 – Зависимость диаметра присадочной проволоки от толщины свариваемого металла

В миллиметрах

Толщина свариваемого металла	2–3	3–5	5–10	10–15	15 и более
Диаметр присадочной проволоки	2	3–4	3–5	4–6	6–8

Вспомогательное время определяют по таблицам 4.8, 4.9 и 4.14.

Общее вспомогательное время определяют по формуле (3.15). Дополнительное время составляет при удобном положении изделия 8 %, при неудобном – 15 % от оперативного времени и определяется по формуле (1.1).

Таблица 4.14 – Вспомогательное время, связанное со швом

Толщина свариваемого металла, мм, не более	Длина свариваемого шва, мм, не более					
	100	150	200	300	400	500
4	0,6	0,6	0,6	0,8	1,0	1,1
10	0,9	0,9	1,0	1,3	1,5	1,6
16	1,2	1,3	1,5	1,7	2,0	2,2
20	1,4	1,4	1,8	2,0	2,3	2,5
24	1,7	1,9	2,0	2,3	2,7	2,9

Подготовительно-заключительное время определяют по таблице 4.15.

Штучное время определяют по формуле (1.3), норму калькуляционного времени – по формуле (1.5).

Таблица 4.15 – Подготовительно-заключительное время

В минутах

Элементы затрат	Сложность работы и время		
	простая	средняя	сложная
Получение производственного задания, указаний	2	2	2
Инструктаж	3	5	10
Ознакомление с работой	3	5	8
Подготовка наконечника горелки, приспособлений, подключение газа, регулировка пламени, уборка горелки и приспособления	2	2	6
Сдача работы	2	3	2

4.1.3 Газовая ацетилено-кислородная резка

Основное время на резку листового металла и труб определяют по таблицам 4.16, 4.17 и корректируют поправочными коэффициентами из таблицы 4.18 исходя из используемого оборудования.

Таблица 4.16 – Основное время на резку листового металла

Толщина металла, мм, не более	№ мундштука	Время на 1 погонный метр, мин	Толщина металла, мм, не более	№ мундштука	Время на 1 погонный метр, мин
5	1	3,3	35	2	5,0
10		3,6	40		5,4
15		3,9	45		5,7
20		4,4	50		6,0
25	2	4,5	60	3	6,6
30		4,7	70		7,2

Таблица 4.17 – Основное время на резку труб

Наружный диаметр трубы, мм	Толщина стенки трубы, мм, не более	№ мундштука	Отрезка трубы, мин	
			с поворотом	без поворота
61	3–4	1	0,6	0,7
70	4–5		0,8	0,9
89	4–5		1,0	1,1
108	5–6		1,2	1,4
133	6–7		1,5	1,7
168	6–8		1,9	2,1

Таблица 4.18 – Поправочные коэффициенты на основное время в зависимости от используемого оборудования

Тип резака		Автомат	
УР	СК	АС	СМ
1,0	0,85	0,8	0,7

Вспомогательное время определяют по таблицам 4.8, 4.9 и 4.19. Общее вспомогательное время определяют по формуле (3.15).

Дополнительное время определяют по формуле (1.1), значения К указаны в таблице 4.20.

Таблица 4.19 – Вспомогательное время, связанное с резом

Длина, мм, не более	Толщина металла, мм					
	4	10	20	30	40	50
300	0,9	0,7	0,9	1,1	1,2	1,3
500	1,3	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5
1000	1,7	1,3	1,5	1,7	1,8	1,9

Таблица 4.20 – Значение коэффициента К

Условия работы	Толщина металла, мм		
	20	50	100
Подача ацетилен и кислорода от баллонов	12	12	15
Подача кислорода от баллона, а ацетилен от генератора	20	20	30
Подача кислорода баллона, а бензина и керосина от бачка	15	18	25

Подготовительно-заключительное время определяют по таблице 4.21.

Таблица 4.21 – Подготовительно-заключительное время

В минутах

Элементы затрат времени	Время
Получение задания и наряда	2
Ознакомление с работой	3
Инструктаж	3
Подготовка резака	2
Сдача работы	2

Штучное время определяют по формуле (1.3), норму калькуляционного времени – по формуле (1.5).

4.1.4 Автоматическая и полуавтоматическая наплавка под слоем флюса

Автоматическая и полуавтоматическая наплавка под слоем флюса – один из основных методов восстановления изношенных деталей, применяемых на предприятиях, ремонтирующих путевые и дорожно-строительные машины.

При автоматической и полуавтоматической наплавке деталей под слоем флюса наплавляемый металл надежно защищается от вредного воздействия атмосферного азота и кислорода. Благодаря этому по сравнению с ручной наплавкой значительно уменьшается выгорание углерода, марганца и кремния, повышается плотность и улучшается структура наплавленного металла.

Для восстановления деталей дорожно-строительных машин, тракторов и автомобилей и получения износостойкого наплавленного металла применяют проволоку марок Св-18 ХГСА, Св-30 ХГСА, Св-12Г2Х и др. Для деталей, изготовленных из малоуглеродистых сталей, может применяться проволока марки 45.

В качестве флюсов применяются флюсы различных марок: АН-348, ОСУ-45 и др.

Наплавку производят на токарном станке, в привод которого включают редуктор, снижающий частоту вращения шпинделя до 0,1–2,5 об/мин.

Автоматическая наплавка под слоем флюса ведется на *постоянном токе при обратной полярности*.

Выбор режима наплавки осуществляется последовательно:

а) устанавливают диаметр изделия после наплавки – Д, мм;

б) определяют толщину слоя наплавки

$$h = \frac{D-d}{2};$$

в) определяют число проходов при наплавке

$$i = \frac{h}{t},$$

где h – толщина слоя наплавки на сторону, мм;

t – толщина наплавленного слоя за один проход, мм (таблица 4.22);

Таблица 4.22 – Режимы автоматической наплавки под слоем флюса

Толщина наплавляемого слоя, мм	Скорость наплавки, м/мин	Шаг наплавки, мм/об	Диаметр электродной проволоки, мм	Величина тока, А	Скорость подачи электродной проволоки, м/мин
1	3,5	2,5	1,6	160	4,6
2	1,8	3,2	2,0	220	4,2
3	1,2	4,0	2,5	320	3,1
5	0,45	4,5	3,0	460	3,5
6	0,5	5,0	5,0	750	4,1

г) выбирают марку и диаметр электродной проволоки, при этом диаметр проволоки подбирают в зависимости от толщины наплавляемого слоя из таблицы 4.22;

д) устанавливают по таблице 4.22 шаг наплавки и скорость наплавки;

е) определяют частоту вращения изделия, об/мин,

$$n_T = \frac{1000v_T}{\pi D},$$

где v_T – скорость наплавки, т. е. скорость вращения изделия, м/мин;

D – диаметр изделия после наплавки, мм.

Расчетную частоту вращения изделия сравнивают с паспортными данными станка и выбирают ближайшую из паспорта станка;

ж) определяют фактическую скорость наплавки

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

где n – частота вращения шпинделя по паспорту станка, об/мин.

Основное время определяют по формуле (3.1), вспомогательное – по таблице 4.23.

Дополнительное время составляет 15 % от оперативного и определяется по формуле (1.1). Подготовительно-заключительное время при наплавке под слоем флюса в среднем составляет 15 минут.

Таблица 4.23 – Вспомогательное время на установку и снятие детали на станке

Характер установки	Масса наплавляемой детали, кг, не более			
	5	10	20	30
В центрах	0,6	0,8	1,1	1,4
В трехкулачковом патроне	0,7	1,0	1,5	2,0
<i>Примечание – К этому времени на каждый проход добавляют 0,5 мин.</i>				

Штучное время определяют по формуле (1.3), а норму калькуляционного времени – по формуле (1.5).

Расчеты при полуавтоматической наплавке под слоем флюса отличаются от указанных выше тем, что в ней используется ручная подача суппорта станка, мм/об, с наплавочной головкой и бункером

$$S = (1,2 \dots 1,5)d,$$

где d – диаметр проволоки, мм.

4.1.5 Электроимпульсная наплавка

Автоматическая *электроимпульсная наплавка*, называемая также вибро-дуговой и виброконтakтной, состоит в наращивании металла вибрирующим электродом в струе охлаждающей жидкости или под слоем флюса.

Она обладает рядом преимуществ перед другими видами наплавки, поскольку обеспечивает возможность выполнения работ проволокой различного химического состава с получением износостойких слоев металла толщиной от 0,1 до 3 мм; при этом за счет использования охлаждающей жидкости не происходит нагрева и деформации деталей. Как следствие, ей можно наплавлять закаленные детали без последующей термической обработки и правки.

Высокая производительность, малое потребление электроэнергии и отмеченные преимущества способствовали широкому распространению этого способа восстановления деталей на большинстве ремонтных предприятий.

Для восстановления термически обработанных деталей при электроимпульсной наплавке применяют проволоку марок 45Г, 50Г, Св-30ХСА и др., для наплавки деталей из чугуна – проволоку марок Св-08, Св-10Г.

В качестве охлаждающей жидкости применяют растворы кальцинированной соды (4–6%-ный), минерального масла (0,5%-ный) или технического глицерина (15–20%-ный).

Наплавку производят на токарном станке, который модернизируют включением в привод редуктора, снижающего частоту вращения шпинделя станка до 0,5–8 об/мин. Электроимпульсная наплавка может производиться на постоянном или переменном токе, однако более высокое качество наплавки обеспечивают наплавкой на постоянном токе при обратной полярности.

Режим работы при электроимпульсной наплавке устанавливают в той же последовательности, что и при автоматической наплавке под слоем флюса.

Необходимые параметры для установления режима наплавки указаны в таблице 4.24.

Таблица 4.24 – Режимы электроимпульсной (вибродуговой) наплавки

Толщина наплавляемого слоя, мм	Диаметр электродной проволоки, мм	Ток, А	Скорость, м/мин		Шаг наплавки, мм/об
			наплавки	подачи проволоки	
0,3	0,6	120–150	2,2	0,6	1,0
0,7	1,6	120–150	1,8	0,4	1,3
1,0	1,6	150–210	1,5	0,8	1,6
1,5	2,0	150–210	1,0	1,0	1,8
2,0	2,0	150–210	0,8	1,1	2,0
3,0	1,8	160–190	0,4	1,7	2,5
3,0	2,5	300–350	0,2	1,7	3,4
3,0	0,5×10 (лента)	320	0,2	1,3	7,9

Основное время определяется по формуле (3.1), вспомогательное время принимается по таблице 4.25. Дополнительное время составляет 15 % от оперативного и рассчитывается по формуле (1.1), подготовительно-заключительное время выбирается из таблицы 4.26.

Таблица 4.25 – Вспомогательное время на установку, выверку и снятие детали

Вес детали, кг	Место установки		
	в трехкулачковом патроне	в центрах	в центрах с люнетом
До 10	1,0	0,5	1,0
Св. 10	1,5	1,0	1,5

Примечание – К этому времени на каждый проход добавляют 0,9 мин.

Таблица 4.26 – Подготовительно-заключительное время

Станки	В минутах
	Время
С высотой центров 200 мм	16
С высотой центров 300 мм	20
С высотой центров более 300 мм	25

Штучное время определяют по формуле (1.3), норму калькуляционного времени – по формуле (1.5).

4.1.6 Сварка и наплавка в среде углекислого газа

Восстановление деталей *сваркой и наплавкой в среде углекислого газа* используется в основном для ремонта тонкостенных деталей кабин, кузовов и оперения легковых, грузовых, дорожно-строительных и путевых машин (рисунок 4.1).

Режимы сварки в среде углекислого газа зависят от толщины свариваемого металла. При увеличении толщины металла уменьшается скорость

сварки и увеличивается сила тока. Величина рабочего напряжения дуги должна обеспечивать устойчивое горение дуги, которая должна быть как можно более короткой (1,5–4,0 мм). При большой длине дуги ее горение становится неустойчивым, разбрызгивание металла увеличивается, возрастает вероятность окисления и азотирования жидкой ванны.

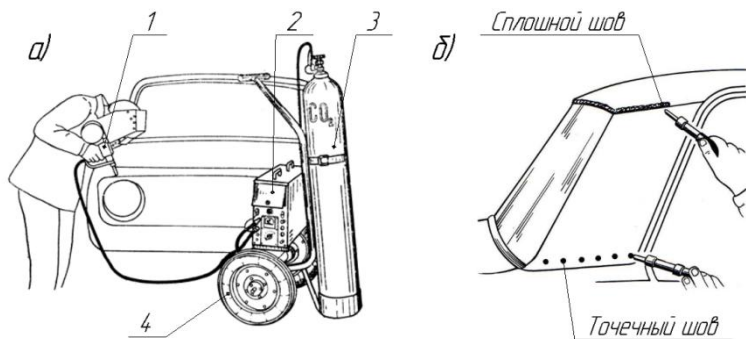


Рисунок 4.1 – Сварка кузова в среде защитного газа при помощи передвижной установки (а) и типы применяемых швов (б):

1 – горелка; 2 – трансформатор с механизмом подачи проволоки;
3 – баллон с углекислым газом; 4 – тележка

Скорость подачи сварочной проволоки зависит от величины сварочного тока и напряжения. Расход углекислого газа должен быть таким, чтобы обеспечить надежную защиту зоны сварки от влияния окружающей среды.

Необходимые параметры для установления режима сварки в среде углекислого газа указаны в таблице 4.27.

Таблица 4.27 – Режимы сварки в среде углекислого газа

Толщина металла, мм	Диаметр проволоки, мм	Сила тока, А	Рабочее напряжение, В	Скорость сварки, м/ч	Расход газа, м ³ /мин
0,8–1,5	0,5–0,8	60–100	17–20	17–20	5–7
1,5–2,0	0,8–1,0	80–120	19–20	16–20	6–8
2,0–3,0	1,0–1,2	100–130	19–20	14–16	8–10
3,0–4,0	1,2–2,0	120–200	20–24	16–20	12–16

Основное время, мин, при полуавтоматической сварке тонкостенных стальных изделий в среде углекислого газа определяют по формуле

$$t_0 = \frac{Z}{1000v}, \quad (4.7)$$

где Z – фактическая длина поверхности, подлежащей сварке, мм;
 v – скорость сварки составляет в среднем 0,2–0,3 м/мин.

Основное время, мин, при наплавке цилиндрических изделий малых диаметров в среде углекислого газа определяют по формуле (3.1) после ус-

тановления режима наплавки в последовательности, указанной для автоматической наплавки под слоем флюса с использованием данных из таблицы 4.28. Вспомогательное время при сварке тонкостенных стальных изделий в среде углекислого газа определяют по таблицам 4.8, 4.9 и 4.29.

Общее вспомогательное время определяют по формуле (3.13).

Таблица 4.28 – Параметры наплавки цилиндрических изделий малых диаметров в среде углекислого газа

Параметр	Диаметр детали, мм			
	20	25	30	40
Толщина слоя наплавки, мм	0,8–1,0	0,8–1,0	1,0	1,0–1,2
Диаметр проволоки, мм	0,8	0,8	1,0	1,0
Ток, А	85	90	95	95–105
Напряжение, В	18–19	18–19	19–20	19–20
Скорость подачи проволоки, м/ч	250	235	150	150–175
Смещение электродной проволоки, мм	3,0–5,0	3,0–5,0	5,0–6,0	8,0–10,0
Скорость наплавки, м/мин	0,6–0,75	0,65	0,6–0,65	0,5–0,6
Вылет электродной проволоки, мм	8,0	8,0	10,0	10,0
Шаг наплавки, мм/об	3,0	3,0	3,0–3,5	3,5

Таблица 4.29 – Вспомогательное время, связанное с шагом

Длина, мм, не более	В минутах	
	Время для деталей толщиной до 4 мм	
300	0,7	
500	1,0	
1000	1,3	

Вспомогательное время при наплавке изделий в среде углекислого газа на токарных станках определяют по таблице 4.23. Дополнительное время составляет 15 % от оперативного и определяется по формуле (1.1).

Подготовительно-заключительное время при сварке и наплавке в среде углекислого газа составляет 15 минут. Штучное время определяют по формуле (1.3), а норму калькуляционного времени – по формуле (1.5).

4.1.7 Рекомендации по механической обработке изделий, отремонтированных наплавкой

Наплавленные изделия во многих случаях подвергают последующей механической обработке под заданные чистовые размеры. Механическая обработка сопровождается освобождением остаточных напряжений в наплавленном металле и, как следствие, деформацией изделия. Поэтому изделия, которые после наплавки требуют механической обработки, следует подвергать термообработке для снятия напряжений.

Изделия с наплавленными покрытиями из твердых сплавов, механическая обработка которых технологически затруднена, подвергают смягчаю-

щей термообработке, а после механической обработки их наплавленный металл зачастую вновь подвергают термообработке для получения заданной твердости.

Детали после наращивания поверхности обрабатывают на тех же станках, как и при изготовлении. Однако при выборе режимов резания для обработки восстановленных поверхностей необходимо учитывать, что структура и физико-механические свойства покрытий отличаются друг от друга и от основного металла.

Так, покрытия, полученные наплавкой, имеют неравномерные слои, с шлаковыми включениями, окисными пленками и пр., обуславливающие трудности механической обработки. Как следствие, механическую обработку после наплавки следует вести в несколько проходов. Важно правильно выбрать материал резца и режимы обработки. При токарной обработке наплавленных слоев рекомендуется применять резцы с многогранными твердосплавными пластинками.

Припуск на механическую обработку изделий после наплавки на сторону составляет 3–4 мм; при электроимпульсной обработке он может быть снижен до 0,75 мм. Режим обработки наплавленных поверхностей приведен в таблице 4.30.

Таблица 4.30 – Режим обработки наплавленных поверхностей

Вид обработки	Материал	Режущий инструмент	Характер обработки	Режим обработки		
				v , м/мин	t , мм	S , мм/об
Токарная	Чугун	BK8, BK6	Черновая	20–30	2–4	0,3–0,7
			Чистовая	40–60	0,2–0,5	0,1–0,4
	Сталь	T15K6, T5K10, T30K4	Черновая	50–80	2–4	0,3–1,0
			Чистовая	80	0,3–0,5	0,1–0,5
Шлифовальная	Чугун	Карбид кремния зернистость 50–40, C1–C2, связка керамическая	Предварительная	18–30	0,02–0,08	$\beta = 0,5 \dots 0,05$
			Чистовая		–	–
	Сталь	Электрокорунд зернистость 50–40, C1–C2, связка керамическая	Предварительная	20–40	0,01–0,06	$\beta = 0,3 \dots 0,7$
			Чистовая		0,005–0,015	$\beta = 0,2 \dots 0,3$

4.2 Нормирование металлizationных работ

Металлизация – это процесс нанесения мелких расплавленных частиц металла на поверхность детали методом распыла при помощи струи сжатого воздуха или инертного газа с использованием *металлизаторов* (рисунок 4.2).

С помощью металлизации можно восстанавливать изношенные плоские, наружные и внутренние цилиндрические поверхности; заделывать трещины на корпусных деталях; покрывать алюминией поверхность детали с целью повышения жаростойкости; получать псевдосплавы, обладающие высокими антифрикционными свойствами; осуществлять декоративные покрытия и т. д.

При восстановлении деталей металлизацией вначале осуществляют подготовку поверхности к нанесению покрытия, затем собственно металлизацию и последующую механическую обработку.

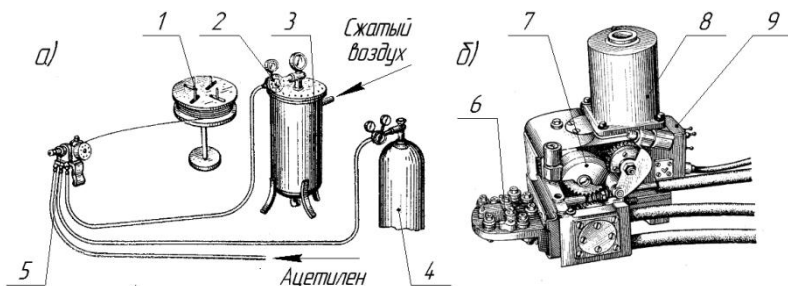


Рисунок 4.2 – Установка для газовой металлизации (а) с металлизатором ЭМ-6 (б):
 1 – бобина с проволокой; 2 – регулятор давления; 3 – маслолагоотделитель;
 4 – баллон с кислородом; 5 – металлизатор; 6 – распылительная головка;
 7 – проволокоподающий механизм; 8 – приводной механизм; 9 – корпус

Процесс металлизации является высокопроизводительным и экономичным, позволяет наносить покрытия от долей миллиметра и до нескольких миллиметров, не вызывает тепловых деформаций.

Для восстановления изделия металлизацией применяются различные марки углеродистой проволоки (от стали 10 до У12), нержавеющей сталей (Х18Н9, 2Х18Н9), латуни (Л62, Л68); бронзы, цинка и алюминия.

Цилиндрические поверхности изделий металлизуют на токарных станках, детали сложной конфигурации – в металлизационных камерах.

Толщину слоя покрытия выбирают по таблице 4.31.

Таблица 4.31 – Рекомендуемая толщина слоя покрытия

		В миллиметрах
Металлизированные поверхности		Толщина слоя h
Наружные цилиндрические поверхности		3,0–5,0
Внутренние цилиндрические поверхности:		
тугоплавкие покрытия (латунь, медь, сталь)		1,5–2,5
легкоплавкие покрытия (цинк, свинец, олово)		2,5–6,0

Толщина слоя покрытия за один проход в среднем составляет $h_1 = 0,3 \dots 0,5$ мм.

Металлизация изношенной цилиндрической поверхности производится до номинала с учетом припуска на последующую обработку. Величина припуска

на обточку детали на сторону составляет не менее 0,5–1,0 мм и на последующее шлифование – 0,15–0,2 мм. Величина припуска входит в толщину слоя, указанного в таблице 4.31. Металлизатор выбирают по таблице 4.32.

Продольную подачу металлизатора выбирают по таблице 4.33.

Скорость вращения изделия выбирают по таблице 4.34.

Таблица 4.32 – Техническая характеристика электрометаллизаторов

Показатели	Тип металлизатора			
	ЭМ-3А	ЭМ-6	ЛК-у	ГИМ-1
Диаметр проволоки, мм	1–2	1,5–2,5	1,0–1,8	1,0–2,0
Скорость подачи проволоки, м/мин	2,5–3,5	0,7–4,5	–	–
Производительность для стали, кг/ч	3,5	15	3	1
Рабочее давление сжатого воздуха, кгс/см ²	3,5–6	4–5	5–6	4,5
Общая масса (без шлангов), кг	2,4	2,1	1,7	2,6

Таблица 4.33 – Продольная подача металлизатора

Диаметр металлизируемой поверхности, мм	До 60	60–100	100–200	200–300	Св. 300
Продольная подача, мм/об	2,5–2,0	1,6	1,2	1,0	0,8

Таблица 4.34 – Скорость вращения изделия

Диаметр металлизируемой поверхности, мм	25–75	75–100	150–250	Св. 250
Скорость вращения детали, м/мин	11	12	14	15

Зная толщину покрытия за один проход металлизатора, определяют число проходов

$$i = \frac{h}{h_1},$$

где h – толщина слоя покрытия, мм, принятая по таблице 4.31.

По окружной скорости вращения изделия определяют частоту вращения шпинделя станка по формуле (3.6). Расчетную частоту вращения шпинделя сравнивают с паспортными данными станка и выбирают ближайшую из имеющихся на станке. Затем по формуле (3.7) определяют фактическую скорость вращения изделия.

Основное время, мин,

$$t_0 = \frac{0,006\pi DZl\gamma}{1000PK}, \quad (4.8)$$

где D – диаметр изделия, см;

Z – расчетная длина металлизации, см;

h – толщина металла покрытия на сторону, мм;

γ – плотность металла покрытия, $\gamma = 7500$ кг/м³;

P – производительность металлизатора, кг/ч;

K – коэффициент полезного использования проволоки, $K = 0,7 \dots 0,8$.

Вспомогательное время определяют по таблице 4.23, при этом на каждый проход добавляют 1,0 минуту. Дополнительное время составляет 15 % от оперативного и определяется по формуле (1.1). Подготовительно-заключительное время при металлизации в среднем составляет 15 минут. Штучное время определяют по формуле (1.3), а норму калькуляционного времени – по формуле (1.5).

4.2.1 Рекомендации по механической обработке изделий, отремонтированных металлизацией

Обработка деталей после металлизации производится на токарных станках резцами с пластинами из твердых сплавов, а при очень высокой твердости покрытия – шлифованием или анодно-механической обработкой. Режимы резания при этом должны быть пониженными, поскольку получаемое в процессе металлизации покрытие имеет относительно невысокую прочность сцепления с основным материалом и может выкрошиться.

Как следствие, механическая обработка покрытия также является и проверкой его качества: если слой не выкрошился, качество сцепления считается удовлетворительным, и деталь может быть пущена в эксплуатацию.

Рекомендуемые режимы резания:

– при токарной обработке: $v = 10 \dots 15$ м/мин, глубина резания – до 2 мм, S – до 1 мм/об;

– при шлифовании: $v = 10$ м/мин; глубина резания – до 2 мм, S – до 1 мм/об, поперечная подача – 0,015–0,02 мм/проход, продольная подача в долях ширины круга – $\beta = 0,2 \dots 0,7$.

4.3 Нормирование обработки изделий давлением

С помощью давления восстанавливают большую номенклатуру изделий дорожно-строительных машин, тракторов и автомобилей. Эта обработка основана на способности металлов изменять форму и размеры без разрушения под действием нагрузки за счет остаточной (пластической) деформации. При этом объем детали остается без изменения, а металл перемещается с одного участка на другой с изношенной поверхностью.

При ремонте изделий применяют следующие *виды обработки давлением*: осадка, вдавливание, вытяжка, раздача, обжатие, правка, накатка (рисунок 4.3).

Обработка давлением осуществляется либо в холодном виде без предварительного подогрева изделия (правка, накатка), либо в горячем с предварительным нагревом:

– стальных изделий – до температуры 1100–1200 °С;

– изделий из медного сплава – до 1100–1150 °С.

Окончанию обработки должна соответствовать оптимальная температура 800–850 °С для стального изделия и 600–700 °С для изделия из медного сплава.

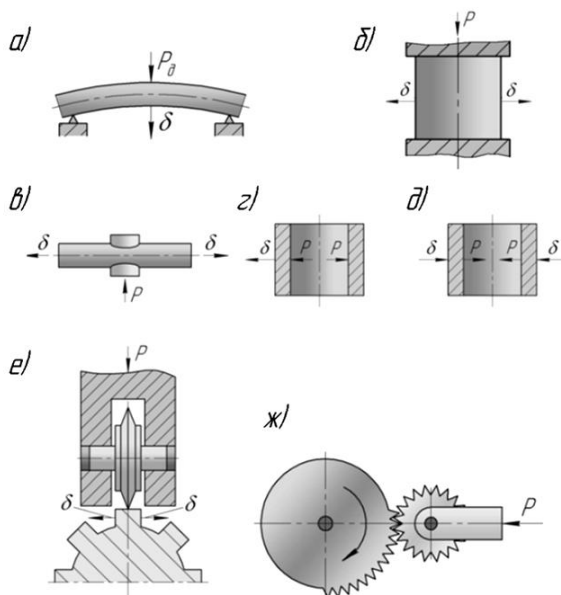


Рисунок 4.3 – Схемы восстановления деталей давлением:
a – правка; *б* – осадка; *в* – вытяжка; *г* – раздача; *д* – обжатие;
е – вдавливание; *ж* – накатка

4.3.1 Осадка, вдавливание, раздача, обжатие

Такие способы обработки изделий, как осадка, вдавливание, раздача и обжатие обычно осуществляются с предварительным нагревом. После нагрева изделие устанавливается в специальное приспособление (или приспособление монтируется на изделии) и затем производится обработка изделия давлением.

При обработке давлением четкое разделение основной и вспомогательной работы, связанной с переходом, а следовательно, и раздельное нормирование этой работы – не всегда целесообразно или не всегда возможно. Поэтому при расчетах используют понятие *неполного оперативного времени* ($t_o + t_b$). Неполным оно считается потому, что вспомогательное время на установку изделия и приспособление и прочее учитывается отдельной таблицей 4.37.

Кроме того, в условиях ремонтного производства нагрев изделия не всегда является перекрыванием или перекрывается только частично.

Время на непрерываемый нагрев также входит в оперативное время и определяется по формуле

$$t_{\text{наг}} = K_{\text{наг}} t_{\text{ноп}}, \quad (4.9)$$

где $K_{\text{наг}}$ – коэффициент количества обрабатываемых изделий (таблица 4.35);

$t_{\text{ноп}}$ – неполное оперативное время, мин (таблица 4.36).

Таблица 4.35 – Величина коэффициента $K_{\text{нар}}$

Количество изделий в партии	Коэффициент $K_{\text{нар}}$
Не более 2	0,4
Не более 6	0,2
Свыше 6	0,1

Примечание – При обработке изделий из высоколегированной стали вводится поправочный коэффициент 1,5.

Таблица 4.36 – Неполное оперативное время при выполнении осадки

Начальная высота изделия, мм, не более	Диаметр изделия, мм, не более	Конечная высота изделия, мм, не более						
		40	60	80	100	120	160	200
100	40	1,03	0,98	0,95	–	–	–	–
	60	1,07	1,01	0,98	–	–	–	–
	80	1,18	1,12	1,08	–	–	–	–
	100	1,29	1,22	1,18	–	–	–	–
125	60	1,13	1,01	1,03	1,00	–	–	–
	80	1,25	1,18	1,13	1,11	–	–	–
	100	1,44	1,37	1,31	1,29	–	–	–
	125	1,70	1,63	1,57	1,53	–	–	–
160	100	1,64	1,53	1,48	1,43	1,40	–	–
	125	1,95	1,85	1,78	1,74	1,70	–	–
	160	2,38	2,26	2,20	2,15	2,11	–	–
200	125	2,18	2,07	2,00	1,94	1,90	1,83	–
	160	2,68	2,54	2,46	2,40	2,34	2,30	–
	200	3,28	3,12	3,04	2,98	2,91	2,86	–
250	125	–	2,33	2,22	2,17	2,11	2,05	–
	160	–	2,85	2,73	2,68	2,61	2,55	–
	200	–	3,70	3,60	3,50	3,45	3,38	–
	250	–	3,95	3,84	3,76	3,68	3,60	–
320	180	–	3,80	3,67	3,58	3,50	3,42	3,35
	200	–	3,90	3,77	3,68	3,60	3,50	3,45
	250	–	5,65	5,50	5,41	5,30	5,20	5,15
	320	–	6,00	5,84	5,72	5,63	5,53	5,45
400	200	–	–	–	–	–	3,65	3,58
	250	–	–	–	–	–	5,38	5,30
	320	–	–	–	–	–	5,70	5,60
	400	–	–	–	–	–	6,08	5,98

Вспомогательное время, мин, на установку изделия в приспособление, монтаж приспособления на изделие и на рассоединение изделия и приспособления определяют по таблице 4.37.

Таблица 4.37 – **Вспомогательное время**

Вес изделия, кг	Операция	
	закладка изделия в горн, соединение с приспособлением на наковальне	откладывание изделия в сторону или на стеллаж
5	0,5	0,1
10	0,6	0,1
15	1,1	0,2
30	1,5	0,3

Примечание – В соответствующие графы маршрутной и операционной карт записывают неполное оперативное время по таблице 4.36 и время на непрерываемый нагрев изделия, определенное по формуле (4.9), т. е. $t_{\text{ноп}} + t_{\text{наг}}$. В графу «вспомогательное время» карт записывают вспомогательное время, принятое по таблице 4.37.

Полное оперативное время, мин,

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{ноп}} + t_{\text{наг}} + t_{\text{в}}, \quad (4.10)$$

где $t_{\text{ноп}}$ – неполное оперативное время, мин;

$t_{\text{наг}}$ – время на непрерываемый нагрев изделия, мин;

$t_{\text{в}}$ – вспомогательное время, мин.

Дополнительное время составляет 20 % от оперативного и определяется по формуле (1.1). Подготовительно-заключительное время принимается из таблицы 4.38. Штучное время определяют по формуле (1.3), норму калькуляционного времени – по формуле (1.5).

Таблица 4.38 – **Подготовительно-заключительное время**

Характеристика приспособления	В минутах
Состоящее из матрицы, куда вставляется изделие, и рабочего пуансона	10
Приспособление устанавливается на изделие	8

4.3.2 Правка

Неполное оперативное время, мин, определяют по таблице 4.39.

Таблица 4.39 – **Неполное оперативное время**

Диаметр изделия, мм, не более	Длина изделия, мм, не более						
	100	200	400	600	800	1000	1500
5	0,16	0,21	0,26	0,32	–	–	–
8	0,19	0,25	0,3	0,38	0,43	–	–
10	0,22	0,3	0,36	0,45	0,52	0,65	–
12	0,25	0,34	0,41	0,52	0,6	0,75	0,88
15	0,29	0,39	0,47	0,56	0,69	0,86	1,00
20	0,32	0,43	0,53	0,65	0,75	0,96	1,12
25	–	0,47	0,58	0,73	0,82	1,06	1,23

Окончание таблицы 4.39

Диаметр изделия, мм, не более	Длина изделия, мм, не более						
	100	200	400	600	800	1000	1500
30	–	–	0,62	0,78	0,87	1,16	1,32
35	–	–	–	0,82	0,95	1,24	1,48
50	–	–	–	–	1,10	1,37	1,74
60	–	–	–	–	1,24	1,52	2,04
75	–	–	–	–	–	1,70	2,40
100	–	–	–	–	–	1,85	2,70
<p><i>Примечания</i></p> <p>1 При правке изделий из конструкционной легированной стали вводится поправочный коэффициент 1,1.</p> <p>2 При правке изделий двутаврового или прямоугольного сечения вводится поправочный коэффициент 1,2.</p>							

Правке подвергаются изделия как без предварительного подогрева, т.е. в холодном состоянии, так и с предварительным подогревом изделия. В последнем случае время на неперекрываемый нагрев определяют по формуле (4.9), используя данные таблицы 4.35. Правку осуществляют на плите или наковальне с помощью молотка или кувалды.

Вспомогательное время на проверку изделия в процессе правки устанавливают по таблице 4.40.

Таблица 4.40 – Вспомогательное время

Проверка изделия	Масса изделия, кг, не более						
	3	5	10	20	30	50	100
С простой выверкой на призмах	0,35	0,40	0,45	0,65	0,85	3,80	4,00
Со сложной выверкой в приспособлении	0,85	1,0	1,30	1,90	2,30	5,00	5,70

Полное оперативное время определяют по формуле (4.10).

Дополнительное время составляет 7 % от оперативного и определяется по формуле (1.1). Подготовительно-заключительное время принимают равным 6,0 минут. Штучное время определяют по формуле (1.3), норму калькуляционного времени – по формуле (1.5).

4.3.3 Накатка

Накатыванием восстанавливают, главным образом, изношенные посадочные места под подшипники качения. С помощью накатки можно увеличивать диаметр шейки изделия на 0,4 мм.

При ремонте накаткой изделие устанавливают в патроне токарного станка, а накатку с роликом – на суппорте станка.

Поперечная подача при накатке составляет 0,05–0,15 мм/об.

Число проходов

$$i = \frac{h}{t},$$

где h – максимальный подъем металла при накатывании составляет 0,2 мм на сторону;

t – поперечная подача, мм.

Продольная подача составляет 0,4–0,8 мм/об и должна быть согласована с паспортными данными станка. Скорость накатки рекомендуется 10–15 м/мин. По этой скорости находят частоту вращения шпинделя станка по формуле (3.6), с той лишь разницей, что в ней v_k – рекомендуемая скорость накатки, м/мин, а D – диаметр накатываемой шейки, мм.

Расчетную частоту вращения шпинделя станка сравнивают с паспортными данными станка и выбирают ближайшую. Затем по формуле (3.7) определяют фактическую скорость накатки.

Основное время определяют по формуле (3.1). Вспомогательное время принимают по таблицам 3.11–3.13. Дополнительное время определяют по формуле (1.1), значение K берут из таблицы 3.14. Подготовительно-заключительное время принимают равным 6,00 мин. Штучное время рассчитывают по формуле (1.3), норму калькуляционного времени – по формуле (1.5).

4.4 Нормирование гальванических работ

В ремонтном производстве *гальванические покрытия* применяют для восстановления изношенных поверхностей изделия, повышения их износостойкости и защитно-декоративных целях.

Наибольшее распространение получили *хромирование гладкое, пористое хромирование и осталивание*.

В ремонтном производстве применяют также *меднение и никелирование*, но они не являются самостоятельными способами восстановления деталей, а используются, главным образом, для создания подслоя перед хромированием.

За основное время при нормировании гальванических работ принимают продолжительность покрытия.

За вспомогательное время при нормировании принимается время, в течение которого осуществляется подготовка оборудования к работе, а также подготовка изделия для покрытия, включающая транспортировку изделий и приспособлений, протирку и обезжиривание изделий, загрузку и выгрузку изделий, монтаж их на приспособления, демонтаж и т. д., если эти работы выполняются отдельными рабочими, то они составляют тоже основное время других операций и в состав вспомогательного времени не включаются. Таким образом, вспомогательное время делится на перекрывающее основ-

ное время (это время учитывается, но не записывается в карту) и неперекрывающее его (это время учитывается и записывается в карту).

Если рабочий обслуживает одну ванну, то на подготовительно-заклучительное и дополнительное время перекрываются основным временем и в штучное время не включаются.

Если же один рабочий обслуживает несколько ванн – это время учитывается и определяется в процентах к оперативному времени.

Основное время на одну загрузку изделий в ванну определяют по формуле

$$t_0 = \frac{60h\gamma}{cD_k\eta}, \quad (4.11)$$

где h – толщина осадка покрытия на сторону, мм (таблица 4.41);

γ – плотность осаждаемого металла, кг/м³ (таблица 4.42);

c – электрохимический эквивалент, г/А·ч (см. таблицу 4.42);

D_k – катодная плотность тока, А/дм² (таблица 4.43);

η – коэффициент полезного действия ванны (см. таблицу 4.43).

В основное время при гальванических работах входит также время на декапирование, оно производится обычно в основных ваннах и продолжается в среднем 0,5–1,0 мин при хромировании и 0,5–3,0 мин при оставлении на одну загрузку изделий в ванну.

Анодную обработку изделий для получения пористого хромового покрытия производят в хромовой ванне, при этом основное время на одну загрузку изделий $t_0 = 5 \dots 10$ минут, катодная плотность тока $D_k = 40 \dots 50$ А/дм², температура электролита $t = 50 \dots 60$ °С.

В последнее время для усовершенствования процессов хромирования и повышения производительности процесса в ремонтном производстве применяют:

– хромирование в саморегулирующемся электролите: при этом плотность тока повышается $D_k = 75 \dots 100$ А/дм², а выход металла по току составляет 17–18 %;

– хромирование в проточном электролите: в данном случае плотность тока уже составляет $D_k = 150 \dots 200$ А/дм², а выход металла по току 20–22 %.

Таблица 4.41 – Толщина гальванического покрытия на сторону

Процесс	Назначение покрытия	Средняя расчетная толщина, мм
Меднение	Защита от цементации	0,020–0,040
	Подслой перед никелированием или хромированием	0,003–0,040
Хромирование твердое, гладкое	Восстановление размеров	0,200–0,500
Хромирование защитно-декоративное	Защита от коррозии	0,001–0,002

Окончание таблицы 4.41

Процесс	Назначение покрытия	Средняя расчетная толщина, мм
Никелирование	Подслой перед хромированием	0,015–0,040
Осталивание	Восстановление размеров	1,0 и более
Хромирование пористое	Восстановление размеров	0,120–0,250
Цинкование	Защита от коррозии	0,001
<i>Примечание</i> – Припуск на шлифование износостойких покрытий составляет 0,02–0,05 мм и включается в среднюю расчетную толщину покрытия.		

Таблица 4.42 – Плотность и электрохимические эквиваленты металлов покрытия

Металл	Плотность осажденного металла, кг/м ³	Электрохимический эквивалент <i>c</i> , г/А·ч.
Хром	6900	0,324
Сталь	7800	0,042
Никель	8800	1,094
Медь	8950	1,186
Цинк	7100	1,220

Таблица 4.43 – Плотность тока и выход металла по току

Металл	Катодная плотность тока D_k , А/дм ²	Выход металла по току η , %
Хром	50–75	13–15
Сталь	10–50	80–90
Никель	0,3–0,5	95
Медь	1–2	98–99
Цинк	2	85

Вспомогательное время, мин, определяют по таблицам 4.44–4.52 на одну загрузку изделий в ванну. Таким образом, если в таблице указано время на одно изделие, следует время умножить на количество изделий, завешиваемых на приспособлениях в ванну. Если же время в таблице указано на одно приспособление, следует это время умножить на количество приспособлений завешиваемых в ванну.

Таблица 4.44 – Вспомогательное время на изоляцию мест, не подлежащих покрытию цапонлаком

Наименование операции	Площадь покрытия, дм ²			
	5	10	25	50
Покрытие поверхности кистью	1,2	1,7	2,1	3,7

Таблица 4.45 – Вспомогательное время на монтаж изделия на подвеску

Наименование операции	Площадь покрытия, дм ²			
	5	10	25	50
Монтаж на простую подвеску	0,07	0,08	0,09	0,08
Монтаж на анодно-катодную подвеску	0,20	0,35	0,7	1,0
<i>Примечание</i> – Если на подвеску монтируется несколько изделий, то время, взятое из таблицы, умножают на количество изделий.				

Таблица 4.46 – Вспомогательное время на обезжиривание

В минутах

Поверхность изделия	На одно изделие		На загрузку электролитического обезжиривание
	венской известью	бензином	
0,5	0,29	0,27	При площади поверхности деталей одной загрузки в 10–25 дм ² установленное время составляет 2–3 минуты
0,8	0,30	0,32	
1,0	0,31	0,33	
1,5	0,33	0,34	
2,0	0,36	0,37	
2,5	0,45	0,40	
3,0	0,46	0,44	
4,0	0,54	0,48	
5,0	0,59	0,52	
6,0	0,66	0,60	
10,0	0,70	0,63	
15,0	0,78	0,70	
20,0	0,87	0,80	
25,0	0,98	0,92	

Таблица 4.47 – Вспомогательное время на кратковременное погружение изделий в ванну

В минутах

Наименование приемов	Время
Опускание приспособления с изделиями в ванну для промывки	0,03
Промывка приспособления с изделиями в ванне	0,08
Поднятие приспособления с изделиями из ванны после промывки	0,02

Таблица 4.48 – Вспомогательное время на завеску изделий на штанги вместе с приспособлениями и их снятие

Вес одной подвески, кг, не более	2	3	4	5
Время, мин	0,03	0,04	0,05	0,06

Таблица 4.49 – Вспомогательное время на переход рабочих без груза и с грузом

Расстояние, м	Без груза	Масса изделия, кг, не более			
		5	10	20	30
До 2	0,04	0,05	0,09	0,13	0,36
До 3	0,10	0,11	0,16	0,22	0,60
До 7	0,14	0,15	0,21	0,28	0,76
До 10	0,20	0,21	0,28	0,38	0,99
До 15	0,30	0,31	0,42	0,53	1,38

Таблица 4.50 – Вспомогательное время на протирку изделий

Поверхность изделия, дм ² , не более	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	2,0
Время, мин	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10	0,13

Таблица 4.51 – Вспомогательное время на демонтаж изделия с подвески

Наименование операций	Площадь покрытия, дм ²			
	5	10	25	50
Демонтаж с простой подвески	0,05	0,06	0,07	0,09
Демонтаж с анодно-катодной подвески	0,15	0,20	0,40	0,75

Таблица 4.52 – Вспомогательное время на обсушивание изделий в опилках

Поверхность изделия, дм ²	1,0	3,0	5,0	10,0	14,0	18,0	20,0
Время, мин	0,15	0,21	0,29	0,32	0,36	0,38	0,42

Вспомогательное время, приведенное в таблицах 4.44, 4.45, 4.47–4.49 и 4.51 является неперекрывающимся, оно всегда входит в оперативное время.

Вспомогательное время, приведенное в таблицах 4.46, 4.50 и 4.52 является перекрывающимися, если эти работы выполняются не отдельными рабочими, а гальваностегом. В противном случае оно тоже будет оперативным.

Оперативное время, мин,

$$t_{оп} = t_о + t_{внп}, \quad (4.12)$$

где $t_{оп}$ – оперативное время на одну загрузку изделий в ванну, мин;

$t_о$ – основное время на одну загрузку изделий в ванну, мин;

$t_{внп}$ – неперекрывающееся вспомогательное время на одну загрузку изделий в ванну, мин.

Дополнительное время составляет от оперативного времени 7 % для цинкования и меднения, 10 % для никелирования, 12 % для хромирования и 14 % для остаивания и определяется по формуле (1.1). Подготовительно-заключительное время составляет 2 % от оперативного для всех видов покрытия.

Штучное время при обслуживании рабочим одной ванны определяют по формуле

$$T_{шт} = \frac{t_о + t_{внп}}{qK_и}, \quad (4.13)$$

где q – количество изделий на одну загрузку изделий в ванну, шт.;

$K_и$ – коэффициент использования ванны в смену, составляет для хромо-вых ванн – 0,75, для прочих ванн – 0,8.

Штучное время при одновременном обслуживании рабочим двух и более ванн

$$T_{шт} = \frac{t_о + t_{внп} + t_д}{qN_в K_и K_в}, \quad (4.14)$$

где $N_в$ – количество ванн покрытия, шт.;

$K_в$ – коэффициент, зависящий от количества ванн, обслуживаемых одним рабочим, определяется по таблице 4.53.

Норму калькуляционного времени при обслуживании рабочим одной ванны определяют по формуле (4.13), так как если рабочий обслуживает одну ванну, то дополнительное и подготовительно-заключительное время перекрываются основным временем.

Норма калькуляционного времени при обслуживании рабочим двух или более ванн

$$T_k = \frac{1,02(t_o + t_{вип}) + t_d}{qN_B K_{и} K_B}. \quad (4.15)$$

Таблица 4.53 – Поправочные коэффициенты на нормы штучного и калькуляционного времени при обслуживании одним рабочим двух и трех ванн K_B

Вид покрытия	Количество ванн		Вид покрытия	Количество ванн	
	две	три		две	три
Меднение, цинкование	0,94	0,90	Хромирование	0,83	0,80
Никелирование	0,90	0,85	Осталивание	0,80	0,77

4.4.1 Рекомендации по механической обработке изделий восстанавливаемых гальваническими покрытиями

Изделия, восстанавливаемые гальваническими покрытиями, подлежат механической обработке в период подготовки к наращиванию и после него.

Перед гальваническим покрытием необходимо:

- протачивать фаски на острых кромках изделий или закруглять кромки во избежание образования наростов;
- шлифовать изношенные поверхности изделий для устранения искажений геометрической формы и получения требуемой чистоты.

После гальванического наращивания:

- хромированные поверхности подвергают шлифованию со скоростью вращения изделия $v = 15 \dots 30$ м/мин;
- поверхности, покрытые сталью, подвергают обработке как на токарных, так и на шлифовальных станках в зависимости от припуска, твердости покрытия, требуемой точности, шероховатости поверхности. До твердости НВ 200 покрытие хорошо обрабатывается резцом, более твердые покрытия – резцами из твердых сплавов и шлифованием.

4.5 Нормирование работ по восстановлению изделий полимерными материалами

В ремонтном производстве с помощью *полимерных материалов* (в основном клеевыми составами на основе *эпоксидной смолы* и клея *Вс-10Т*) заделываются различные трещины на корпусных и тонкостенных деталях (рисунок 4.4), устраняются износы посадочных гнезд под коренные подшипники блока цилиндров и под подшипники качения, износы резьб в гнез-

дах и отверстиях, износы рабочих поверхностей валов и втулок, приклеиваются фрикционные накладки к дискам сцеплений и бортовых фрикционов, к тормозным колодкам и дискам.

Кроме того, наносятся литьем под давлением в пресс-формах, газопламенным напылением и напылением в псевдоожоженном слое восстановительные покрытия из *термореактивных пластмасс*.

Применение полимерных материалов в авторемонтном производстве обеспечивает снижение массы деталей, сокращает трудоемкость и затраты на ремонт изделий. Однако они по сравнению с металлами быстро стареют, имеют малую теплопроводность и небольшую прочность.

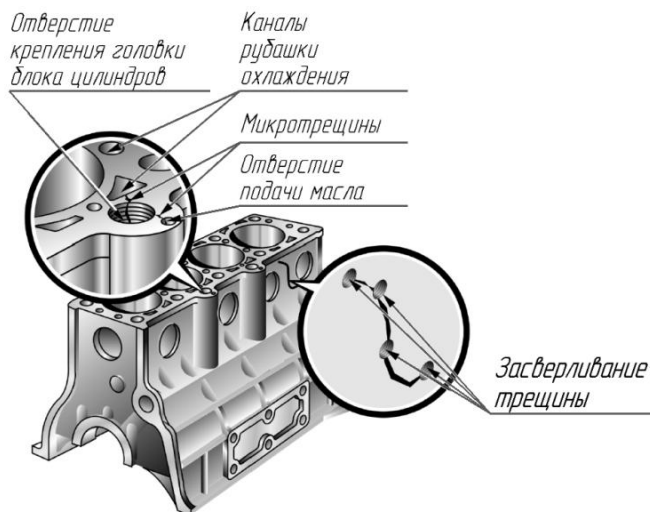


Рисунок 4.4 – Примеры дефектов блока цилиндров, восстанавливаемых полимерными материалами

В таблице 4.54 указано время на выполнение основных операций, связанных с использованием полимерных материалов.

Время, указанное в таблице 4.54 может быть:

- оперативным, если изделие при ремонте уложено на верстак или стол без крепления;
- неполным оперативным, если предусматривается, что изделие устанавливается в приспособление и затем из него удаляется.

В последнем случае вспомогательное время на установку и снятие изделия определяется по таблице 4.55.

Если по маршрутной карте работу с полимерами выполняет один рабочий, то время, указанное в таблице 4.54, следует рассматривать как оперативное или неполное оперативное время по переходам.

Таблица 4.54 – **Время на выполнение основных операций по ремонту изделий полимерными материалами**

Содержание операций	Время
1 Засверлить трещину по концам, снять фаски глубиной 2–3 мм под углом 60–70°, зачистить абразивным кругом поверхность вокруг трещины на ширину 40–50 мм, нанести насечки. Длина трещины 25–300 мм	8–45
2 Эпоксидную смолу вместе с тарой нагреть в термощкафу или бане с горячей водой до 60–80° и произвести отбор необходимого количества смолы в ванночку. Масса до 1–2 кг	5–8
3 В отобранную смолу добавлять небольшими порциями пластификатор-дибутилфталат согласно рецептуре. Масса до 50–200 г	5–6
4 В двухкомпонентную смесь добавлять порциями, согласно рецептуре, один из наполнителей тщательно перемешивая. Масса до 50–200 г	8–10
5 В трехкомпонентную смесь добавлять небольшими порциями растворитель полиэтиленполиамин и тщательно перемешивать. Масса до 50–200 г	5–8
6 Зачистить поверхность изделия, подлежащую ремонту, металлической щеткой или абразивным полотном. Площадь до 100–1000 см ²	3–5
7 Обезжирить подготовленную поверхность ацетоном или бензином Б-70 с помощью кисти и технической салфетки с выдержкой поверхности на воздухе. Площадь до 100–1000 см ²	0,5–2
8 Заполнить подготовленную поверхность эпоксидным клеевым составом и втереть смесь в поверхность изделия в два слоя. Длина трещины 25–300 мм	0,2–1
9 Наложить и прикатать накладку из стеклоткани, удалить излишки состава. Площадь накладки до 125–600 см ²	0,5–2
10 Выдержать изделие в сушильном шкафу при температуре 50–100°С исходя из предложенной методики, при этом q – количество изделий в партии.	$\frac{60-180}{q}$
11 Зачистить поверхность изделия от наплывов и подтеков.	2–3
12 Зачистить сопрягаемые поверхности резьбового соединения, обезжирить, нанести состав на основе эпоксидной смолы, вернуть болт или шпильку, удалить избыток состава. Диаметр резьбы до 8–24 мм	1,3–2,1
13 На склеиваемые детали нанести слой клея <i>Вс-10Т</i> , просушить, нанести второй слой клея, просушить, собрать детали и приспособление и установить его в термопечь или сушильный шкаф. Площадь склеивания до 50–400 см ²	1,2–2

Содержание операций	Время
14 Подготовить термореактивный материал, подогреть детали, установить детали в пресс-форму, загрузить пресс-материал, отпрессовать деталь, извлечь деталь, проверить. Масса отпрессованного материала до 25–200 г	1–3,5
15 Загрузить отходы капроновых изделий в литьевую машину, собрать пресс-форму, отпрессовать деталь, разобрать пресс-форму, извлечь деталь, проверить. Масса отпрессованного материала до 25–200 г	0,7–2
<i>Примечания</i> 1 Нижняя граница интервала времени относится к меньшим показателям длины трещины, площади обезжиривания, массы приготавливаемого клея и пр. 2 При выполнении работы в неудобном положении табличные данные умножаются на поправочные коэффициенты: 1,2 – по позициям 1, 6 и 7; по позиции 8 – 1,3; по позициям 9 и 12 – 1,4.	

Таблица 4.55 – Вспомогательное время на установку и снятие изделия

Приемы работы	Масса изделия, кг, не более								
	0,5	1,0	2	5	8	12	16	20	30
Установить	0,12	0,14	0,14	0,25	0,32	0,38	0,46	0,59	0,70
Снять	0,09	0,11	0,15	0,19	0,25	0,31	0,36	0,48	0,56

Дополнительное время составляет 7 % от оперативного и определяется по формуле (1.1). Подготовительно-заключительное время составляет 7 минут. Штучное время определяют по формуле (1.3), норму калькуляционного времени – по формуле (1.5).

4.6 Нормирование поверхностной закалки изделий токами высокой частоты

Закалка токами высокой частоты, широко применяемая в промышленности и ремонтом производстве, представляет собой закалку с индукционным нагревом поверхностного слоя детали токами высокой частоты. Индукционный нагрев в изделии происходит вследствие теплового действия тока. Она зарекомендовала себя как высокопроизводительный и экономичный способ поверхностной термообработки, обеспечивающий высокое качество итогового результата, полностью соответствующий требованиям современного массового производства.

Поверхностная закалка изделий производится двумя способами:

- одновременной закалкой;
- непрерывно-последовательной закалкой.

При одновременной закалке (рисунок 4.5) вся поверхность изделия, подлежащая закалке, охватывается индуктором и подвергается нагреву одновременно и затем одновременно охлаждается.

При наличии в изделии нескольких поверхностей небольшой высоты, но разного диаметра закалка также производится одновременным способом.

При одновременной закалке основное время может быть определено по таблице 4.56.

Таблица 4.56 – Основное время при одновременной закалке в зависимости от глубины закалки

Частота 2000 Гц			Частота 300 000 Гц		
Глубина закалки, мм	Время, мин		Глубина закалки, мм	Время, мин	
	нагрева, $t_{\text{наг}}$	охлаждения, $t_{\text{охл}}$		нагрева, $t_{\text{наг}}$	охлаждения, $t_{\text{охл}}$
1	0,03	0,10	1	0,04	0,10
2	0,04	0,10	2	0,15	0,10
3	0,05	0,13	3	0,25	0,13
4	0,07	0,13	4	0,37	0,13

Основное время, мин,

$$t_0 = t_{\text{наг}} + t_{\text{охл}}$$

где $t_{\text{наг}}$ – время нагрева изделия в индукторе, мин;

$t_{\text{охл}}$ – время охлаждения изделия в гребенке, мин.

Закалку изделий на значительной длине с большими поверхностями производят непрерывно-последовательным способом. При этом способе действие индуктора распространяется на часть изделия. Поэтому для закалки всей поверхности изделия необходимо движение изделия относительно индуктора.

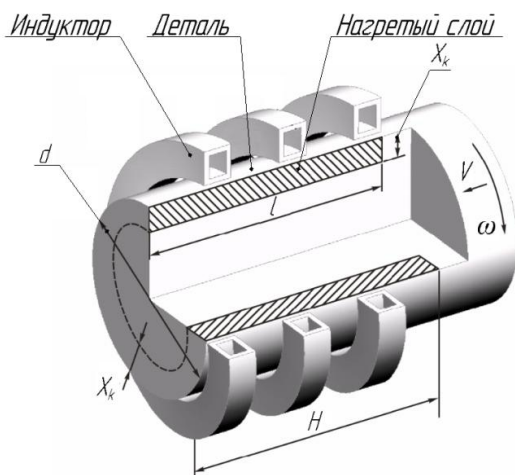


Рисунок 4.5 – Схематичное изображение системы «индуктор-деталь»:

d – диаметр детали; H – высота индуктора;

l – длина закаливаемой поверхности; X_k – глубина закалки

Непрерывно-последовательным способом закаливают детали призматической и цилиндрической форм. Этим способом закаливают плоские стальные накладные направляющие различных станков длиной до 2 м и более, опорные поверхности шаботов, прямоугольные колеса с модулем более 8 мм.

Охлаждение нагретой поверхности изделия производится водой, которая непрерывно подается через гребенку, расположенную рядом с индуктором.

Расчет основного времени, мин, при непрерывно-последовательном способе закалки производят в такой последовательности:

а) определяют часть поверхности изделия, примерно равную проекции индуктора на изделие,

$$F = \frac{N\eta}{\Delta N}, \quad (4.16)$$

где N – мощность питающего генератора высокочастотной установки, кВт;

η – коэффициент полезного действия генератора, $\eta = 0,8$;

ΔN – удельная мощность, потребная при данной частоте и заданной глубине закалки, кВт/см², принимается по таблице 4.57.

Таблица 4.57 – Ориентировочные данные удельной мощности и времени нагрева для цилиндрических изделий при закалке на двух частотах

Частота 2000 Гц			Частота 300 000 Гц		
Глубина закалки, мм	Время нагрева $t_{\text{наг}}$, мин	Удельная мощность ΔN , кВт/см ²	Глубина закалки, мм	Время нагрева $t_{\text{наг}}$, мин	Удельная мощность ΔN , кВт/см ²
1	0,03	1,40	1	0,042	0,9
2	0,04	1,35	2	0,15	0,5
3	0,05	1,20	3	0,25	0,4
4	0,07	1,05	4	0,37	0,13

б) определяют высоту индуктора, см,

$$h = \frac{F}{\pi D}, \quad (4.17)$$

где F – площадь проекции индуктора на изделие, см²;

D – диаметр изделия в той части, которая подлежит закалке, см;

в) рассчитывают скорость движения изделия в индукторе, см/мин,

$$v = \frac{h}{t_{\text{наг}}}, \quad (4.18)$$

где $t_{\text{наг}}$ – время нагрева части поверхности изделия, мин (таблица 4.57).

Основное время, мин,

$$t_0 = \frac{Z}{v}, \quad (4.19)$$

где Z – расчетная длина закалки с учетом перебега, см.

Длину перебега принимают в среднем 2,5 см.

Вспомогательное время, мин, определяют по таблицам 4.58, 4.59 и формуле (3.15). Дополнительное время составляет 5 % от оперативного и рассчитывается по формуле (1.1).

Таблица 4.58 – Вспомогательное время на установку и снятие изделия

Приемы работы	Масса изделия, кг, не более							
	0,5	1	2	5	8	12	16	20
Установить и снять изделие	0,15	0,18	0,25	0,32	0,41	0,49	0,59	0,76

Таблица 4.59 – Вспомогательное время, связанное с переходом

В минутах

Переходы	Время
Включение и выключение установки	0,08
Подвод и отвод стола	0,05
Вывод и ввод изделия в индуктор	0,07

Подготовительно-заключительное время принимают равным 7 минутам. Штучное время определяют по формуле (1.3), норму калькуляционного времени – по формуле (1.5).

4.7 Нормирование электроискрового наращивания и упрочнения изделий при ремонте

В последнее время в ремонтном производстве получила значительное распространение *электроискровая обработка металлов* в виде поверхностного наращивания и упрочнения поверхности изделий.

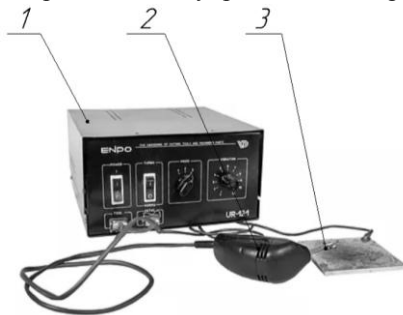


Рисунок 4.6 – Установка электроискрового легирования UR-121:

- 1 – генератор электроискровых разрядов;
- 2 – ручной вибратор с электродом;
- 3 – провод с инструментодержателем

Электроискровое наращивание и упрочнение производится ручным способом при помощи электромагнитного вибратора (рисунок 4.6) и механизированным способом – на токарном станке полуавтоматической упрочняющей головкой.

Ручным способом обрабатываются изделия любых конфигураций, механизированным – только цилиндрические и плоские изделия.

Изношенные поверхности изделий, если не требуется высокая твердость, наращиваются электродами из той же стали, из которой изготовлены изделия.

Для упрочнения и увеличения износоустойчивости используются стержни диаметром 10 мм для ручного способа обработки и с диаметром 20 мм – для механизированного способа обработки из феррохрома; могут использовать также пластинки твердых сплавов Т15К6 и ВК3.

Нарращивание и упрочнение осуществляются по схеме, когда наращиваемое изделие подключается на катод, а электрод-инструмент – на анод.

Если поменять полярность, т. е. изделие подключить на анод, а электрод-инструмент на катод и вести обработку в машинном масле, – произойдет снятие металла с поверхности изделия. Этот процесс электроискрового резания также может быть использован при ремонте поверхностей высокой твердости, когда обычным способом обработать их не представляется возможным.

Основное время, мин, при наращивании и упрочнении ручным способом

$$t_0 = \frac{F\tau}{60}, \quad (4.20)$$

где F – площадь обрабатываемой поверхности, мм²;

τ – удельное время упрочнения, с/мм, берется из таблицы 4.60.

Таблица 4.60 – Режим электроискрового упрочнения ручным способом электродом из феррохрома

Технические показатели	Номера режимов							
	чистовые			средние			грубые	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Напряжение, В	10	15	21	26	32	37	48	50
Сила тока, А	50	60	70	90	110	130	150	160
Удельное время упрочнения, с/мм ²	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0	0,7	0,5	0,4
Толщина слоя, мм	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1,1	1,5	2,0
Класс шероховатости	$\sqrt{Ra\ 2,5}$	$\sqrt{Rz\ 20}$	$\sqrt{Rz\ 20}$	$\sqrt{Rz\ 40}$	$\sqrt{Rz\ 40}$	$\sqrt{Rz\ 80}$	$\sqrt{Rz\ 160}$	$\sqrt{Rz\ 320}$

Основное время при наращивании и упрочнении механизированным способом

$$t_0 = \frac{Z}{nS}, \quad (4.21)$$

где Z – расчетная длина обрабатываемой поверхности, мм;

n – частота вращения шпинделя станка, об/мин, определяется по окружной скорости изделия, принятой по таблице 4.61;

S – продольная подача электрода, мм/об, принимают по таблице 4.61.

Частота вращения шпинделя в минуту определяется по формуле (3.6), с той лишь разницей, что в ней учитывается окружная скорость v_t изделия, принятая по таблице 4.61. Продольную подачу электрода и расчетную частоту вращения шпинделя станка сравнивают с паспортными данными и принимают ближайшее из имеющихся на станке. Далее определяют фактическую окружную скорость изделия по формуле (3.7).

Вспомогательное время определяют по таблице 4.62.

Таблица 4.61 – Режимы механизированного электроискрового упрочнения электродом из феррохрома

Технические показатели	Номера режимов							
	чистовые			средние		грубые		
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Напряжение, В	10	12	15	20	25	30	40	50
Сила тока, А	100	120	130	140	150	160	170	180
Окружная скорость изделия, м/мин	0,08	0,13	0,2	0,35	0,50	0,6	0,7	0,8
Продольная подача электрода, мм/об	4	4	4	4	4	4	4	4
Толщина слоя, мм	0,1	0,2	0,25	0,3	0,35	0,40	0,6	0,8
Класс шероховатости	$\sqrt{\text{Ra } 2,5}$	$\sqrt{\text{Ra } 2,5}$	$\sqrt{\text{Rz } 20}$	$\sqrt{\text{Rz } 20}$	$\sqrt{\text{Rz } 40}$	$\sqrt{\text{Rz } 40}$	$\sqrt{\text{Rz } 80}$	$\sqrt{\text{Rz } 80}$

Таблица 4.62 – Вспомогательное время

В минутах

Масса изделия, кг	Время на установку и снятие			
	в тисках	в треххвостковом патроне	в центрах	в центрах с люнетом
До 10	0,7	1,0	0,5	1,0
Свыше 10	1,2	1,5	1,0	1,5
<i>Примечание – К этому времени на каждый проход добавляется 0,5 мин.</i>				

Дополнительное время составляет 15 % от оперативного и определяется по формуле (1.1). Подготовительно-заключительное время составляет 18 минут. Штучное время определяют по формуле (1.3), норму калькуляционного времени – по формуле (1.5).

4.8 Нормирование работ по восстановлению изделий поверхностно-пластическими деформациями

Восстановление изделий *поверхностно-пластическими деформациями* применяется на ремонтных предприятиях тогда, когда эти изделия в процессе эксплуатации теряют свою первоначальную усталостную прочность.

Данным методом восстанавливают детали из стали, чугуна, цветных металлов и сплавов, обладающих достаточной пластичностью. В процессе воздействия на материал его кристаллы сплющиваются в направлении деформации и образуется упорядоченная структура волокнистого характера. Упрочнение незакаленных сталей происходит за счет структурных изменений и уменьшения несовершенств (рыхлостей, дробления зерен, уменьшения дислокаций и т. д.). В случае упрочнения закаленных сталей, кроме того, идет частичное превращение остаточного аустенита в мартенсит.

Поверхностно-пластическое деформирование – это простой и эффективный способ повышения несущей способности и долговечности деталей машин, работающих в условиях знакопеременных нагрузок (оси, валы, зубчатые колеса, сварные конструкции, инструменты и т. п.). Кроме того, оно значительно улучшает шероховатость поверхности, повышает износостойкость деталей, улучшает их внешний вид (упрочняюще-отделочная обработка).

Способы поверхностно-пластической обработки изделий: упрочняющее накатывание и раскатывание, обработка дробью, центробежная обработка.

4.8.1 Упрочняющее накатывание и раскатывание

Этот способ применяется для обработки наружных и внутренних поверхностей вращения, галтелей, плоскостей и различных фасонных поверхностей. Обработку изделий обычно производят на токарных или радиально-сверлильных станках. В первом случае изделие устанавливается в патрон или в центры станка, во втором укрепляется в приспособлении на столе станка. В качестве инструмента применяют приспособления с роликами или шариками, которые позволяют создать необходимое усилие при обработке изделия (рисунок 4.7).

В процессе *обработки давлением* осуществляется только в зоне контакта инструмента с деталью. За счет вращения детали и поступательного движения инструмента пятно контакта перемещается вдоль обрабатываемой поверхности. Для уменьшения трения и исключения задиоров в зону обработки подают машинное масло.

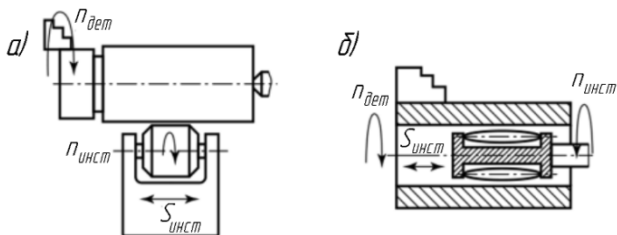


Рисунок 4.7 – Схемы процессов накатывания (а) и раскатывания (б)

Наиболее совершенным является накатывание (раскатывание) несколькими роликами. Наименее производительно накатывание шариком. Шеро-

ховатость поверхности после обработки находится в пределах $Ra\ 1,25$ – $Ra\ 0,32$ классов при исходных $Ra\ 12,5$ – $Ra\ 1,25$.

Припуск на накатывание и раскатывание составляет на сторону:

- после точения – 0,01–0,03 мм;
- после точения широким резцом – 0,005–0,01 мм;
- после шлифования – до 0,005 мм.

Режим обработки устанавливают последовательно:

а) подачу на оборот изделия при накатывании и раскатывании определяют по формуле

$$S = kS_3,$$

где k – количество деформирующих элементов, обычно 1–3;

S_3 – подача на один деформирующий элемент, мм/об.

Подача на один ролик рекомендуется 0,1–0,5 мм/об, а на один шарик – 0,01–0,05 мм/об. Рассчитанную подачу уточняют по паспорту станка;

б) скорость обработки не оказывает заметного влияния на качество обработки изделия и применяется в пределах 30–150 м/мин;

в) по выбранной скорости обработки определяют теоретическую частоту вращения шпинделя станка и подбирают ближайшую частоту вращения по паспорту станка;

г) определяют фактическую скорость обработки изделия по формуле (3.7). Основное время, мин, определяют по формуле (3.1), при этом устанавливают число проходов $i = 1 \dots 3$.

Вспомогательное время определяют по таблицам 3.11–3.13.

Дополнительное время рассчитывают по формуле (1.1), значение K берут из таблицы 3.14.

Подготовительно-заключительное время принимают по таблице 3.15. Штучное время определяют по формуле (1.3), норму калькуляционного времени – по формуле (1.5).

4.8.2 Обработка дробью

Обработкой дробью подвергают: рессорные листы, спиральные пружины, торсионные валы, шатуны, крышки шатунов, зубчатые колеса, а также детали, имеющие сварные соединения. Она вызывает наклеп поверхностного слоя и увеличивает долговечность изделия.

Шероховатость поверхности после обработки дробью находится в пределах $Ra\ 40$ – $Ra\ 1,25$. Размеры деталей изменяются в пределах допуска.

В качестве оборудования применяются механические или пневматические дробеметы: в первых дробь выбрасывается вращающимся с большой скоростью барабаном, во вторых – через форсунки под давлением 490–588 МПа.

Обработка производится в специальных камерах (рисунок 4.8) чугунной или стальной дробью размером 0,4–2,0 мм.

Оперативное время, мин, на обработку дробью составляет в среднем 3,00 минуты на одно изделие и 10,00 минут на 3 изделия, размещенные в камере. Вспомогательное время на укладку или подвешивание изделий в камеру и удаление их из камеры составляет 5,00 минут.

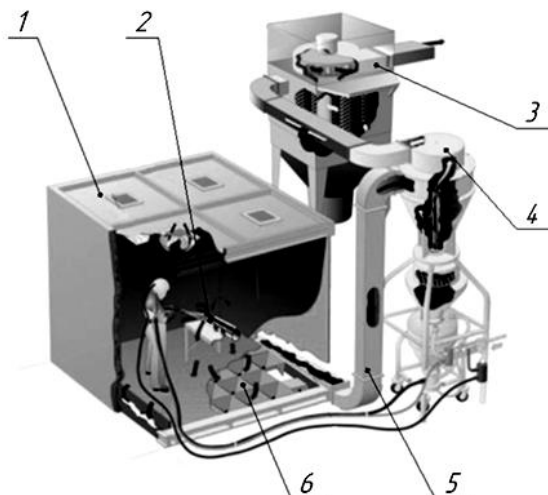


Рисунок 4.8 – Дробеструйная камера с системой сбора дробы:
1 – защитная камера; 2 – форсунка; 3 – система пылеулавливания;
4 – рекуператор дробы; 5 – конвейер использованной дробы;
6 – пол конструкции «Waffle-Floor»

Дополнительное время составляет 10 % от оперативного и определяется по формуле (1.1). Подготовительно-заключительное время принимается равным 7,00 минут. Штучное время рассчитывают по формуле (1.3), норму калькуляционного времени – по формуле (1.5).

4.8.3 Центробежная обработка

Центробежная обработка представляет собой обработку поверхности изделия шариками, расположенными в сепараторе, вращающимися со скоростью 10–40 м/с. Шарика перемещаются в направляющих сепаратора и под действием центробежных сил прижимаются к поверхности изделия, куда одновременно подается смесь, состоящая на 60 % из индустриального масла и на 40% из керосина.

Центробежной обработке подвергаются шейки коленчатых валов, гильзы цилиндров, поршневые пальцы, торсионные валы и т. п. При центробежной обработке форма изделия практически не изменяется, чистота поверхности повышается на один-два класса, твердость же поверхности увеличивается для стали на 25–45 %, а чугуна – на 30–60 %.

Центрбежная обработка производится на токарном станке, при этом изделие размещается в центрах станка или в патроне, а сепаратор – в приспособлении, имеющем специальный электропривод – на суппорте станка.

Режим обработки устанавливают последовательно:

а) подачу на оборот изделия принимают:

– для стальных изделий 0,04–0,16 мм/об;

– для чугунных изделий 0,08–0,10 мм/об;

– для бронзовых и дюралевых изделий 0,02–0,20 мм/об.

Принятую подачу уточняют по паспорту станка;

б) окружную скорость изделия принимают:

– для стальных, чугунных и бронзовых изделий 30–60 м/мин;

– для изделий из дюралюминия 5–30 м/мин;

в) по выбранной скорости обработки определяют теоретическую частоту вращения шпинделя станка и подбирают ближайшую частоту вращения по паспорту;

г) определяют фактическую скорость обработки изделия по формуле (3.7). Основное время рассчитывают по формуле (3.1), устанавливая при этом число проходов i для стальных и чугунных изделий в пределах от 2 до 3, а для изделий из бронзы и дюралюминия – не более 2.

Вспомогательное время определяют по таблицам 3.11–3.13. Дополнительное время рассчитывают по формуле (1.1), значение K берут из таблицы 3.14. Подготовительно-заключительное время принимают из таблицы 3.15. Штучное время определяют по формуле (1.3), а норму калькуляционного времени – по формуле (1.5).

4.8.4 Рекомендации по механической обработке изделий, восстановленных поверхностно-пластическими деформациями

При этих способах обработки изделий наблюдается большой разброс в качестве поверхностного слоя. Поэтому рекомендуется, в общем случае, при первоначальной обработке восстановленной поверхности уменьшать скорость резания на 15–20 % по сравнению с обычными.

Режимы резания последующей обработки ничем не отличаются от общепринятых в машиностроении.

5 НОРМИРОВАНИЕ КУЗНЕЧНЫХ РАБОТ

Метод приближенного нормирования *кузнечных работ* основан на нормировании по времени остывания поковки.

Температурный интервал ковки находится в пределах 700–1250 °С. По времени остывания поковки от температуры 1250 до 700 °С и по количеству необходимых нагревов поковки устанавливают оперативное время ковки.

Время остывания поковки зависит от температуры нагрева и ее размеров и определяется по формуле

$$t_{\text{ост}} = \frac{\Phi_T}{\frac{1}{a} + \frac{1}{b} + \frac{1}{c}}, \quad (5.1)$$

где Φ_T – температурный фактор (таблица 5.1);
 a, b, c – размеры поковки, мм;

Таблица 5.1 – Значение температурного фактора Φ_T

Начальная температура, град	1000	1050	1100	1150	1200
Температурный фактор	0,12	0,16	0,20	0,23	0,25
<i>Примечание</i> – Таблицей предусмотрено остывание поковки до 800 °С, при ковке до 750 °С температурный фактор увеличивают на 10 %, а при ковке до 700 °С на 35 %.					

Оперативное время, мин, при ковке с одним нагревом определяют по формуле

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{ост}}$$

При нескольких нагревах

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{ост}} n_n, \quad (5.2)$$

где n_n – количество нагревов, определяют по таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Количество нагревов поковки n_n

Характер обработки	Диаметр поковки, мм	Уменьшение высоты поковки	Удлинение поковки до диаметра, мм	Количество нагревов n_n
Осаживание	50	В 2 раза	–	1
	60			2
	70 и выше			3
Протяжка	30	–	20	1
	40			2
	60			3
Ковка	–	–	–	1

Дополнительное время составляет 25 % от оперативного и определяется по формуле (1.1). Подготовительно-заключительное время в среднем составляет 10 минут. Штучное время определяют по формуле (1.3), норму калькуляционного времени – по формуле (1.5).

6 НОРМИРОВАНИЕ СЛЕСАРНЫХ РАБОТ

Нормы времени на выполнение *слесарных работ* рассчитывают по заранее разработанным таблицам нормативов времени. Ниже приводятся нормативы времени на некоторые слесарные работы, наиболее часто встречающиеся при ремонте деталей машин.

В таблицах, указанных в п. 6.1–6.9 указано неполное оперативное время. Оно считается неполным, потому что часть вспомогательного времени в каждом случае устанавливают по таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Вспомогательное время на установку в тисках, на верстак, стэнд, плиту и снятие детали

Масса детали, кг, не более	Установка в тисках и снятие детали			Установка на верстак, стэнд плиту, снятие детали
	без накладок	с медными накладками	со свинцовыми накладками	
2	0,5	0,6	0,7	–
5	1,0	1,2	1,4	0,8
10	1,2	1,5	1,7	0,9
15	–	–	–	1,0
30	–	–	–	1,4

Таким образом, оперативное время определяют по формуле

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{ноп}} + t_{\text{в}}, \quad (6.1)$$

где $t_{\text{оп}}$ – оперативное время, мин;

$t_{\text{ноп}}$ – неполное оперативное время, мин;

$t_{\text{в}}$ – вспомогательное время, принятое по таблице 6.1.

Дополнительное время составляет 8 % от оперативного и определяется по формуле (1.1). Подготовительно-заключительное время, мин, принимают по таблице 6.2. Штучное время определяют по формуле (1.3), а норму калькуляционного времени – по формуле (1.5).

Таблица 6.2 – Подготовительно-заключительное время на слесарные работы

Степень сложности работы	На верстаке	На месте сборки
Простая	3	4
Средняя	4	5
Сложная	5	6

6.1 Зачистка заусенцев

Металлические детали, изготавливаемые методами механической обработки, почти всегда имеют заусенцы, т. е. неравномерности формы в виде острых металлических фрагментов на обработанных поверхностях детали. *Зачистка заусенцев* – дорогостоящая, но необходимая операция. Она позволяет повысить потребительские свойства деталей и собранных узлов, снизить опасность травматизма при контакте с деталями, улучшить качество нанесения на детали защитных покрытий.

Неполное оперативное время, мин, на зачистку 1 см линии заусенцев на изделиях указано в таблице 6.3. Для условий обработки отличающихся от указанных, следует неполное оперативное время умножить на поправочные коэффициенты таблицы 6.4.

Таблица 6.3 – Неполное оперативное время на зачистку 1 см линии заусенцев

Вид предварительной обработки	Линия обработки	Длина обрабатываемой поверхности, см			
		20	50	75	100
Механическая обработка	Прямая	0,014	0,011	0,010	0,009
	Кривая	0,017	0,013	0,012	0,011
Горячая штамповка	Прямая	0,013	0,011	0,009	0,008
	Кривая	0,016	0,013	0,011	0,010

Таблица 6.4 – Поправочные коэффициенты для неполного оперативного времени

Сталь, σ_v до 580 МПа	Сталь, σ_v 580–780 МПа	Неудобное выполнение работы	Необрубленные после штамповки изделия
1,0	1,15	1,3	2,0

6.2 Сверление отверстий

При ремонте различных изделий часто встречаются операции сверления отверстий вручную. Сверление отверстий вручную производится ручными дрелями, трещоткой, а также с помощью механизированного инструмента – пневматических и электрических дрелей.

Неполное оперативное время на сверление отверстий на настольно-сверлильном станке и электродрелью, мин, указано в таблицах 6.5–6.9.

Таблица 6.5 – Неполное оперативное время на сверление отверстий на настольно-сверлильном станке

Длина сверления, мм	Диаметр сверла, мм						
	2	4	6	8	10	12	14
5	0,20	0,16	0,10	0,12	0,12	0,13	0,16
6	0,25	0,19	0,13	0,13	0,16	0,17	0,22
7	0,27	0,20	0,19	0,16	0,17	0,18	0,23
8	0,29	0,21	0,20	0,17	0,18	0,19	0,25
10	0,32	0,22	0,21	0,20	0,20	0,21	0,28
12	0,40	0,28	0,24	0,27	0,29	0,25	0,34
14	0,44	0,30	0,26	0,29	0,31	0,28	0,37
16	0,51	0,32	0,28	0,32	0,34	0,31	0,41
18	0,55	0,34	0,33	0,34	0,36	0,33	0,44
20	0,58	0,36	0,35	0,36	0,38	0,35	0,47
22	–	0,43	0,38	0,40	0,42	0,39	0,53
24	–	0,45	0,40	0,45	0,46	0,41	0,57
28	–	0,52	0,46	0,51	0,50	0,48	0,66
30	–	0,57	0,47	0,53	0,57	0,50	0,69

Поправочные коэффициенты на неполное оперативное время, указанное в таблице 6.5 приведены в таблицах 6.6 и 6.9; при рассверливании неполное оперативное время умножают еще на коэффициент 0,75.

Таблица 6.6 – Поправочные коэффициенты к таблице 6.5

Сталь, σ_b , МПа			Чугун	Медные сплавы	Алюминиевые сплавы	Феродо
до 580	580–780	780–880				
0,80	1,0	1,1	0,8	0,7	0,6	0,5

Таблица 6.7 – Неполное оперативное время на сверление отверстий электрической дрелью

Диаметр сверления, мм	Длина отверстия, мм						
	5	10	20	30	50	70	90
4	0,30	0,35	0,50	0,60	–	–	–
5	0,35	0,40	0,60	0,75	1,20	–	–
8	0,40	0,45	0,60	0,80	1,20	1,50	–
10	0,60	0,70	0,85	1,10	1,40	1,80	2,50
12	0,60	0,70	0,90	1,10	1,50	2,00	2,70
14	0,70	0,75	0,95	1,10	1,60	2,00	2,70
16	0,70	0,80	0,95	1,20	1,60	2,00	2,70
18	0,80	0,90	1,15	1,50	2,00	2,50	3,30
20	1,00	1,10	1,40	1,80	2,40	3,20	4,30

Для условий обработки, отличающихся от указанных в таблице 6.7 следует оперативное время умножить на поправочные коэффициенты таблиц 6.8 и 6.9.

Таблица 6.8 – Поправочные коэффициенты к таблице 6.7

Сталь, σ_b , МПа		Чугун	Медный сплав	Алюминиевый сплав	Положение	
до 580	580–780				удобное	неудобное
1,0	1,3	0,8	0,7	0,6	1,0	1,3

Таблица 6.9 – Поправочные коэффициенты к таблицам 6.5 и 6.7

Тип получаемого отверстия	
глухое	сквозное
1,0	1,2

6.3 Развертывание отверстий вручную

Развертывание отверстий вручную – это часто встречающаяся при ремонте изделий операция. Для ручного развертывания применяют цилиндрические развертки с неравномерным распределением зубьев по окружности.

Данную операцию осуществляют при помощи воротка, в котором закрепляют развертку. При ручном развертывании мелкие заготовки или детали закрепляют в тисках, а большие обрабатывают без закрепления.

Неполное оперативное время на развертывание отверстий цилиндрическими развертками указано в таблице 6.10.

Таблица 6.10 – Неполное оперативное время на развертывание отверстий цилиндрической разверткой вручную

Длина отверстия, мм	Диаметр отверстий, мм							
	5	7	9	12	16	20	26	35
5	0,35	0,36	0,39	0,44	0,49	0,53	0,58	–
15	0,75	0,76	0,83	0,93	1,04	1,13	1,24	1,39
25	1,04	1,05	1,14	1,28	1,43	1,55	1,70	1,90
35	1,26	1,27	1,38	1,55	1,74	1,88	2,07	2,31
45	–	1,56	1,72	1,91	2,12	2,30	2,54	2,84
60	–	–	–	2,33	2,59	2,81	3,09	3,45
70	–	–	–	–	2,84	3,08	3,39	3,78
90	–	–	–	–	–	3,39	3,74	4,18
100	–	–	–	–	–	3,71	4,09	4,57

Для условий обработки отличающихся от указанных в таблице 6.10 следует неполное оперативное время умножить на поправочные коэффициенты таблицы 6.11; при развертывании отверстий в упор неполное оперативное время умножают еще и на коэффициент 1,2. При тяжелых условиях работы используют также поправочный коэффициент 1,3.

Таблица 6.11 – Поправочные коэффициенты

Легированная сталь	Чугун	Медные сплавы	Алюминиевые сплавы	Припуск на диаметры, мм		
				0,2	0,15	0,05
1,3	0,8	0,7	0,6	1,0	0,9	0,8

6.4 Нарезание резьбы метчиками вручную

Сквозные и глухие резьбы в отверстиях нарезают *ручными метчиками с помощью воротков*. Неполное оперативное время на нарезание резьбы метчиками вручную указано в таблице 6.12.

Таблица 6.12 – Неполное оперативное время на нарезание резьбы вручную метчиками

В минутах

Резьба		Длина нарезаемой части, мм	Время на нарезание резьбы		
метрическая, мм	дюймовая, дюймы		метрической	дюймовой	трубной
10	1/2	5	1,3	1,1	1,1
		10	2,2	1,6	1,7
		20	3,0	2,5	2,8
		30	3,9	3,7	3,7
20	3/4	20	3,9	3,4	4,8
		30	4,7	4,9	6,0
30	1	30	6,0	6,9	9,5

Для условий нарезания резьбы, отличающихся от указанных в таблице 6.12 неполное оперативное время умножают на поправочные коэффициенты таблицы 6.13.

При выполнении работы двумя метчиками вводится коэффициент 0,7, одним метчиков – 0,5. При неудобной работе используется коэффициент 1,2.

Таблица 6.13 – Поправочные коэффициенты

Сталь σ_b , МПа		Легированная сталь	Чугун	Медный сплав	Алюминиевый сплав
до 580	580–780				
1,0	1,2	1,3	0,8	0,7	0,6

6.5 Нарезание резьбы плашками вручную

Неполное оперативное время на нарезание резьбы *плашками* вручную указано в таблице 6.14.

Таблица 6.14 – Неполное оперативное время на нарезание резьбы плашками вручную

Резьба		Длина нарезаемой части, мм	Время на нарезание резьбы		
метрическая, мм	дюймовая, дюймы		метрической	дюймовой	трубной
10	1/2	5	1,0	0,8	0,9
		10	2,4	1,7	1,8
		20	2,8	2,4	2,7
		30	3,5	3,2	3,0
20	3/4	20	3,2	3,2	4,1
		30	4,3	4,3	5,4
30	1	30	5,6	6,5	8,9

Для условий обработки, отличающихся от указанных в таблице 6.14, неполное оперативное время следует умножить на поправочные коэффициенты таблицы 6.13.

6.6 Запрессовка изделия на реечном прессе

Неполное оперативное время на прессовые работы, выполняемые на *реечном прессе*, мин, указаны в таблице 6.15.

Таблица 6.15 – Неполное оперативное время при работе на реечном прессе

Диаметр посадки, мм	Длина посадки, мм			
	30	50	80	100
20	0,30	0,35	0,45	0,50
30	0,35	0,40	0,55	0,60
50	0,43	0,55	0,70	0,80
80	0,55	0,70	0,85	0,95
100	0,70	0,86	1,10	1,20

Поправочные коэффициенты к таблице 6.15 для измененных условий работы указаны в таблице 6.16.

Таблица 6.16 – Поправочные коэффициенты

Наименование	Коэффициент	Наименование	Коэффициент
Посадка: напряженная глухая прессовая	1,0	Удобство работы: удобно неудобно	1,0
	1,3		1,2
	1,5	Материал: сталь в сталь бронза в сталь	1,0
Запрессовка деталей в нагретом состоянии	1,3		0,9
Выпрессовка деталей	0,8	Партия деталей на 10 шт.	0,75

6.7 Запрессовка изделий на гидравлическом прессе

Неполное оперативное время на прессовые работы, выполняемые на гидравлическом прессе, мин, указаны в таблице 6.17.

Поправочные коэффициенты к таблице 6.17 для измененных условий работы указаны в таблице 6.16.

Таблица 6.17 – Неполное оперативное время при работе на гидравлическом прессе

Оборудование	Диаметр посадки, мм	Длина посадки, мм						
		25	50	80	100	130	150	200
Гидравлический пресс, усилие 200 кН (20 тс)	30	0,12	0,15	–	–	–	–	–
	70	0,15	0,20	0,22	0,28	0,30	–	–
	100	0,20	0,30	0,32	0,38	0,40	0,45	–
То же, усилие 400 кН (40 тс)	50	0,25	0,35	0,45	0,55	0,70	–	–
	100	0,30	0,45	0,55	0,65	0,80	0,85	1,25
	150	0,35	0,55	0,65	0,80	0,90	1,00	1,50

6.8 Зачистка абразивным кругом на гибком вале острых кромок по длине впадины и углу зуба шестерни

Неполное оперативное время, мин, устанавливают по таблице 6.18. Для измененных условий работы необходимо неполное оперативное время, выбранное по таблице 6.18, умножить на поправочные коэффициенты таблицы 6.19.

Таблица 6.18 – Неполное оперативное время на зачистку абразивным кругом острых кромок нарезанных зубьев шестерни

Число зубьев	Длина зуба, мм									
	15	20	30	40	50	60	70	80	100	150
10	0,57	0,66	0,79	0,92	1,02	1,12	1,20	1,28	1,43	1,74
15	0,83	0,95	1,15	1,34	1,47	1,61	1,73	1,84	2,05	2,49
20	1,07	1,23	1,49	1,71	1,91	2,08	2,24	2,39	2,66	3,23

Окончание таблицы 6.18

Число зубьев	Длина зуба, мм									
	15	20	30	40	50	60	70	80	100	150
30	1,54	1,77	2,15	2,47	2,75	3,00	3,23	3,44	3,83	4,56
40	2,00	2,29	2,79	3,20	3,60	3,88	4,18	4,46	4,96	6,03
50	2,44	2,80	3,41	3,91	4,35	4,75	5,11	4,45	6,07	7,37
60	2,88	3,30	4,01	4,61	5,13	5,60	6,03	6,42	7,17	8,69
70	3,30	3,79	4,61	5,29	5,80	6,43	6,92	7,38	8,21	9,98
80	3,73	4,28	5,20	5,97	6,64	7,25	7,81	8,32	9,27	11,30
90	4,17	4,79	5,82	6,68	7,44	8,12	8,74	9,32	10,40	12,60
100	4,55	5,23	6,35	7,29	8,12	8,86	9,54	10,20	11,30	13,70
150	6,56	7,55	9,15	10,50	11,70	12,80	13,70	14,60	16,30	19,80
200	8,50	9,75	11,80	13,60	15,10	16,50	17,80	19,00	21,10	25,00

Таблица 6.19 – Поправочные коэффициенты

Тип поверхности			Обрабатываемый материал			
открытая	закрытая		сталь σ_s , МПа		цветные металлы	чугун HB 180-200
	с одной стороны	с двух сторон	370–580	600–790		
1,0	1,1	1,3	1,0	1,2	0,7	0,8

Кроме того, при обработке шестерен с модулем более 3 мм устанавливают поправочный коэффициент 1,6, при наличии радиусов округления до 0,3 мм – 0,8, а свыше 0,3 – 1,0.

6.9 Зачистка поверхности абразивным полотном вручную

Неполное оперативное время на зачистку абразивным полотном вручную цилиндрических и торцевых поверхностей, мин, устанавливают по таблицам 6.20 и 6.21.

Поправочные коэффициенты к таблицам 6.20, 6.21 указаны в таблице 6.22.

Таблица 6.20 – Неполное оперативное время на зачистку цилиндрической поверхности абразивным кругом

Диаметр зачищаемой поверхности, мм	Длина зачищаемой поверхности, мм									
	50	75	100	150	200	300	400	500	750	
25	0,64	0,87	0,97	1,24	1,48	1,88	2,24	2,56	3,13	
50	0,77	0,98	1,17	1,49	1,77	2,28	2,68	3,06	3,75	
100	0,92	1,17	1,40	1,78	2,12	2,70	3,21	3,67	4,49	
200	1,10	1,41	1,67	2,13	2,53	3,23	3,84	4,30	5,37	

Таблица 6.21 – Неполное оперативное время на зачистку торцевой поверхности абразивным кругом

Диаметр или сторона квадрата зачищаемой поверхности, мм										
5	10	20	40	50	60	70	80	90	100	125
0,25	0,30	0,36	0,47	0,62	0,75	0,90	1,08	1,25	1,40	1,85

Таблица 6.22 – Поправочные коэффициенты к таблицам 6.20 и 6.21

Сталь σ_b , МПа		Сплавы		Чугун
370–580	600–790	медные	алюминиевые	
1,0	1,2	0,7	0,6	0,8

7 НОРМИРОВАНИЕ МАЛЯРНЫХ РАБОТ

В ремонтном производстве окраску машин и агрегатов производят в основном тремя способами: вручную (кистью), из пистолета-распылителя механизированным способом и окунанием (погружением изделия в ванну).

Время, затрачиваемое на окраску, во многом зависит от сложности рельефа окрашиваемой поверхности.

Различают четыре группы сложности изделий для лакокрасочных покрытий:

– детали листовые с плоскими или криволинейными поверхностями: крылья, капоты, крышки багажников, кабины и платформы грузовых автомобилей, тракторов и дорожно-строительных машин, ящики цистерны и пр.;

– агрегаты автомобилей, агрегаты и отдельные громоздкие узлы тракторов и дорожно-строительных машин: двигатели, коробки передач, задние мосты, рамы, стрелы, радиаторы, топливные насосы и пр.;

– сборочные единицы сложной конфигурации;

– детали и сборочные единицы с малой площадью окраски и с высокими требованиями к качеству отделки (в ремонтной практике не встречаются).

В последующих таблицах нормативы оперативного времени приведены для изделий 1-й группы сложности. Для изделий 2-й и 3-й групп поправочные коэффициенты даны в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Поправочные коэффициенты K_c

Группа сложности изделия	1-я	2-я	3-я
Коэффициент K_c	1,0	1,3	1,7

Размер поверхности окраски определяется как удвоенная сумма площадей всех проекций изделия:

$$F = 2(ab + ac + bc), \quad (7.1)$$

где a – длина изделия, м;

b – ширина изделия, м;

c – высота изделия, м.

В таблице 7.2 дана некоторая поверхность покрытия изделий, м².

Таблица 7.2 – Ориентировочные размеры поверхности окраски автомобилей и агрегатов

Объект	Для грунтовки	Для окраски
Автомобиль легковой типа:		
Волга	54–58	25–26
Москвич, Жигули	44–48	15–17

Окончание таблицы 7.2

Объект	Для грунтовки	Для окраски
Автобусы типа:		
ЛАЗ	200–212	123–127
ПАЗ	78–82	50–54
ЛИАЗ	До 225	До 205
Кабина и оперение грузового автомобиля типа:		
ГАЗ	24–26	24–26
ЗИЛ	29–31	29–31
Платформа грузовых автомобилей	–	28–30
Рама и ходовая часть	–	8,5
Двигатель со сцеплением	–	2,5
Коробка передач	–	2,0
Задний мост	–	3,0
Передний мост	–	2,0
Карданная передача и рулевое управление	–	1,5

Техническая норма калькуляционного времени, мин,

$$T_k = t_{\text{оп}} F K_c K K_{\text{нy}}, \quad (7.2)$$

где $t_{\text{оп}}$ – оперативное время выполнения работы на площади в 1 м^2 , мин;

F – площадь поверхности, м^2 ;

K_c – коэффициент, учитывающий сложность изделия (таблица 7.1);

K – коэффициент, учитывающий дополнительное и подготовительно-заключительное время, принимается по таблице 7.3;

$K_{\text{нy}}$ – коэффициент, учитывающий неудобства при выполнении работы, принимается равным 1,2.

Таблица 7.3 – Значение коэффициента K

Вид выполняемых работ	K	Вид выполняемых работ	K
Удаление старой краски	1,10	Окраска распыливанием	1,15
Подготовка поверхности под окраску	1,10	Местная шпатлевка	1,11
Защита поверхностей, не подлежащих окраске	1,10	Шлифование ручное	1,11
Окраска кистью или окунанием	1,13	Шлифование машинками	1,13

7.1 Удаление старой краски

Удаление старой краски производится в ваннах или струйным способом с помощью растворителей: ацетона, уайтспирита, керосина, различных смывок, щелочных растворов и пр. Практикуется также удаление старой краски ручным способом с помощью скребков и стальных щеток, а также огневой способ, при котором старая краска выжигается с поверхности изделия пламенем газовой горелки или паяльной лампы.

Оперативное время на удаление старой краски указано в таблице 7.4.

Таблица 7.4 – Оперативное время на удаление 1 м² старой краски

Вид выполняемых работ	В минутах	
	Время	
Удаление старой краски в ваннах или струйным способом	0,22	
Удаление старой краски скребками и стальными щетками	11,50	

Норму калькуляционного времени определяют по формуле (7.2).

7.2 Механическая подготовка поверхности

Механическая подготовка поверхности производится двумя способами:

- обработкой сухим абразивом, представляющим собой металлический песок (рубленая стальная проволока), чугунную дробь или фруктовую косточку (для деталей из сплавов цветных металлов);
- гидроабразивной обработкой, т. е. очистка изделий струей воды и кварцевого песка.

Оперативное время на подготовку поверхности указано в таблице 7.5.

Таблица 7.5 – Оперативное время на механическую подготовку 1 м² поверхности

Вид выполняемых работ	В минутах	
	Время	
Механическая подготовка обработкой сухим абразивом	14,04	
Механическая подготовка гидроабразивной очисткой	27,06	

Норму калькуляционного времени определяют по формуле (7.2).

7.3 Изоляция и защита поверхностей изделий, не подлежащих окраске

В окрашиваемом изделии отдельные поверхности *не подлежат окраске*: ручки, ободки фар, ободки лобовых и задних стекол, стекла, отверстия и пр. Эти поверхности обертывают липкой лентой, покрывают тугоплавкой смазкой, изолируют бумагой и пр.

Оперативное время, мин, на защиту поверхностей липкой лентой определяется по таблице 7.6.

Таблица 7.6 – Оперативное время на защиту поверхностей, не подлежащих окраске липкой лентой

Ширина ленты, мм	Длина ленты, мм			
	50	100	200	300
30	0,11	0,13	0,19	0,25
50	0,13	0,15	0,25	0,36
70	–	0,21	0,32	0,46

Норму калькуляционного времени, мин, определяют по формуле

$$T_k = t_{оп} K,$$

где K – поправочный коэффициент (таблица 7.3).

7.4 Окраска поверхностей изделия

Машины, агрегаты и детали после ремонта окрашивают полностью или частично с целью защиты от коррозии и улучшения их внешнего вида. Детали окрашивают только те, окраска которых оговорена в технических условиях.

Типовой технологический процесс окраски представлен на рисунке 7.1.

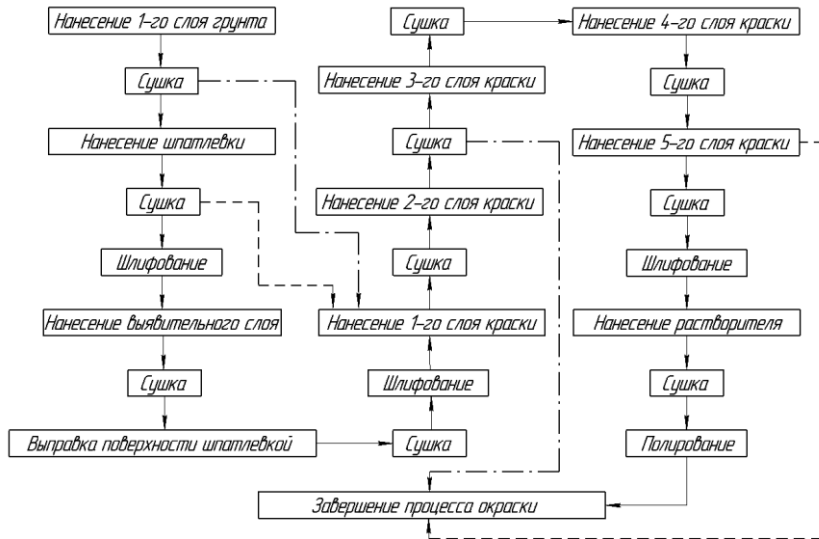


Рисунок 7.1 – Схема типового технологического процесса окраски

При этом на схеме штрихпунктирными переходами между операциями показан процесс окраски агрегатов машин, а пунктирными – процесс окраски оперения и кабин грузовых автомобилей, тракторов и дорожно-строительных машин.

Оперативное время по операциям лакокрасочных покрытий указано в таблице 7.7.

Таблица 7.7 – Оперативное время на операции лакокрасочных покрытий 1 м² поверхности

Вид работы	Условное выполнение работ	Время
Нанесение грунтовок, шпатлевок, эмалей	Распылителем	0,84
Нанесение грунтовых эмалей	Окунанием	0,23
Нанесение шпатлевок	Шпателем, вручную	4,30
Шлифование абразивным полотном	Пневматической машинкой	12,00
Нанесение грунтовок, эмалей	Кистью, вручную	4,31

Норму калькуляционного времени определяют по формуле (7.2).

7.5 Сушка загрунтованных и окрашенных поверхностей

Применяют различные *виды сушки*:

- *естественная* (при $t = 13 \dots 18$ °С);
- *конвекционная* – в сушильных камерах потоком горячего воздуха или продуктов сгорания (при $t = 50 \dots 70$ °С для шпатлевок, $t = 100 \dots 110$ °С для грунтов и $t = 100 \dots 140$ °С для эмалей);
- *терморadiационная*, при которой окрашенное изделие облучается инфракрасными лучами от источников инфракрасного излучения – теплоэлектронагревателей, ламп накаливания или газовых горелок.

Оперативное время на операции сушки лакокрасочных покрытий указано в таблице 7.8.

Таблица 7.8 – Оперативное время на сушку покрытий 1 м²

В минутах

Вид работы	Условное выполнение работ	Время
Сушка грунтов и эмалей	Конвекционная	1,09
	Терморadiационная	0,25

Норму калькуляционного времени на сушку после покрытия определяют по формуле (7.2).

8 НОРМИРОВАНИЕ ДЕРЕВООБДЕЛОЧНЫХ РАБОТ

Деревообделочные работы на авторемонтных предприятиях проводятся при ремонте кабин (например, автомобилей КрАЗ), деревянных платформ грузовых автомобилей и кузова-фургона, имеющего деревянный каркас.

При ремонте деревянного каркаса кузова поврежденные участки деталей чаще всего приходится восстанавливать наращиванием детали по длине и склеиванием. Негодные детали заменяют новыми.

На автокузовных и авторемонтных заводах, где для ремонта кузовов приходится изготовлять большое количество деревянных деталей, применяются два способа производства и обработки деталей: *машинный* и *ручной*.

8.1 Машинная обработка

Машинные способы обработки используются до пропитки и заключаются в работе с верхними слоями древесины. При машинной обработке используются: круглопильные, фуговочные, рейсмусовые, фрезерные, сверлильные, комбинированные станки и ленточные пилы. Применяемое оборудование может иметь как машинные, так и ручные подачи.

Машинная подача, м/мин, определяется по формулам:

– для круглопильных станков:

$$S = 900 \frac{N}{Kh}; \quad (8.1)$$

– для фуговальных и рейсмусовых станков:

$$S = 2700 \frac{N}{Kbh}, \quad (8.2)$$

где N – паспортная мощность привода станка, кВт;

K – удельное сопротивление резанию, МПа (таблица 8.1);

b – ширина обработки поверхности, мм;

h – толщина материала (стружки), мм.

Машинные подачи, определенные расчетом, согласовываются с паспортными данными станков.

Таблица 8.1 – Значения удельного сопротивления K

Станок	Мягкая порода	Твердая порода
Круглопильный	40	71
Фуговочный	18	26
Рейсмусовый	18	26

Ручные подачи зависят от скорости резания и толщины материала.

Скорость резания определяется по формуле (3.7). Ручная подача для различных станков определяется по формулам:

– для круглопильных:

$$S_p = 0,15 \frac{v}{h}; \quad (8.3)$$

– для фуговальных:

$$S_p = 47 \frac{v}{Kbh}; \quad (8.4)$$

– для фрезерных:

$$S_p = 3,5 \frac{v}{Kbh}; \quad (8.5)$$

– для ленточных пил:

$$S_p = 0,12 \frac{v}{h}. \quad (8.6)$$

При распиловке твердых пород значения ручных подач, полученных по формулам (8.1)–(8.4) необходимо умножить на коэффициент 0,58. Значение K принимается по таблице 8.2.

Таблица 8.2 – Значения удельного сопротивления K

Древесина	Мягкая порода			Твердая порода	
	Толщина стружки, мм			Вид обработки	
	3	2	1	чистовая	грубая
Мягкая	10	12	18	24	10
Твердая	16	19	27	35	16

Основное время, мин,

$$t_0 = \frac{Zi}{1000S} \text{ или } t_0 = \frac{Zi}{1000S_p}, \quad (8.7)$$

где Z – расчетная длина обработки, мм,

$$Z = l + l_1 + l_2,$$

l – длина заготовки, мм;

l_1 – величина врезания, мм, определяется по таблице 8.3, мм;

l_2 – величина перебега для всех диаметров, принимается равной 10 мм.

Таблица 8.3 – Величина врезания

В миллиметрах

Высота пропила	Диаметр режущего инструмента							
	150	200	250	300	350	400	500	600
10	37	44	49	54	56	60	70	78
15	45	48	59	64	71	76	86	94
20	51	60	68	74	81	87	99	108
30	61	71	82	90	98	105	119	131
40	–	79	92	104	111	120	135	150
50	–	87	100	112	122	132	150	161
60	–	–	107	120	132	142	163	180
70	–	–	112	127	140	152	174	143
80	–	–	–	133	147	160	183	204
90	–	–	–	138	153	167	192	214
100	–	–	–	–	158	173	200	224

Вспомогательное время, мин, определяют по таблице 8.4.

Таблица 8.4 – Вспомогательное время

Сечение заготовки, см ²	Длина заготовок, мм								
	500	250	1000	1500	2000	2500	3000	4000	5000
20	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18
40	0,06	0,07	0,08	0,10	0,12	0,13	0,15	0,19	0,24
70	0,07	0,08	0,09	0,11	0,14	0,17	0,19	0,24	0,28
100	0,08	0,09	0,10	0,13	0,16	0,19	0,22	0,26	0,31
150	0,09	0,10	0,12	0,15	0,19	0,22	0,25	0,31	0,38
200	0,11	0,12	0,14	0,18	0,21	0,25	0,29	! 0,36	0,43
300	0,13	0,15	0,17	0,22	0,27	0,31	0,36	0,45	0,51

Примечания

- 1 Содержание работы – взять заготовку из штабеля, установить на станок и после обработки уложить в штабель.
- 2 При креплении заготовки на столе станка добавляется 0,2 минуты.

Дополнительное время составляет 15 % от оперативного и определяется по формуле (1.1). Подготовительно-заключительное время составляет для всех станков 10 минут. Штучное время рассчитывают по формуле (1.3), норму калькуляционного времени – по формуле (1.5).

8.2 Ручная обработка

На отдельные виды *ручной обработки* мягких пород дерева в следующих ниже таблицах приведено штучное время. Поэтому норма калькуляционного времени определяется по формуле

$$T_k = T_{шт} + \frac{t_{п.з.}}{q}, \quad (8.8)$$

где $T_{шт}$ – штучное время, мин, принимаемое по таблицам 8.5–8.10;

$t_{п.з.}$ – подготовительно-заключительное время, $t_{п.з.} = 7,00$ мин;

q – количество однозначных операций.

Таблица 8.5 – Штучное время на распиливание древесины лучковой пилой

Толщина распила, мм	Ширина распила, мм								
	20	40	60	80	100	120	130	150	200
10	0,12	0,14	0,15	0,18	0,20	0,25	0,28	0,35	0,40
20	0,14	0,18	0,22	0,25	0,31	0,42	0,48	0,60	0,64
40	0,19	0,25	0,33	0,42	0,54	0,74	0,86	1,14	1,26
60	0,23	0,33	0,44	0,57	0,76	1,05	1,26	1,64	1,77
80	0,27	0,41	0,58	0,72	0,46	1,52	1,65	2,20	2,41
100	0,32	0,48	0,67	0,89	1,19	1,62	2,03	2,77	3,04

Примечание – Поправочный коэффициент на твердую породу дерева – 1,25.

Таблица 8.6 – Штучное время на строгание рубанком

Ширина строгания, мм	Длина строгания, мм						
	300	400	500	600	700	800	1000
Строгание плоскостей							
50	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
100	0,6	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5
150	0,7	0,9	1,0	1,2	1,4	1,5	1,8
200	0,8	1,0	1,2	1,3	1,5	1,7	2,0
250	0,9	1,1	1,3	1,4	1,7	1,9	2,4
Строгание кромок							
10	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8
20	0,4	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,1
30	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,3

Примечание – Поправочный коэффициент на строгание твердых пород дерева – 1,4.

Таблица 8.7 – Штучное время на сверления отверстий

Диаметр отверстия, мм	Длина отверстия, мм				
	10	20	30	40	50
Ручной дрелью					
10	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5
15	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7
20	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8
Электродрелью					
10	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3
15	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5
20	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5

Таблица 8.8 – Штучное время на зачистку поверхности абразивным полотном

Поверхность	Площадь зачистки, см ²					
	5	10	20	30	40	50
Прямолинейная	0,57	0,65	0,84	1,07	1,32	1,60
Криволинейная	0,80	0,95	1,33	1,07	1,96	2,42

Примечание – Поправочный коэффициент на зачистку твердых пород дерева – 1,3.

Таблица 8.9 – Штучное время на отвертывание и завертывание шурупов (на один шуруп)

Диаметр шурупа, мм	Длина шурупа, мм							
	15	20	25	30	35	40	45	50
Завертывание ручной отверткой								
4	0,45	0,50	0,65	0,76	0,90	1,06	–	–
6	0,4	0,5	0,5	0,54	0,61	0,69	0,70	0,75
8	–	–	–	–	–	0,81	0,91	1,02
Отвертывание ручной отверткой								
4	0,29	0,37	0,45	0,52	0,60	0,69	–	–
6	–	–	–	0,40	0,46	0,52	0,55	0,58
8	–	–	–	–	–	0,63	0,67	–
Завертывание, отвертывание электроотверткой								
4	0,24	0,26	0,28	0,29	0,30	0,31	0,33	–
6	–	–	–	0,50	0,31	0,33	0,36	–
8	–	–	–	–	0,35	0,40	0,43	–

Примечание – Поправочный коэффициент для твердых пород дерева – 1,1.

Таблица 8.10 – Штучное время на долбление шипов стамесками и долотами

Ширина шипа, мм	Глубина долбления, мм					
	10	15	20	30	40	50
10	0,21	0,26	0,30	0,50	–	–
15	0,22	0,29	0,34	0,58	–	–
20	0,30	0,36	0,42	0,74	1,20	1,60
25	0,36	0,42	0,58	0,94	1,45	1,90
30	0,43	0,61	0,78	1,15	1,72	2,15

Окончание таблицы 8.10

Ширина шипа, мм	Глубина долбления, мм					
	10	15	20	30	40	50
35	0,50	0,74	0,98	1,35	1,95	2,40
40	0,58	0,88	1,20	1,65	2,50	2,75
<i>Примечание – Поправочный коэффициент для твердых пород дерева – 1,2.</i>						

9 НОРМИРОВАНИЕ РАБОТ ПО РЕМОНТУ КАБИН И ДЕТАЛЕЙ ОПЕРЕНИЯ

Основные виды этих работ: правка (выколоткой и рихтовкой) помятых поверхностей, замена негодных деталей новыми, изготовление новых деталей и заплат, устранение перекосов и прогибов, заварка трещин, разрывов, приварка заплат, зачистка сварочных швов и т. д.

В таблице 9.1 приведено штучное время на выполнение отдельных операций по жестяницким и сопутствующим сварочным работам применительно к кабине и деталям оперения автомобиля ГАЗ-53А.

Таблица 9.1 – Штучное время на работы по ремонту кабины и деталей оперения
В минутах

Содержание операции	Время на работы	
	жестяные	сварочные
1 Кабину отремонтировать с правкой, рихтовкой, наложением заплат, устранением перекосов проемов окон и дверей, ремонтом и навеской дверей, зачисткой сварочных швов и мест при проварке вмятин, приварке накладок и заплат	260,1	164,7
2 Крыло выправить, вмятины устранить, заварить трещины, зачистить после сварки	23,2	7,7
3 Панель капота выправить, вмятины устранить, заварить трещины, зачистить после сварки	29,5	7,7
4 Брызговик крыла выправить, устранить вмятины, заварить трещины, зачистить после сварки	5,2	4,2
5 Брызговик двигателя выправить, устранить вмятины, заварить трещины, зачистить после сварки	3,9	3,3
6 Брызговик буфера выправить, заварить трещины, зачистить после сварки	8,4	6,6
7 Облицовку радиатора выправить, устранить вмятины, заварить трещины, зачистить после сварки	17,2	8,5
8 Полик кабины выправить, устранить вмятины, заварить трещины, зачистить после сварки	3,3	1,9
9 Подножку буфера выправить, заварить трещины, зачистить после сварки	2,5	1,5
10 Капот двигателя выправить, устранить вмятины, заварить трещины, зачистить после сварки	3,3	2,0

Окончание таблицы 9.1

Содержание операции	Время на работы	
	жестяные	сварочные
11 Кожух вентилятора выправить, устранить вмятины, заварить трещины, зачистить после сварки	1,5	1,5
12 Буфер выправить, устранить вмятины, заварить трещины, зачистить после сварки	14,1	8,4
13 Глушитель выправить, заварить трещины, разрывы, приварить новые детали	3,2	8,6
14 Трубу глушителя выправить, заварить трещины	4,5	0,9
15 Боковину капота выправить, устранить вмятины, заварить трещины, зачистить после сварки	3,3	2,0
16 Крышку капота выправить, устранить вмятины, заварить трещины, зачистить после сварки	3,3	2,0
17 Основание сидения выправить, заварить трещины	4,8	3,3
18 Полик педалей сидения выправить, заварить трещины	2,4	1,8
19 Кронштейн подножки выправить, заварить трещины	2,0	0,9
20 Кронштейн крыла выправить, заварить трещины	2,0	0,9
21 Кронштейн бензобака выправить, устранить вмятины, заварить трещины	2,8	2,0
22 Кронштейн АКБ выправить, заварить трещины	3,3	2,0

В таблице 9.2 указаны коэффициенты приведения норм штучного времени автомобилей других марок и некоторых дорожно-строительных машин к нормам времени на ремонт кабины и деталей оперения автомобиля ГАЗ-53А.

Таблица 9.2 – Коэффициенты приведения автомобилей и дорожно-строительных машин к автомобилю ГАЗ-53А по нормам штучного времени на жестяничные и сопутствующие сварочные работы K_n

Наименование машины	K_n	Наименование машины	K_n
Автомобиль ГАЗ-53А	1,0	Трактор Т-140, Т-180	7,80
Автомобиль ЗИЛ-130	1,13	Трактор ДТ-75, ДТ-74	3,12
Автомобиль ЗИЛ-ММЗ-55	1,24	Экскаваторы (ковш 0,4–0,65 м ³)	5,90
Автомобиль МАЗ-500	1,80	Экскаваторы (ковш 0,65–1,25 м ³)	6,55
Автомобиль МАЗ-503	2,00	Экскаваторы (ковш 1,25–2,0 м ³)	10,40
Автомобиль КраЗ-219	1,78	Погрузчики одноковшовые, класса 10 т	4,58
Трактор Т-100, Т-100М, Т-130	3,85	Погрузчики одноковшовые, класса 15 т	8,43

Калькуляционное время, мин,

$$T_k = T_{шт} K_n K, \quad (9.1)$$

где $T_{шт}$ – штучное время, принятое по таблице 9.1, мин;

K_n – коэффициент приведения, принятый по таблице 9.2;

K – коэффициент, учитывающий подготовительно-заключительное время, принимается в среднем 1,05.

10 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАЗРАБОТАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РЕМОНТА И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ

10.1 Расчет себестоимости ремонта или изготовления изделий

После разработки технологического процесса ремонта или изготовления изделия и выполнения необходимых расчетов по определению нормы калькуляционного времени по каждой операции технологической карты рассчитывают *себестоимость спроектированных работ*. В общем виде себестоимость ремонта, руб., или изготовления изделия определяют по формуле

$$C_p = OЗ + ДЗ + НЗ + М + НР, \quad (10.1)$$

где ОЗ – основная заработная плата производственных рабочих, руб.;

ДЗ – дополнительная заработная плата производственных рабочих, руб.;

НЗ – начисления на заработную плату, руб.;

М – стоимость основных материалов, руб.;

НР – накладные расходы, руб.

Расчеты элементов себестоимости ремонта или изготовления изделия производят последовательно:

а) определяют расценки на работу, выполненную по каждой операции технологического процесса на одно изделие

$$P = \frac{CT_k}{60}, \quad (10.2)$$

где P – расценка на работу, коп.;

T_k – норма калькуляционного времени, мин;

C – тарифная часовая ставка рабочего (таблица 10.1), коп.;

б) зная расценки по отдельным операциям разработанного технологического процесса ремонта или изготовления изделия, определяют основную заработную плату производственных рабочих по формуле

$$OЗ = P_1 + P_2 + \dots + P_n. \quad (10.3)$$

Таблица 10.1 – Разряды и виды выполняемых работ

Профессия	Разряд работы	Выполняемые работы
Токарь	3	Обработка деталей средней сложности
	4	Обработка ответственных деталей
	5	Обработка крупных ответственных деталей дизелей, турбин и др.
Сверловщик	3	Сверление и развертывание отверстий в сложных деталях
	4	То же, в особо сложных ответственных и крупногабаритных деталях

Окончание таблицы 10.1

Профессия	Разряд работы	Выполняемые работы
Строгальщик	3	Строгание сложных деталей
Долбежник	3	Обработка деталей сложных и средней сложности (шпоночные пазы, храповые колеса и др.)
Фрезеровщик	3	Фрезерование деталей и инструментов средней сложности
	4	То же, деталей сложных и крупных инструментов
Зуборезчик	3	Нарезание прямых, косых и спиральных зубьев цилиндрических и конических колес, m до 8 мм, многозаходных червяков и шлицевых валов $m > 4$ мм
	4	Нарезание сложных и ответственных колес различного профиля и шага
Протяжчик	2	Протягивание шпоночных и шлицевых отверстий
	3	Обработка внутренних и наружных поверхностей различного профиля
Шлифовщик	3	Шлифование и доводка деталей средней сложности
	4	Шлифование всех поверхностей сложных и ответственных деталей
Электросварщик	3	Ручная электродуговая сварка и сварка в среде защитных газов деталей средней сложности, работающих под давлением $P_{из}$ до 1,5 МПа
Гальваник	3	Гальваническое покрытие наружных и внутренних поверхностей сложных деталей

в) определяют дополнительную заработную плату, которая составляет в среднем 10 % от основной

$$ДЗ = 0,1 \cdot ОЗ; \quad (10.4)$$

г) определяют начисления на заработную плату. Начисления составляют 5,3 % от суммы основной и дополнительной заработной платы

$$НЗ = (ОЗ + ДЗ) \cdot 0,053; \quad (10.5)$$

д) определяют стоимость израсходованного материала на ремонт или изготовление изделия. Стоимость материала определяют на одно изделие в зависимости от прейскурантной цены этого материала и веса его, израсходованного на одно изделие;

е) определяют накладные расходы. Они складываются из цеховых и общезаводских; в среднем их принимают в размере 100–150 % от основной заработной платы

$$НР = (1,0 \dots 1,5) \cdot ОЗ. \quad (10.6)$$

Далее составляют калькуляцию себестоимости ремонта или изготовления изделия по форме, указанной в таблице 10.2.

Таблица 10.2 – Калькуляция себестоимости выполняемых работ

Наименование статей расхода	Сумма, руб.
Основная заработная плата	
Дополнительная заработная плата	
Начисления на заработную плату	
Стоимость материала	
Накладные расходы	
<i>Итого:</i>	

10.2 Расчет экономической эффективности выбранного способа ремонта или изготовления изделия

Целесообразность выбора того или иного способа ремонта изделия устанавливаются по формуле

$$C_p \leq K_d C_n, \quad (10.7)$$

где C_p – стоимость ремонта изделия, руб.;

K_d – коэффициент долговечности отремонтированного изделия, определяется по таблице 10.3;

C_n – стоимость нового изделия по прейскуранту, руб.

Стоимость ремонта выбранным способом определяют по формуле (10.1), а стоимость соответствующего нового изделия устанавливают по прейскуранту. Целесообразность выбора способа ремонта изделия можно также определить по коэффициенту эффективности ремонта по формуле

$$K_э = \frac{K_d C_n}{C_p} \geq 1. \quad (10.8)$$

Всегда желательно, чтобы коэффициент эффективности ремонта был больше единицы.

Если разработка технологического процесса ремонта изделия выполняется в нескольких вариантах различными способами – возникает необходимость выбора оптимального варианта ремонта изделия.

Наиболее оптимальным вариантом ремонта изделия будет такой вариант, у которого отношение стоимости ремонта изделия к коэффициенту долговечности будет минимальным

$$\frac{C_{p1}}{K_{d1}} > \frac{C_{p2}}{K_{d2}} > \frac{C_{p3}}{K_{d3}} \rightarrow \min, \quad (10.9)$$

где C_{p1} , C_{p2} , C_{p3} – стоимость ремонта изделия различными способами;

K_{d1} , K_{d2} , K_{d3} – коэффициенты долговечности изделий, отремонтированных различными способами (таблица 10.3).

Из анализа формулы (10.9) следует, что наиболее оптимальным способом ремонта будет третий способ ремонта изделий.

Если ставится вопрос о необходимости выбора эффективного способа механической (станочной в основном) обработки изделия, то решается вопрос сравнением между собой стоимости обработки изделия различными способами.

Определение стоимости механической обработки изделия различными способами производят по формуле (10.1).

Таблица 10.3 – Примерные коэффициенты долговечности восстановленного изделия

Группа восстанавливаемых деталей	Материалы сопряженных деталей	Способ восстановления							
		хромирование	осталивание	металлизация	выбродуговая наплавка	наплавка под флюсом	ручная электродуговая наплавка	под ремонтный размер	восстановление насадками
IA	Баббит	1,50	0,75	0,90	0,95	0,85–0,9	–	0,95–1,0	–
	Бронза	0,95	0,83	0,85	0,95	–	–	0,95–1,0	–
IB	Баббит	1,25	0,85	0,6–1,0	0,80	0,85	–	0,9–1,0	–
	Бронза	1,00	0,80	–	–	–	3,0	–	–
II	Бронза	–	–	–	1,00	0,8–0,9	0,75	0,95	–
III	Серый чугун	2,50	0,83	–	–	–	3,0	0,95–1,0	–
V	Сталь легированная	–	–	–	0,87	–	3,0	–	0,90
VII	Сталь шарико-подшипниковая	1,58	0,54	0,73	0,94	1,0	0,90	–	0,95
IX	Сталь легированная	–	–	–	–	0,8–1,0	0,75	–	–
X	Сталь углеродистая	–	–	–	0,85–1,0	0,9–1,0	0,9	–	–

Примечание – Коэффициенты долговечности установлены на основе эксплуатационных испытаний деталей автомобилей и относятся к следующим группам сопряжений:
I – цилиндрические поверхности валов, сопряженные с подшипниками скольжения, работающие: IA – при статической нагрузке; IB – при знакопеременной нагрузке;
II – цилиндрические поверхности валов и осей, работающие с бронзовыми втулками;
III – цилиндрические стержни с возвратно-поступательным перемещением в направляющих;
V – цилиндрические поверхности крестовин;
VII – цилиндрические поверхности деталей, сопряженные с внутренними кольцами подшипников качения по переходным посадкам;
IX – шлицевые поверхности;
X – наружные поверхности деталей класса валов (наружные резьбы).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Агрегатный ремонт дорожных машин / Н. А. Беспалов [и др.]. – М. : Транспорт, 1984. – 176 с. : ил.
- 2 **Буренко, Л. А.** Ремонт сельскохозяйственных машин / Л. А. Буренко, В. Н. Винокуров. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Росагропромиздат, 1991. – 204 с. : ил.
- 3 Восстановление автомобильных деталей. Технология и оборудование : учеб. для вузов / В. Е. Канарчук [и др.]. – М. : Транспорт, 1995. – 303 с.
- 4 **Грибков, В. М.** Справочник по оборудованию для технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей / В. М. Грибков, П. А. Карпекин. – М. : Россельхозиздат, 1984. – 223 с.
- 5 **Есенберлин, Р. Е.** Восстановление автомобильных деталей сваркой, наплавкой и пайкой / Р. Е. Есенберлин. – М. : Транспорт, 1994. – 255 с. : ил.
- 6 **Замятин, В. К.** Технология и автоматизация сборки : учеб. для вузов / В. К. Замятин. – М. : Машиностроение, 1993. – 464 с. : ил.
- 7 **Зеленков, Г. И.** Основы технологии дорожного машиностроения : учеб. пособие для вузов / Г. И. Зеленков, Л. В. Дехтеринский, А. П. Крившин. – М. : Машиностроение, 1966. – 304 с.
- 8 **Иванов, В. П.** Ремонт автомобилей : учеб. / В. П. Иванов, А. С. Савич, В. К. Ярошевич. – Минск : Вышэйшая школа, 2014. – 336 с. : ил.
- 9 Комплектующие изделия для строительных и дорожных машин : каталог-справ. : В 3 ч. Ч. 1 : Автомобили и шасси автомобильные, автомобильные тягачи / Н. Н. Бочкова [и др.]. – М. : АО «Машмир», 1992. – 223 с. : ил.
- 10 Комплектующие изделия для строительных и дорожных машин : каталог-справ. : В 3 ч. Ч. 2 : Тракторы, прицепы и полуприцепы, мосты ведущие, коробки передач, шины и колеса, электродвигатели стационарных установок / Н. Н. Бочкова [и др.]. – М. : АО «Машмир», 1994. – 193 с. : ил.
- 11 Комплектующие изделия для строительных и дорожных машин : каталог-справ. : В 3 ч. Ч. 3 : Двигатели внутреннего сгорания и гидравлическое оборудование / Н. Н. Бочкова [и др.]. – М. : АО «Машмир», 1994. – 219 с. : ил.
- 12 Краткий справочник металлиста / под общ. ред. П. Н. Орлова, Е. А. Скороходова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1986. – 960 с. : ил.
- 13 **Кузнецов, А. И.** Ремонт дорожно-строительных машин : учеб. для вузов / А. И. Кузнецов. – М. : Машиностроение, 1973. – 232 с.
- 14 Курсовое и дипломное проектирование по ремонту машин : учеб. пособие для с.-х. вузов / А. П. Смелов [и др.] ; под общ. ред. А. П. Смелова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Колос, 1984. – 195 с. : ил.
- 15 **Метлин, Ю. К.** Восстановление изношенных деталей дорожных машин / Ю. К. Метлин, И. В. Новиков, С. А. Акильев. – М. : Транспорт, 1977. – 185 с. : ил.
- 16 **Новиков, И. В.** Техническое обслуживание и ремонт грузоподъемных машин с гидравлическим приводом / И. В. Новиков, В. О. Хижняк. – М. : Стройиздат, 1989. – 160 с. : ил.
- 17 Оборудование для ремонта сельскохозяйственной техники : справ. / Н. М. Хмелевой ; сост. Ю. С. Козлов. – М. : Россельхозиздат, 1987. – 288 с.
- 18 **Петров, И. В.** Текущий ремонт мелиоративно-строительных машин / И. В. Петров. – М. : Россельхозиздат, 1986. – 70 с. : ил.

19 **Полосин, М. Д.** Слесарь по ремонту дорожно-строительных машин и тракторов : учеб. пособие / М. Д. Полосин, Э. Г. Ронинсон. – М. : Academia, 2008. – 79 с. : ил.

20 **Попов, С. А.** Шлифовальные работы : учеб. для проф. учеб. заведений / С. А. Попов. – 2-е изд., испр. – М. : Высшая школа, 1999. – 383 с. : ил.

21 Ремонт автомобилей : учеб. для вузов / под ред. Л. В. Дехтеринского. – М. : Транспорт, 1992. – 295 с. : ил.

22 Ремонт дорожных машин, автомобилей и тракторов / Б. С. Васильев [и др.] ; под ред. В. А. Зорина. – М. : Мастерство, 2001. – 508 с. : ил.

23 Ремонт трактора Т-130 / Е. Г. Гологорский [и др.]. – М. : Машиностроение, 1986. – 304 с. : ил.

24 Ремонт строительных, путевых и погрузочно-разгрузочных машин : учеб. для вузов ж.-д. трансп. / А. В. Каракулев [и др.]; под ред. А. В. Каракулева. – М. : Транспорт, 1988. – 302 с. : ил.

25 Ремонтно-строительные машины и механизмы : учеб. пособие для вузов / В. И. Аринченков [и др.] ; под ред. Н. Г. Гаркави. – М. : Высшая школа, 1988. – 280 с.

26 Роботизация разборочных работ при ремонте машин. Вопросы нормирования : учеб. пособие / К. Х. Акмаев, Л. Е. Буздыганова, В. А. Тимошкин. – М. : МАДИ, 1986. – 105 с.

27 **Ровках, С. Е.** Техническое обслуживание и ремонт строительной техники : справ. / С. Е. Ровках, М. М. Киселев, А. С. Ровках. – М. : Стройиздат, 1986. – 284 с.

28 Справочник по техническому обслуживанию, ремонту и диагностированию грузоподъемных кранов / сост. В. С. Котельников [и др.]. – М. : ПИО ОБТ, 1996. – Т. 1. – 392 с. : ил.

29 Справочник по техническому обслуживанию, ремонту и диагностированию грузоподъемных кранов / сост. В. С. Котельников [и др.]. – М. : ПИО ОБТ, 1996. – Т. 2. – 407 с. : ил.

30 Справочник технолога-машиностроителя : В 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 1985. – Т. 1. – 656 с.

31 Справочник технолога-машиностроителя : В 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 1986. – Т. 2. – 496 с.

32 Строительные и дорожные машины : номенклатурный каталог / сост. Е. Е. Вислобкова. – М. : АО «Машмир», 1995. – 186 с.

33 **Фейгин, Л. А.** Техническое обслуживание дорожных машин / Л. А. Фейгин. – М. : Транспорт, 1978. – 158 с. : ил.

34 **Хасун, А.** Наплавка и напыление / А. Хасун, О. Моригаки ; пер. с яп. В. Н. Попова, под ред. В. С. Степина, Н. Г. Шестеркина. – М. : Машиностроение, 1985. – 240 с.

35 **Ярошевич, В. К.** Технология производства и ремонта автомобилей : учеб. пособие / В. К. Ярошевич, А. С. Савич, В. П. Иванов. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2008. – 640 с. : ил.

Учебное издание

ДОВГЯЛО Владимир Александрович
ТАШБАЕВ Владислав Алексеевич
ПУПАЧЁВ Дмитрий Сергеевич

ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА МАШИН. НОРМИРОВАНИЕ РАБОТ

Учебно-методическое пособие

Редактор *Л. С. Репикова*
Технический редактор *В. Н. Кучерова*
Корректор *Т. А. Пугач*

Подписано в печать 26.12.2019 г. Формат 60x84 1/16
Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 9,77. Уч.-изд. л. 10,53. Тираж 50 экз.
Зак. № 4476. Изд. № 42.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский государственный университет транспорта.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий

№ 1/361 от 13.06.2014.

№ 2/104 от 01.04.2014.

№ 3/1583 от 14.11.2017.

Ул. Кирова, 34, 246653, г. Гомель